

**ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΙΤΛΟΣ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ  
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ  
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:**

**Γ. ΡΑΜΑΝΤΑΝΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

**Ν. ΨΥΛΛΑ**

**ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2006**

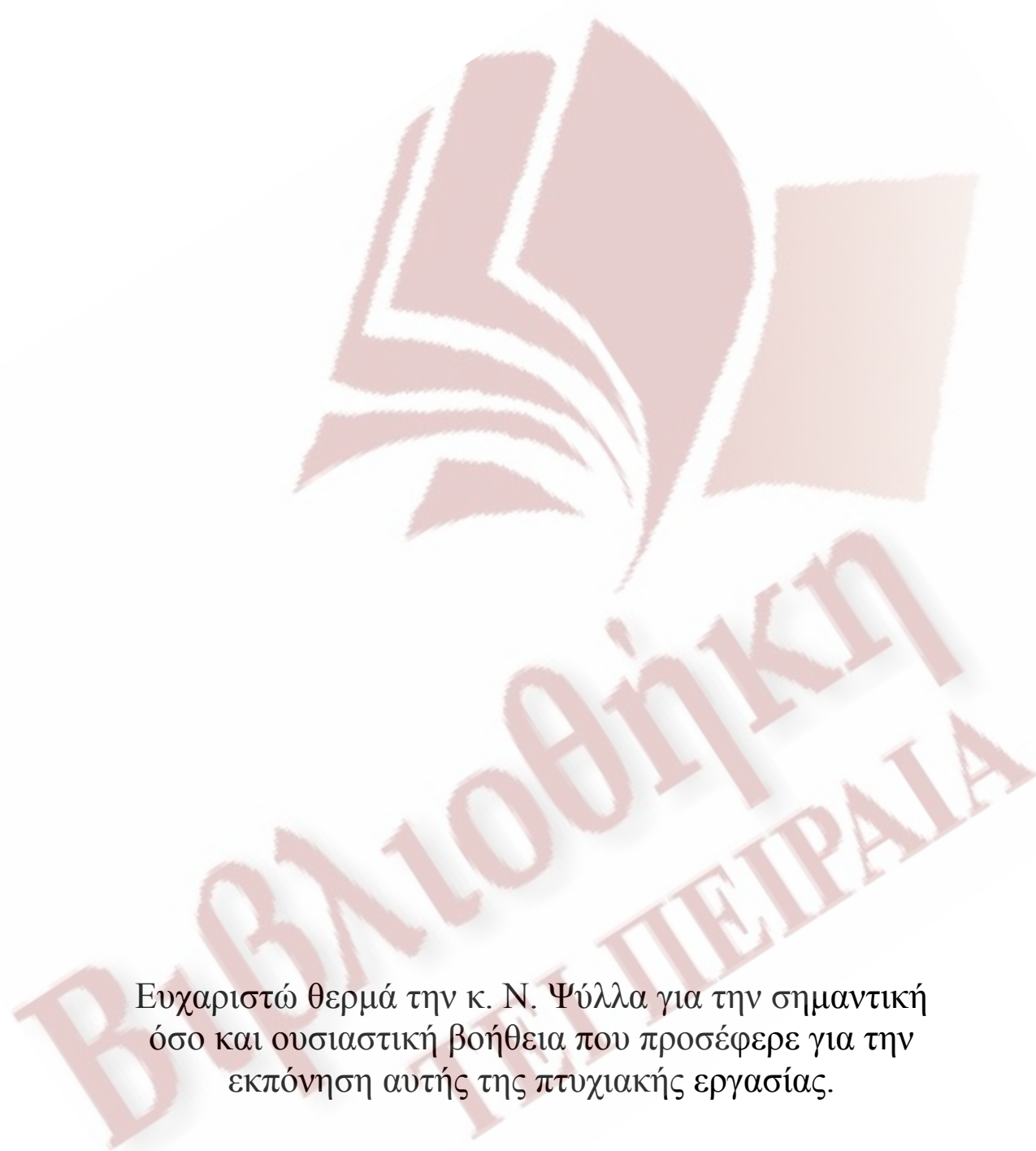


**ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**  
**ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑΣ**

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο		σελ
	Εισαγωγή	5
	<b>ΜΕΡΟΣ Α - ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΟ ΜΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ</b>	
1	Παρουσίαση κτιρίου	6
2	Φορτίσεις	10
2.1	Γενικά - Στατικά φορτία	10
2.2	Υπολογισμός στατικών φορτίων	11
2.3	Υπολογισμός σεισμικών φορτίων	14
2.3.1	Μέθοδοι υπολογισμού σεισμικής απόκρισης	14
2.3.2	Υπολογισμός ιδιοπεριόδου	16
2.3.3	Υπολογισμός φασματικής επιτάχυνσης	17
2.3.4	Υπολογισμός συνολικής τέμνουσας στη βάση του Κτιρίου (ΕΑΚ 3.5.2)	18
2.3.5	Κατανομή της τέμνουσας σε κάθε στάθμη με βάσει την σχέση της απλοποιημένης φασματικής μεθόδου	19
2.3.6	Εφαρμογή σεισμικών δράσεων στο δόμημα	20
3	Προσομοίωμα-Δράσεις υπολογισμού- Συνδυασμοί δράσεων	22
3.1	Προσομοίωμα	22
3.2	Δράσεις Υπολογισμού	32
3.2.1	Στατικές φορτίσεις	32
3.2.2	Σεισμικές φορτίσεις	32
3.3	Συνδυασμοί δράσεων	73
4	Διαστασιολόγηση	75
4.1	Κριτήρια για την αποφυγή κατάρρευσης (ΕΑΚ 4.1)	75
4.2	Υπολογισμός επιρροής 2ας τάξεως (ΕΑΚ 4.1.2.2)	75
4.3	Ικανοτικός έλεγχος κόμβων	80
4.3.1	Έλεγχος δοκών σε κάμψη	80
4.3.2	Έλεγχος υποστυλωμάτων σε κάμψη (ικανοτικός σχεδιασμός)	131
4.3.3	Υπολογισμών δοκών σε διάτμηση	159
4.3.4	Υπολογισμός Υποστυλωμάτων σε διάτμηση ΕΑΚ(B.1.1)	220

	ΜΕΡΟΣ Β – ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	
5	Παρουσίαση κτιρίου	242
6	Προσομοίωμα-Φορτίσεις- Συνδυασμοί δράσεων	246
6.1	Προσομοίωμα	246
6.2	Φορτίσεις -Συνδυασμοί	248
7.1	Έλεγχος απαλλαγής από τον ικανοτικό σχεδιασμό	248
7.2	Έλεγχος κόμβου υποστυλώματος $K_2$ ισογείου	251
7.2.1	Έλεγχος δοκών σε κάμψη	251
7.2.2	Έλεγχος υποστυλωμάτων σε κάμψη	305
7.2.3	Έλεγχος σε κάμψη του τοιχώματος $K_1$	317
7.3	Υπολογισμών δοκών σε διάτμηση	331
7.4	Υπολογισμός υποστυλωμάτων σε διάτμηση (ΕΑΚ Β.1.1)	384
	Αποτελέσματα της σύγκρισης των δύο στατικών συστημάτων στον κόμβο του υποστυλώματος $K_2$	413
	Συμπέρασμα	418
	Βιβλιογραφία	419
	Παράρτημα Α : Υπολογισμός φορτίων υποστυλωμάτων	
	Παράρτημα Β <sub>1</sub> : Αποτελέσματα επιλύσεων κτιρίου με το στατικό σύστημα Α	
	Παράρτημα Β <sub>2</sub> : Αποτελέσματα επιλύσεων κτιρίου με το στατικό σύστημα Β	



Ευχαριστώ θερμά την κ. Ν. Ψύλλα για την σημαντική  
όσο και ουσιαστική βοήθεια που προσέφερε για την  
εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.



## Εισαγωγή

Η πτυχιακή αυτή εργασία έχει σαν σκοπό την διερεύνηση της επιρροής των αντισεισμικών τοιχωμάτων στην αντισεισμική λειτουργία κτιριακών κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα. Για τον σκοπό αυτό γίνεται χρήση των κριτηρίων και των κανόνων σχεδιασμού του ισχύοντος Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ 2000) καθώς και των αντίστοιχων ειδικών κριτηρίων που περιλαμβάνονται στον Κανονισμό σχεδιασμού δομημάτων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (ΕΚΩΣ 2000)

Με βάση τους προαναφερόμενους κανονισμούς μελετήθηκε ένα τριώροφο κτίριο με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τυπικής κάτοψης, του οποίου ο φέρων οργανισμός μορφώθηκε :

Α) με χρήση μόνον υποστυλωμάτων, γεγονός που οδηγεί σε απαίτηση ικανοτικού σχεδιασμού της κατασκευής

Β) με χρήση μικτού συστήματος τοιχωμάτων – υποστυλωμάτων έγινε χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων, όπως αυτά ορίζονται στον αντισεισμικό κανονισμό, ικανών σε αριθμό και διάταξη για την απαλλαγή της κατασκευής από τον ικανοτικό σχεδιασμό.

Στην πρώτη περίπτωση επιχειρείται η εφαρμογή των κριτηρίων και των κανόνων εφαρμογής του ΕΑΚ για κτίρια τα οποία μορφώνονται με χρήση υποστυλωμάτων και μόνον και γίνεται αναλυτική παρουσίαση της διαστασιολόγησης και όπλισης έναντι κάμψης και διάτμησης ενός κόμβου του ισογείου με βάση τον ικανοτικό σχεδιασμό.

Στη συνέχεια και για την περίπτωση που το κτίριο μορφώνεται με μικτό σύστημα και απαλλάσσεται από τον ικανοτικό σχεδιασμό επιχειρείται για συγκριτικούς λόγους η διαστασιολόγηση και όπλιση έναντι κάμψης και διάτμησης του ίδιου κόμβου που εξετάστηκε στην πρώτη περίπτωση. Τέλος για αυτή την περίπτωση παρουσιάζεται αναλυτικά η όπλιση έναντι κάμψης και διάτμησης ενός τοιχώματος του ισογείου.

## Μέρος Α: Στατικό σύστημα Α (μόνο με υποστυλώματα)

### Κεφάλαιο 1

#### Παρουσίαση κτιρίου

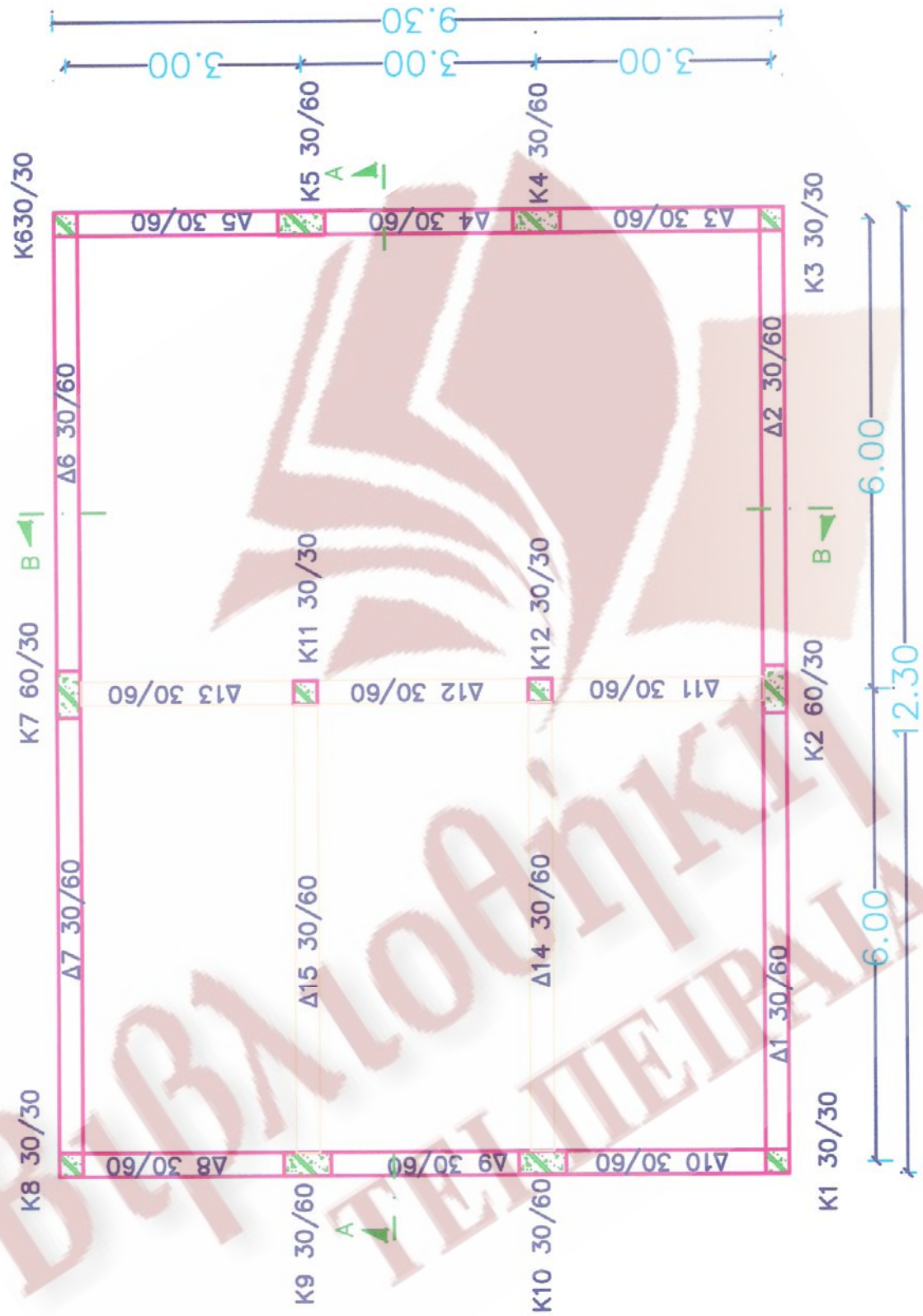
Στο τριώροφο κτίριο με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ορθογωνικής κάτοψης διαστάσεων  $9.30\text{m} \times 12.30\text{m}$ , με ύψος κάθε ορόφου  $3\text{m}$ , πάχος πλακών  $15\text{cm}$ , πάχος επικαλύψεων  $3\text{cm}$ , διαστάσεις δοκών  $30\text{cm} \times 60\text{cm}$ , διαστάσεις υποστυλωμάτων  $K_1, K_3, K_6, K_8, K_{11}, K_{12} : 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ ,  $K_2, K_4, K_5, K_7, K_9, K_{10} : 30\text{cm} \times 60\text{cm}$ . διαστάσεις τοιχοποιίας  $2.40\text{m} \times 0.30\text{m}$ .

Ο κάθε όροφος χωρίζεται σε τέσσερις πλάκες  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ .

Το κτίριο κατασκευάζεται σε περιοχή που ανήκει σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας  $\Pi$ , σε έδαφος κατηγορίας  $B$  και η σπουδαιότητα του κτιρίου είναι συνήθης.

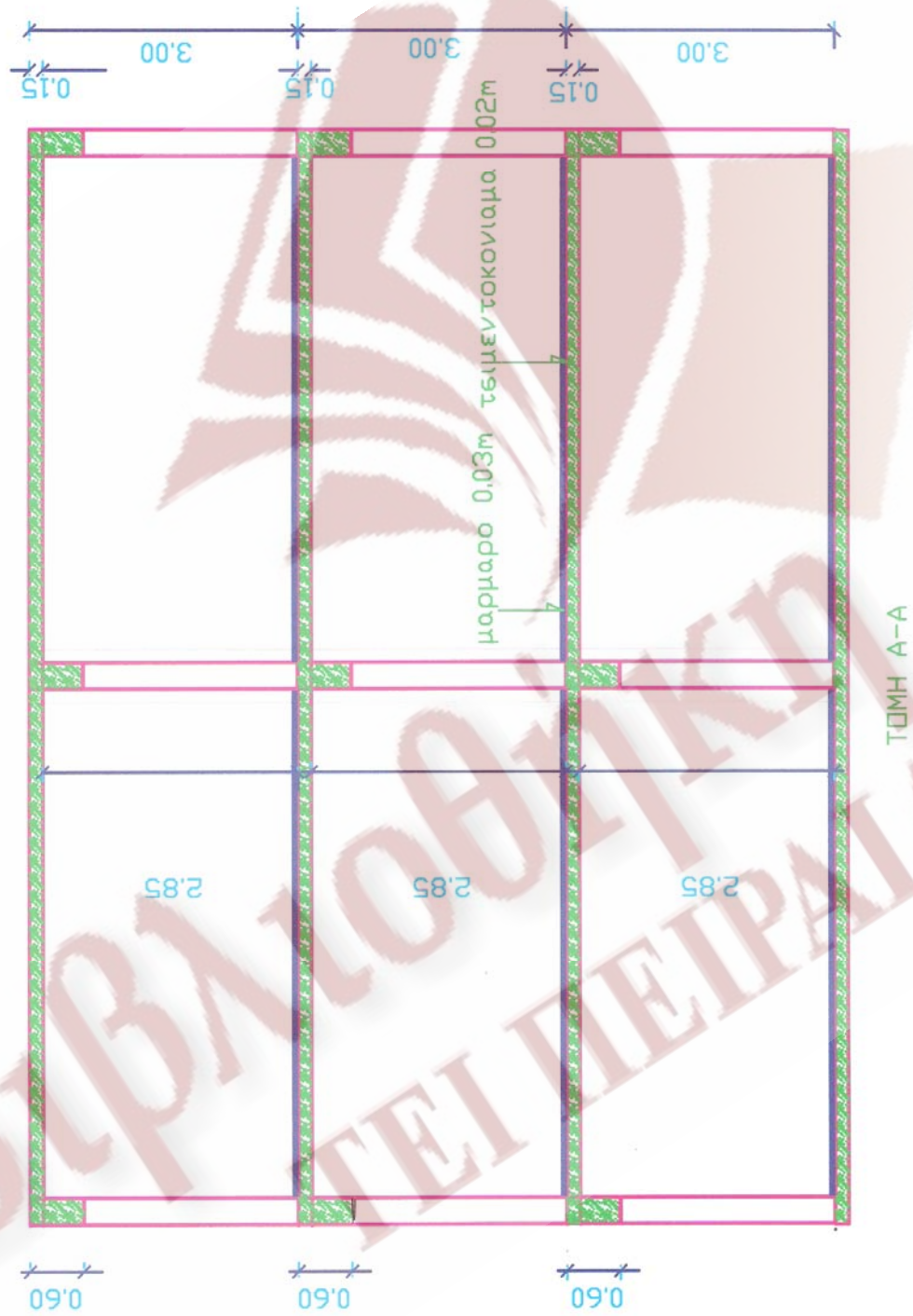
Ο ξυλότυπος του τυπικού ορόφου και οι σχηματικές τομές φαινονται στα σχήματα 1.1, 1.2, 1.3

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

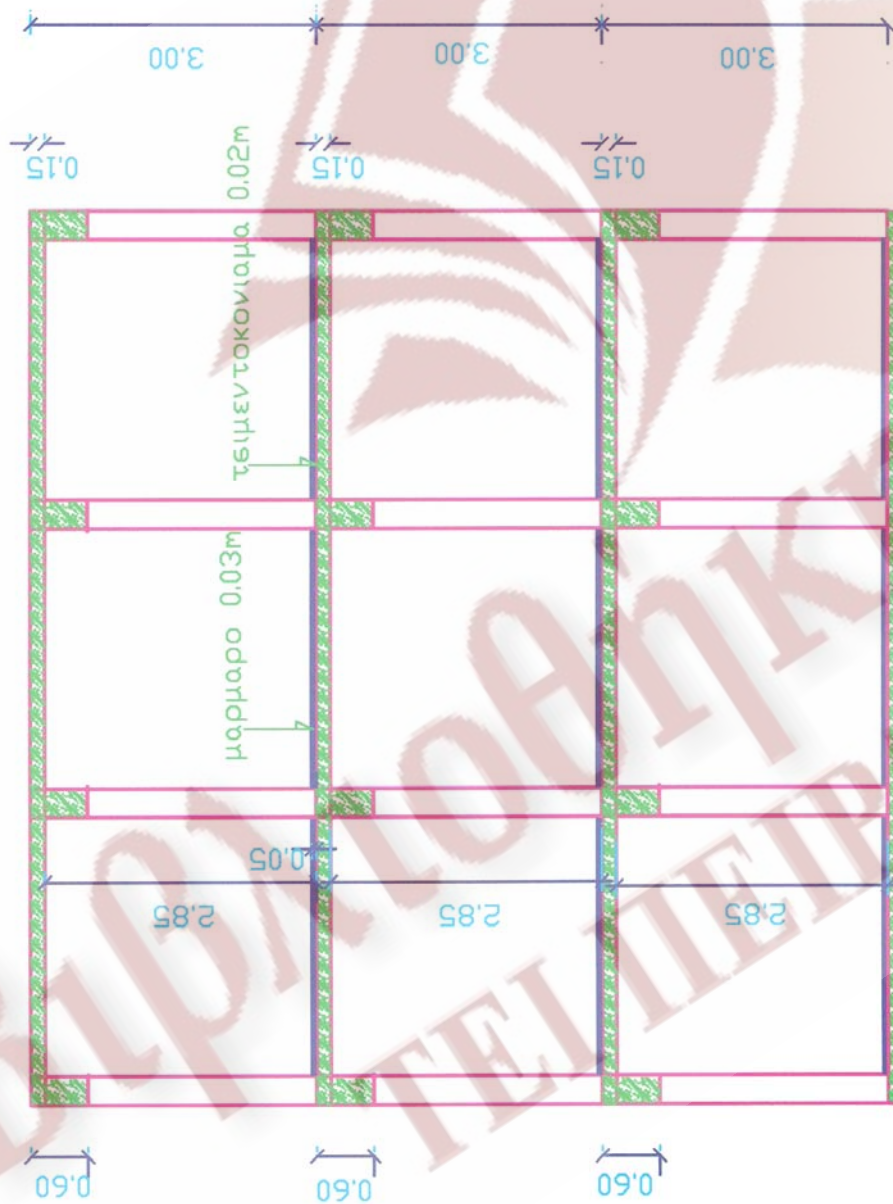


Σχ. 1.1 Τυπική κάτοψη ορόφου κλίμακα 1:75





Σχ. 1.2 Τομή Α-Α κλίμακα 1:75



Σχ. 1.3 Τομή Β-Β κλίμακα 1:75

## Κεφάλαιο 2 Φορτίσεις

### 2.1 Γενικά - Στατικά φορτία

Τα στατικά φορτία που ασκούνται στο κτίριο διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες και μετρώνται σε  $kN/m^2$

#### Μόνιμα και πρόσθετα μόνιμα φορτία

Ίδιον βάρος πλάκας, βάρος επικάλυψης δαπέδου και τοιχοποιιών

Λαμβάνονται ειδικά βάρη :

Ειδικό βάρος σκυροδέματος  $25.00 kN/m^3$

Ειδικό βάρος δαπέδου  $22.00 kN/m^3$

Εξωτερικής τοιχοποιίας  $3.60 kN/m^2$

Εσωτερικής τοιχοποιίας  $2.10 kN/m^2$

Η εξωτερική τοιχοποιία εδράζεται κατά μήκος των εξωτερικών δοκών

Η εσωτερική τοιχοποιία εδράζεται κατά μήκος των εσωτερικών δοκών

#### Κινητά φορτία

Λαμβάνεται ομοιόμορφο φορτίο  $2.00 kN/m^2$

## 2.2 Υπολογισμός στατικών φορτίων

### α) Φορτία πλάκας: ανά στάθμη

1.  $(I.B.σκυροδέματος) * (πάχος πλάκας) = 25\text{KN/m}^3 * 0,15\text{m} = 3,75\text{KN/m}^2$
2.  $(Πρόσθετα μόνιμα) = (I.B.δαπέδου) * (πάχος δαπέδου) =$   
 $= 22\text{KN/m}^3 * 0,05\text{m} = 1,10\text{KN/m}^2$   
 $(I.B.μάρμαρου) = (I.B.τσιμεντοκονίας) = 22\text{KN/m}^3$
3.  $(κινητά φορτία) = 0,3 * 2,00\text{KN/m}^2 = 0,60\text{KN/m}^2$

$$\underline{(Συνολικό φορτίο κατανεμημένο πλάκας)} = ((I.B.σκυροδέματος) * (πάχος πλάκας) + (Πρόσθετα μόνιμα) + (κινητά φορτία)) = (3,375 + 1,10 + 0,60)\text{KN/m}^2 = 5,45\text{KN/m}^2$$

$$\bullet (Εμβαδόν πλάκας) = 12,30\text{m} * 9,30\text{m} = 114,39\text{m}^2$$

$$\underline{(Συνολικό φορτίο πλάκας)} = (Εμβαδόν πλάκας) * (Συνολικό φορτίο κατανεμημένο πλάκας) = 114,39\text{m}^2 * 5,45\text{KN/m}^2 = 623,43\text{KN}$$

### β) Υπολογισμός φορτίων δοκών ανά στάθμη

- $(Φορτίο δοκών ανά τρέχον μέτρο) =$   
 $= (\text{κρέμαση-πάχος πλάκας}) * (I.B.σκυρ) * (πάχος δοκού) =$   
 $= (0,60 - 0,15)\text{m} * 25\text{KN/m}^3 * 0,30\text{m} = 3,375 \text{KN/m}$
- $(Συνολικό μήκος δοκών) = (12,30 * 2 + 8,70 * 3 + 5,70 * 2)\text{m} = 62,10\text{m}$
- $(Συνολικό Φορτίο δοκών) = (Συνολικό μήκος δοκών) * (Φορτίο δοκών ανά τρέχον μέτρο) = 62,10\text{m} * 3,375\text{KN/m} = 209,59\text{KN}$

### γ) Υπολογισμός φορτίων εξωτερικής τοιχοποιίας

- $(Μήκος εξωτερικής τοιχοποιίας) = (2 * 12,30 + 2 * 8,70)\text{m} = 42\text{m}$
- $(φορτίο ανα τρέχον μέτρο) = (\text{ύψος τοιχοποιίας})\text{m} * 3,60\text{KN/m}^2 =$   
 $= 8,64\text{KN/m}$



- (συνολικό φορτίο εξωτ. Τοιχ.) =  $42\text{m} * 8.64 \text{ KN/m} = 362.88\text{KN}$

### δ) Υπολογισμός φορτίου εσωτερικής τοιχοποιίας

- (φορτίο ανά τρέχον μέτρο) = (ύψος τοιχοποιίας) \*  $2.10\text{KN/m}^2 =$   
 $= 2.40\text{m} * 2.10\text{KN/m}^2 = 5.04\text{KN/m}$
- (Μήκος εσωτερικής τοιχοποιίας) =  $11.70\text{m} + 5.70\text{m} + 5.70\text{m} =$   
 $= 23.10\text{m}$
- (συνολικό φορτίο εσωτ. Τοιχ.) = (Μήκος εσωτερικής τοιχοποιίας)\*  
 \*(φορτίο ανά τρέχον μέτρο) =  $23.10\text{m} * 5.04\text{m} = 116.42\text{m}$

### ε) Υπολογισμός φορτίων υποστυλωμάτων

- (συνολική επιφάνεια υποστυλωμάτων)=  
 $= 6*(0.30*0.30)\text{m}^2 + 6*(0.30*0.60)\text{m}^2 = 1.62\text{m}^2$
- (φορτίο άνω μισών υποστυλωμάτων)=(ύψος άνω μισών υποστυλ.)\*(συνολική  
 επιφάνεια υποστυλωμάτων) \* (I.B.σκυρ) =  
 $= 0.90\text{m} * 1.62\text{m}^2 * 25\text{KN/m}^3 = 36.45\text{KN}$
- (φορτίο κάτω μισών υποστυλωμάτων)= (ύψος κάτω μισών υποστυλ.)\*(συνολική  
 επιφάνεια υποστυλωμάτων) \* (I.B.σκυρ) =  
 $= 1.50\text{m} * 1.62\text{m}^2 * 25\text{KN/m}^3 = 60.75\text{KN}$

στ) Υπολογισμός φορτίων για κάθε στάθμη  
1<sup>η</sup> στάθμη

Φορτίο πλάκας	623,43KN
Φορτίο δοκών	209,59 KN
Φορτίο εξωτ. Τοιχ.	362,88 KN
Φορτίο εσωτ. Τοιχ	116,42 KN
Φορτίο άνω μισών υποστυλ.	36,45 KN
Φορτίο κάτω μισών υποστυλ	60,75 KN
Φορτίο 1 <sup>ης</sup> στάθμης	1409,52 KN

2<sup>η</sup> στάθμη

Φορτίο πλάκας	623,43 KN
Φορτίο δοκών	209,59 KN
Φορτίο εξωτ. Τοιχ.	362,88 KN
Φορτίο εσωτ. Τοιχ	116,42 KN
Φορτίο άνω μισών υποστυλ.	36,45 KN
Φορτίο κάτω μισών υποστυλ	60,75 KN
Φορτίο 2 <sup>ης</sup> στάθμης	1409,52 KN

3<sup>η</sup> στάθμη

Φορτίο πλάκας	623,43 KN
Φορτίο δοκών	209,59 KN
Φορτίο εξωτ. Τοιχ.	0 KN
Φορτίο εσωτ. Τοιχ	0 KN
Φορτίο άνω μισών υποστυλ.	36,45 KN
Φορτίο κάτω μισών υποστυλ	0 KN
Φορτίο 3 <sup>ης</sup> στάθμης	869,47 KN

## 2.3 Υπολογισμός σεισμικών φορτίων

### 2.3.1 Μέθοδοι υπολογισμού σεισμικής απόκρισης

Ο ΕΑΚ 2000 προβλέπει την εφαρμογή δύο μεθόδων γραμμικού υπολογισμού της σεισμικής απόκρισης, της δυναμικής φασματικής μεθόδου και της ισοδύναμου στατικής μεθόδου. Στη δυναμική φασματική μέθοδο, η απόκριση του συστήματος προκύπτει από κατάλληλη επαλληλία των μέγιστων αποκρίσεων που αντιστοιχούν σε κάθε ιδιομορφή και είναι μέθοδος γραμμικής εφαρμογής, ενώ στην ισοδύναμη στατική μέθοδο, η απόκριση του συστήματος προκύπτει από την εφαρμογή ισοδύναμων σεισμικών φορτίων που εφαρμόζονται στις θέσεις των συγκεντρωμένων μαζών της κατασκευής σαν στατικά φορτία.

Η απλοποίηση της δυναμικής φασματικής μεθόδου στηρίζεται στις επόμενες συντηρητικές παραδοχές.

A) Οι δυο οριζόντιες (και κάθετες μεταξύ τους) συνιστώσες του σεισμού εκλέγονται παράλληλες προς τις κύριες διευθύνσεις  $x$  και  $y$  του κτιρίου (άξονας μέγιστης και ελάχιστης δυσκαμψίας)

B) Για τον υπολογισμό του μεγέθους των φορτίων θεωρείται η ασύζευκτη μεταφορική ταλάντωση του κτιρίου κατά  $x$  και  $y$ , αγνοώντας τη σύζευξη μεταφορικών – στρεπτικών ταλαντώσεων. Τα αντιστοίχα σεισμικά φορτία  $F_{i,x}$  και  $F_{i,y}$  καθορίζονται με βάση τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο και ιδιομορφή ταλάντωσης κάθε κύριας διεύθυνσης, η οποία όμως "προικίζεται" με τη συνολική μάζα  $M$  του κτιρίου για να ληφθεί υπόψη η συμβολή και των ανώτερων ταλάντωσης.

Γ) Για τον υπολογισμό της θέσης των σεισμικών φορτίων στην κάτοψη λαμβάνεται προσεγγιστικά υπόψη η σύζευξη μεταφορικών – στρεπτικών ταλαντώσεων μέσω των "ισοδύναμων" στατικών εκκεντροτήτων

Δ) Για κάθε διεύθυνση οι σεισμικές στατικές δυνάμεις  $F_{i,x}$  και  $F_{i,y}$  εφαρμόζονται επάνω στο χωρικό προσομοίωμα του κτιρίου με τη μέγιστη και την ελάχιστη εκκεντρότητα σχεδιασμού και ακολουθεί στατική επίλυση του υπόψη προσομοιώματος για κάθε περίπτωση φόρτισης. Τέλος, γίνεται χρήση φάσματος  $\Phi_d$  ακόμα για  $q=1.0$  διότι είναι δυσμενέστερο από το  $\Phi_e$

Στην παρούσα κατασκευή εφαρμόζεται η ισοδύναμη στατική μέθοδος γιατί πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις :

Επειδή είναι κανονικό κτίριο τριών ορόφων σπουδαιότητας  $\Sigma_2$ .

Έλεγχος: ΕΑΚ 3.5.1 [4] Κανονικό κτίριο είναι αφού:

1. Τα πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα μέσα στο επίπεδό τους. Η λειτουργία αυτή εξασφαλίζεται σε ορθογωνικά κτίρια όταν ο λόγος πλευρών είναι μικρότερος του τέσσερα. Δηλαδή:  $\frac{12m}{9m} = 1.33 < 4$  ισχύει.
2. η ακαμψία σε όλους τους ορόφους είναι η ίδια. Άρα δεν υπερβαίνουμε τις τιμές αύξησης της ακαμψίας 0,35K<sub>i</sub> και αντίστοιχα τις τιμές μείωσης 0,50K<sub>i</sub>.
3. η μάζα κάθε ορόφου δεν υπερβαίνει τις τιμές αύξησης, μείωσης 0,35m<sub>i</sub>, 0.50m<sub>i</sub> αντίστοιχα. Αφού:
 

M <sub>1</sub> =1409.52KN	(M <sub>1</sub> η μάζα της πρώτης στάθμης )
M <sub>2</sub> =1409.52KN	(M <sub>2</sub> η μάζα της δεύτερης στάθμης)
M <sub>3</sub> = 869.47KN	(M <sub>3</sub> η μάζα της τρίτης στάθμης)

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{1409,52}{1409,52} = 1,00$$

$$\frac{M_3}{M_2} = \frac{869,47}{1409,52} = 0,62 > 0,50$$

### ΔΕΔΟΜΕΝΑ

κατηγορία εδάφους :

B

Ζώνη επικινδυνότητας :

II

Σπουδαιότητα κτιρίου :

Συνήθης (Σ<sub>2</sub>)

Υλικά :

C<sub>20/25</sub> , S<sub>500</sub> , S<sub>220</sub>

Φορτία :

Ίδιον βάρος οπλισμένου σκυροδέματος :	25kN/m <sup>3</sup>
Ίδιον βάρος εξωτερικής τοιχοποιίας :	3.60kN/m <sup>2</sup>
Ίδιον βάρος εσωτερικής τοιχοποιίας :	2.10kN/m <sup>2</sup>
Μόνιμα πρόσθετα (δαπέδου) :	1.10kN/m <sup>2</sup>
Κινητά :	2.00kN/m <sup>2</sup>



### 2.3.2 Υπολογισμός ιδιοπεριόδου

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ 3.5.2 [1] για την απλοποιημένη φασματική μέθοδο η ιδιοπερίοδος μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$T = 0.09 * \frac{H}{\sqrt{L}} * \sqrt{\frac{H}{H + \rho * L}}$$

Όπου:

H: το ύψος κτιρίου

L: το μήκος του κτιρίου κατά την θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού

$\rho$  ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς την συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων

H=9m

$L_x=12.30\text{m}$

$L_y=9.30\text{m}$

$\rho_x=\rho_y=0$  αφού σε αυτή την περίπτωση δεν έχουμε τοιχώματα

$$T_x = 0.09 * \frac{9}{\sqrt{12.30}} * \sqrt{\frac{9}{9}} = 0.231\text{sec}$$

$$T_y = 0.09 * \frac{9}{\sqrt{9.30}} * \sqrt{\frac{9}{9}} = 0.266\text{sec}$$

### 2.3.3 Υπολογισμός φασματικής επιτάχυνσης

Με βάση τον ΕΑΚ 2.3 στα φάσματα σχεδιασμού, το έδαφος κατηγορίας Β αν επιλέξουμε είμαστε εντός των ορίων που επιβάλει ο ΕΑΚ δηλαδή:

$$T_1 \leq T_x \leq T_2$$

$$T_1 \leq T_y \leq T_2$$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε τον εξής τύπο:

$$\Phi_d(T)_x = \Phi_d(T)_y = \gamma_i * A * \frac{\eta * \theta * \beta_0}{q}$$

Όπου:

$A = \alpha * g$  μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους (παρ. 2.3.3)

$g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\gamma_i$  συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου (παρ. 2.3.4)

$q$  συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής (παρ. 2.3.5)

$\eta$  συντελεστής απόσβεσης για ποσοστό απόσβεσης  $\neq 5\%$

$\theta$  συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης (παρ. 2.3.7)

$T_1$  και  $T_2$  χαρακτηριστικές περίοδοι του φάσματος (Πίνακας 2.4)

$\beta_0 = 2.5$  συντελεστής φασματικής ενίσχυσης

$A, B, \Gamma, \Delta$  κατηγορία εδάφους (παρ. 2.3.6)

Ο διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \zeta}} \geq 0.7$$

Όπου  $\zeta(\%)$  οι τιμές της κρίσιμης απόσβεσης ΕΑΚ πιν. 2.8 για κάθε είδος κατασκευής.

Για σπλισμένο σκυρόδεμα  $\zeta(\%) = 5\%$  άρα  $\eta = 1.00$

$$\text{Άρα: } \Phi_d(T_x) = \Phi_d(T_y) = 1.00 * 0.24g * \frac{1 * 1 * 2.5}{3.5} = 0.171g$$

### 2.3.4 Υπολογισμός συνολικής τέμνουσας στη βάση του Κτιρίου (ΕΑΚ 3.5.2)

$$V_0 = M_{\text{κτιρίου}} * \Phi_d(T)$$

M η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής

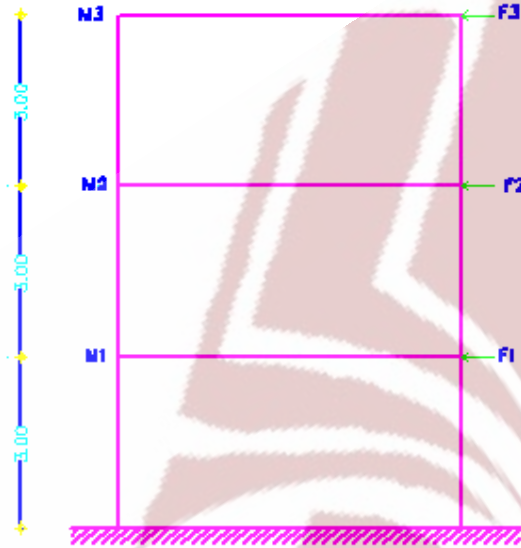
$\Phi_d(T)$  η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού όπως προκύπτει από τις εξ. (2.1)

T η θεμελιώδης ασύζευκτη ιδιοπερίοδος μεταφορικής ταλάντωσης κατά την θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται με οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδο της μηχανικής.

$$V_0 = M_{\text{κτιρίου}} * \Phi_d(T) = \frac{B_{\text{κτιρίου}}}{g} * \Phi_d(T) = \frac{3688,51}{g} * 0.171g = 630.74KN$$

Βιβλιοθήκη  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

### 2.3.5 Κατανομή της τέμνουσας σε κάθε στάθμη με βάση την σχέση της απλοποιημένης φασματικής μεθόδου



$$F_i = V_0 * \frac{m_i * z_i}{\sum_j m_j * z_j}, i, j = 1, 2, \dots, N \quad \text{όπου}$$

$z_i$  η απόσταση της στάθμης  $i$  από τη βάση

$$F_1 = V_0 * \frac{m_1 * z_1}{m_1 * z_1 + m_2 * z_2 + m_3 * z_3} = 630.74 \text{KN} * \frac{140.952 \text{Mgr} * 3\text{m}}{140.952 \text{Mgr} * 3\text{m} + 140.952 \text{Mgr} * 6\text{m} + 86.947 \text{Mgr} * 9\text{m}}$$

$$\Rightarrow F_1 = 130.03 \text{KN}$$

$$F_2 = V_0 * \frac{m_2 * z_2}{m_1 * z_1 + m_2 * z_2 + m_3 * z_3} = 630.74 \text{KN} * \frac{140.952 \text{Mgr} * 6\text{m}}{140.952 \text{Mgr} * 3\text{m} + 140.952 \text{Mgr} * 6\text{m} + 86.947 \text{Mgr} * 9\text{m}}$$

$$\Rightarrow F_2 = 260.07 \text{KN}$$

$$F_3 = V_0 * \frac{m_3 * z_3}{m_1 * z_1 + m_2 * z_2 + m_3 * z_3} = 630.74 \text{KN} * \frac{86.947 \text{Mgr} * 9\text{m}}{140.952 \text{Mgr} * 3\text{m} + 140.952 \text{Mgr} * 6\text{m} + 86.947 \text{Mgr} * 9\text{m}}$$

$$\Rightarrow F_3 = 240.64 \text{KN}$$



### 2.3.6 Εφαρμογή σεισμικών δράσεων στο δόμημα

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ κατά την εφαρμογή της απλοποιημένης φασματικής μεθόδου η σεισμική δράση κάθε ορόφου επιτρέπεται να εφαρμόζεται στο κέντρο βάρους του αντίστοιχου διαφράγματος μετατοπισμένη διαδοχικά κάθετα προς την διεύθυνση της σε απόσταση ίση με την τυχηματική εκκεντρότητα. Η επίλυση του κτιρίου θα γίνει για οριζόντιες σεισμικές δράσεις παράλληλες στις δυο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου ( άξονας μέγιστης και ελάχιστης δυσκαμψίας). Η κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού θα αγνοηθεί. Θα ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι συνδυασμοί των σεισμικών δράσεων ( ΕΑΚ Παρ. 3.5.3 [4])

- $F_i = \pm F_x \pm 0.30 F_y$
- $F_i = \pm 0.30 F_x \pm F_y$

όπου  $F_i$  παριστάνει τη συνισταμένη σεισμική φόρτιση και  $F_x$ ,  $F_y$  τις σεισμικές φορτίσεις κατά τις διευθύνσεις  $x$  και  $y$  του κτιρίου.

Αναλυτικά προκύπτουν οι επόμενοι οκτώ συνδυασμοί:

$$F_1 = +F_x + 0.30F_y$$

$$F_2 = +F_x - 0.30F_y$$

$$F_3 = +0.30F_x + F_y$$

$$F_4 = -0.30F_x + F_y$$

$$F_5 = -F_x - 0.30F_y$$

$$F_6 = -F_x + 0.30F_y$$

$$F_7 = -0.30F_x - F_y$$

$$F_8 = +0.30F_x - F_y$$

όπου:

$$F_x = \begin{bmatrix} F_{1,x} \\ F_{2,x} \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ F_{N,x} \end{bmatrix}$$

$$, F_y = \begin{bmatrix} F_{1,y} \\ F_{2,y} \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ F_{N,y} \end{bmatrix}$$

όπου  $F_{1,x}, \dots, F_{3,x}$  και  $F_{1,y}, \dots, F_{3,y}$  οι σεισμικές δράσεις κατά  $x$  και  $y$  στις 3 στάθμες του κτιρίου.

Για την αντιμετώπιση στρεπτικών επιπονήσεων ενός κτιρίου, οφειλωμένων σε παράγοντες που δεν είναι πρακτικά εφικτό να προσομοιωθούν, η μάζα  $m_i$  ή η σεισμική δύναμη  $F_i$  κάθε ορόφου θα λαμβάνεται μετατοπισμένη διαδοχικά εκατέρωθεν του κέντρου βάρους, κάθετα προς τη διεύθυνση της εξεταζόμενης οριζόντιας συνιστώσας του σεισμού, σε απόσταση ίση με την τυχηματική εκκεντρότητα  $e_{\pi}$  του ορόφου  $i$ .

Η τυχηματική εκκεντρότητα  $e_{\pi}$  λαμβάνεται ίση προς  $0.05 * L_i$ , όπου  $L_i$  το πλάτος του ορόφου κάθετα προς την εξεταζόμενη διεύθυνση (ΕΑΚ2000 Παρ. 3.3.1)

Οι παραπάνω 8 συνδυασμοί των σεισμικών δράσεων κατά  $x$  και  $y$  θα εφαρμοστούν διαδοχικά με τις μέγιστες και ελάχιστες εκκεντρότητες σχεδιασμού, που υπολογίστηκαν παραπάνω. Συνεπώς θα εφαρμοστούν τελικά  $4*8=32$  περιπτώσεις σεισμικών φορτίσεων στο κτίριο.

## Κεφάλαιο 3 Προσομοίωμα-Δράσεις υπολογισμού- Συνδυασμοί δράσεων

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών και των μετακινήσεων των μελών του δομήματος από τις διάφορες δράσεις γίνεται ελαστική ανάλυση στο χώρο με χρήση του προγράμματος SOFISTIK.

Οι πλάκες των ορόφων προσομοιώνονται με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία ενώ οι δοκοί και οι στύλοι με ραβδόμορφα γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Τα διαμήκη οριζόντια μέλη τοποθετούνται στον άξονα των δοκών ενώ τα κατακόρυφα στους άξονες των υποστυλωμάτων. Κάθε στοιχείο έχει διατομή και αδρανειακά χαρακτηριστικά του μέλους που προσομοιώνει. Τα υποστυλώματα θεωρούνται πλήρως πακτωμένα στη βάση τους.

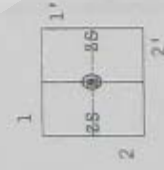
### 3.1 Προσομοίωμα

Η γεωμετρία και οι διατομές του προσομοιώματος παρουσιάζονται στις σελίδες που ακολουθούν

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

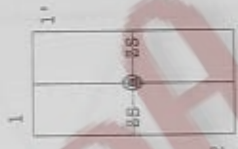
Κο 1  
A=0.180080 [m2]  
IY=0.33848E-2, IZ=0.67508E-3 [m4]

Ηποστυλωματα



Κο 2  
A=0.180080 [m2]  
IY=0.33848E-2, IZ=0.54008E-2 [m4]

Δοκοι



Κο 3  
A=0.180080 [m2]  
IY=0.33848E-2, IZ=0.13508E-2, IZ=0.54008E-2 [m4]

Υποστυλωματα



Scale has been changed

M 1 : 20





art :

lock :

Seite 2

ecord :

εχ. 3.9 ΧΩΡΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ



x :  
rd :

Seite 3

Εχ. 3.3 Χωρίς Προσοχή με Διατομές Μετά

Αριθμηση Πλέγματος

602	604	606	608	610	612	614	616	618	620	622	624	626	628	630	632	634
1402 552	554	556	558	560	562	564	566	568	570	572	574	576	578	580	582	584
1402 502	504	506	508	510	512	514	516	518	520	522	524	526	528	530	532	534
1402 452	454	456	458	460	462	464	466	468	470	472	474	476	478	480	482	484
1402 402	404	406	408	410	412	414	416	418	420	422	424	426	428	430	432	434
1402 352	354	356	358	360	362	364	366	368	370	372	374	376	378	380	382	384
1402 302	304	306	308	310	312	314	316	318	320	322	324	326	328	330	332	334
1402 252	254	256	258	260	262	264	266	268	270	272	274	276	278	280	282	284
1402 202	204	206	208	210	212	214	216	218	220	222	224	226	228	230	232	234
1402 152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	172	174	176	178	180	182	184
1402 102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	132	134
1002 52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
1002 2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34

Art :  
 Lock : 17 Σταθμ  
 Record :  
 3.4. Αριθμηση κορμών , μελών , επιφανειακών περιεφ

SECTOR OF SYSTEM, ELEMENT GROUP 0 1  
 NODE AND ELEMENT NUMBERS



3402	3403	3404	3405	3406	3407	3408	3409	3410	3411	3412	3413	3414	3415	3416	3417	3418	3419	3420	3421	3422	3423	3424	3425	3426	3427	3428	3429	3430	3431	3432	3433	3434	3435	3436	3437	3438	3439	3440	3441	3442	3443	3444	3445	3446	3447	3448	3449	3450	3451	3452	3453	3454	3455	3456	3457	3458	3459	3460	3461	3462	3463	3464	3465	3466	3467	3468	3469	3470	3471	3472	3473	3474	3475	3476	3477	3478	3479	3480	3481	3482	3483	3484	3485	3486	3487	3488	3489	3490	3491	3492	3493	3494	3495	3496	3497	3498	3499	3500																																																		
3552	3553	3554	3555	3556	3557	3558	3559	3560	3561	3562	3563	3564	3565	3566	3567	3568	3569	3570	3571	3572	3573	3574	3575	3576	3577	3578	3579	3580	3581	3582	3583	3584	3585	3586	3587	3588	3589	3590	3591	3592	3593	3594	3595	3596	3597	3598	3599	3600	3601	3602	3603	3604	3605	3606	3607	3608	3609	3610	3611	3612	3613	3614	3615	3616	3617	3618	3619	3620	3621	3622	3623	3624	3625	3626	3627	3628	3629	3630	3631	3632	3633	3634	3635	3636	3637	3638	3639	3640	3641	3642	3643	3644	3645	3646	3647	3648	3649	3650	3651	3652	3653	3654	3655	3656	3657	3658	3659	3660	3661	3662	3663	3664	3665	3666	3667	3668	3669	3670	3671	3672	3673	3674	3675	3676	3677	3678	3679	3680	3681	3682	3683	3684	3685	3686	3687	3688	3689	3690	3691	3692	3693	3694	3695	3696	3697	3698	3699	3700

2<sup>ο</sup> Σελίδα

3.5. Αριθμοί κερών, κλών, επιφανειακών ΑΕΑ



Scale has been changed

09/14/06

M 1 : 50

7352	6352	6554	6556	6560	6562	6564	6566	6568	6570	6572	6574	6576	6578	6580	6582	6584
6582	6584	6586	6588	6590	6592	6594	6596	6598	6600	6602	6604	6606	6608	6610	6612	6614
7402	6502	6504	6506	6510	6512	6514	6516	6518	6520	6522	6524	6526	6528	6530	6532	6534
6452	6454	6456	6458	6460	6462	6464	6466	6468	6470	6472	6474	6476	6478	6480	6482	6484
7402	6402	6404	6406	6410	6412	6414	6416	6418	6420	6422	6424	6426	6428	6430	6432	6434
6402	6404	6406	6408	6410	6412	6414	6416	6418	6420	6422	6424	6426	6428	6430	6432	6434
7352	6352	6354	6356	6360	6362	6364	6366	6368	6370	6372	6374	6376	6378	6380	6382	6384
6382	6384	6386	6388	6390	6392	6394	6396	6398	6400	6402	6404	6406	6408	6410	6412	6414
7352	6202	6204	6206	6210	6212	6214	6216	6218	6220	6222	6224	6226	6228	6230	6232	6234
6202	6204	6206	6208	6210	6212	6214	6216	6218	6220	6222	6224	6226	6228	6230	6232	6234
7402	6202	6204	6206	6210	6212	6214	6216	6218	6220	6222	6224	6226	6228	6230	6232	6234
6202	6204	6206	6208	6210	6212	6214	6216	6218	6220	6222	6224	6226	6228	6230	6232	6234
7402	6102	6104	6106	6110	6112	6114	6116	6118	6120	6122	6124	6126	6128	6130	6132	6134
6102	6104	6106	6108	6110	6112	6114	6116	6118	6120	6122	6124	6126	6128	6130	6132	6134
7402	6052	6054	6056	6060	6062	6064	6066	6068	6070	6072	6074	6076	6078	6080	6082	6084
6052	6054	6056	6058	6060	6062	6064	6066	6068	6070	6072	6074	6076	6078	6080	6082	6084
7402	6002	6004	6006	6010	6012	6014	6016	6018	6020	6022	6024	6026	6028	6030	6032	6034
6002	6004	6006	6008	6010	6012	6014	6016	6018	6020	6022	6024	6026	6028	6030	6032	6034



3.6 Αριθμηση κόμβων, μελών, επιφανειακών περιγραφοίτων

3η Σταθμ

Site 7

Αρχιτ. No.



**ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**  
**ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑΣ**

## 3.2 Δράσεις Υπολογισμού

### 3.2.1 Στατικές φορτίσεις

Φόρτιση 1 : μόνιμα + πρόσθετα μόνιμα  
φόρτιση 2 : κινητά

### 3.2.2 Σεισμικές φορτίσεις

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ 3.5.3[4]

Για την διαστασιολόγηση θα χρησιμοποιήσουμε τον δυσμενέστερο από τους ακόλουθους συνδυασμούς των στατικών φορτίσεων, με την αγνόηση της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού θα έχουμε :

Για τη θέση 1 έχουμε:

$$\text{Φόρτιση 101: } F_1 = +F_x + 0.3F_y$$

$$\text{Φόρτιση 102: } F_2 = +F_x - 0.3F_y$$

$$\text{Φόρτιση 103: } F_3 = +0.3F_x + F_y$$

$$\text{Φόρτιση 104: } F_4 = -0.3F_x + F_y$$

$$\text{Φόρτιση 105: } F_5 = -F_x - 0.3F_y$$

$$\text{Φόρτιση 106: } F_6 = -F_x + 0.3F_y$$

$$\text{Φόρτιση 107: } F_7 = -0.3F_x - F_y$$

$$\text{Φόρτιση 108: } F_8 = +0.3F_x - F_y$$

αντίστοιχα προκύπτουν και οι σεισμικές φορτίσεις 201-208, 301-308, 401-408 για τις θέσεις 2,3,4

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα σεισμικά φορτία θα εφαρμοστούν διαδοχικά στις 4 θέσεις του εκάστοτε διαφράγματος εκατέρωθεν του κέντρου βάρους του, όπως αυτές προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη τις τυχηματικές εκκεντρότητες σχεδιασμού.

Για την εφαρμογή των σεισμικών δυνάμεων στο προσομοίωμα θα ακολουθήσει η εξής διαδικασία:

- Για κάθε συνδυασμό σεισμικών δράσεων οι οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις κατά  $x$  και  $y$  επιτρέπεται να εφαρμοστούν στο κέντρο βάρους του εκάστοτε ορόφου. Εντούτοις για την ρεαλιστικότερη εφαρμογή των σεισμικών φορτίων στα διαφραγμάματα η σεισμική δράση του κάθε ορόφου θα κατανομηθεί στις κορυφές των υποστυλωμάτων του ορόφου ανάλογα με την αξονική δύναμη που δέχεται το κάθε υποστύλωμα. Αυτό είναι δυνατόν διότι η σεισμική δύναμη ως αδρανειακή δύναμη είναι ανάλογη του κατακόρυφου φορτίου του κάθε υποστυλώματος.

- Οι προκύπτουσες ροπές λόγω της μεταφοράς των δυνάμεων στις τέσσερις θέσεις εξατέρωθεν του κέντρου βάρους θα μετατραπούν σε ζεύγος δυνάμεων το οποίο θα εφαρμοστεί στις κορυφές των υποστυλωμάτων της περιμέτρου του κτιρίου. στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς τα προκύπτοντα φορτία για κάθε θέση εφαρμογής των σεισμικών δράσεων.

### 3.2.2.1 Κατανομή σεισμικής δύναμης στα υποστυλώματα

Η κατανομή θα γίνει με βάση την αξονική που δέχεται το κάθε υποστύλωμα:

$$F_i = \frac{N_i}{N_{ολ}} * F$$

Όπου:

$N_i$  αξονική που δέχεται το υποστύλωμα

$N_{ολ}$  η συνολική αξονική που δέχονται όλα τα υποστυλώματα

$F$  η σεισμική δύναμη που δέχεται η κάθε στάθμη στο κέντρο βάρους της

Οι αξονικές δυνάμεις των υποστυλωμάτων κάθε ορόφου υπολογίζονται αναλυτικά στο παράρτημα Α



## Σεισμός κατά την διεύθυνση X ( $F_x$ )

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά ο υπολογισμός των σεισμικών φορτίων

### 1<sup>η</sup> στάθμη

$$F_{1,x} = 130.03kN$$

$$K_1 : F_x = 0.0412 * 130.03kN = 5.36kN$$

$$K_2 : F_x = 0.1257 * 130.03kN = 16.34kN$$

$$K_3 : F_x = 0.0510 * 130.03kN = 6.63kN$$

$$K_4 : F_x = 0.0576 * 130.03kN = 7.48kN$$

$$K_5 : F_x = 0.0576 * 130.03kN = 7.48kN$$

$$K_6 : F_x = 0.0510 * 130.03kN = 6.63kN$$

$$K_7 : F_x = 0.1257 * 130.03kN = 16.34kN$$

$$K_8 : F_x = 0.0412 * 130.03kN = 5.36kN$$

$$K_9 : F_x = 0.0930 * 130.03kN = 12.09kN$$

$$K_{10} : F_x = 0.0930 * 130.03kN = 12.09kN$$

$$K_{11} : F_x = 0.1316 * 130.03kN = 17.12kN$$

$$K_{12} : F_x = 0.1316 * 130.03kN = 17.12kN$$

### 2<sup>η</sup> στάθμη

$$F_{2,x} = 260.07kN$$

$$K_1 : F_x = 0.0395 * 260.07kN = 10.26kN$$

$$K_2 : F_x = 0.1240 * 260.07kN = 32.25kN$$

$$K_3 : F_x = 0.0500 * 260.07kN = 13.01kN$$

$$K_4 : F_x = 0.0568 * 260.07kN = 14.78kN$$

$$K_5 : F_x = 0.0568 * 260.07kN = 14.78kN$$

$$K_6 : F_x = 0.0500 * 260.07kN = 13.01kN$$

$$K_7 : F_x = 0.1240 * 260.07kN = 32.25kN$$

$$K_8 : F_x = 0.0395 * 260.07kN = 10.26kN$$

$$K_9: F_x = 0.0928 * 260.07kN = 24.14kN$$

$$K_{10}: F_x = 0.0928 * 260.07kN = 24.14kN$$

$$K_{11}: F_x = 0.1369 * 260.07kN = 35.59kN$$

$$K_{12}: F_x = 0.1369 * 260.07kN = 35.59kN$$

### 3<sup>η</sup> στάθμη

$$F_{3,x} = 240.64kN$$

$$K_1: F_x = 0.0321 * 240.64kN = 7.73kN$$

$$K_2: F_x = 0.1169 * 240.64kN = 28.12kN$$

$$K_3: F_x = 0.0460 * 240.64kN = 11.08kN$$

$$K_4: F_x = 0.0537 * 240.64kN = 12.93kN$$

$$K_5: F_x = 0.0537 * 240.64kN = 12.93kN$$

$$K_6: F_x = 0.0460 * 240.64kN = 11.08kN$$

$$K_7: F_x = 0.1169 * 240.64kN = 28.12kN$$

$$K_8: F_x = 0.0321 * 240.64kN = 7.73kN$$

$$K_9: F_x = 0.0921 * 240.64kN = 22.16kN$$

$$K_{10}: F_x = 0.0921 * 240.64kN = 22.16kN$$

$$K_{11}: F_x = 0.1591 * 240.64kN = 38.29kN$$

$$K_{12}: F_x = 0.1591 * 240.64kN = 38.29kN$$

## Σεισμός κατά την διεύθυνση Y ( $F_y$ )

### 1<sup>η</sup> στάθμη

$$F_{1,y} = 130.03kN$$

$$K_1 : F_y = 0.0412 * 130.03kN = 5.36kN$$

$$K_2 : F_y = 0.1257 * 130.03kN = 16.34kN$$

$$K_3 : F_y = 0.0510 * 130.03kN = 6.63kN$$

$$K_4 : F_y = 0.0576 * 130.03kN = 7.48kN$$

$$K_5 : F_y = 0.0576 * 130.03kN = 7.48kN$$

$$K_6 : F_y = 0.0510 * 130.03kN = 6.63kN$$

$$K_7 : F_y = 0.1257 * 130.03kN = 16.34kN$$

$$K_8 : F_y = 0.0412 * 130.03kN = 5.36kN$$

$$K_9 : F_y = 0.0930 * 130.03kN = 12.09kN$$

$$K_{10} : F_y = 0.0930 * 130.03kN = 12.09kN$$

$$K_{11} : F_y = 0.1316 * 130.03kN = 17.12kN$$

$$K_{12} : F_y = 0.1316 * 130.03kN = 17.12kN$$

### 2<sup>η</sup> στάθμη

$$F_{2,y} = 260.07kN$$

$$K_1 : F_y = 0.0395 * 260.07kN = 10.26kN$$

$$K_2 : F_y = 0.1240 * 260.07kN = 32.25kN$$

$$K_3 : F_y = 0.0500 * 260.07kN = 13.01kN$$

$$K_4 : F_y = 0.0568 * 260.07kN = 14.78kN$$

$$K_5 : F_y = 0.0568 * 260.07kN = 14.78kN$$

$$K_6 : F_y = 0.0500 * 260.07kN = 13.01kN$$

$$K_7 : F_y = 0.1240 * 260.07kN = 32.25kN$$

$$K_8 : F_y = 0.0395 * 260.07kN = 10.26kN$$

$$K_9 : F_y = 0.0928 * 260.07kN = 24.14kN$$

$$K_{10} : F_y = 0.0928 * 260.07kN = 24.14kN$$

$$K_{11} : F_y = 0.1369 * 260.07kN = 35.59kN$$

$$K_{12} : F_y = 0.1369 * 260.07kN = 35.59kN$$

### 3<sup>η</sup> στάθμη

$$F_{3,y} = 240.64kN$$

$$K_1 : F_y = 0.0321 * 240.64kN = 7.73kN$$

$$K_2 : F_y = 0.1169 * 240.64kN = 28.12kN$$

$$K_3 : F_y = 0.0460 * 240.64kN = 11.08kN$$

$$K_4 : F_y = 0.0537 * 240.64kN = 12.93kN$$

$$K_5 : F_y = 0.0537 * 240.64kN = 12.93kN$$

$$K_6 : F_y = 0.0460 * 240.64kN = 11.08kN$$

$$K_7 : F_y = 0.1169 * 240.64kN = 28.12kN$$

$$K_8 : F_y = 0.0321 * 240.64kN = 7.73kN$$

$$K_9 : F_y = 0.0921 * 240.64kN = 22.16kN$$

$$K_{10} : F_y = 0.0921 * 240.64kN = 22.16kN$$

$$K_{11} : F_y = 0.1591 * 240.64kN = 38.29kN$$

$$K_{12} : F_y = 0.1591 * 240.64kN = 38.29kN$$

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ



## Κατανομή σεισμικής δύναμης λόγω τυχηματικής εκκεντρότητας (ΕΑΚ 3.5.3)

### Τυχηματική εκκεντρότητα

Ο ΕΑΚ ορίζει στο κεφάλαιο 3.3.1 [2] πως για την διαστασιολόγηση πρέπει να ληφθεί υπόψη και η τυχηματική εκκεντρότητα η οποία είναι ίση με  $e_{ti} = 0.05L_i$

Όπου:

$L_i$  το πλάτος του ορόφου κάθετα προς την εξεταζόμενη διεύθυνση

### Εφαρμογή τυχηματικής εκκεντρότητας

Στον ΕΑΚ 3.3.2 [2] η εφαρμογή της τυχηματικής εκκεντρότητας γίνεται μέσω πρόσθετης στατικής φόρτισης από ομόσημα στρεπτικά ζεύγη ίσα προς  $\pm 2 * e_{ti} * F_i$  σε κάθε όροφο

Όπου:

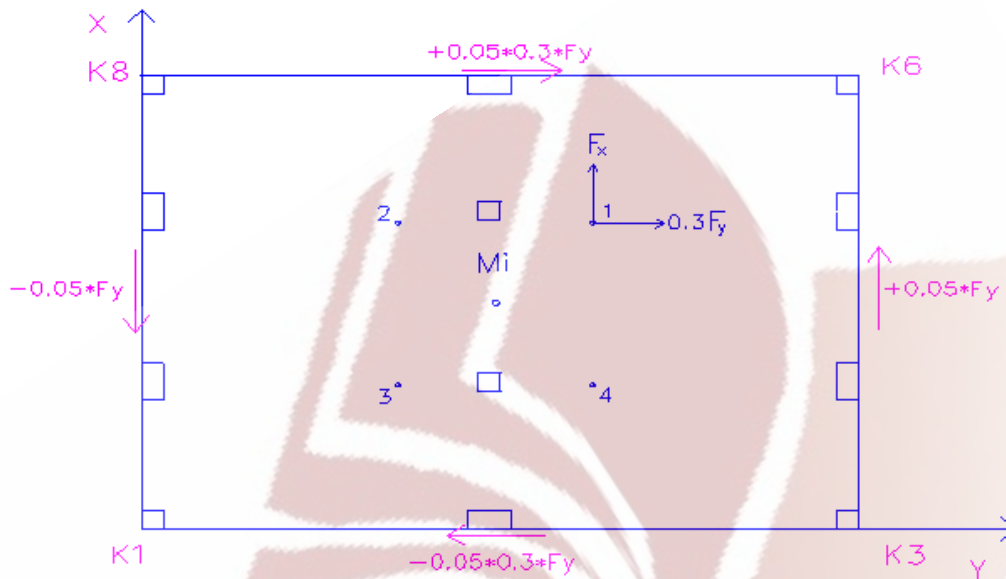
$F_i$  η σεισμική δύναμη κάθε στάθμης

Αυτό το ζεύγος στατικής φόρτισης θα το εισάγουμε φορτίζοντας τα εξωτερικά υποστυλώματα έτσι ώστε αλγεβρικά να έχουμε το ζεύγος στατικής φόρτισης. Αυτό θα γίνει και κατά τις δύο διευθύνσεις X, Y.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί για τη σεισμική φόρτιση

101

Σεισμός 101: θέση 1,  $F_x+0.3F_y$



Σχ. 3.7

1η στάθμη

$$\text{Τα } K_8, K_7, K_6 : \frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * F_y = \frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * 130.03kN = 0.65kN$$

$$\text{Τα } K_1, K_2, K_3 : -\frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * F_y = -\frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * 130.03kN = -0.65kN$$

$$\text{Τα } K_3, K_4, K_5, K_6 : \frac{1}{4} * 0.05 * F_z = \frac{1}{4} * 0.05 * 130.03kN = 1.63kN$$

$$\text{Τα } K_3, K_4, K_5, K_6 : -\frac{1}{4} * 0.05 * F_z = -\frac{1}{4} * 0.05 * 130.03kN = -1.63kN$$

2η στάθμη

$$\text{Τα } K_8, K_7, K_6 : \frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * F_y = \frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * 260.07kN = 1.30kN$$

$$\text{Τα } K_1, K_2, K_3 : -\frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * F_y = -\frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * 260.07kN = -1.30kN$$

$$\text{Τα } K_3, K_4, K_5, K_6 : \frac{1}{4} * 0.05 * F_z = \frac{1}{4} * 0.05 * 260.07kN = 3.25kN$$

$$\text{Τα } K_3, K_4, K_5, K_6 : -\frac{1}{4} * 0.05 * F_z = -\frac{1}{4} * 0.05 * 260.07kN = -3.25kN$$

### 3η στάθμη

$$\text{Τα } K_8, K_7, K_6 : \frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * F_y = \frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * 240.64kN = 1.20kN$$

$$\text{Τα } K_1, K_2, K_3 : -\frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * F_y = -\frac{1}{3} * 0.05 * 0.3 * 240.64kN = -1.20kN$$

$$\text{Τα } K_3, K_4, K_5, K_6 : \frac{1}{4} * 0.05 * F_z = \frac{1}{4} * 0.05 * 240.64kN = 3.01kN$$

$$\text{Τα } K_3, K_4, K_5, K_6 : -\frac{1}{4} * 0.05 * F_z = -\frac{1}{4} * 0.05 * 240.64kN = -3.01kN$$

Κατά τον ίδιο τρόπο για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς και στις τέσσερις θέσεις γύρω από το κέντρο μάζας εισήχθησαν όλες οι φορτίσεις στο πρόγραμμα SOFISTIK για την εύρεση των εντατικών μεγεθών σε όλα τα στοιχεία.

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται οι σεισμικές φορτίσεις των υποστυλωμάτων :

ΦΟΡΤΙΣΗ 101		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	1,61	-1,63	-0,65	3,73	0,96
	K <sub>2</sub>	16,34	4,90	0,00	-0,65	16,34	4,25
	K <sub>3</sub>	6,63	1,99	1,63	-0,65	8,26	1,34
	K <sub>4</sub>	7,48	2,24	1,63	0,00	9,11	2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	2,24	1,63	0,00	9,11	2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	1,99	1,63	0,65	8,26	2,64
	K <sub>7</sub>	16,34	4,90	0,00	0,65	16,34	5,55
	K <sub>8</sub>	5,36	1,61	-1,63	0,65	3,73	2,26
	K <sub>9</sub>	12,09	3,63	-1,63	0,00	10,46	3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	3,63	-1,63	0,00	10,46	3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	3,08	-3,25	-1,30	7,01	1,78
	K <sub>2</sub>	32,25	9,68	0,00	-1,30	32,25	8,37
	K <sub>3</sub>	13,01	3,90	3,25	-1,30	16,26	2,60
	K <sub>4</sub>	14,78	4,43	3,25	0,00	18,03	4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	4,43	3,25	0,00	18,03	4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	3,90	3,25	1,30	16,26	5,20
	K <sub>7</sub>	32,25	9,68	0,00	1,30	32,25	10,98
	K <sub>8</sub>	10,26	3,08	-3,25	1,30	7,01	4,38
	K <sub>9</sub>	24,14	7,24	-3,25	0,00	20,89	7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	7,24	-3,25	0,00	20,89	7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	2,32	-3,01	-1,20	4,72	1,12
	K <sub>2</sub>	28,12	8,44	0,00	-1,20	28,12	7,23
	K <sub>3</sub>	11,08	3,32	3,01	-1,20	14,09	2,12
	K <sub>4</sub>	12,93	3,88	3,01	0,00	15,94	3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	3,88	3,01	0,00	15,94	3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	3,32	3,01	1,20	14,09	4,53
	K <sub>7</sub>	28,12	8,44	0,00	1,20	28,12	9,64
	K <sub>8</sub>	7,73	2,32	-3,01	1,20	4,72	3,52
	K <sub>9</sub>	22,16	6,65	-3,01	0,00	19,15	6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	6,65	-3,01	0,00	19,15	6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 102		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	-1,61	-1,63	0,65	3,73	-0,96
	K <sub>2</sub>	16,34	-4,90	0,00	0,65	16,34	-4,25
	K <sub>3</sub>	6,63	-1,99	1,63	0,65	8,26	-1,34
	K <sub>4</sub>	7,48	-2,24	1,63	0,00	9,11	-2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	-2,24	1,63	0,00	9,11	-2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	-1,99	1,63	-0,65	8,26	-2,64
	K <sub>7</sub>	16,34	-4,90	0,00	-0,65	16,34	-5,55
	K <sub>8</sub>	5,36	-1,61	-1,63	-0,65	3,73	-2,26
	K <sub>9</sub>	12,09	-3,63	-1,63	0,00	10,46	-3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	-3,63	-1,63	0,00	10,46	-3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	-3,08	-3,25	1,30	7,01	-1,78
	K <sub>2</sub>	32,25	-9,68	0,00	1,30	32,25	-8,37
	K <sub>3</sub>	13,01	-3,90	3,25	1,30	16,26	-2,60
	K <sub>4</sub>	14,78	-4,43	3,25	0,00	18,03	-4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	-4,43	3,25	0,00	18,03	-4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	-3,90	3,25	-1,30	16,26	-5,20
	K <sub>7</sub>	32,25	-9,68	0,00	-1,30	32,25	-10,98
	K <sub>8</sub>	10,26	-3,08	-3,25	-1,30	7,01	-4,38
	K <sub>9</sub>	24,14	-7,24	-3,25	0,00	20,89	-7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	-7,24	-3,25	0,00	20,89	-7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	-2,32	-3,01	1,20	4,72	-1,12
	K <sub>2</sub>	28,12	-8,44	0,00	1,20	28,12	-7,23
	K <sub>3</sub>	11,08	-3,32	3,01	1,20	14,09	-2,12
	K <sub>4</sub>	12,93	-3,88	3,01	0,00	15,94	-3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	-3,88	3,01	0,00	15,94	-3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	-3,32	3,01	-1,20	14,09	-4,53
	K <sub>7</sub>	28,12	-8,44	0,00	-1,20	28,12	-9,64
	K <sub>8</sub>	7,73	-2,32	-3,01	-1,20	4,72	-3,52
	K <sub>9</sub>	22,16	-6,65	-3,01	0,00	19,15	-6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	-6,65	-3,01	0,00	19,15	-6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 103		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	5,36	-0,49	-2,17	1,12	3,19
	K <sub>2</sub>	4,90	16,34	0,00	-2,17	4,90	14,17
	K <sub>3</sub>	1,99	6,63	0,49	-2,17	2,48	4,46
	K <sub>4</sub>	2,24	7,48	0,49	0,00	2,73	7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	7,48	0,49	0,00	2,73	7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	6,63	0,49	2,17	2,48	8,80
	K <sub>7</sub>	4,90	16,34	0,00	2,17	4,90	18,51
	K <sub>8</sub>	1,61	5,36	-0,49	2,17	1,12	7,53
	K <sub>9</sub>	3,63	12,09	-0,49	0,00	3,14	12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	12,09	-0,49	0,00	3,14	12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	10,26	-0,98	-4,33	2,10	5,93
	K <sub>2</sub>	9,68	32,25	0,00	-4,33	9,68	27,92
	K <sub>3</sub>	3,90	13,01	0,98	-4,33	4,88	8,68
	K <sub>4</sub>	4,43	14,78	0,98	0,00	5,41	14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	14,78	0,98	0,00	5,41	14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	13,01	0,98	4,33	4,88	17,34
	K <sub>7</sub>	9,68	32,25	0,00	4,33	9,68	36,58
	K <sub>8</sub>	3,08	10,26	-0,98	4,33	2,10	14,59
	K <sub>9</sub>	7,24	24,14	-0,98	0,00	6,27	24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	24,14	-0,98	0,00	6,27	24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	7,73	-0,90	-4,01	1,42	3,72
	K <sub>2</sub>	8,44	28,12	0,00	-4,01	8,44	24,11
	K <sub>3</sub>	3,32	11,08	0,90	-4,01	4,23	7,07
	K <sub>4</sub>	3,88	12,93	0,90	0,00	4,78	12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	12,93	0,90	0,00	4,78	12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	11,08	0,90	4,01	4,23	15,09
	K <sub>7</sub>	8,44	28,12	0,00	4,01	8,44	32,13
	K <sub>8</sub>	2,32	7,73	-0,90	4,01	1,42	11,74
	K <sub>9</sub>	6,65	22,16	-0,90	0,00	5,75	22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	22,16	-0,90	0,00	5,75	22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 104		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	5,36	0,49	-2,17	-1,12	3,19
	K <sub>2</sub>	-4,90	16,34	0,00	-2,17	-4,90	14,17
	K <sub>3</sub>	-1,99	6,63	0,49	-2,17	-1,50	4,46
	K <sub>4</sub>	-2,24	7,48	-0,49	0,00	-2,73	7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	7,48	-0,49	0,00	-2,73	7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	6,63	-0,49	2,17	-2,48	8,80
	K <sub>7</sub>	-4,90	16,34	0,00	2,17	-4,90	18,51
	K <sub>8</sub>	-1,61	5,36	0,49	2,17	-1,12	7,53
	K <sub>9</sub>	-3,63	12,09	0,49	0,00	-3,14	12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	12,09	0,49	0,00	-3,14	12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	10,26	0,98	-4,33	-2,10	5,93
	K <sub>2</sub>	-9,68	32,25	0,00	-4,33	-9,68	27,92
	K <sub>3</sub>	-3,90	13,01	-0,98	-4,33	-4,88	8,68
	K <sub>4</sub>	-4,43	14,78	-0,98	0,00	-5,41	14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	14,78	-0,98	0,00	-5,41	14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	13,01	-0,98	4,33	-4,88	17,34
	K <sub>7</sub>	-9,68	32,25	0,00	4,33	-9,68	36,58
	K <sub>8</sub>	-3,08	10,26	0,98	4,33	-2,10	14,59
	K <sub>9</sub>	-7,24	24,14	0,98	0,00	-6,27	24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	24,14	0,98	0,00	-6,27	24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	7,73	0,90	-4,01	-1,42	3,72
	K <sub>2</sub>	-8,44	28,12	0,00	-4,01	-8,44	24,11
	K <sub>3</sub>	-3,32	11,08	-0,90	-4,01	-4,23	7,07
	K <sub>4</sub>	-3,88	12,93	-0,90	0,00	-4,78	12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	12,93	-0,90	0,00	-4,78	12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	11,08	-0,90	4,01	-4,23	15,09
	K <sub>7</sub>	-8,44	28,12	0,00	4,01	-8,44	32,13
	K <sub>8</sub>	-2,32	7,73	0,90	4,01	-1,42	11,74
	K <sub>9</sub>	-6,65	22,16	0,90	0,00	-5,75	22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	22,16	0,90	0,00	-5,75	22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 105		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	-1,61	1,63	0,65	-3,73	-0,96
	K <sub>2</sub>	-16,34	-4,90	0,00	0,65	-16,34	-4,25
	K <sub>3</sub>	-6,63	-1,99	-1,63	0,65	-8,26	-1,34
	K <sub>4</sub>	-7,48	-2,24	-1,63	0,00	-9,11	-2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	-2,24	-1,63	0,00	-9,11	-2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	-1,99	-1,63	-0,65	-8,26	-2,64
	K <sub>7</sub>	-16,34	-4,90	0,00	-0,65	-16,34	-5,55
	K <sub>8</sub>	-5,36	-1,61	1,63	-0,65	-3,73	-2,26
	K <sub>9</sub>	-12,09	-3,63	1,63	0,00	-10,46	-3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	-3,63	1,63	0,00	-10,46	-3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	-3,08	3,25	1,30	-7,01	-1,78
	K <sub>2</sub>	-32,25	-9,68	0,00	1,30	-32,25	-8,37
	K <sub>3</sub>	-13,01	-3,90	-3,25	1,30	-16,26	-2,60
	K <sub>4</sub>	-14,78	-4,43	-3,25	0,00	-18,03	-4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	-4,43	-3,25	0,00	-18,03	-4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	-3,90	-3,25	-1,30	-16,26	-5,20
	K <sub>7</sub>	-32,25	-9,68	0,00	-1,30	-32,25	-10,98
	K <sub>8</sub>	-10,26	-3,08	3,25	-1,30	-7,01	-4,38
	K <sub>9</sub>	-24,14	-7,24	3,25	0,00	-20,89	-7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	-7,24	3,25	0,00	-20,89	-7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	-2,32	3,01	1,20	-4,72	-1,12
	K <sub>2</sub>	-28,12	-8,44	0,00	1,20	-28,12	-7,23
	K <sub>3</sub>	-11,08	-3,32	-3,01	1,20	-14,09	-2,12
	K <sub>4</sub>	-12,93	-3,88	-3,01	0,00	-15,94	-3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	-3,88	-3,01	0,00	-15,94	-3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	-3,32	-3,01	-1,20	-14,09	-4,53
	K <sub>7</sub>	-28,12	-8,44	0,00	-1,20	-28,12	-9,64
	K <sub>8</sub>	-7,73	-2,32	3,01	-1,20	-4,72	-3,52
	K <sub>9</sub>	-22,16	-6,65	3,01	0,00	-19,15	-6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	-6,65	3,01	0,00	-19,15	-6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 106		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	1,61	1,63	-0,65	-3,73	0,96
	K <sub>2</sub>	-16,34	4,90	0,00	-0,65	-16,34	4,25
	K <sub>3</sub>	-6,63	1,99	-1,63	-0,65	-8,26	1,34
	K <sub>4</sub>	-7,48	2,24	-1,63	0,00	-9,11	2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	2,24	-1,63	0,00	-9,11	2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	1,99	-1,63	0,65	-8,26	2,64
	K <sub>7</sub>	-16,34	4,90	0,00	0,65	-16,34	5,55
	K <sub>8</sub>	-5,36	1,61	1,63	0,65	-3,73	2,26
	K <sub>9</sub>	-12,09	3,63	1,63	0,00	-10,46	3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	3,63	1,63	0,00	-10,46	3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	3,08	3,25	-1,30	-7,01	1,78
	K <sub>2</sub>	-32,25	9,68	0,00	-1,30	-32,25	8,37
	K <sub>3</sub>	-13,01	3,90	-3,25	-1,30	-16,26	2,60
	K <sub>4</sub>	-14,78	4,43	-3,25	0,00	-18,03	4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	4,43	-3,25	0,00	-18,03	4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	3,90	-3,25	1,30	-16,26	5,20
	K <sub>7</sub>	-32,25	9,68	0,00	1,30	-32,25	10,98
	K <sub>8</sub>	-10,26	3,08	3,25	1,30	-7,01	4,38
	K <sub>9</sub>	-24,14	7,24	3,25	0,00	-20,89	7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	7,24	3,25	0,00	-20,89	7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	2,32	3,01	-1,20	-4,72	1,12
	K <sub>2</sub>	-28,12	8,44	0,00	-1,20	-28,12	7,23
	K <sub>3</sub>	-11,08	3,32	-3,01	-1,20	-14,09	2,12
	K <sub>4</sub>	-12,93	3,88	-3,01	0,00	-15,94	3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	3,88	-3,01	0,00	-15,94	3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	3,32	-3,01	1,20	-14,09	4,53
	K <sub>7</sub>	-28,12	8,44	0,00	1,20	-28,12	9,64
	K <sub>8</sub>	-7,73	2,32	3,01	1,20	-4,72	3,52
	K <sub>9</sub>	-22,16	6,65	3,01	0,00	-19,15	6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	6,65	3,01	0,00	-19,15	6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 107		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	-5,36	0,49	2,17	-1,12	-3,19
	K <sub>2</sub>	-4,90	-16,34	0,00	2,17	-4,90	-14,17
	K <sub>3</sub>	-1,99	-6,63	-0,49	2,17	-2,48	-4,46
	K <sub>4</sub>	-2,24	-7,48	-0,49	0,00	-2,73	-7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	-7,48	-0,49	0,00	-2,73	-7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	-6,63	-0,49	-2,17	-2,48	-8,80
	K <sub>7</sub>	-4,90	-16,34	0,00	-2,17	-4,90	-18,51
	K <sub>8</sub>	-1,61	-5,36	0,49	-2,17	-1,12	-7,53
	K <sub>9</sub>	-3,63	-12,09	0,49	0,00	-3,14	-12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	-12,09	0,49	0,00	-3,14	-12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	-10,26	0,98	4,33	-2,10	-5,93
	K <sub>2</sub>	-9,68	-32,25	0,00	4,33	-9,68	-27,92
	K <sub>3</sub>	-3,90	-13,01	-0,98	4,33	-4,88	-8,68
	K <sub>4</sub>	-4,43	-14,78	-0,98	0,00	-5,41	-14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	-14,78	-0,98	0,00	-5,41	-14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	-13,01	-0,98	-4,33	-4,88	-17,34
	K <sub>7</sub>	-9,68	-32,25	0,00	-4,33	-9,68	-36,58
	K <sub>8</sub>	-3,08	-10,26	0,98	-4,33	-2,10	-14,59
	K <sub>9</sub>	-7,24	-24,14	0,98	0,00	-6,27	-24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	-24,14	0,98	0,00	-6,27	-24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	-7,73	0,90	4,01	-1,42	-3,72
	K <sub>2</sub>	-8,44	-28,12	0,00	4,01	-8,44	-24,11
	K <sub>3</sub>	-3,32	-11,08	-0,90	4,01	-4,23	-7,07
	K <sub>4</sub>	-3,88	-12,93	-0,90	0,00	-4,78	-12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	-12,93	-0,90	0,00	-4,78	-12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	-11,08	-0,90	-4,01	-4,23	-15,09
	K <sub>7</sub>	-8,44	-28,12	0,00	-4,01	-8,44	-32,13
	K <sub>8</sub>	-2,32	-7,73	0,90	-4,01	-1,42	-11,74
	K <sub>9</sub>	-6,65	-22,16	0,90	0,00	-5,75	-22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	-22,16	0,90	0,00	-5,75	-22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 108		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	-5,36	-0,49	2,17	1,12	-3,19
	K <sub>2</sub>	4,90	-16,34	0,00	2,17	4,90	-14,17
	K <sub>3</sub>	1,99	-6,63	0,49	2,17	2,48	-4,46
	K <sub>4</sub>	2,24	-7,48	0,49	0,00	2,73	-7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	-7,48	0,49	0,00	2,73	-7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	-6,63	0,49	-2,17	2,48	-8,80
	K <sub>7</sub>	4,90	-16,34	0,00	-2,17	4,90	-18,51
	K <sub>8</sub>	1,61	-5,36	-0,49	-2,17	1,12	-7,53
	K <sub>9</sub>	3,63	-12,09	-0,49	0,00	3,14	-12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	-12,09	-0,49	0,00	3,14	-12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	-10,26	-0,98	4,33	2,10	-5,93
	K <sub>2</sub>	9,68	-32,25	0,00	4,33	9,68	-27,92
	K <sub>3</sub>	3,90	-13,01	0,98	4,33	4,88	-8,68
	K <sub>4</sub>	4,43	-14,78	0,98	0,00	5,41	-14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	-14,78	0,98	0,00	5,41	-14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	-13,01	0,98	-4,33	4,88	-17,34
	K <sub>7</sub>	9,68	-32,25	0,00	-4,33	9,68	-36,58
	K <sub>8</sub>	3,08	-10,26	-0,98	-4,33	2,10	-14,59
	K <sub>9</sub>	7,24	-24,14	-0,98	0,00	6,27	-24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	-24,14	-0,98	0,00	6,27	-24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	-7,73	-0,90	4,01	1,42	-3,72
	K <sub>2</sub>	8,44	-28,12	0,00	4,01	8,44	-24,11
	K <sub>3</sub>	3,32	-11,08	0,90	4,01	4,23	-7,07
	K <sub>4</sub>	3,88	-12,93	0,90	0,00	4,78	-12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	-12,93	0,90	0,00	4,78	-12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	-11,08	0,90	-4,01	4,23	-15,09
	K <sub>7</sub>	8,44	-28,12	0,00	-4,01	8,44	-32,13
	K <sub>8</sub>	2,32	-7,73	-0,90	-4,01	1,42	-11,74
	K <sub>9</sub>	6,65	-22,16	-0,90	0,00	5,75	-22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	-22,16	-0,90	0,00	5,75	-22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 201		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	1,61	1,63	-0,65	6,99	0,96
	K <sub>2</sub>	16,34	4,90	0,00	-0,65	16,34	4,25
	K <sub>3</sub>	6,63	1,99	-1,63	-0,65	5,00	1,34
	K <sub>4</sub>	7,48	2,24	-1,63	0,00	5,85	2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	2,24	-1,63	0,00	5,85	2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	1,99	-1,63	0,65	5,00	2,64
	K <sub>7</sub>	16,34	4,90	0,00	0,65	16,34	5,55
	K <sub>8</sub>	5,36	1,61	1,63	0,65	6,99	2,26
	K <sub>9</sub>	12,09	3,63	1,63	0,00	13,72	3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	3,63	1,63	0,00	13,72	3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	3,08	3,25	-1,30	13,51	1,78
	K <sub>2</sub>	32,25	9,68	0,00	-1,30	32,25	8,37
	K <sub>3</sub>	13,01	3,90	-3,25	-1,30	9,76	2,60
	K <sub>4</sub>	14,78	4,43	-3,25	0,00	11,53	4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	4,43	-3,25	0,00	11,53	4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	3,90	-3,25	1,30	9,76	5,20
	K <sub>7</sub>	32,25	9,68	0,00	1,30	32,25	10,98
	K <sub>8</sub>	10,26	3,08	3,25	1,30	13,51	4,38
	K <sub>9</sub>	24,14	7,24	3,25	0,00	27,39	7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	7,24	3,25	0,00	27,39	7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	2,32	3,01	-1,20	10,74	1,12
	K <sub>2</sub>	28,12	8,44	0,00	-1,20	28,12	7,23
	K <sub>3</sub>	11,08	3,32	-3,01	-1,20	8,07	2,12
	K <sub>4</sub>	12,93	3,88	-3,01	0,00	9,92	3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	3,88	-3,01	0,00	9,92	3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	3,32	-3,01	1,20	8,07	4,53
	K <sub>7</sub>	28,12	8,44	0,00	1,20	28,12	9,64
	K <sub>8</sub>	7,73	2,32	3,01	1,20	10,74	3,52
	K <sub>9</sub>	22,16	6,65	3,01	0,00	25,17	6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	6,65	3,01	0,00	25,17	6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 202		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	-1,61	1,63	0,65	6,99	-0,96
	K <sub>2</sub>	16,34	-4,90	0,00	0,65	16,34	-4,25
	K <sub>3</sub>	6,63	-1,99	-1,63	0,65	5,00	-1,34
	K <sub>4</sub>	7,48	-2,24	-1,63	0,00	5,85	-2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	-2,24	-1,63	0,00	5,85	-2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	-1,99	-1,63	-0,65	5,00	-2,64
	K <sub>7</sub>	16,34	-4,90	0,00	-0,65	16,34	-5,55
	K <sub>8</sub>	5,36	-1,61	1,63	-0,65	6,99	-2,26
	K <sub>9</sub>	12,09	-3,63	1,63	0,00	13,72	-3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	-3,63	1,63	0,00	13,72	-3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	-3,08	3,25	1,30	13,51	-1,78
	K <sub>2</sub>	32,25	-9,68	0,00	1,30	32,25	-8,37
	K <sub>3</sub>	13,01	-3,90	-3,25	1,30	9,76	-2,60
	K <sub>4</sub>	14,78	-4,43	-3,25	0,00	11,53	-4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	-4,43	-3,25	0,00	11,53	-4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	-3,90	-3,25	-1,30	9,76	-5,20
	K <sub>7</sub>	32,25	-9,68	0,00	-1,30	32,25	-10,98
	K <sub>8</sub>	10,26	-3,08	3,25	-1,30	13,51	-4,38
	K <sub>9</sub>	24,14	-7,24	3,25	0,00	27,39	-7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	-7,24	3,25	0,00	27,39	-7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	-2,32	3,01	1,20	10,74	-1,12
	K <sub>2</sub>	28,12	-8,44	0,00	1,20	28,12	-7,23
	K <sub>3</sub>	11,08	-3,32	-3,01	1,20	8,07	-2,12
	K <sub>4</sub>	12,93	-3,88	-3,01	0,00	9,92	-3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	-3,88	-3,01	0,00	9,92	-3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	-3,32	-3,01	-1,20	8,07	-4,53
	K <sub>7</sub>	28,12	-8,44	0,00	-1,20	28,12	-9,64
	K <sub>8</sub>	7,73	-2,32	3,01	-1,20	10,74	-3,52
	K <sub>9</sub>	22,16	-6,65	3,01	0,00	25,17	-6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	-6,65	3,01	0,00	25,17	-6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 203		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	5,36	0,49	-2,17	2,10	3,19
	K <sub>2</sub>	4,90	16,34	0,00	-2,17	4,90	14,17
	K <sub>3</sub>	1,99	6,63	-0,49	-2,17	1,50	4,46
	K <sub>4</sub>	2,24	7,48	-0,49	0,00	1,76	7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	7,48	-0,49	0,00	1,76	7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	6,63	-0,49	2,17	1,50	8,80
	K <sub>7</sub>	4,90	16,34	0,00	2,17	4,90	18,51
	K <sub>8</sub>	1,61	5,36	0,49	2,17	2,10	7,53
	K <sub>9</sub>	3,63	12,09	0,49	0,00	4,11	12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	12,09	0,49	0,00	4,11	12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	10,26	0,98	-4,33	4,05	5,93
	K <sub>2</sub>	9,68	32,25	0,00	-4,33	9,68	27,92
	K <sub>3</sub>	3,90	13,01	-0,98	-4,33	2,93	8,68
	K <sub>4</sub>	4,43	14,78	-0,98	0,00	3,46	14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	14,78	-0,98	0,00	3,46	14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	13,01	-0,98	4,33	2,93	17,34
	K <sub>7</sub>	9,68	32,25	0,00	4,33	9,68	36,58
	K <sub>8</sub>	3,08	10,26	0,98	4,33	4,05	14,59
	K <sub>9</sub>	7,24	24,14	0,98	0,00	8,22	24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	24,14	0,98	0,00	8,22	24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	7,73	0,90	-4,01	3,22	3,72
	K <sub>2</sub>	8,44	28,12	0,00	-4,01	8,44	24,11
	K <sub>3</sub>	3,32	11,08	-0,90	-4,01	2,42	7,07
	K <sub>4</sub>	3,88	12,93	-0,90	0,00	2,98	12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	12,93	-0,90	0,00	2,98	12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	11,08	-0,90	4,01	2,42	15,09
	K <sub>7</sub>	8,44	28,12	0,00	4,01	8,44	32,13
	K <sub>8</sub>	2,32	7,73	0,90	4,01	3,22	11,74
	K <sub>9</sub>	6,65	22,16	0,90	0,00	7,55	22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	22,16	0,90	0,00	7,55	22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 204		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	5,36	-0,49	-2,17	-2,10	3,19
	K <sub>2</sub>	-4,90	16,34	0,00	-2,17	-4,90	14,17
	K <sub>3</sub>	-1,99	6,63	0,49	-2,17	-1,50	4,46
	K <sub>4</sub>	-2,24	7,48	0,49	0,00	-1,76	7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	7,48	0,49	0,00	-1,76	7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	6,63	0,49	2,17	-1,50	8,80
	K <sub>7</sub>	-4,90	16,34	0,00	2,17	-4,90	18,51
	K <sub>8</sub>	-1,61	5,36	-0,49	2,17	-2,10	7,53
	K <sub>9</sub>	-3,63	12,09	-0,49	0,00	-4,11	12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	12,09	-0,49	0,00	-4,11	12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	10,26	-0,98	-4,33	-4,05	5,93
	K <sub>2</sub>	-9,68	32,25	0,00	-4,33	-9,68	27,92
	K <sub>3</sub>	-3,90	13,01	0,98	-4,33	-2,93	8,68
	K <sub>4</sub>	-4,43	14,78	0,98	0,00	-3,46	14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	14,78	0,98	0,00	-3,46	14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	13,01	0,98	4,33	-2,93	17,34
	K <sub>7</sub>	-9,68	32,25	0,00	4,33	-9,68	36,58
	K <sub>8</sub>	-3,08	10,26	-0,98	4,33	-4,05	14,59
	K <sub>9</sub>	-7,24	24,14	-0,98	0,00	-8,22	24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	24,14	-0,98	0,00	-8,22	24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	7,73	-0,90	-4,01	-3,22	3,72
	K <sub>2</sub>	-8,44	28,12	0,00	-4,01	-8,44	24,11
	K <sub>3</sub>	-3,32	11,08	0,90	-4,01	-2,42	7,07
	K <sub>4</sub>	-3,88	12,93	0,90	0,00	-2,98	12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	12,93	0,90	0,00	-2,98	12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	11,08	0,90	4,01	-2,42	15,09
	K <sub>7</sub>	-8,44	28,12	0,00	4,01	-8,44	32,13
	K <sub>8</sub>	-2,32	7,73	-0,90	4,01	-3,22	11,74
	K <sub>9</sub>	-6,65	22,16	-0,90	0,00	-7,55	22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	22,16	-0,90	0,00	-7,55	22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 205		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	-1,61	-1,63	0,65	-6,99	-0,96
	K <sub>2</sub>	-16,34	-4,90	0,00	0,65	-16,34	-4,25
	K <sub>3</sub>	-6,63	-1,99	1,63	0,65	-5,00	-1,34
	K <sub>4</sub>	-7,48	-2,24	1,63	0,00	-5,85	-2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	-2,24	1,63	0,00	-5,85	-2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	-1,99	1,63	-0,65	-5,00	-2,64
	K <sub>7</sub>	-16,34	-4,90	0,00	-0,65	-16,34	-5,55
	K <sub>8</sub>	-5,36	-1,61	-1,63	-0,65	-6,99	-2,26
	K <sub>9</sub>	-12,09	-3,63	-1,63	0,00	-13,72	-3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	-3,63	-1,63	0,00	-13,72	-3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	-3,08	-3,25	1,30	-13,51	-1,78
	K <sub>2</sub>	-32,25	-9,68	0,00	1,30	-32,25	-8,37
	K <sub>3</sub>	-13,01	-3,90	3,25	1,30	-9,76	-2,60
	K <sub>4</sub>	-14,78	-4,43	3,25	0,00	-11,53	-4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	-4,43	3,25	0,00	-11,53	-4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	-3,90	3,25	-1,30	-9,76	-5,20
	K <sub>7</sub>	-32,25	-9,68	0,00	-1,30	-32,25	-10,98
	K <sub>8</sub>	-10,26	-3,08	-3,25	-1,30	-13,51	-4,38
	K <sub>9</sub>	-24,14	-7,24	-3,25	0,00	-27,39	-7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	-7,24	-3,25	0,00	-27,39	-7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	-2,32	-3,01	1,20	-10,74	-1,12
	K <sub>2</sub>	-28,12	-8,44	0,00	1,20	-28,12	-7,23
	K <sub>3</sub>	-11,08	-3,32	3,01	1,20	-8,07	-2,12
	K <sub>4</sub>	-12,93	-3,88	3,01	0,00	-9,92	-3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	-3,88	3,01	0,00	-9,92	-3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	-3,32	3,01	-1,20	-8,07	-4,53
	K <sub>7</sub>	-28,12	-8,44	0,00	-1,20	-28,12	-9,64
	K <sub>8</sub>	-7,73	-2,32	-3,01	-1,20	-10,74	-3,52
	K <sub>9</sub>	-22,16	-6,65	-3,01	0,00	-25,17	-6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	-6,65	-3,01	0,00	-25,17	-6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 206		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	1,61	-1,63	-0,65	-6,99	0,96
	K <sub>2</sub>	-16,34	4,90	0,00	-0,65	-16,34	4,25
	K <sub>3</sub>	-6,63	1,99	1,63	-0,65	-5,00	1,34
	K <sub>4</sub>	-7,48	2,24	1,63	0,00	-5,85	2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	2,24	1,63	0,00	-5,85	2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	1,99	1,63	0,65	-5,00	2,64
	K <sub>7</sub>	-16,34	4,90	0,00	0,65	-16,34	5,55
	K <sub>8</sub>	-5,36	1,61	-1,63	0,65	-6,99	2,26
	K <sub>9</sub>	-12,09	3,63	-1,63	0,00	-13,72	3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	3,63	-1,63	0,00	-13,72	3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	3,08	-3,25	-1,30	-13,51	1,78
	K <sub>2</sub>	-32,25	9,68	0,00	-1,30	-32,25	8,37
	K <sub>3</sub>	-13,01	3,90	3,25	-1,30	-9,76	2,60
	K <sub>4</sub>	-14,78	4,43	3,25	0,00	-11,53	4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	4,43	3,25	0,00	-11,53	4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	3,90	3,25	1,30	-9,76	5,20
	K <sub>7</sub>	-32,25	9,68	0,00	1,30	-32,25	10,98
	K <sub>8</sub>	-10,26	3,08	-3,25	1,30	-13,51	4,38
	K <sub>9</sub>	-24,14	7,24	-3,25	0,00	-27,39	7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	7,24	-3,25	0,00	-27,39	7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	2,32	-3,01	-1,20	-10,74	1,12
	K <sub>2</sub>	-28,12	8,44	0,00	-1,20	-28,12	7,23
	K <sub>3</sub>	-11,08	3,32	3,01	-1,20	-8,07	2,12
	K <sub>4</sub>	-12,93	3,88	3,01	0,00	-9,92	3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	3,88	3,01	0,00	-9,92	3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	3,32	3,01	1,20	-8,07	4,53
	K <sub>7</sub>	-28,12	8,44	0,00	1,20	-28,12	9,64
	K <sub>8</sub>	-7,73	2,32	-3,01	1,20	-10,74	3,52
	K <sub>9</sub>	-22,16	6,65	-3,01	0,00	-25,17	6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	6,65	-3,01	0,00	-25,17	6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 207		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	-5,36	-0,49	2,17	-2,10	-3,19
	K <sub>2</sub>	-4,90	-16,34	0,00	2,17	-4,90	-14,17
	K <sub>3</sub>	-1,99	-6,63	0,49	2,17	-1,50	-4,46
	K <sub>4</sub>	-2,24	-7,48	0,49	0,00	-1,76	-7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	-7,48	0,49	0,00	-1,76	-7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	-6,63	0,49	-2,17	-1,50	-8,80
	K <sub>7</sub>	-4,90	-16,34	0,00	-2,17	-4,90	-18,51
	K <sub>8</sub>	-1,61	-5,36	-0,49	-2,17	-2,10	-7,53
	K <sub>9</sub>	-3,63	-12,09	-0,49	0,00	-4,11	-12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	-12,09	-0,49	0,00	-4,11	-12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	-10,26	-0,98	4,33	-4,05	-5,93
	K <sub>2</sub>	-9,68	-32,25	0,00	4,33	-9,68	-27,92
	K <sub>3</sub>	-3,90	-13,01	0,98	4,33	-2,93	-8,68
	K <sub>4</sub>	-4,43	-14,78	0,98	0,00	-3,46	-14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	-14,78	0,98	0,00	-3,46	-14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	-13,01	0,98	-4,33	-2,93	-17,34
	K <sub>7</sub>	-9,68	-32,25	0,00	-4,33	-9,68	-36,58
	K <sub>8</sub>	-3,08	-10,26	-0,98	-4,33	-4,05	-14,59
	K <sub>9</sub>	-7,24	-24,14	-0,98	0,00	-8,22	-24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	-24,14	-0,98	0,00	-8,22	-24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	-7,73	-0,90	4,01	-3,22	-3,72
	K <sub>2</sub>	-8,44	-28,12	0,00	4,01	-8,44	-24,11
	K <sub>3</sub>	-3,32	-11,08	0,90	4,01	-2,42	-7,07
	K <sub>4</sub>	-3,88	-12,93	0,90	0,00	-2,98	-12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	-12,93	0,90	0,00	-2,98	-12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	-11,08	0,90	-4,01	-2,42	-15,09
	K <sub>7</sub>	-8,44	-28,12	0,00	-4,01	-8,44	-32,13
	K <sub>8</sub>	-2,32	-7,73	-0,90	-4,01	-3,22	-11,74
	K <sub>9</sub>	-6,65	-22,16	-0,90	0,00	-7,55	-22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	-22,16	-0,90	0,00	-7,55	-22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 208		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	-5,36	0,49	2,17	2,10	-3,19
	K <sub>2</sub>	4,90	-16,34	0,00	2,17	4,90	-14,17
	K <sub>3</sub>	1,99	-6,63	-0,49	2,17	1,50	-4,46
	K <sub>4</sub>	2,24	-7,48	-0,49	0,00	1,76	-7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	-7,48	-0,49	0,00	1,76	-7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	-6,63	-0,49	-2,17	1,50	-8,80
	K <sub>7</sub>	4,90	-16,34	0,00	-2,17	4,90	-18,51
	K <sub>8</sub>	1,61	-5,36	0,49	-2,17	2,10	-7,53
	K <sub>9</sub>	3,63	-12,09	0,49	0,00	4,11	-12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	-12,09	0,49	0,00	4,11	-12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	-10,26	0,98	4,33	4,05	-5,93
	K <sub>2</sub>	9,68	-32,25	0,00	4,33	9,68	-27,92
	K <sub>3</sub>	3,90	-13,01	-0,98	4,33	2,93	-8,68
	K <sub>4</sub>	4,43	-14,78	-0,98	0,00	3,46	-14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	-14,78	-0,98	0,00	3,46	-14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	-13,01	-0,98	-4,33	2,93	-17,34
	K <sub>7</sub>	9,68	-32,25	0,00	-4,33	9,68	-36,58
	K <sub>8</sub>	3,08	-10,26	0,98	-4,33	4,05	-14,59
	K <sub>9</sub>	7,24	-24,14	0,98	0,00	8,22	-24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	-24,14	0,98	0,00	8,22	-24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	-7,73	0,90	4,01	3,22	-3,72
	K <sub>2</sub>	8,44	-28,12	0,00	4,01	8,44	-24,11
	K <sub>3</sub>	3,32	-11,08	-0,90	4,01	2,42	-7,07
	K <sub>4</sub>	3,88	-12,93	-0,90	0,00	2,98	-12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	-12,93	-0,90	0,00	2,98	-12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	-11,08	-0,90	-4,01	2,42	-15,09
	K <sub>7</sub>	8,44	-28,12	0,00	-4,01	8,44	-32,13
	K <sub>8</sub>	2,32	-7,73	0,90	-4,01	3,22	-11,74
	K <sub>9</sub>	6,65	-22,16	0,90	0,00	7,55	-22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	-22,16	0,90	0,00	7,55	-22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 301		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	1,61	1,63	0,65	6,99	2,26
	K <sub>2</sub>	16,34	4,90	0,00	0,65	16,34	5,55
	K <sub>3</sub>	6,63	1,99	-1,63	0,65	5,00	2,64
	K <sub>4</sub>	7,48	2,24	-1,63	0,00	5,85	2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	2,24	-1,63	0,00	5,85	2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	1,99	-1,63	-0,65	5,00	1,34
	K <sub>7</sub>	16,34	4,90	0,00	-0,65	16,34	4,25
	K <sub>8</sub>	5,36	1,61	1,63	-0,65	6,99	0,96
	K <sub>9</sub>	12,09	3,63	1,63	0,00	13,72	3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	3,63	1,63	0,00	13,72	3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	3,08	3,25	1,30	13,51	4,38
	K <sub>2</sub>	32,25	9,68	0,00	1,30	32,25	10,98
	K <sub>3</sub>	13,01	3,90	-3,25	1,30	9,76	5,20
	K <sub>4</sub>	14,78	4,43	-3,25	0,00	11,53	4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	4,43	-3,25	0,00	11,53	4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	3,90	-3,25	-1,30	9,76	2,60
	K <sub>7</sub>	32,25	9,68	0,00	-1,30	32,25	8,37
	K <sub>8</sub>	10,26	3,08	3,25	-1,30	13,51	1,78
	K <sub>9</sub>	24,14	7,24	3,25	0,00	27,39	7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	7,24	3,25	0,00	27,39	7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	2,32	3,01	1,20	10,74	3,52
	K <sub>2</sub>	28,12	8,44	0,00	1,20	28,12	9,64
	K <sub>3</sub>	11,08	3,32	-3,01	1,20	8,07	4,53
	K <sub>4</sub>	12,93	3,88	-3,01	0,00	9,92	3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	3,88	-3,01	0,00	9,92	3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	3,32	-3,01	-1,20	8,07	2,12
	K <sub>7</sub>	28,12	8,44	0,00	-1,20	28,12	7,23
	K <sub>8</sub>	7,73	2,32	3,01	-1,20	10,74	1,12
	K <sub>9</sub>	22,16	6,65	3,01	0,00	25,17	6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	6,65	3,01	0,00	25,17	6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 302		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	-1,61	1,63	-0,65	6,99	-2,26
	K <sub>2</sub>	16,34	-4,90	0,00	-0,65	16,34	-5,55
	K <sub>3</sub>	6,63	-1,99	-1,63	-0,65	5,00	-2,64
	K <sub>4</sub>	7,48	-2,24	-1,63	0,00	5,85	-2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	-2,24	-1,63	0,00	5,85	-2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	-1,99	-1,63	0,65	5,00	-1,34
	K <sub>7</sub>	16,34	-4,90	0,00	0,65	16,34	-4,25
	K <sub>8</sub>	5,36	-1,61	1,63	0,65	6,99	-0,96
	K <sub>9</sub>	12,09	-3,63	1,63	0,00	13,72	-3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	-3,63	1,63	0,00	13,72	-3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	-3,08	3,25	-1,30	13,51	-4,38
	K <sub>2</sub>	32,25	-9,68	0,00	-1,30	32,25	-10,98
	K <sub>3</sub>	13,01	-3,90	-3,25	-1,30	9,76	-5,20
	K <sub>4</sub>	14,78	-4,43	-3,25	0,00	11,53	-4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	-4,43	-3,25	0,00	11,53	-4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	-3,90	-3,25	1,30	9,76	-2,60
	K <sub>7</sub>	32,25	-9,68	0,00	1,30	32,25	-8,37
	K <sub>8</sub>	10,26	-3,08	3,25	1,30	13,51	-1,78
	K <sub>9</sub>	24,14	-7,24	3,25	0,00	27,39	-7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	-7,24	3,25	0,00	27,39	-7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	-2,32	3,01	-1,20	10,74	-3,52
	K <sub>2</sub>	28,12	-8,44	0,00	-1,20	28,12	-9,64
	K <sub>3</sub>	11,08	-3,32	-3,01	-1,20	8,07	-4,53
	K <sub>4</sub>	12,93	-3,88	-3,01	0,00	9,92	-3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	-3,88	-3,01	0,00	9,92	-3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	-3,32	-3,01	1,20	8,07	-2,12
	K <sub>7</sub>	28,12	-8,44	0,00	1,20	28,12	-7,23
	K <sub>8</sub>	7,73	-2,32	3,01	1,20	10,74	-1,12
	K <sub>9</sub>	22,16	-6,65	3,01	0,00	25,17	-6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	-6,65	3,01	0,00	25,17	-6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 303		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	5,36	0,49	2,17	2,10	7,53
	K <sub>2</sub>	4,90	16,34	0,00	2,17	4,90	18,51
	K <sub>3</sub>	1,99	6,63	-0,49	2,17	1,50	8,80
	K <sub>4</sub>	2,24	7,48	-0,49	0,00	1,76	7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	7,48	-0,49	0,00	1,76	7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	6,63	-0,49	-2,17	1,50	4,46
	K <sub>7</sub>	4,90	16,34	0,00	-2,17	4,90	14,17
	K <sub>8</sub>	1,61	5,36	0,49	-2,17	2,10	3,19
	K <sub>9</sub>	3,63	12,09	0,49	0,00	4,11	12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	12,09	0,49	0,00	4,11	12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	10,26	0,98	4,33	4,05	14,59
	K <sub>2</sub>	9,68	32,25	0,00	4,33	9,68	36,58
	K <sub>3</sub>	3,90	13,01	-0,98	4,33	2,93	17,34
	K <sub>4</sub>	4,43	14,78	-0,98	0,00	3,46	14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	14,78	-0,98	0,00	3,46	14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	13,01	-0,98	-4,33	2,93	8,68
	K <sub>7</sub>	9,68	32,25	0,00	-4,33	9,68	27,92
	K <sub>8</sub>	3,08	10,26	0,98	-4,33	4,05	5,93
	K <sub>9</sub>	7,24	24,14	0,98	0,00	8,22	24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	24,14	0,98	0,00	8,22	24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	7,73	0,90	4,01	3,22	11,74
	K <sub>2</sub>	8,44	28,12	0,00	4,01	8,44	32,13
	K <sub>3</sub>	3,32	11,08	-0,90	4,01	2,42	15,09
	K <sub>4</sub>	3,88	12,93	-0,90	0,00	2,98	12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	12,93	-0,90	0,00	2,98	12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	11,08	-0,90	-4,01	2,42	7,07
	K <sub>7</sub>	8,44	28,12	0,00	-4,01	8,44	24,11
	K <sub>8</sub>	2,32	7,73	0,90	-4,01	3,22	3,72
	K <sub>9</sub>	6,65	22,16	0,90	0,00	7,55	22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	22,16	0,90	0,00	7,55	22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 304		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	5,36	-0,49	2,17	-2,10	7,53
	K <sub>2</sub>	-4,90	16,34	0,00	2,17	-4,90	18,51
	K <sub>3</sub>	-1,99	6,63	0,49	2,17	-1,50	8,80
	K <sub>4</sub>	-2,24	7,48	0,49	0,00	-1,76	7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	7,48	0,49	0,00	-1,76	7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	6,63	0,49	-2,17	-1,50	4,46
	K <sub>7</sub>	-4,90	16,34	0,00	-2,17	-4,90	14,17
	K <sub>8</sub>	-1,61	5,36	-0,49	-2,17	-2,10	3,19
	K <sub>9</sub>	-3,63	12,09	-0,49	0,00	-4,11	12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	12,09	-0,49	0,00	-4,11	12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	10,26	-0,98	4,33	-4,05	14,59
	K <sub>2</sub>	-9,68	32,25	0,00	4,33	-9,68	36,58
	K <sub>3</sub>	-3,90	13,01	0,98	4,33	-2,93	17,34
	K <sub>4</sub>	-4,43	14,78	0,98	0,00	-3,46	14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	14,78	0,98	0,00	-3,46	14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	13,01	0,98	-4,33	-2,93	8,68
	K <sub>7</sub>	-9,68	32,25	0,00	-4,33	-9,68	27,92
	K <sub>8</sub>	-3,08	10,26	-0,98	-4,33	-4,05	5,93
	K <sub>9</sub>	-7,24	24,14	-0,98	0,00	-8,22	24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	24,14	-0,98	0,00	-8,22	24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	7,73	-0,90	4,01	-3,22	11,74
	K <sub>2</sub>	-8,44	28,12	0,00	4,01	-8,44	32,13
	K <sub>3</sub>	-3,32	11,08	0,90	4,01	-2,42	15,09
	K <sub>4</sub>	-3,88	12,93	0,90	0,00	-2,98	12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	12,93	0,90	0,00	-2,98	12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	11,08	0,90	-4,01	-2,42	7,07
	K <sub>7</sub>	-8,44	28,12	0,00	-4,01	-8,44	24,11
	K <sub>8</sub>	-2,32	7,73	-0,90	-4,01	-3,22	3,72
	K <sub>9</sub>	-6,65	22,16	-0,90	0,00	-7,55	22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	22,16	-0,90	0,00	-7,55	22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 305		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	-1,61	-1,63	-0,65	-6,99	-2,26
	K <sub>2</sub>	-16,34	-4,90	0,00	-0,65	-16,34	-5,55
	K <sub>3</sub>	-6,63	-1,99	1,63	-0,65	-5,00	-2,64
	K <sub>4</sub>	-7,48	-2,24	1,63	0,00	-5,85	-2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	-2,24	1,63	0,00	-5,85	-2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	-1,99	1,63	0,65	-5,00	-1,34
	K <sub>7</sub>	-16,34	-4,90	0,00	0,65	-16,34	-4,25
	K <sub>8</sub>	-5,36	-1,61	-1,63	0,65	-6,99	-0,96
	K <sub>9</sub>	-12,09	-3,63	-1,63	0,00	-13,72	-3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	-3,63	-1,63	0,00	-13,72	-3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	-3,08	-3,25	-1,30	-13,51	-4,38
	K <sub>2</sub>	-32,25	-9,68	0,00	-1,30	-32,25	-10,98
	K <sub>3</sub>	-13,01	-3,90	3,25	-1,30	-9,76	-5,20
	K <sub>4</sub>	-14,78	-4,43	3,25	0,00	-11,53	-4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	-4,43	3,25	0,00	-11,53	-4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	-3,90	3,25	1,30	-9,76	-2,60
	K <sub>7</sub>	-32,25	-9,68	0,00	1,30	-32,25	-8,37
	K <sub>8</sub>	-10,26	-3,08	-3,25	1,30	-13,51	-1,78
	K <sub>9</sub>	-24,14	-7,24	-3,25	0,00	-27,39	-7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	-7,24	-3,25	0,00	-27,39	-7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	-2,32	-3,01	-1,20	-10,74	-3,52
	K <sub>2</sub>	-28,12	-8,44	0,00	-1,20	-28,12	-9,64
	K <sub>3</sub>	-11,08	-3,32	3,01	-1,20	-8,07	-4,53
	K <sub>4</sub>	-12,93	-3,88	3,01	0,00	-9,92	-3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	-3,88	3,01	0,00	-9,92	-3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	-3,32	3,01	1,20	-8,07	-2,12
	K <sub>7</sub>	-28,12	-8,44	0,00	1,20	-28,12	-7,23
	K <sub>8</sub>	-7,73	-2,32	-3,01	1,20	-10,74	-1,12
	K <sub>9</sub>	-22,16	-6,65	-3,01	0,00	-25,17	-6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	-6,65	-3,01	0,00	-25,17	-6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 306		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	1,61	-1,63	0,65	-6,99	2,26
	K <sub>2</sub>	-16,34	4,90	0,00	0,65	-16,34	5,55
	K <sub>3</sub>	-6,63	1,99	1,63	0,65	-5,00	2,64
	K <sub>4</sub>	-7,48	2,24	1,63	0,00	-5,85	2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	2,24	1,63	0,00	-5,85	2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	1,99	1,63	-0,65	-5,00	1,34
	K <sub>7</sub>	-16,34	4,90	0,00	-0,65	-16,34	4,25
	K <sub>8</sub>	-5,36	1,61	-1,63	-0,65	-6,99	0,96
	K <sub>9</sub>	-12,09	3,63	-1,63	0,00	-13,72	3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	3,63	-1,63	0,00	-13,72	3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	3,08	-3,25	1,30	-13,51	4,38
	K <sub>2</sub>	-32,25	9,68	0,00	1,30	-32,25	10,98
	K <sub>3</sub>	-13,01	3,90	3,25	1,30	-9,76	5,20
	K <sub>4</sub>	-14,78	4,43	3,25	0,00	-11,53	4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	4,43	3,25	0,00	-11,53	4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	3,90	3,25	-1,30	-9,76	2,60
	K <sub>7</sub>	-32,25	9,68	0,00	-1,30	-32,25	8,37
	K <sub>8</sub>	-10,26	3,08	-3,25	-1,30	-13,51	1,78
	K <sub>9</sub>	-24,14	7,24	-3,25	0,00	-27,39	7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	7,24	-3,25	0,00	-27,39	7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	2,32	-3,01	1,20	-10,74	3,52
	K <sub>2</sub>	-28,12	8,44	0,00	1,20	-28,12	9,64
	K <sub>3</sub>	-11,08	3,32	3,01	1,20	-8,07	4,53
	K <sub>4</sub>	-12,93	3,88	3,01	0,00	-9,92	3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	3,88	3,01	0,00	-9,92	3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	3,32	3,01	-1,20	-8,07	2,12
	K <sub>7</sub>	-28,12	8,44	0,00	-1,20	-28,12	7,23
	K <sub>8</sub>	-7,73	2,32	-3,01	-1,20	-10,74	1,12
	K <sub>9</sub>	-22,16	6,65	-3,01	0,00	-25,17	6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	6,65	-3,01	0,00	-25,17	6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 307		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	-5,36	-0,49	-2,17	-2,10	-7,53
	K <sub>2</sub>	-4,90	-16,34	0,00	-2,17	-4,90	-18,51
	K <sub>3</sub>	-1,99	-6,63	0,49	-2,17	-1,50	-8,80
	K <sub>4</sub>	-2,24	-7,48	0,49	0,00	-1,76	-7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	-7,48	0,49	0,00	-1,76	-7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	-6,63	0,49	2,17	-1,50	-4,46
	K <sub>7</sub>	-4,90	-16,34	0,00	2,17	-4,90	-14,17
	K <sub>8</sub>	-1,61	-5,36	-0,49	2,17	-2,10	-3,19
	K <sub>9</sub>	-3,63	-12,09	-0,49	0,00	-4,11	-12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	-12,09	-0,49	0,00	-4,11	-12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	-10,26	-0,98	-4,33	-4,05	-14,59
	K <sub>2</sub>	-9,68	-32,25	0,00	-4,33	-9,68	-36,58
	K <sub>3</sub>	-3,90	-13,01	0,98	-4,33	-2,93	-17,34
	K <sub>4</sub>	-4,43	-14,78	0,98	0,00	-3,46	-14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	-14,78	0,98	0,00	-3,46	-14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	-13,01	0,98	4,33	-2,93	-8,68
	K <sub>7</sub>	-9,68	-32,25	0,00	4,33	-9,68	-27,92
	K <sub>8</sub>	-3,08	-10,26	-0,98	4,33	-4,05	-5,93
	K <sub>9</sub>	-7,24	-24,14	-0,98	0,00	-8,22	-24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	-24,14	-0,98	0,00	-8,22	-24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	-7,73	-0,90	-4,01	-3,22	-11,74
	K <sub>2</sub>	-8,44	-28,12	0,00	-4,01	-8,44	-32,13
	K <sub>3</sub>	-3,32	-11,08	0,90	-4,01	-2,42	-15,09
	K <sub>4</sub>	-3,88	-12,93	0,90	0,00	-2,98	-12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	-12,93	0,90	0,00	-2,98	-12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	-11,08	0,90	4,01	-2,42	-7,07
	K <sub>7</sub>	-8,44	-28,12	0,00	4,01	-8,44	-24,11
	K <sub>8</sub>	-2,32	-7,73	-0,90	4,01	-3,22	-3,72
	K <sub>9</sub>	-6,65	-22,16	-0,90	0,00	-7,55	-22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	-22,16	-0,90	0,00	-7,55	-22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 308		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	-5,36	0,49	-2,17	2,10	-7,53
	K <sub>2</sub>	4,90	-16,34	0,00	-2,17	4,90	-18,51
	K <sub>3</sub>	1,99	-6,63	-0,49	-2,17	1,50	-8,80
	K <sub>4</sub>	2,24	-7,48	-0,49	0,00	1,76	-7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	-7,48	-0,49	0,00	1,76	-7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	-6,63	-0,49	2,17	1,50	-4,46
	K <sub>7</sub>	4,90	-16,34	0,00	2,17	4,90	-14,17
	K <sub>8</sub>	1,61	-5,36	0,49	2,17	2,10	-3,19
	K <sub>9</sub>	3,63	-12,09	0,49	0,00	4,11	-12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	-12,09	0,49	0,00	4,11	-12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	-10,26	0,98	-4,33	4,05	-14,59
	K <sub>2</sub>	9,68	-32,25	0,00	-4,33	9,68	-36,58
	K <sub>3</sub>	3,90	-13,01	-0,98	-4,33	2,93	-17,34
	K <sub>4</sub>	4,43	-14,78	-0,98	0,00	3,46	-14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	-14,78	-0,98	0,00	3,46	-14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	-13,01	-0,98	4,33	2,93	-8,68
	K <sub>7</sub>	9,68	-32,25	0,00	4,33	9,68	-27,92
	K <sub>8</sub>	3,08	-10,26	0,98	4,33	4,05	-5,93
	K <sub>9</sub>	7,24	-24,14	0,98	0,00	8,22	-24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	-24,14	0,98	0,00	8,22	-24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	-7,73	0,90	-4,01	3,22	-11,74
	K <sub>2</sub>	8,44	-28,12	0,00	-4,01	8,44	-32,13
	K <sub>3</sub>	3,32	-11,08	-0,90	-4,01	2,42	-15,09
	K <sub>4</sub>	3,88	-12,93	-0,90	0,00	2,98	-12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	-12,93	-0,90	0,00	2,98	-12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	-11,08	-0,90	4,01	2,42	-7,07
	K <sub>7</sub>	8,44	-28,12	0,00	4,01	8,44	-24,11
	K <sub>8</sub>	2,32	-7,73	0,90	4,01	3,22	-3,72
	K <sub>9</sub>	6,65	-22,16	0,90	0,00	7,55	-22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	-22,16	0,90	0,00	7,55	-22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 401		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	1,61	-1,63	0,65	3,73	2,26
	K <sub>2</sub>	16,34	4,90	0,00	0,65	16,34	5,55
	K <sub>3</sub>	6,63	1,99	1,63	0,65	8,26	2,64
	K <sub>4</sub>	7,48	2,24	1,63	0,00	9,11	2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	2,24	1,63	0,00	9,11	2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	1,99	1,63	-0,65	8,26	1,34
	K <sub>7</sub>	16,34	4,90	0,00	-0,65	16,34	4,25
	K <sub>8</sub>	5,36	1,61	-1,63	-0,65	3,73	0,96
	K <sub>9</sub>	12,09	3,63	-1,63	0,00	10,46	3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	3,63	-1,63	0,00	10,46	3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	5,14	0,00	0,00	17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	3,08	-3,25	1,30	7,01	4,38
	K <sub>2</sub>	32,25	9,68	0,00	1,30	32,25	10,98
	K <sub>3</sub>	13,01	3,90	3,25	1,30	16,26	5,20
	K <sub>4</sub>	14,78	4,43	3,25	0,00	18,03	4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	4,43	3,25	0,00	18,03	4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	3,90	3,25	-1,30	16,26	2,60
	K <sub>7</sub>	32,25	9,68	0,00	-1,30	32,25	8,37
	K <sub>8</sub>	10,26	3,08	-3,25	-1,30	7,01	1,78
	K <sub>9</sub>	24,14	7,24	-3,25	0,00	20,89	7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	7,24	-3,25	0,00	20,89	7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	10,68	0,00	0,00	35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	2,32	-3,01	1,20	4,72	3,52
	K <sub>2</sub>	28,12	8,44	0,00	1,20	28,12	9,64
	K <sub>3</sub>	11,08	3,32	3,01	1,20	14,09	4,53
	K <sub>4</sub>	12,93	3,88	3,01	0,00	15,94	3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	3,88	3,01	0,00	15,94	3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	3,32	3,01	-1,20	14,09	2,12
	K <sub>7</sub>	28,12	8,44	0,00	-1,20	28,12	7,23
	K <sub>8</sub>	7,73	2,32	-3,01	-1,20	4,72	1,12
	K <sub>9</sub>	22,16	6,65	-3,01	0,00	19,15	6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	6,65	-3,01	0,00	19,15	6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	11,49	0,00	0,00	38,29	11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 402		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	5,36	-1,61	-1,63	-0,65	3,73	-2,26
	K <sub>2</sub>	16,34	-4,90	0,00	-0,65	16,34	-5,55
	K <sub>3</sub>	6,63	-1,99	1,63	-0,65	8,26	-2,64
	K <sub>4</sub>	7,48	-2,24	1,63	0,00	9,11	-2,24
	K <sub>5</sub>	7,48	-2,24	1,63	0,00	9,11	-2,24
	K <sub>6</sub>	6,63	-1,99	1,63	0,65	8,26	-1,34
	K <sub>7</sub>	16,34	-4,90	0,00	0,65	16,34	-4,25
	K <sub>8</sub>	5,36	-1,61	-1,63	0,65	3,73	-0,96
	K <sub>9</sub>	12,09	-3,63	-1,63	0,00	10,46	-3,63
	K <sub>10</sub>	12,09	-3,63	-1,63	0,00	10,46	-3,63
	K <sub>11</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	17,12	-5,14	0,00	0,00	17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	10,26	-3,08	-3,25	-1,30	7,01	-4,38
	K <sub>2</sub>	32,25	-9,68	0,00	-1,30	32,25	-10,98
	K <sub>3</sub>	13,01	-3,90	3,25	-1,30	16,26	-5,20
	K <sub>4</sub>	14,78	-4,43	3,25	0,00	18,03	-4,43
	K <sub>5</sub>	14,78	-4,43	3,25	0,00	18,03	-4,43
	K <sub>6</sub>	13,01	-3,90	3,25	1,30	16,26	-2,60
	K <sub>7</sub>	32,25	-9,68	0,00	1,30	32,25	-8,37
	K <sub>8</sub>	10,26	-3,08	-3,25	1,30	7,01	-1,78
	K <sub>9</sub>	24,14	-7,24	-3,25	0,00	20,89	-7,24
	K <sub>10</sub>	24,14	-7,24	-3,25	0,00	20,89	-7,24
	K <sub>11</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	35,59	-10,68	0,00	0,00	35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	7,73	-2,32	-3,01	-1,20	4,72	-3,52
	K <sub>2</sub>	28,12	-8,44	0,00	-1,20	28,12	-9,64
	K <sub>3</sub>	11,08	-3,32	3,01	-1,20	14,09	-4,53
	K <sub>4</sub>	12,93	-3,88	3,01	0,00	15,94	-3,88
	K <sub>5</sub>	12,93	-3,88	3,01	0,00	15,94	-3,88
	K <sub>6</sub>	11,08	-3,32	3,01	1,20	14,09	-2,12
	K <sub>7</sub>	28,12	-8,44	0,00	1,20	28,12	-7,23
	K <sub>8</sub>	7,73	-2,32	-3,01	1,20	4,72	-1,12
	K <sub>9</sub>	22,16	-6,65	-3,01	0,00	19,15	-6,65
	K <sub>10</sub>	22,16	-6,65	-3,01	0,00	19,15	-6,65
	K <sub>11</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	38,29	-11,49	0,00	0,00	38,29	-11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 403		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	5,36	-0,49	2,17	1,12	7,53
	K <sub>2</sub>	4,90	16,34	0,00	2,17	4,90	18,51
	K <sub>3</sub>	1,99	6,63	0,49	2,17	2,48	8,80
	K <sub>4</sub>	2,24	7,48	0,49	0,00	2,73	7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	7,48	0,49	0,00	2,73	7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	6,63	0,49	-2,17	2,48	4,46
	K <sub>7</sub>	4,90	16,34	0,00	-2,17	4,90	14,17
	K <sub>8</sub>	1,61	5,36	-0,49	-2,17	1,12	3,19
	K <sub>9</sub>	3,63	12,09	-0,49	0,00	3,14	12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	12,09	-0,49	0,00	3,14	12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	17,12	0,00	0,00	5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	10,26	-0,98	4,33	2,10	14,59
	K <sub>2</sub>	9,68	32,25	0,00	4,33	9,68	36,58
	K <sub>3</sub>	3,90	13,01	0,98	4,33	4,88	17,34
	K <sub>4</sub>	4,43	14,78	0,98	0,00	5,41	14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	14,78	0,98	0,00	5,41	14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	13,01	0,98	-4,33	4,88	8,68
	K <sub>7</sub>	9,68	32,25	0,00	-4,33	9,68	27,92
	K <sub>8</sub>	3,08	10,26	-0,98	-4,33	2,10	5,93
	K <sub>9</sub>	7,24	24,14	-0,98	0,00	6,27	24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	24,14	-0,98	0,00	6,27	24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	35,59	0,00	0,00	10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	7,73	-0,90	4,01	1,42	11,74
	K <sub>2</sub>	8,44	28,12	0,00	4,01	8,44	32,13
	K <sub>3</sub>	3,32	11,08	0,90	4,01	4,23	15,09
	K <sub>4</sub>	3,88	12,93	0,90	0,00	4,78	12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	12,93	0,90	0,00	4,78	12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	11,08	0,90	-4,01	4,23	7,07
	K <sub>7</sub>	8,44	28,12	0,00	-4,01	8,44	24,11
	K <sub>8</sub>	2,32	7,73	-0,90	-4,01	1,42	3,72
	K <sub>9</sub>	6,65	22,16	-0,90	0,00	5,75	22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	22,16	-0,90	0,00	5,75	22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	38,29	0,00	0,00	11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 404		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	5,36	0,49	2,17	-1,12	7,53
	K <sub>2</sub>	-4,90	16,34	0,00	2,17	-4,90	18,51
	K <sub>3</sub>	-1,99	6,63	-0,49	2,17	-2,48	8,80
	K <sub>4</sub>	-2,24	7,48	-0,49	0,00	-2,73	7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	7,48	-0,49	0,00	-2,73	7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	6,63	-0,49	-2,17	-2,48	4,46
	K <sub>7</sub>	-4,90	16,34	0,00	-2,17	-4,90	14,17
	K <sub>8</sub>	-1,61	5,36	0,49	-2,17	-1,12	3,19
	K <sub>9</sub>	-3,63	12,09	0,49	0,00	-3,14	12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	12,09	0,49	0,00	-3,14	12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	17,12	0,00	0,00	-5,14	17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	10,26	0,98	4,33	-2,10	14,59
	K <sub>2</sub>	-9,68	32,25	0,00	4,33	-9,68	36,58
	K <sub>3</sub>	-3,90	13,01	-0,98	4,33	-4,88	17,34
	K <sub>4</sub>	-4,43	14,78	-0,98	0,00	-5,41	14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	14,78	-0,98	0,00	-5,41	14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	13,01	-0,98	-4,33	-4,88	8,68
	K <sub>7</sub>	-9,68	32,25	0,00	-4,33	-9,68	27,92
	K <sub>8</sub>	-3,08	10,26	0,98	-4,33	-2,10	5,93
	K <sub>9</sub>	-7,24	24,14	0,98	0,00	-6,27	24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	24,14	0,98	0,00	-6,27	24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	35,59	0,00	0,00	-10,68	35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	7,73	0,90	4,01	-1,42	11,74
	K <sub>2</sub>	-8,44	28,12	0,00	4,01	-8,44	32,13
	K <sub>3</sub>	-3,32	11,08	-0,90	4,01	-4,23	15,09
	K <sub>4</sub>	-3,88	12,93	-0,90	0,00	-4,78	12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	12,93	-0,90	0,00	-4,78	12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	11,08	-0,90	-4,01	-4,23	7,07
	K <sub>7</sub>	-8,44	28,12	0,00	-4,01	-8,44	24,11
	K <sub>8</sub>	-2,32	7,73	0,90	-4,01	-1,42	3,72
	K <sub>9</sub>	-6,65	22,16	0,90	0,00	-5,75	22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	22,16	0,90	0,00	-5,75	22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	38,29	0,00	0,00	-11,49	38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 405		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	-1,61	1,63	-0,65	-3,73	-2,26
	K <sub>2</sub>	-16,34	-4,90	0,00	-0,65	-16,34	-5,55
	K <sub>3</sub>	-6,63	-1,99	-1,63	-0,65	-8,26	-2,64
	K <sub>4</sub>	-7,48	-2,24	-1,63	0,00	-9,11	-2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	-2,24	-1,63	0,00	-9,11	-2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	-1,99	-1,63	0,65	-8,26	-1,34
	K <sub>7</sub>	-16,34	-4,90	0,00	0,65	-16,34	-4,25
	K <sub>8</sub>	-5,36	-1,61	1,63	0,65	-3,73	-0,96
	K <sub>9</sub>	-12,09	-3,63	1,63	0,00	-10,46	-3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	-3,63	1,63	0,00	-10,46	-3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	-5,14	0,00	0,00	-17,12	-5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	-3,08	3,25	-1,30	-7,01	-4,38
	K <sub>2</sub>	-32,25	-9,68	0,00	-1,30	-32,25	-10,98
	K <sub>3</sub>	-13,01	-3,90	-3,25	-1,30	-16,26	-5,20
	K <sub>4</sub>	-14,78	-4,43	-3,25	0,00	-18,03	-4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	-4,43	-3,25	0,00	-18,03	-4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	-3,90	-3,25	1,30	-16,26	-2,60
	K <sub>7</sub>	-32,25	-9,68	0,00	1,30	-32,25	-8,37
	K <sub>8</sub>	-10,26	-3,08	3,25	1,30	-7,01	-1,78
	K <sub>9</sub>	-24,14	-7,24	3,25	0,00	-20,89	-7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	-7,24	3,25	0,00	-20,89	-7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	-10,68	0,00	0,00	-35,59	-10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	-2,32	3,01	-1,20	-4,72	-3,52
	K <sub>2</sub>	-28,12	-8,44	0,00	-1,20	-28,12	-9,64
	K <sub>3</sub>	-11,08	-3,32	-3,01	-1,20	-14,09	-4,53
	K <sub>4</sub>	-12,93	-3,88	-3,01	0,00	-15,94	-3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	-3,88	-3,01	0,00	-15,94	-3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	-3,32	-3,01	1,20	-14,09	-2,12
	K <sub>7</sub>	-28,12	-8,44	0,00	1,20	-28,12	-7,23
	K <sub>8</sub>	-7,73	-2,32	3,01	1,20	-4,72	-1,12
	K <sub>9</sub>	-22,16	-6,65	3,01	0,00	-19,15	-6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	-6,65	3,01	0,00	-19,15	-6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	-11,49	0,00	0,00	-38,29	-11,49



ΦΟΡΤΙΣΗ 406		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-5,36	1,61	1,63	0,65	-3,73	2,26
	K <sub>2</sub>	-16,34	4,90	0,00	0,65	-16,34	5,55
	K <sub>3</sub>	-6,63	1,99	-1,63	0,65	-8,26	2,64
	K <sub>4</sub>	-7,48	2,24	-1,63	0,00	-9,11	2,24
	K <sub>5</sub>	-7,48	2,24	-1,63	0,00	-9,11	2,24
	K <sub>6</sub>	-6,63	1,99	-1,63	-0,65	-8,26	1,34
	K <sub>7</sub>	-16,34	4,90	0,00	-0,65	-16,34	4,25
	K <sub>8</sub>	-5,36	1,61	1,63	-0,65	-3,73	0,96
	K <sub>9</sub>	-12,09	3,63	1,63	0,00	-10,46	3,63
	K <sub>10</sub>	-12,09	3,63	1,63	0,00	-10,46	3,63
	K <sub>11</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
	K <sub>12</sub>	-17,12	5,14	0,00	0,00	-17,12	5,14
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-10,26	3,08	3,25	1,30	-7,01	4,38
	K <sub>2</sub>	-32,25	9,68	0,00	1,30	-32,25	10,98
	K <sub>3</sub>	-13,01	3,90	-3,25	1,30	-16,26	5,20
	K <sub>4</sub>	-14,78	4,43	-3,25	0,00	-18,03	4,43
	K <sub>5</sub>	-14,78	4,43	-3,25	0,00	-18,03	4,43
	K <sub>6</sub>	-13,01	3,90	-3,25	-1,30	-16,26	2,60
	K <sub>7</sub>	-32,25	9,68	0,00	-1,30	-32,25	8,37
	K <sub>8</sub>	-10,26	3,08	3,25	-1,30	-7,01	1,78
	K <sub>9</sub>	-24,14	7,24	3,25	0,00	-20,89	7,24
	K <sub>10</sub>	-24,14	7,24	3,25	0,00	-20,89	7,24
	K <sub>11</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
	K <sub>12</sub>	-35,59	10,68	0,00	0,00	-35,59	10,68
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-7,73	2,32	3,01	1,20	-4,72	3,52
	K <sub>2</sub>	-28,12	8,44	0,00	1,20	-28,12	9,64
	K <sub>3</sub>	-11,08	3,32	-3,01	1,20	-14,09	4,53
	K <sub>4</sub>	-12,93	3,88	-3,01	0,00	-15,94	3,88
	K <sub>5</sub>	-12,93	3,88	-3,01	0,00	-15,94	3,88
	K <sub>6</sub>	-11,08	3,32	-3,01	-1,20	-14,09	2,12
	K <sub>7</sub>	-28,12	8,44	0,00	-1,20	-28,12	7,23
	K <sub>8</sub>	-7,73	2,32	3,01	-1,20	-4,72	1,12
	K <sub>9</sub>	-22,16	6,65	3,01	0,00	-19,15	6,65
	K <sub>10</sub>	-22,16	6,65	3,01	0,00	-19,15	6,65
	K <sub>11</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49
	K <sub>12</sub>	-38,29	11,49	0,00	0,00	-38,29	11,49

ΦΟΡΤΙΣΗ 407		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-1,61	-5,36	0,49	-2,17	-1,12	-7,53
	K <sub>2</sub>	-4,90	-16,34	0,00	-2,17	-4,90	-18,51
	K <sub>3</sub>	-1,99	-6,63	-0,49	-2,17	-2,48	-8,80
	K <sub>4</sub>	-2,24	-7,48	-0,49	0,00	-2,73	-7,48
	K <sub>5</sub>	-2,24	-7,48	-0,49	0,00	-2,73	-7,48
	K <sub>6</sub>	-1,99	-6,63	-0,49	2,17	-2,48	-4,46
	K <sub>7</sub>	-4,90	-16,34	0,00	2,17	-4,90	-14,17
	K <sub>8</sub>	-1,61	-5,36	0,49	2,17	-1,12	-3,19
	K <sub>9</sub>	-3,63	-12,09	0,49	0,00	-3,14	-12,09
	K <sub>10</sub>	-3,63	-12,09	0,49	0,00	-3,14	-12,09
	K <sub>11</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	-5,14	-17,12	0,00	0,00	-5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-3,08	-10,26	0,98	-4,33	-2,10	-14,59
	K <sub>2</sub>	-9,68	-32,25	0,00	-4,33	-9,68	-36,58
	K <sub>3</sub>	-3,90	-13,01	-0,98	-4,33	-4,88	-17,34
	K <sub>4</sub>	-4,43	-14,78	-0,98	0,00	-5,41	-14,78
	K <sub>5</sub>	-4,43	-14,78	-0,98	0,00	-5,41	-14,78
	K <sub>6</sub>	-3,90	-13,01	-0,98	4,33	-4,88	-8,68
	K <sub>7</sub>	-9,68	-32,25	0,00	4,33	-9,68	-27,92
	K <sub>8</sub>	-3,08	-10,26	0,98	4,33	-2,10	-5,93
	K <sub>9</sub>	-7,24	-24,14	0,98	0,00	-6,27	-24,14
	K <sub>10</sub>	-7,24	-24,14	0,98	0,00	-6,27	-24,14
	K <sub>11</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	-10,68	-35,59	0,00	0,00	-10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	-2,32	-7,73	0,90	-4,01	-1,42	-11,74
	K <sub>2</sub>	-8,44	-28,12	0,00	-4,01	-8,44	-32,13
	K <sub>3</sub>	-3,32	-11,08	-0,90	-4,01	-4,23	-15,09
	K <sub>4</sub>	-3,88	-12,93	-0,90	0,00	-4,78	-12,93
	K <sub>5</sub>	-3,88	-12,93	-0,90	0,00	-4,78	-12,93
	K <sub>6</sub>	-3,32	-11,08	-0,90	4,01	-4,23	-7,07
	K <sub>7</sub>	-8,44	-28,12	0,00	4,01	-8,44	-24,11
	K <sub>8</sub>	-2,32	-7,73	0,90	4,01	-1,42	-3,72
	K <sub>9</sub>	-6,65	-22,16	0,90	0,00	-5,75	-22,16
	K <sub>10</sub>	-6,65	-22,16	0,90	0,00	-5,75	-22,16
	K <sub>11</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	-11,49	-38,29	0,00	0,00	-11,49	-38,29

ΦΟΡΤΙΣΗ 408		ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ		ΛΟΓΩ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ		ΣΥΝΟΛΟ	
		ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)	ΚΑΤΑ Χ (KN)	ΚΑΤΑ Υ (KN)
1 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	1,61	-5,36	-0,49	-2,17	1,12	-7,53
	K <sub>2</sub>	4,90	-16,34	0,00	-2,17	4,90	-18,51
	K <sub>3</sub>	1,99	-6,63	0,49	-2,17	2,48	-8,80
	K <sub>4</sub>	2,24	-7,48	0,49	0,00	2,73	-7,48
	K <sub>5</sub>	2,24	-7,48	0,49	0,00	2,73	-7,48
	K <sub>6</sub>	1,99	-6,63	0,49	2,17	2,48	-4,46
	K <sub>7</sub>	4,90	-16,34	0,00	2,17	4,90	-14,17
	K <sub>8</sub>	1,61	-5,36	-0,49	2,17	1,12	-3,19
	K <sub>9</sub>	3,63	-12,09	-0,49	0,00	3,14	-12,09
	K <sub>10</sub>	3,63	-12,09	-0,49	0,00	3,14	-12,09
	K <sub>11</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
	K <sub>12</sub>	5,14	-17,12	0,00	0,00	5,14	-17,12
2 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	3,08	-10,26	-0,98	-4,33	2,10	-14,59
	K <sub>2</sub>	9,68	-32,25	0,00	-4,33	9,68	-36,58
	K <sub>3</sub>	3,90	-13,01	0,98	-4,33	4,88	-17,34
	K <sub>4</sub>	4,43	-14,78	0,98	0,00	5,41	-14,78
	K <sub>5</sub>	4,43	-14,78	0,98	0,00	5,41	-14,78
	K <sub>6</sub>	3,90	-13,01	0,98	4,33	4,88	-8,68
	K <sub>7</sub>	9,68	-32,25	0,00	4,33	9,68	-27,92
	K <sub>8</sub>	3,08	-10,26	-0,98	4,33	2,10	-5,93
	K <sub>9</sub>	7,24	-24,14	-0,98	0,00	6,27	-24,14
	K <sub>10</sub>	7,24	-24,14	-0,98	0,00	6,27	-24,14
	K <sub>11</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
	K <sub>12</sub>	10,68	-35,59	0,00	0,00	10,68	-35,59
3 <sup>η</sup> σταθμη	K <sub>1</sub>	2,32	-7,73	-0,90	-4,01	1,42	-11,74
	K <sub>2</sub>	8,44	-28,12	0,00	-4,01	8,44	-32,13
	K <sub>3</sub>	3,32	-11,08	0,90	-4,01	4,23	-15,09
	K <sub>4</sub>	3,88	-12,93	0,90	0,00	4,78	-12,93
	K <sub>5</sub>	3,88	-12,93	0,90	0,00	4,78	-12,93
	K <sub>6</sub>	3,32	-11,08	0,90	4,01	4,23	-7,07
	K <sub>7</sub>	8,44	-28,12	0,00	4,01	8,44	-24,11
	K <sub>8</sub>	2,32	-7,73	-0,90	4,01	1,42	-3,72
	K <sub>9</sub>	6,65	-22,16	-0,90	0,00	5,75	-22,16
	K <sub>10</sub>	6,65	-22,16	-0,90	0,00	5,75	-22,16
	K <sub>11</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29
	K <sub>12</sub>	11,49	-38,29	0,00	0,00	11,49	-38,29



### 3.3 Συνδυασμοί δράσεων

Ο σεισμός σχεδιασμού που ορίζεται στο κεφάλαιο 2 του ΕΑΚ αποτελεί τυχηματική δράση, τα εντατικά μεγέθη της οποίας συνδυάζονται με εκείνα των λοιπών δράσεων ως εξής :

$$S_d = G_k + P_{\infty} \pm E + \sum \psi_2 Q_{k,i}$$

Όπου:

- $G_k$ : μόνιμες δράσεις  
 $P_{\infty}$ : προένταση μετά τις μακροχρόνιες απώλειες  
 $E$ : σεισμός σχεδιασμού  
 $Q_{k,i}$ : μεταβλητή δράση  
 $\psi_2$ : τιμή του συντελεστή του συνδυασμού για μακροχρόνιες μεταβλητές δράσεις, για κατοικίες  $\psi_2=0.3$

δράσεις καταναγκασμού όπως οι προκαλούμενες από μεταβολή και διαφορά θερμοκρασίας, συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος και υποχωρήσεις στηρίξεων, δεν χρειάζεται να συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό με σεισμό.

Επιλύονται οι ακόλουθοι συνδυασμοί φορτίσεων:

- Φορτίσεις ( 100) :  $1.50*(1)+1.35*(2)$   
Φορτίσεις (1101) :  $(1)+0.30*(2)+(101)$   
Φορτίσεις (1102) :  $(1)+0.30*(2)+(102)$   
Φορτίσεις (1103) :  $(1)+0.30*(2)+(103)$   
Φορτίσεις (1104) :  $(1)+0.30*(2)+(104)$   
Φορτίσεις (1105) :  $(1)+0.30*(2)+(105)$   
Φορτίσεις (1106) :  $(1)+0.30*(2)+(106)$   
Φορτίσεις (1107) :  $(1)+0.30*(2)+(107)$   
Φορτίσεις (1108) :  $(1)+0.30*(2)+(108)$   
Φορτίσεις (1201) :  $(1)+0.30*(2)+(201)$   
Φορτίσεις (1202) :  $(1)+0.30*(2)+(202)$   
Φορτίσεις (1203) :  $(1)+0.30*(2)+(203)$   
Φορτίσεις (1204) :  $(1)+0.30*(2)+(204)$   
Φορτίσεις (1205) :  $(1)+0.30*(2)+(205)$   
Φορτίσεις (1206) :  $(1)+0.30*(2)+(206)$   
Φορτίσεις (1207) :  $(1)+0.30*(2)+(207)$   
Φορτίσεις (1208) :  $(1)+0.30*(2)+(208)$   
Φορτίσεις (1301) :  $(1)+0.30*(2)+(301)$   
Φορτίσεις (1302) :  $(1)+0.30*(2)+(302)$   
Φορτίσεις (1303) :  $(1)+0.30*(2)+(303)$   
Φορτίσεις (1304) :  $(1)+0.30*(2)+(304)$   
Φορτίσεις (1305) :  $(1)+0.30*(2)+(305)$



Φορτίσεις (1306) :  $(1)+0.30*(2)+(306)$   
Φορτίσεις (1307) :  $(1)+0.30*(2)+(307)$   
Φορτίσεις (1308) :  $(1)+0.30*(2)+(308)$   
Φορτίσεις (1401) :  $(1)+0.30*(2)+(401)$   
Φορτίσεις (1402) :  $(1)+0.30*(2)+(402)$   
Φορτίσεις (1403) :  $(1)+0.30*(2)+(403)$   
Φορτίσεις (1404) :  $(1)+0.30*(2)+(404)$   
Φορτίσεις (1405) :  $(1)+0.30*(2)+(405)$   
Φορτίσεις (1406) :  $(1)+0.30*(2)+(406)$   
Φορτίσεις (1407) :  $(1)+0.30*(2)+(407)$   
Φορτίσεις (1408) :  $(1)+0.30*(2)+(408)$



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Κεφάλαιο 4 : Διαστασιολόγηση

### 4.1 Κριτήρια για την αποφυγή κατάρρευσης (ΕΑΚ 4.1)

Κατά την απόκριση ενός δομήματος σχεδιασμού είναι εν γένει αποδεκτός ο σχηματισμός ενός ελαστοπλαστικού μηχανισμού με αξιόπιστα ασφαλή μετελαστική συμπεριφορά. Μια τέτοια συμπεριφορά θεωρείται βάσει του ΕΑΚ ότι εξασφαλίζεται με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Εξασφάλιση ελάχιστης στάθμης αντοχής σε όλα τα φέροντα στοιχεία, που αντιστοιχεί στις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού αυξημένες, όπου είναι αναγκαίο με τις επιρροές 2ας τάξεως.
- Εξασφάλιση συνολικής πλαστιμότητας, δηλαδή επαρκούς ικανότητας για απελευθέρωση ενέργειας, με μετελαστική παραμόρφωση.
- Ελαχιστοποίηση των παραγόντων που προκαλούν αβεβαιότητες στην εκτίμηση της σεισμικής απόκρισης

### 4.2 Υπολογισμός επιρροής 2ας τάξεως (ΕΑΚ 4.1.2.2)

Αν δεν γίνει ακριβέστερος υπολογισμός, η μεταβολή της έντασης που προκαλείται από τις παραμορφώσεις του συνόλου του φορέα υπό τον σεισμικό συνδυασμό (ΕΑΚ παρ. 4.1) επιτρέπεται να παραλείπεται όταν σε κάθε όροφο ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας  $\theta$ , όπως προσδιορίζεται από την σχέση 4.2 του ΕΑΚ, δεν υπερβαίνει την τιμή 0.10. Ο προσδιορισμός του  $\theta$  θα γίνει ξεχωριστά κατά X και Y

$$\theta = \frac{N_{ολ} * \Delta}{V_{ολ} * h}$$

Όπου:

$N_{ολ}, V_{ολ}$  είναι αντίστοιχα οι συνολικές αξονική και τέμνουσα δύναμη των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου υπό τον συνδυασμό (4.1)

$h$  είναι το ύψος του ορόφου

$\Delta$  είναι η υπολογιστική σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου.  
Η τιμή του  $\Delta$  θα λαμβάνεται από την σχέση:

$$\Delta = q \cdot \Delta_{ελ}$$

Όπου:

$q$  είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση και είναι ίσος με 3.50

$\Delta_{ελ}$  είναι η σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου, μετρούμενη στο επίπεδο του δυσμενέστερου περιμετρικού πλαισίου, όπως προκύπτει για τον συνδυασμό (4.1) από ελαστική ανάλυση με την ισοδύναμη στατική μέθοδο

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

				Σημείο 218		Σημείο 418								
Συνδυασμός	N <sub>ολ</sub> (kN)	Q <sub>ολ,x</sub> (kN)	Q <sub>ολ,y</sub> (kN)	V <sub>x</sub> (mm)	V <sub>y</sub> (mm)	V <sub>x</sub> (mm)	V <sub>y</sub> (mm)	$\bar{V}_x$ (mm)	$\bar{V}_y$ (mm)	Δ <sub>ελ,x</sub> (mm)	Δ <sub>ελ,y</sub> (mm)	h ορόφου (mm)	θ <sub>x</sub>	θ <sub>y</sub>
1101	-3918,1	-630,72	189,23	2,38	1,19	2,38	1,15	2,38	1,17	8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1102	-3918,1	-630,72	-189,23	2,38	-1,13	2,38	-1,21	2,38	-1,17	8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1103	-3918,1	-189,23	630,72	0,71	3,86	0,71	3,92	0,71	3,89	2,49	13,62	3000,00	0,02	0,03
1104	-3918,1	189,23	630,72	-0,71	3,84	-0,71	3,94	-0,71	3,89	-2,50	13,62	3000,00	0,02	0,03
1105	-3918,1	630,72	-189,23	-2,38	-1,19	-2,38	-1,15	-2,38	-1,17	-8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1106	-3918,1	630,72	189,23	-2,38	1,13	-2,38	1,21	-2,38	1,17	-8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1107	-3918,1	189,23	-630,72	-0,71	-3,86	-0,71	-3,92	-0,71	-3,89	-2,49	-13,62	3000,00	0,02	0,03
1108	-3918,1	-189,23	-630,72	0,71	-3,84	0,71	3,94	0,71	0,05	2,50	0,17	3000,00	0,02	0,00
1201	-3918,1	-630,72	189,23	2,37	1,08	2,37	1,26	2,37	1,17	8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1202	-3918,1	-630,72	-189,23	2,37	-1,23	2,37	-1,10	2,37	-1,17	8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1203	-3918,1	-189,23	630,72	0,71	3,83	0,71	3,96	0,71	3,89	2,49	13,62	3000,00	0,02	0,03
1204	-3918,1	189,23	630,72	-0,71	3,88	-0,71	3,91	-0,71	3,89	-2,49	13,62	3000,00	0,02	0,03
1205	-3918,1	630,72	-189,23	-2,37	-1,08	-2,37	-1,26	-2,37	-1,17	-8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1206	-3918,1	630,72	189,23	-2,37	1,23	-2,37	1,10	-2,37	1,17	-8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1207	-3918,1	189,23	-630,72	-0,71	-3,83	-0,71	-3,96	-0,71	-3,89	-2,49	-13,62	3000,00	0,02	0,03
1208	-3918,1	-189,23	-630,72	0,71	-3,88	0,71	-3,91	0,71	-3,89	2,49	-13,62	3000,00	0,02	0,03
1301	-3918,1	-630,72	189,23	2,37	1,10	2,37	1,23	2,37	1,17	8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1302	-3918,1	-630,72	-189,23	2,37	-1,26	2,37	-1,08	2,37	-1,17	8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1303	-3918,1	-189,23	630,72	0,71	3,91	0,71	3,88	0,71	3,89	2,49	13,62	3000,00	0,02	0,03
1304	-3918,1	189,23	630,72	-0,71	3,96	-0,71	3,83	-0,71	3,89	-2,49	13,62	3000,00	0,02	0,03
1305	-3918,1	630,72	-189,23	-2,37	-1,10	-2,37	-1,23	-2,37	-1,17	-8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1306	-3918,1	630,72	189,23	-2,37	1,26	-2,37	1,08	-2,37	1,17	-8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1307	-3918,1	189,23	-630,72	-0,71	-3,91	-0,71	-3,88	-0,71	-3,89	-2,49	-13,62	3000,00	0,02	0,03
1308	-3918,1	-189,23	-630,72	0,71	-3,96	0,71	-3,83	0,71	-3,89	2,49	-13,62	3000,00	0,02	0,03
1401	-3918,1	-630,72	189,23	2,38	1,21	2,38	1,13	2,38	1,17	8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1402	-3918,1	-630,72	-189,23	2,38	-1,15	2,38	-1,19	2,38	-1,17	8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1403	-3918,1	-189,23	630,72	0,71	3,94	0,71	3,84	0,71	3,89	2,50	13,62	3000,00	0,02	0,03
1404	-3918,1	189,23	630,72	-0,71	3,92	-0,71	3,86	-0,71	3,89	-2,49	13,62	3000,00	0,02	0,03
1405	-3918,1	630,72	-189,23	-2,38	-1,21	-2,38	-1,13	-2,38	-1,17	-8,31	-4,09	3000,00	0,02	0,03
1406	-3918,1	630,72	189,23	-2,38	1,15	-2,38	1,19	-2,38	1,17	-8,31	4,09	3000,00	0,02	0,03
1407	-3918,1	189,23	-630,72	-0,71	-3,94	-0,71	-3,84	-0,71	-3,89	-2,50	-13,62	3000,00	0,02	0,03
1408	-3918,1	-189,23	-630,72	0,71	-3,92	0,71	-3,86	0,71	-3,89	2,49	-13,62	3000,00	0,02	0,03

1<sup>η</sup> Στάθμη



				Σημείο 1218		Σημείο 1418								
Συνδυασμός	N <sub>ολ</sub> (kN)	Q <sub>ολ,x</sub> (kN)	Q <sub>ολ,y</sub> (kN)	V <sub>x</sub> (mm)	V <sub>y</sub> (mm)	V <sub>x</sub> (mm)	V <sub>y</sub> (mm)	$\bar{V}_x$ (mm)	$\bar{V}_y$ (mm)	Δ <sub>ελ,x</sub> (mm)	Δ <sub>ελ,y</sub> (mm)	h ορόφου (mm)	θ <sub>x</sub>	θ <sub>y</sub>
1101	-2456	-500,69	150,21	2,47	1,35	-3,46	1,31	-0,50	1,33	-1,74	4,67	3000,00	0,00	0,03
1102	-2456	-500,69	-150,21	2,47	-1,29	-3,46	-1,38	-0,49	-1,33	-1,73	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1103	-2456	-150,21	500,69	0,74	4,41	-1,04	4,48	-0,15	4,45	-0,52	15,56	3000,00	0,00	0,03
1104	-2456	150,21	500,69	-0,74	4,39	1,04	4,50	0,15	4,44	0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1105	-2456	500,69	-150,21	-2,47	-1,35	3,46	-1,31	0,50	-1,33	1,74	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1106	-2456	500,69	150,21	-2,47	1,29	3,46	1,38	0,49	1,33	1,73	4,67	3000,00	0,00	0,03
1107	-2456	150,21	-500,69	-0,74	-4,41	1,04	-4,48	0,15	-4,45	0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1108	-2456	-150,21	-500,69	0,74	-4,39	-1,04	-12,38	-0,15	-8,39	-0,52	-29,35	3000,00	0,00	0,05
1201	-2456	-500,69	150,21	2,47	1,24	-3,46	1,43	-0,50	1,33	-1,74	4,67	3000,00	0,00	0,03
1202	-2456	-500,69	-150,21	2,47	-1,40	-3,47	-1,26	-0,50	-1,33	-1,74	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1203	-2456	-150,21	500,69	0,74	4,38	-1,04	4,51	-0,15	4,44	-0,52	15,56	3000,00	0,00	0,03
1204	-2456	150,21	500,69	-0,74	4,43	1,04	4,46	0,15	4,45	0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1205	-2456	500,69	-150,21	-2,47	-1,24	3,46	-1,43	0,50	-1,33	1,74	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1206	-2456	500,69	150,21	-2,47	1,40	3,47	1,26	0,50	1,33	1,74	4,67	3000,00	0,00	0,03
1207	-2456	150,21	-500,69	-0,74	-4,38	1,04	-4,51	0,15	-4,44	0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1208	-2456	-150,21	-500,69	0,74	-4,43	-1,04	-4,46	-0,15	-4,45	-0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1301	-2456	-500,69	150,21	2,47	1,26	-3,46	1,40	-0,49	1,33	-1,73	4,67	3000,00	0,00	0,03
1302	-2456	-500,69	-150,21	2,47	-1,43	-3,46	-1,24	-0,50	-1,33	-1,74	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1303	-2456	-150,21	500,69	0,74	4,46	-1,04	4,43	-0,15	4,45	-0,51	15,56	3000,00	0,00	0,03
1304	-2456	150,21	500,69	-0,74	4,51	1,04	4,38	0,15	4,44	0,53	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1305	-2456	500,69	-150,21	-2,47	-1,26	3,46	-1,40	0,49	-1,33	1,73	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1306	-2456	500,69	150,21	-2,47	1,43	3,46	1,24	0,50	1,33	1,74	4,67	3000,00	0,00	0,03
1307	-2456	150,21	-500,69	-0,74	-4,46	1,04	12,18	0,15	3,86	0,51	13,50	3000,00	0,00	0,02
1308	-2456	-150,21	-500,69	0,74	-4,51	-1,04	-4,38	-0,15	-4,44	-0,53	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1401	-2456	-500,69	150,21	2,47	1,38	-3,46	1,29	-0,49	1,33	-1,73	4,67	3000,00	0,00	0,03
1402	-2456	-500,69	-150,21	2,47	-1,31	-3,46	-1,35	-0,50	-1,33	-1,74	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1403	-2456	-150,21	500,69	0,74	4,50	-1,04	4,39	-0,15	4,44	-0,52	15,56	3000,00	0,00	0,03
1404	-2456	150,21	500,69	-0,74	4,48	1,04	4,41	0,15	4,45	0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1405	-2456	500,69	-150,21	-2,47	-1,38	3,46	-1,29	0,49	-1,33	1,73	-4,67	3000,00	0,00	0,03
1406	-2456	500,69	150,21	-2,47	1,31	3,46	1,35	0,50	1,33	1,74	4,67	3000,00	0,00	0,03
1407	-2456	150,21	-500,69	-0,74	-4,50	1,04	-4,39	0,15	-4,44	0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03
1408	-2456	-150,21	-500,69	0,74	-4,48	-1,04	-4,41	-0,15	-4,45	-0,52	-15,56	3000,00	0,00	0,03

2<sup>η</sup> Στάθμη

				Σημείο 1218		Σημείο 1418								
Συνδυασμός	N <sub>ολ</sub> (kN)	Q <sub>ολ,x</sub> (kN)	Q <sub>ολ,y</sub> (kN)	V <sub>x</sub> (mm)	V <sub>y</sub> (mm)	V <sub>x</sub> (mm)	V <sub>y</sub> (mm)	$\bar{V}_x$ (mm)	$\bar{V}_y$ (mm)	Δ <sub>ελ,x</sub> (mm)	Δ <sub>ελ,y</sub> (mm)	h ορόφου (mm)	θ <sub>x</sub>	θ <sub>y</sub>
1101	-993,6	-240,62	72,20	1,34	0,75	-10,78	0,73	-4,72	0,74	-16,51	2,58	3000,00	0,02	0,01
1102	-993,6	-240,62	-72,20	1,34	-0,71	-10,78	-0,76	-4,72	-0,74	-16,51	-2,58	3000,00	0,02	0,01
1103	-993,6	-72,20	240,62	0,40	2,44	-3,23	2,48	-1,41	2,46	-4,96	8,61	3000,00	0,02	0,01
1104	-993,6	72,20	240,62	-0,40	2,43	3,24	2,49	1,42	2,46	4,96	8,61	3000,00	0,02	0,01
1105	-993,6	240,62	-72,20	11,04	-0,75	10,78	-0,73	10,91	-0,74	38,18	-2,58	3000,00	0,05	0,01
1106	-993,6	240,62	72,20	11,04	0,71	10,78	0,76	10,91	0,74	38,19	2,58	3000,00	0,05	0,01
1107	-993,6	72,20	-240,62	-0,40	-2,44	3,23	-2,48	1,41	-2,46	4,95	-8,61	3000,00	0,02	0,01
1108	-993,6	-72,20	-240,62	0,40	-2,43	-3,24	-2,49	-1,42	-2,46	-4,96	-8,61	3000,00	0,02	0,01
1201	-993,6	-240,62	72,20	1,34	0,69	-10,77	0,79	-4,71	0,74	-16,49	2,58	3000,00	0,02	0,01
1202	-993,6	-240,62	-72,20	1,34	-0,78	-10,77	-0,70	-4,72	-0,74	-16,50	-2,58	3000,00	0,02	0,01
1203	-993,6	-72,20	240,62	0,40	2,42	-3,23	2,50	-1,41	2,46	-4,94	8,61	3000,00	0,02	0,01
1204	-993,6	72,20	240,62	-0,40	2,45	3,23	2,47	1,42	2,46	4,96	8,61	3000,00	0,02	0,01
1205	-993,6	240,62	-72,20	-1,34	-0,69	10,77	-0,79	4,71	-0,74	16,49	-2,58	3000,00	0,02	0,01
1206	-993,6	240,62	72,20	-1,34	0,78	10,77	0,70	4,72	0,74	16,50	2,58	3000,00	0,02	0,01
1207	-993,6	72,20	-240,62	-0,40	-2,42	3,23	-2,50	1,41	-2,46	4,94	-8,61	3000,00	0,02	0,01
1208	-993,6	-72,20	-240,62	0,40	-2,45	-3,23	-2,47	-1,42	-2,46	-4,96	-8,61	3000,00	0,02	0,01
1301	-993,6	-240,62	72,20	1,34	0,64	-10,77	0,78	-4,71	0,71	-16,50	2,48	3000,00	0,02	0,01
1302	-993,6	-240,62	-72,20	1,34	-0,76	-10,77	-0,69	-4,71	-0,72	-16,49	-2,53	3000,00	0,02	0,01
1303	-993,6	-72,20	240,62	0,40	2,47	-3,23	2,45	-1,42	2,46	-4,96	8,61	3000,00	0,02	0,01
1304	-993,6	72,20	240,62	-0,40	2,50	3,23	2,42	1,41	2,46	4,95	8,61	3000,00	0,02	0,01
1305	-993,6	240,72	-72,20	-1,34	-0,64	10,77	-0,78	4,71	-0,71	16,50	-2,48	3000,00	0,02	0,01
1306	-993,6	240,72	72,20	-1,34	0,79	10,77	0,69	4,71	0,74	16,49	2,58	3000,00	0,02	0,01
1307	-993,6	72,20	-240,62	-0,40	-2,47	3,24	-19,05	1,42	-10,76	4,96	-37,67	3000,00	0,02	0,05
1308	-993,6	-72,20	-240,62	0,40	-2,50	-3,23	-2,42	-1,41	-2,46	-4,95	-8,61	3000,00	0,02	0,01
1401	-993,6	-240,72	72,20	1,34	0,76	-10,78	0,71	-4,72	0,74	-16,51	2,58	3000,00	0,02	0,01
1402	-993,6	-240,72	-72,20	1,34	-0,73	-10,78	-0,75	-4,72	-0,74	-16,51	-2,58	3000,00	0,02	0,01
1403	-993,6	-72,20	240,62	0,40	2,49	-3,24	2,43	-1,42	2,46	-4,96	8,61	3000,00	0,02	0,01
1404	-993,6	72,20	240,62	-0,40	2,48	3,23	2,44	1,41	2,46	4,95	8,61	3000,00	0,02	0,01
1405	-993,6	240,72	-72,20	-1,34	-0,76	10,78	-0,71	4,72	-0,74	16,51	-2,58	3000,00	0,02	0,01
1406	-993,6	240,72	72,20	-1,34	0,73	10,78	0,75	4,72	0,74	16,51	2,58	3000,00	0,02	0,01
1407	-993,6	72,20	-240,62	-0,40	-2,49	3,24	-2,43	1,42	-2,46	4,96	-8,61	3000,00	0,02	0,01
1408	-993,6	-72,20	-240,62	0,40	-2,48	-3,23	-2,44	-1,41	-2,46	-4,95	-8,61	3000,00	0,02	0,01

### 3<sup>η</sup> Στάθμη

άρα για οποιαδήποτε σεισμικό συνδυασμό ο δείκτης μεταθετότητας  $\theta$  δεν υπερβαίνει την τιμή 0.10, οπότε δεν χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι επιρροές 2ας τάξεως.

## 4.3 Ικανοτικός έλεγχος κόμβων

Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η διαστασιολόγηση των μελών σε κάμψη και διάτμηση κόμβου του ισογείου με βάση τον ικανοτικό σχεδιασμό. Συγκεκριμένα ελέγχεται ο κόμβος που μορφώνεται από το υποστύλωμα  $K_2$  και τις δοκούς  $\Delta_1 \Delta_2$  της οροφής του ισογείου ( εντός του επιπέδου πλαισίου  $YOZ$ ) και από το υποστύλωμα  $K_2$  και από τη δοκό  $\Delta_{11}$  της οροφής του ισογείου ( εντός του επιπέδου πλαισίου  $XOZ$ )

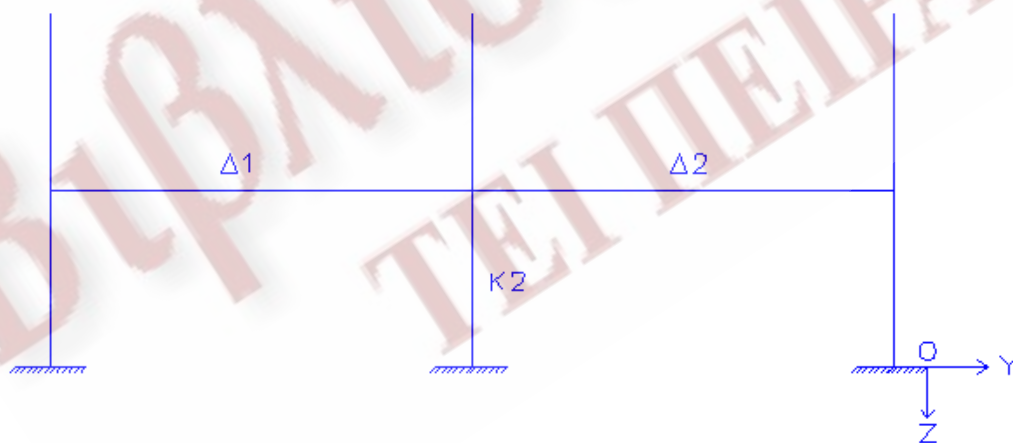
### 4.3.1 Έλεγχος δοκών σε κάμψη

#### α) Δοκοί εντός του πλαισίου $YOZ$

Τα εντατικά μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε έλεγχο για την αντίστοιχη διατομή παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Β<sub>1</sub>. Υπενθυμίζεται ότι τα υλικά της κατασκευής μας είναι σκυρόδεμα  $C_{20/25}$  και χάλυβες διαμήκης  $S_{500}$ . δηλαδή έχουμε  $f_{ck}=20MP_a$  και  $f_{yk}=200MP_a$  και έχουμε επίσης τους συντελεστές ασφαλείας

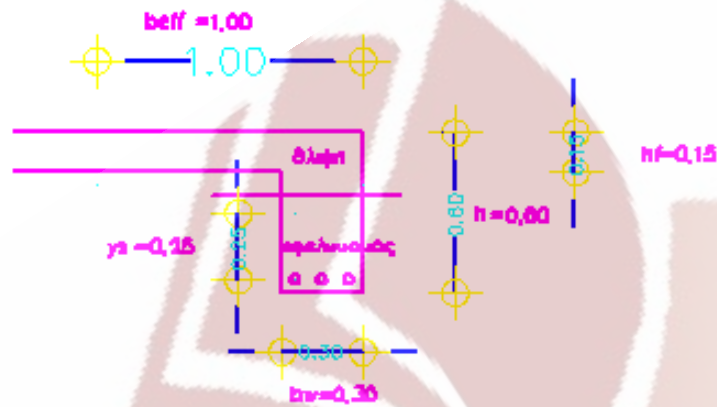
για το σκυρόδεμα και το χάλυβα  $\gamma_c=1.50$  και  $\gamma_s=1.15$  αντίστοιχα. Άρα  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$  και

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$



Σχ. 4.1 Πλαίσιο  $YOZ$

## Δοκός 1 άνοιγμα-ράβδοι (2-16)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.2 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$M_d = +82.41 \text{ kNm}$$

$$N_d = +9.40 \text{ kN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = 82.41 \text{ kNm} - 9.40 \text{ kN} \cdot 0.25 \text{ m} = 80.06 \text{ kNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot L = 0.30 \text{ m} + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot 6 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

όπου  $L$  το μήκος το θεωρητικό της δοκού  
 $b_w$  το πλάτος της διατομής της δοκού.



### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{80.06 KNm}{1.00m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0198$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{1.00}{0.30} = 3.33, \quad \mu_{sd}=0.0198$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20 * 10^{-3} * 100cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{9.40KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 3.65cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø18 (7.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

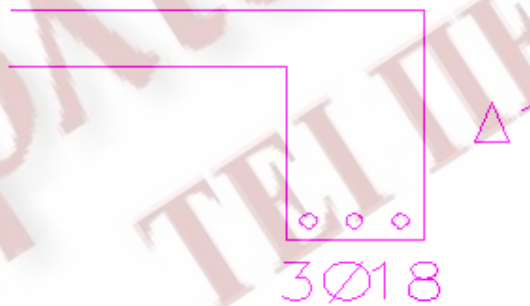
Σε όλες εν γένει τις δοκούς, η συνολική διατομή οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων. Άρα  $\rho_{\max}=4\%$

Άρα πρέπει  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < \rho < 4\%$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{7.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.42\%$$

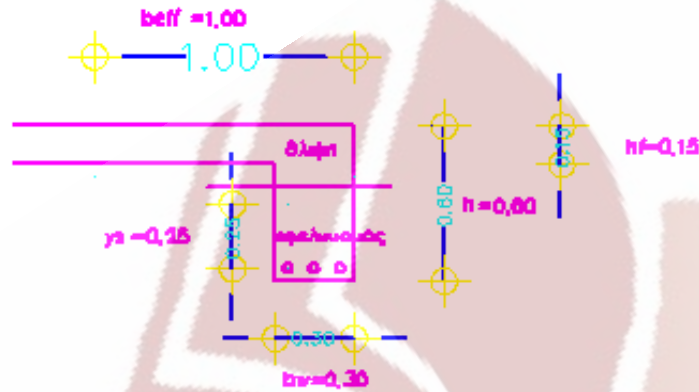
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.42\% < 4\%$  άρα ισχύει



Σχ. 4.3 Διατομή Δοκού 1 ανοίγματος με τον καμτικό οπλισμό

## Δοκός 2 άνοιγμα-ράβδοι (18-32)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.4 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$M_d = +83.87 \text{KNm}$$

$$N_d = +10.20 \text{KN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = 83.87 \text{KNm} - 10.20 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = 81.32 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 2 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot L = 0.30 \text{m} + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot 6 \text{m} = 1 \text{m}$$

όπου  $L$  το μήκος το θεωρητικό της δοκού  
 $b_w$  το πλάτος της διατομής της δοκού.

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{81.32 KNm}{1.00m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0202$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{1.00}{0.30} = 3.33, \quad \mu_{sd}=0.0202$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20.21 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20.21 * 10^{-3} * 100cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{10.20KN}{1.15cm^2 * 10^4} \Rightarrow A_s = 3.64cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø18 (7.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:



$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

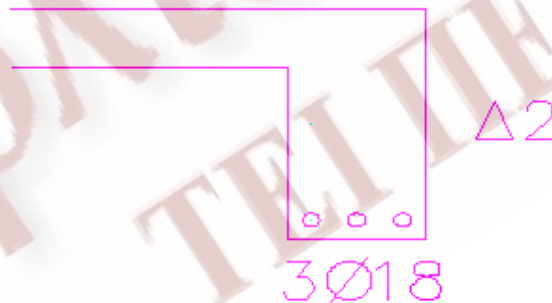
Σε όλες εν γένει τις δοκούς, η συνολική διατομή οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων. Άρα  $\rho_{\max}=4\%$

Άρα πρέπει  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < \rho < 4\%$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{7.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.42\%$$

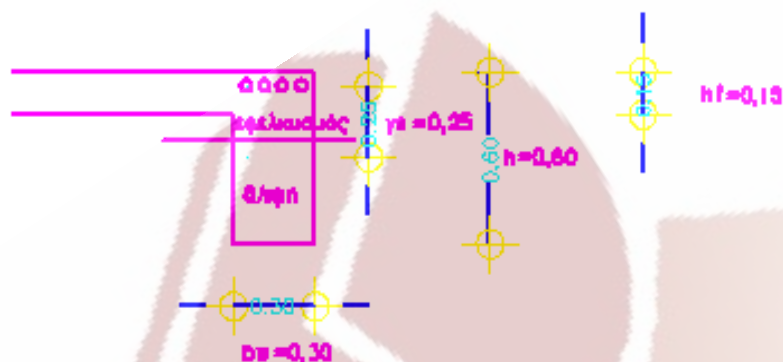
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.42\% < 4\%$  άρα ισχύει



Σχ. 4.6 Διατομή με τον καμπτικό οπλισμό

## Δοκοί 1,2 ενδιάμεση στήριξη-ράβδοι (16-18)-άνω πέλμα



Σχ. 4.5 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= -227.26 \text{KNm} \\ N_d &= -10.10 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = -227.26 \text{KNm} + 10.10 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = -224.73 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{224.73 KNm}{0.30m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.1857$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd}=0.1857$$

Έχουμε ότι  $\omega = 213 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 213 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{10.10 KN}{1.15 * 10^4} \Rightarrow A_s = 10.56cm^2$$

άρα επιλέγω 4Ø20 (12.57cm<sup>2</sup>)

Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12.57cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.70\%$$

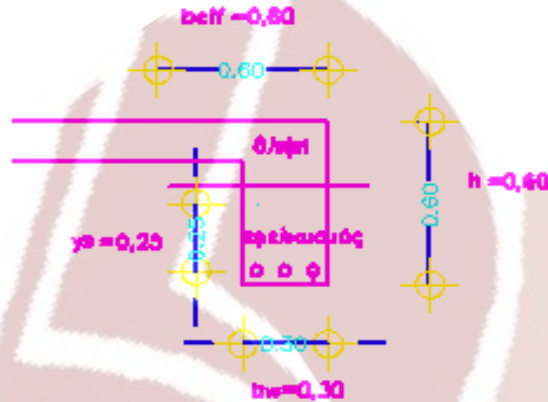
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.70\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο ως προς το αριστερό μέλος της ανίσωσης

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.



## Δοκοί 1,2 ενδιάμεση στήριξη-ράβδοι (16-18)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.7 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +73.00 \text{KNm} \\ N_d &= +11.70 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +73.00 \text{KNm} - 11.70 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = +70.08 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή των δοκών στη στήριξη διατομή 16-18 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w + 2h_f = 0.30 \text{m} + 2 \cdot 0.15 \text{m} = 0.60 \text{m}$$

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{70.08 KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0290$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.60}{0.30} = 2, \quad \mu_{sd}=0.0290$$

Έχουμε ότι  $\omega = 29.45 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 29.45 * 10^{-3} * 60cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{11.70KN}{1.15 * 10^4} \Rightarrow A'_s = 3.25cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø18 (7.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{7.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.42\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκόμενη περιοχή της διατομής

$$\text{Άρα: } \rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.42\% \geq 0.50 * 0.70\% \Rightarrow 0.42\% \geq 0.35\% \quad \text{ισχύει.}$$

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 και δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.42\% \geq \frac{1}{4} * 0.42\% \Rightarrow 0.42\% \geq 0.11\% \quad \text{ισχύει}$$

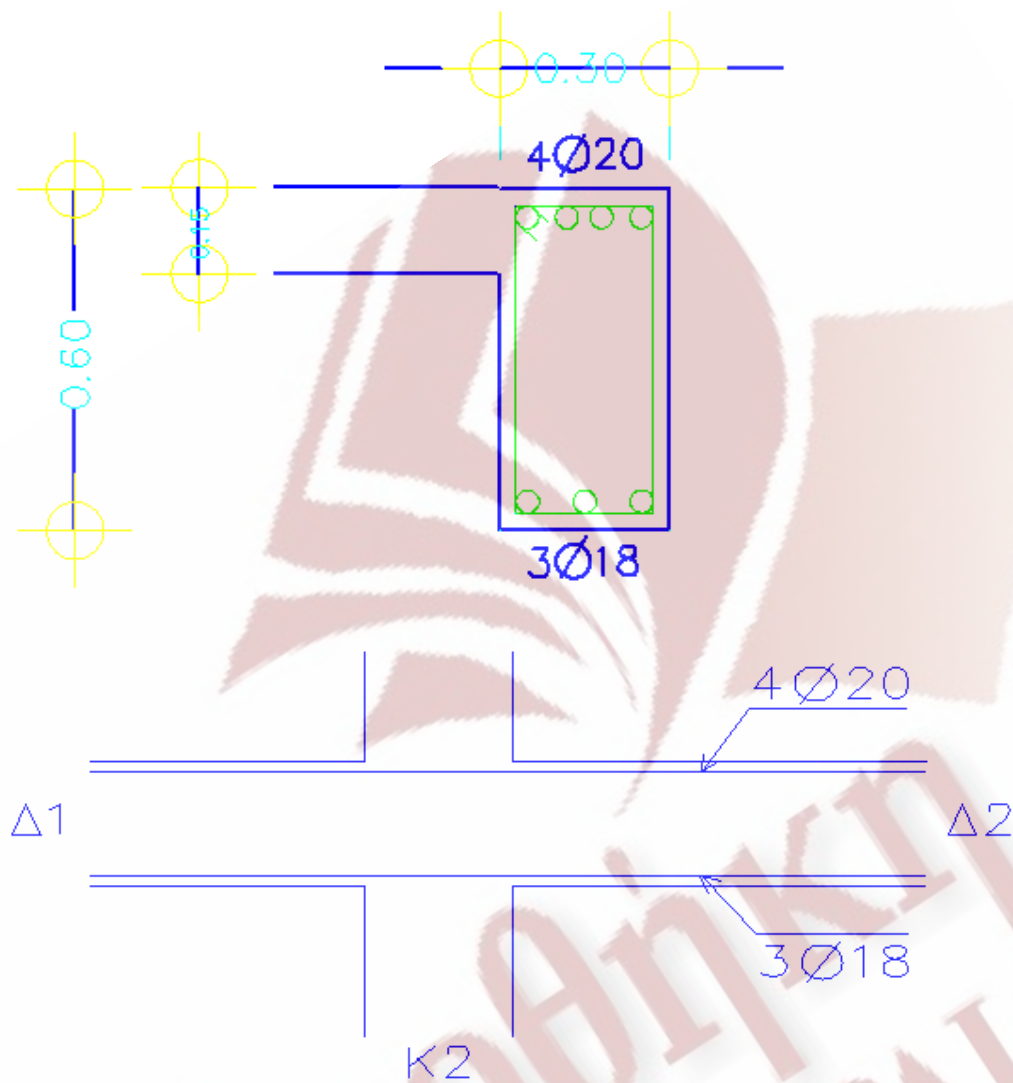
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη

Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} * \frac{0.42\%}{0.70\%} + 0.0015 = 0.0135 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.35\%$$

$$\text{Άρα } \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.70\% \leq 1.35\% \quad \text{ισχύει}$$



Σχ. 4.8 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στην στήριξη Κ<sub>2</sub>

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκών Δ<sub>1</sub> και Δ<sub>2</sub> (στη στήριξη διατομές 16,18)

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 4Ø20

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$



$$\Rightarrow \omega = \frac{(12.57 \text{ cm}^2 - \frac{-10.10 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.2530 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.2145$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.2145 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 259.25 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Οπλισμός που έχει τυποποιηθεί 3Ø18

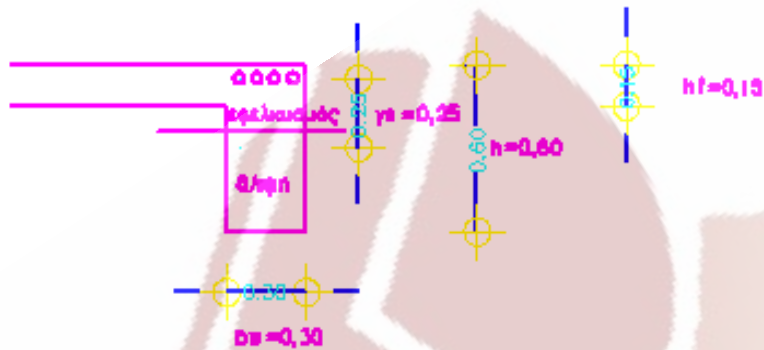
$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(7.62 \text{ cm}^2 - \frac{11.70 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{60 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.0726 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0697$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0697 * 0.60 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 168.67 \text{ KNm}$$

## Δοκός 1 ακραία στήριξη-ράβδος (2)- άνω πέλμα



Σχ. 4.9 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= -110.85 \text{KNm} \\ N_d &= +9.3 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = -110.85 \text{KNm} - 10.10 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = -113.18 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή.

Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{110.85 \text{ KNm}}{0.30 \text{ m} * (0.55 \text{ m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0935$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60\text{m}$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05\text{m}$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60\text{m}-0.05\text{m}=0.55\text{m}$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd}=0.0935$$

Έχουμε ότι  $\omega = 99.53 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 99.53 * 10^{-3} * 30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20 * 10^3 \text{ KNm}}{500 * 10^3 \text{ KNm}} + \frac{9.3 \text{ KN}}{1.15 * 10^4} \Rightarrow A_s = 5.25 \text{ cm}^2$$

άρα επιλέγω 4Ø20 (12.57cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχος βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12.57cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.70\%$$

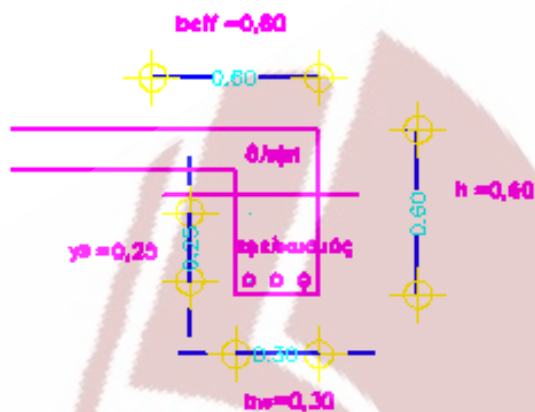
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.70\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.



## Δοκός 1 ακραία στήριξη-ράβδος (2)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.10 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +71.38 \text{KNm} \\ N_d &= -3.30 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +71.38 \text{KNm} + 3.30 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = +72.21 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκυσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στη στήριξη διατομή 2 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + 2h_f = 0.30 \text{m} + 2 \cdot 0.15 \text{m} = 0.60 \text{m}$$

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{72.21 KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0298$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.60}{0.30} = 2, \quad \mu_{sd}=0.0298$$

Έχουμε ότι  $\omega = 30.29 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 30.29 * 10^{-3} * 60cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{-3.30KN}{1.15 * 1.15cm^2 * 10^4} \Rightarrow \boxed{A'_s = 2.99cm^2}$$

άρα επιλέγω 3Ø18 (7.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{7.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.42\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

Άρα :  $\rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.42\% \geq 0.50 * 0.70\% \Rightarrow 0.42\% \geq 0.35\%$  ισχύει.

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.42\% \geq \frac{1}{4} * 0.42\% \Rightarrow 0.42\% \geq 0.11\%$  ισχύει

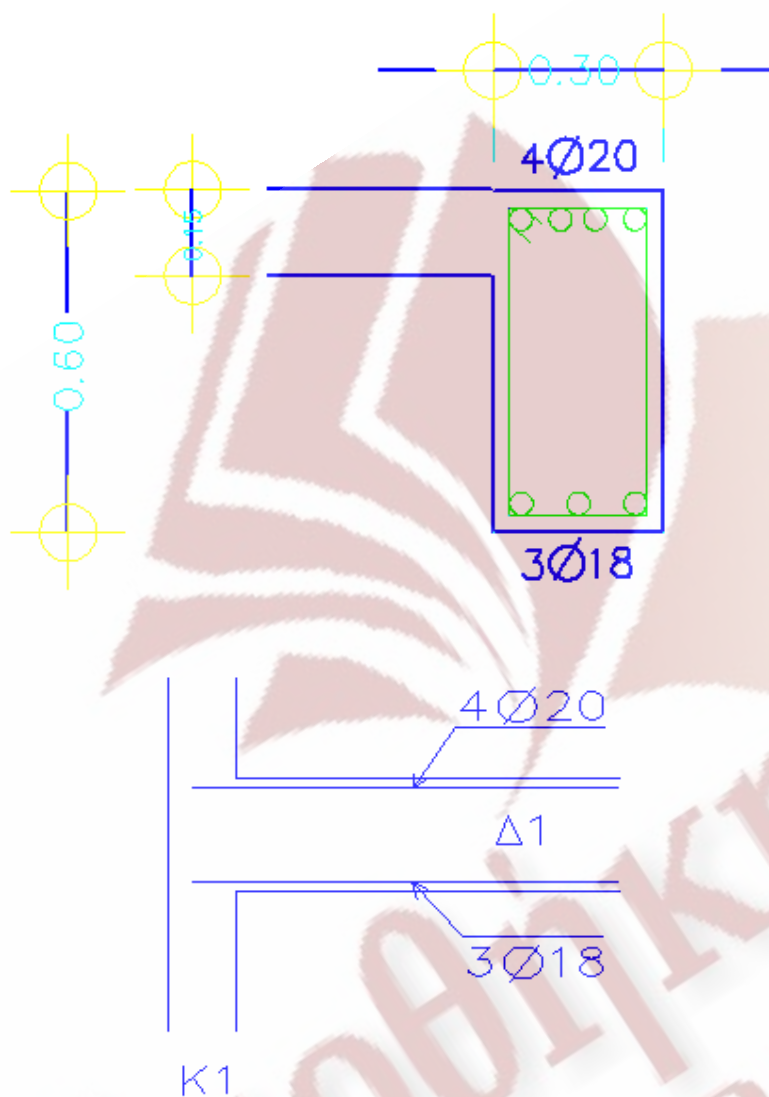
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 1 στην διατομή 2

Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} * \frac{0.42\%}{0.70\%} + 0.0015 = 0.0135 \leq \frac{7}{500} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.35\%$$

Άρα  $\rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.70\% \leq 1.35\%$  ισχύει



Σχ. 4.11 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στην στήριξη Κ<sub>1</sub>

### Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκού Δ<sub>1</sub> (διατομή 2)

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Τοποθετούμενοι οπλισμοί 4Ø20

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$



$$\Rightarrow \omega = \frac{(12.57 \text{ cm}^2 - \frac{9.30 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 0.2442 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.2084$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 0.2442 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.2084$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.2084 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 252.16 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Τοποθετούμενοι οπλισμοί 3Ø18

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

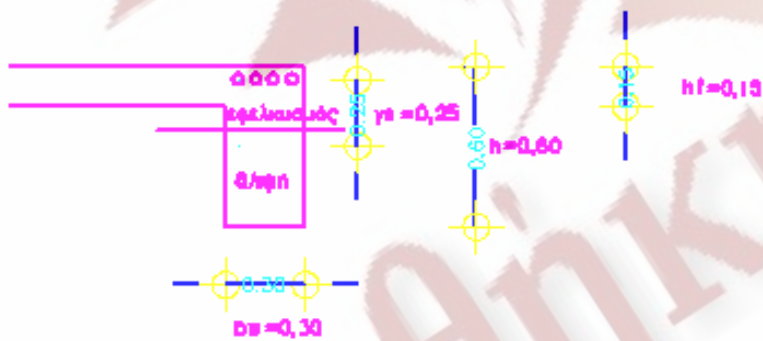
$$\Rightarrow \omega = \frac{(7.62 \text{ cm}^2 - \frac{-3.30 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 76.05 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0728$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{60 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 76.05 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0728$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0728 * 0.60 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 176.18 \text{ KNm}$$

## Δοκός 2 ακραία στήριξη-ράβδος (32)-άνω πέλμα



Σχ. 4.13 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:

$$M_d = -115.79 \text{ KNm}$$

$$N_d = +10.4 \text{ KN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = -115.79 \text{ KNm} - 10.40 \text{ KN} \cdot 0.25 \text{ m} = -118.39 \text{ KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60m}{2} - 0.05m = 0.25m$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{118.39KNm}{0.30m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0978$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού h=0.60m μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd} = 0.0978$$

Έχουμε ότι  $\omega = 104.47 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 104.47 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} * \frac{1.50}{1.15} + \frac{10.40KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 5.53cm^2$$

άρα επιλέγω 4Ø20 (12.57cm<sup>2</sup>)

## Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12.57cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.70\%$$

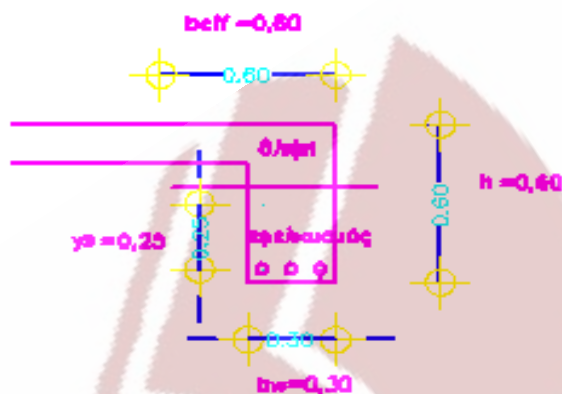
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.70\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.



## Δοκός 2 ακραία στήριξη-Διατομή (32)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.14 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +73.21 \text{ kNm} \\ N_d &= -3.40 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +73.21 \text{ kNm} + 3.40 \text{ kN} \cdot 0.25 \text{ m} = +74.06 \text{ kNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή της δοκού 2 στη στήριξη διατομή 32 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + 2h_f = 0.30 \text{ m} + 2 \cdot 0.15 \text{ m} = 0.60 \text{ m}$$

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{74.06 KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0306$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.60}{0.30} = 2, \quad \mu_{sd}=0.0306$$

Έχουμε ότι  $\omega = 31.13 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 31.13 * 10^{-3} * 60cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{-3.40KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A'_s = 3.07cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø18 (7.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{7.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.42\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

Άρα :  $\rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.42\% \geq 0.50 * 0.70\% \Rightarrow 0.42\% \geq 0.35\%$  ισχύει.

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.42\% \geq \frac{1}{4} * 0.42\% \Rightarrow 0.42\% \geq 0.11\%$  ισχύει

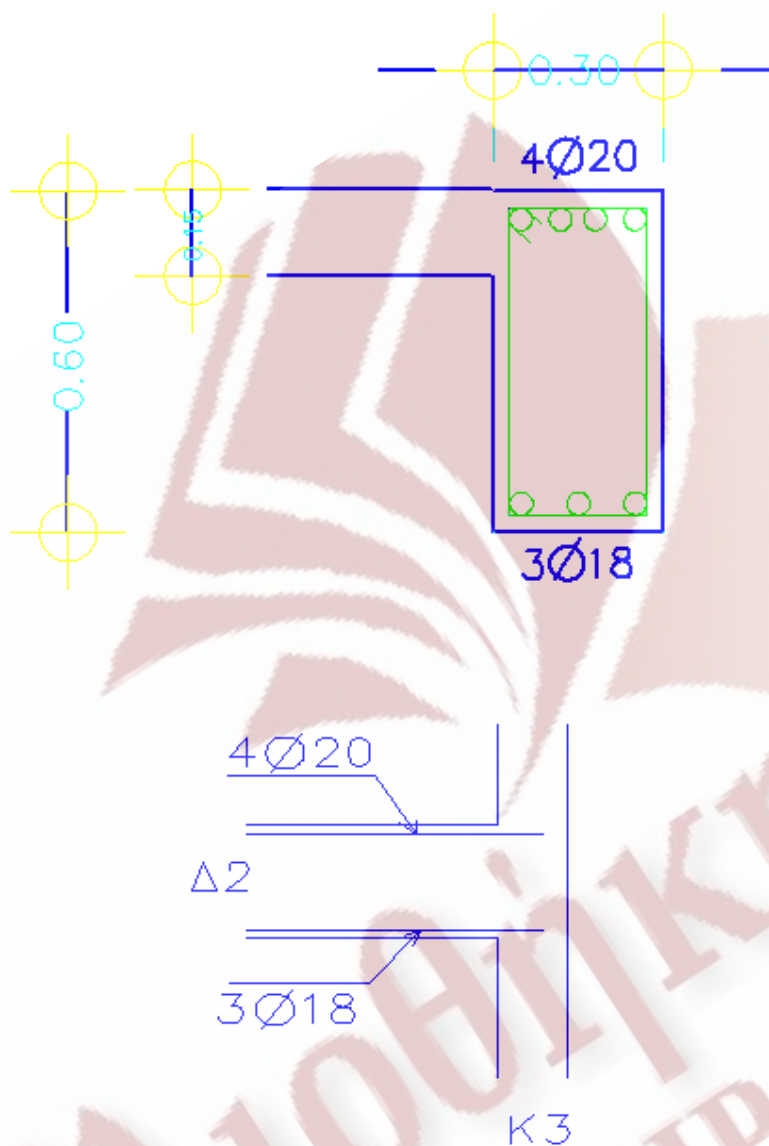
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 2 στην διατομή 32

Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} * \frac{0.42\%}{0.70\%} + 0.0015 = 0.0135 \leq \frac{7}{500} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.35\%$$

Άρα  $\rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.70\% \leq 1.35\%$  ισχύει



Σχ. 4.15 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στην στήριξη K<sub>3</sub>

Υπολογισμός καμπτικών ροπών δοκού Δ<sub>2</sub> στην ακραία στήριξη (διατομή 32)

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Τοποθετούμενοι οπλισμοί 4Ø20



$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(12.57 \text{ cm}^2 - \frac{10.40 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.2437 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.2081$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.2081 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 251.80 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Τοποθετούμενοι οπλισμοί 3Ø18

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(7.62 \text{ cm}^2 - \frac{-3.40 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{60 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 76.07 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0728$$

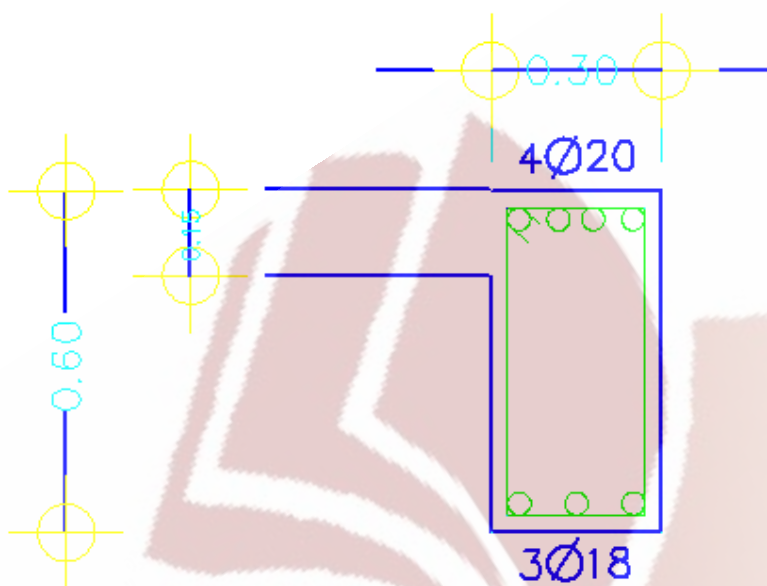
Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0728 * 0.60m * 0.55^2 m^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2} \Rightarrow M_{Rd} = 176.18KNm$$

### Δοκός 1 και δοκός 2 στα ανοίγματά τους- άνω πέλμα

Όσον αφορά το επάνω πέλμα στο άνοιγμα των δοκών 1 , 2 επειδή προκύπτει από κάποιο σεισμικό συνδυασμό της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και από την στατική φόρτιση πως δεν υπάρχει καθόλου καμπτική ροπή, μπορούμε να τοποθετήσουμε τον ελάχιστο οπλισμό που ορίζει ο ΕΚΩΣ αλλά επειδή το άνοιγμα των 6 μέτρων δεν είναι και τόσο μεγάλο, αφού εάν κάναμε μείωση του οπλισμού στο επάνω πέλμα θα έπρεπε βάσει της παραγράφου 18.3.5 του ΕΚΩΣ να συνεχίζαμε τα 4Ø20 και από τις δύο στηρίξεις επιπλέον το μήκος αγκύρωσης  $l_{b,min}$  οπότε η απόσταση θα ήταν αρκετά μικρότερη των 6 μέτρων οπότε επιλέγουμε να έχουμε τον διαμήκη οπλισμό τα 4Ø20 του επάνω πέλματος καθ' όλη την δοκό 1 και δοκό 2

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 17.4)



Σχ. 4.16 Διατομή με τους καμπτικούς οπλισμούς

Πρέπει η καθαρή απόσταση παράλληλων οπλισμών να είναι τουλάχιστον ίση με:

- Τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων = 20mm
- 20mm
- $d_{\alpha\delta\rho\alpha\nu\omicron\upsilon\varsigma} + 5\text{mm} = 25.4\text{mm} + 5\text{mm} = 30.40\text{mm}$

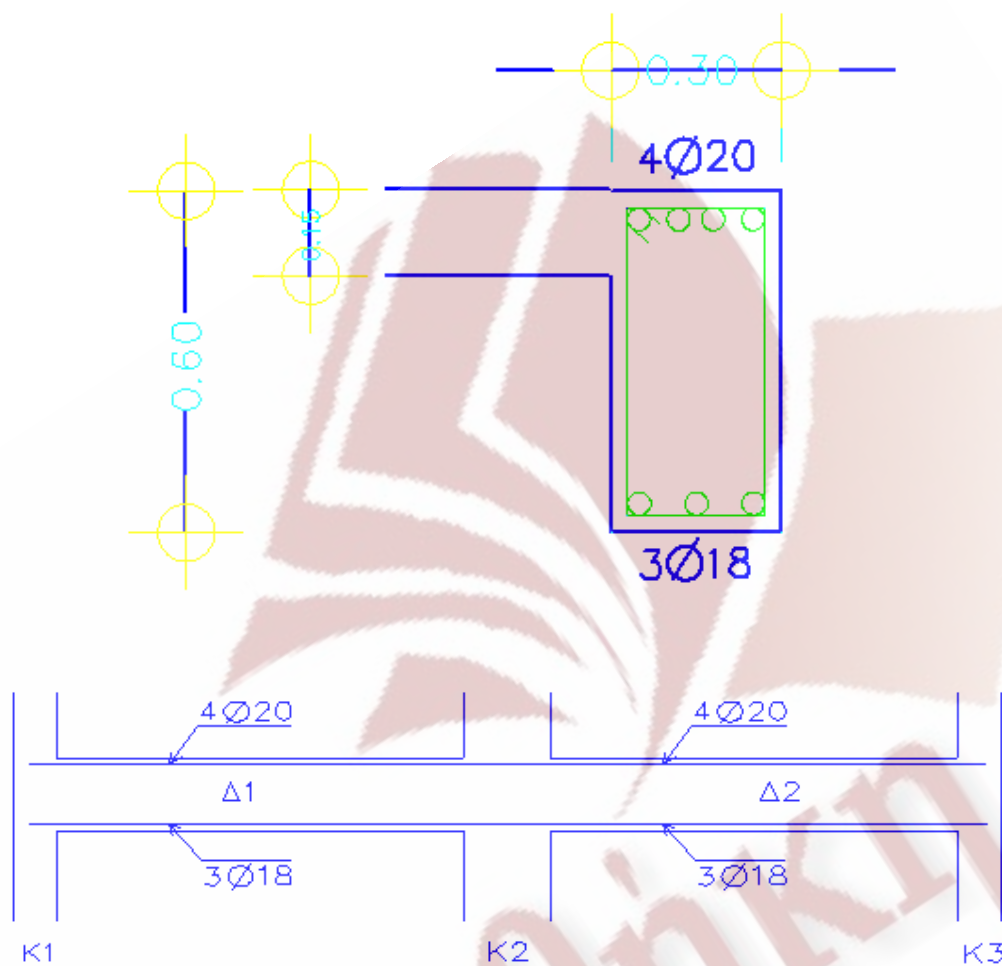
άρα πρέπει η καθαρή απόσταση μεταξύ του διαμήκους οπλισμού να είναι τουλάχιστον 30.40mm

ο έλεγχος θα γίνει βάσει του διαμήκους οπλισμού 4Ø20 ο οποίος είναι και ο δυσμενέστερος και στις δύο δοκούς 1, 2

άρα λοιπόν θεωρώντας επικάλυψη 3cm και συνδετήριους δοκούς 1cm η καθαρή απόσταση μεταξύ των 4Ø20 είναι:

$$3 * (\text{καθαρή απόσταση}) = (\text{πάχος διατομή}) - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * (\text{συνδετήρες}) - 3 * 2 * \frac{1}{2} * (\text{διάμετρο διαμήκους οπλισμού}) = 300\text{mm} - 2 * 30\text{mm} - 2 * 10\text{mm} - 3 * 2 * \frac{1}{2} * 20\text{mm}$$

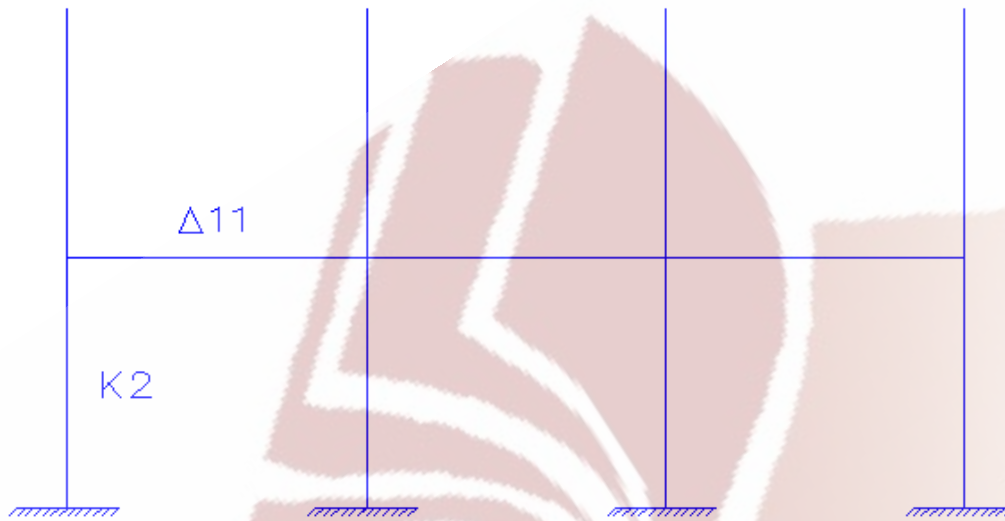
$$\text{Άρα (καθαρή απόσταση)} = 53.33\text{mm} > 30.40\text{mm}$$



Σχ. 4.17 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στο πλαίσιο YOZ

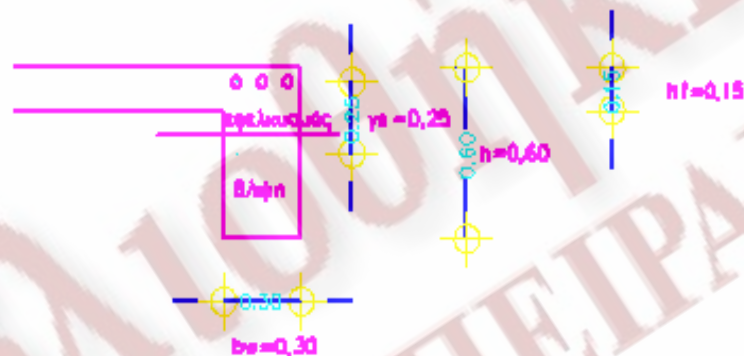


## B) Δοκοί εντός του πλαισίου ΧΟΖ



Σχ. 4.18 Πλαίσιο ΧΟΖ

### Δοκός 11 στήριξη-ράβδος (1018) άνω πέλμα



Σχ. 4.19 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = -80.55 \text{KNm}$   
 $N_d = +6.4 \text{KN}$

άρα  $M_{sd} = M_d - N_d * y_s = -80.55 \text{KNm} - 6.40 \text{KN} * 0.25 \text{m} = -82.25 \text{KNm}$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60m}{2} - 0.05m = 0.25m$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

#### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{82.25KNm}{0.30m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0680$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο σπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd} = 0.0680$$

Έχουμε ότι  $\omega = 70.80 * 10^{-3}$

Άρα ο σπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 70.80 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{6.80KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 3.74cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

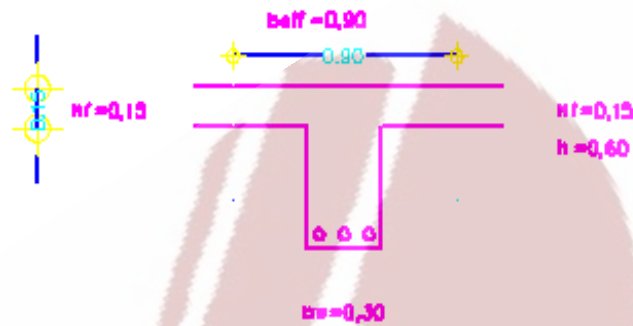
$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

## Δοκός 11 στήριξη-ράβδος (1018)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.20 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned}\text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +59.42 \text{ kNm} \\ N_d &= -2.40 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +59.42 \text{ kNm} + 2.40 \text{ kN} \cdot 0.25 \text{ m} = 60.02 \text{ kNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή της δοκού 11 στη στήριξη στη διατομή 1018 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + 4h_f = 0.30 \text{ m} + 4 \cdot 0.15 \text{ m} = 0.90 \text{ m}$$



### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{60.02 KNm}{0.90m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0165$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.90}{0.30} = 3, \quad \mu_{sd}=0.0165$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A'_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20.00 * 10^{-3} * 90cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{-2.40KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow \boxed{A'_s = 2.98cm^2}$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

Άρα :  $\rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.13\%$  ισχύει.

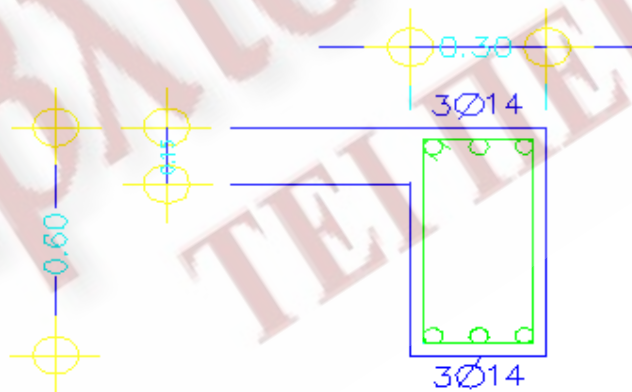
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 1 στην διατομή 2

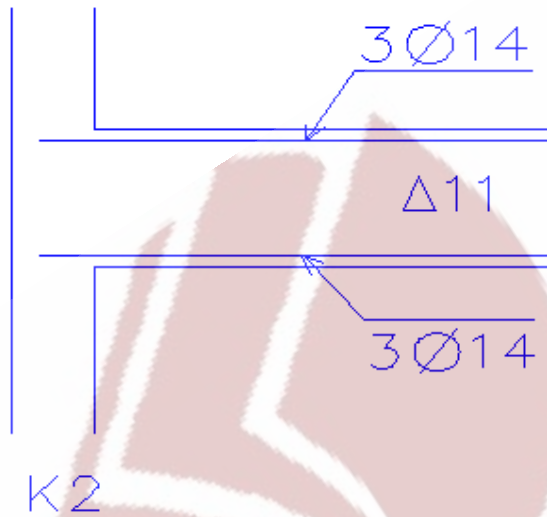
Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} * \frac{0.26\%}{0.26\%} + 0.0015 = 0.0214 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.61\%$$

Άρα  $\rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.26\% \leq 1.61\%$  ισχύει





Σχ. 4.21 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στην στήριξη K<sub>2</sub>

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκού Δ<sub>11</sub> (στη στήριξη ,διατομή 1018)

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Τοποθετούμενοι οπλισμοί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{6.80 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 0.0882 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0837$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 0.0882 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0837$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.0837 * 0.30m * 0.55^2 m^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2} \Rightarrow M_{Rd} = 101.28KNm$$

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Τοποθετούμενοι οπλισμοί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62cm^2 - \frac{-2.40KN}{500 * 10^3 \frac{KN}{m^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{1.15 * 10^4 \frac{cm^2}}{90cm * 55cm * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \omega = 30.80 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0303$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0303 * 0.90m * 0.55^2 m^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2} \Rightarrow M_{Rd} = 109.99KNm$$



## Δοκός 11 στήριξη στο K<sub>12</sub>-ράβδοι (1168-1218) άνω πέλμα

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:

$$M_d = -54.49 \text{ KNm}$$
$$N_d = +4.5 \text{ KN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d * y_s = -54.49 \text{ KNm} - 4.5 \text{ KN} * 0.25 \text{ m} = -55.62 \text{ KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{55.62 \text{ KNm}}{0.30 \text{ m} * (0.55 \text{ m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0460$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60\text{m}$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05\text{m}$  δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60 \text{ m} - 0.05 \text{ m} = 0.55 \text{ m}$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd} = 0.0460$$

Έχουμε ότι  $\omega = 47.3 * 10^{-3}$

Άρα ο σπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$
$$= 47.3 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{\frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm}}{1.15} + \frac{4.5KN}{\frac{500 * 10^3 KN}{1.15cm^2 * 10^4}} \Rightarrow A_s = 2.50cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους σπλισμού ( $\rho_{min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15} MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή

της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 \text{ MPa}$

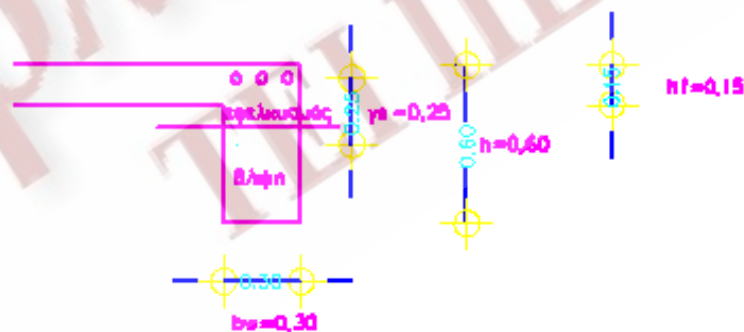
$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62 \text{ cm}^2}{(30 * 60) \text{ cm}^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

### Δοκός 11 στήριξη στο K<sub>12</sub> –ράβδοι (1168-1218)-κάτω πέλμα



Σχ. 4.22 Διατομή

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +18.14 \text{KNm} \\ N_d &= -3.10 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d * y_s = +18.14 \text{KNm} + 3.10 \text{KN} * 0.25 \text{m} = 18.92 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκυσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 11 στη στήριξη στη διατομή 1018 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w * 4h_f = 0.30 \text{m} + 4 * 0.15 \text{m} = 0.90 \text{m}$$

#### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{18.92 \text{KNm}}{0.60 \text{m} * (0.55 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0052$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60\text{m}$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκυσμένο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05\text{m}$  δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60 \text{m} - 0.05 \text{m} = 0.55 \text{m}$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.90}{0.30} = 3, \quad \mu_{sd} = 0.0052$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:



$$A'_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20.00 * 10^{-3} * 90cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{-3.10KN}{1.15 * 10^4} \Rightarrow A'_s = 2.96cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσόμενη περιοχή της διατομής

Άρα :  $\rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.13\%$  ισχύει.

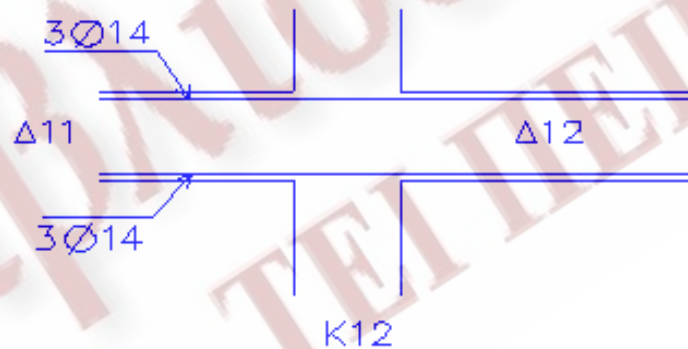
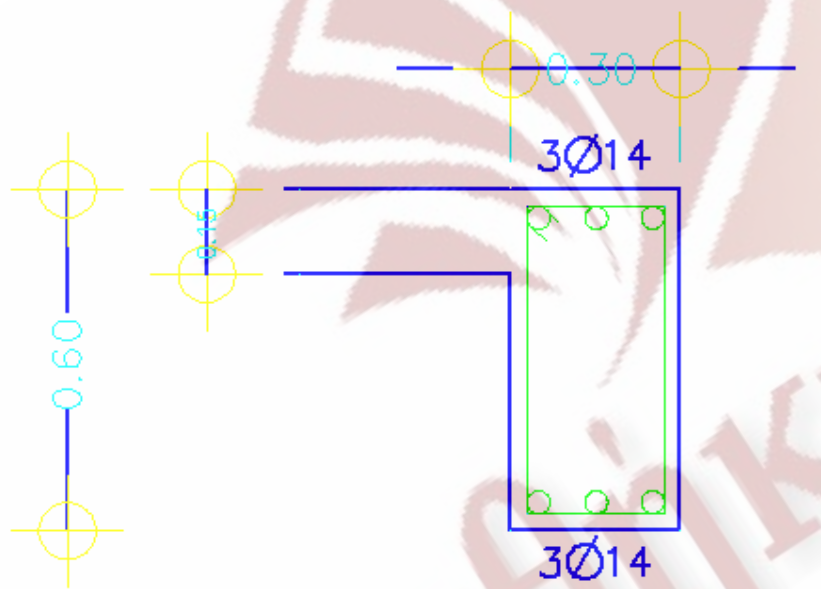
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 1 στην διατομή 2

Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} + 0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20 * 10^3 \text{ KN}}{1.5 \text{ m}^2}}{\frac{500 * 10^3 \text{ KN}}{1.15 \text{ m}^2}} * \frac{0.26\%}{0.26\%} + 0.0015 = 0.0214 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.61\%$$

Άρα  $\rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.26\% \leq 1.61\%$  ισχύει



Σχ. 4.23 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στην στήριξη K<sub>12</sub>

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής στην δοκό Δ<sub>11</sub>  
(στη στήριξη διατομή 1168)

- Εφελκόμενο πέλαμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{4.5 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.08926 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0846$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.0846 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 102.37 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλαμα το κάτω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{-3.10 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{90 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.0309 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0304$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0304 * 0.90 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 110.28 \text{ KNm}$$

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 17.4)

Πρέπει η καθαρή απόσταση παράλληλων οπλισμών να είναι τουλάχιστον ίση με:

- Τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων = 14mm
- 20mm
- $d_{αδρανους} + 5\text{mm} = 25.4\text{mm} + 5\text{mm} = 30.4\text{mm}$

άρα πρέπει η καθαρή απόσταση μεταξύ του διαμήκους οπλισμού να είναι τουλάχιστον 30.40mm

ο έλεγχος θα γίνει βάσει του διαμήκους οπλισμού 3Ø14 ο οποίος είναι και ο δυσμενέστερος και στην δοκό 11

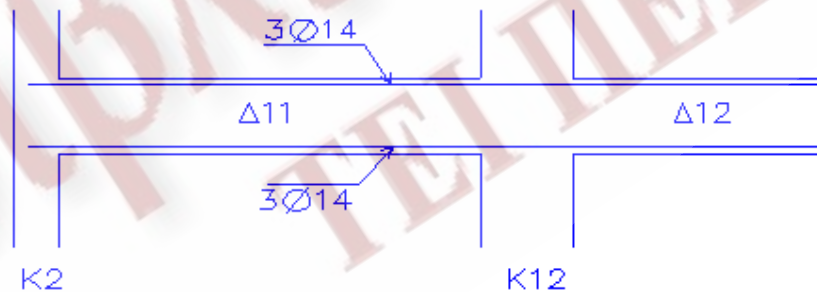
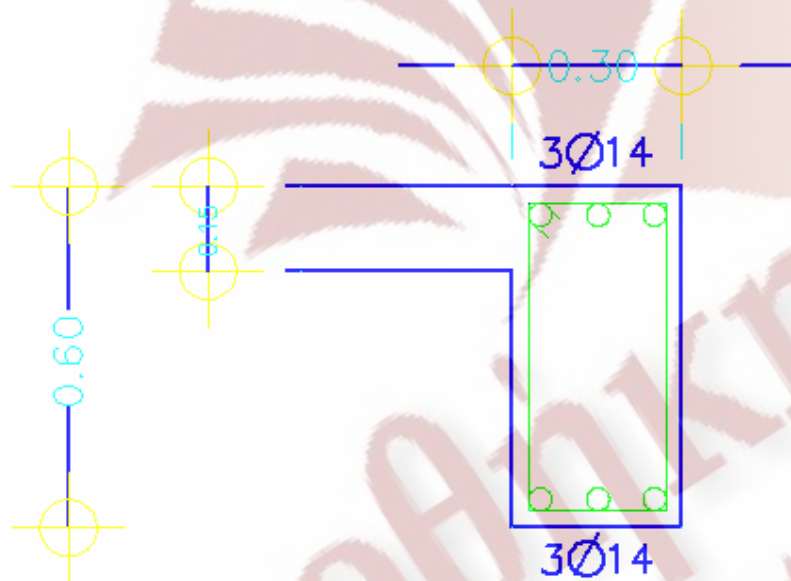


Άρα λοιπόν θεωρώντας επικάλυψη 3cm και συνδετήριους δοκούς 1cm η καθαρή απόσταση μεταξύ των 3Ø14 είναι:

$$2*(\text{καθαρή απόσταση})=(\text{πάχος διατομή})-2*(\text{επικάλυψη})-2*(\text{συνδετήρες})-2*2*\frac{1}{2}*(\text{διάμετρο διαμήκους σπλισμού})=300\text{mm}-2*30\text{mm}-2*10\text{mm}-2*2*\frac{1}{2}*14\text{mm}$$

Άρα (καθαρή απόσταση)=96mm>30.40mm

Τελικώς τοποθετούνται σε όλο το μήκος των δοκών Δ<sub>1</sub>, Δ<sub>2</sub> ο ίδιος διαμήκους οπλισμός έναντι της κάμψης.



Σχ. 4.24 Τομή και Όψη με τους οπλισμούς στο πλαίσιο ΧΟΖ

### 4.3.2 Έλεγχος υποστυλωμάτων σε κάμψη (ικανοτικός σχεδιασμός)

Για την αποφυγή σχηματισμού ορόφου πρέπει στο κτίριό μας να αποφύγουμε την ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα και την πρόβλεψη των πιθανών θέσεων πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς. Για τον σκοπό αυτό τα υποστυλώματα θα ελεγχθούν σε κάμψη με αξονική δύναμη με τις ροπές του ικανοτικού σχεδιασμού ( $M_{CD}$ ) αντί για τις ροπές που προκύπτουν από τον συνδυασμό (4.1) του ΕΑΚ. Η αξονική επιτρέπεται να λαμβάνεται από τον συνδυασμό (4.1)

Η ροπή ικανοτικού σχεδιασμού στο άκρο ενός υποστυλώματος  $M_{CD,C}$  κατά τη διεύθυνση ενός επίπεδου πλαισίου μπορεί να υπολογίζεται από την μέγιστη ροπή του υποστυλώματος  $M_{EC}$ , στην ίδια θέση και διεύθυνση, όπως προκύπτει από την ανάλυση για την σεισμική δράση, μέσω της σχέσης

$$M_{CD,C} = a_{CD} * M_{EC}$$

όπου ο συντελεστής  $a_{CD}$  (συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης του κόμβου), κοινός για το υπερκείμενο και υποκείμενο υποστυλώμα είναι:

$$a_{CD} = \gamma_{Rd} * \frac{\sum M_{Rd}}{\sum M_{Eb}}$$

όπου :

$\sum M_{Rd}$  το άθροισμα τελικών ροπών αντοχής των δοκών του κόμβου του πλαισίου, με την φορά που ενεργοποιούνται από την σεισμική δράση που προκαλεί την ροπή  $M_{Ec}$

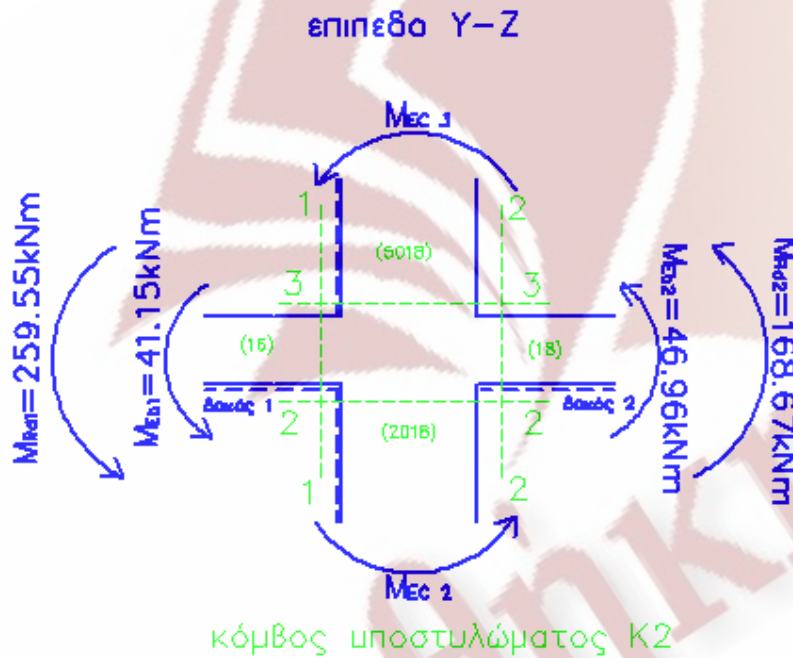
$\sum M_{Eb}$  το άθροισμα των ροπών των ίδιων δοκών όπως προκύπτουν από την ανάλυση για την ίδια σεισμική δράση που προκαλεί την ροπή  $M_{Ec}$

$\gamma_{Rd} = 1.40$  είναι ο συντελεστής για την μετατροπή της υπολογιστικής αντοχής των δοκών στην πιθανή μέγιστη τιμή της.

## Υπολογισμός ικανοτικής Ροπής σχεδιασμού στο $K_2$ υποστύλωμα κατά το επίπεδο Y-Z

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός της ικανοτικής ροπής του υποστυλώματος  $K_2$  για τους σεισμικούς συνδυασμούς 1101 και 1102

### Σεισμικός συνδυασμός 1101:



Σχ. 4.25 Κόμβος  $K_2$  με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής ροπής σχεδιασμού

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} * \frac{\sum M_{Rd}}{\sum M_{Eb}} = 1.40 * \frac{259.55 \text{ kNm} + 168.67 \text{ kNm}}{41.15 \text{ kNm} + 46.96 \text{ kNm}} = 6.80$$

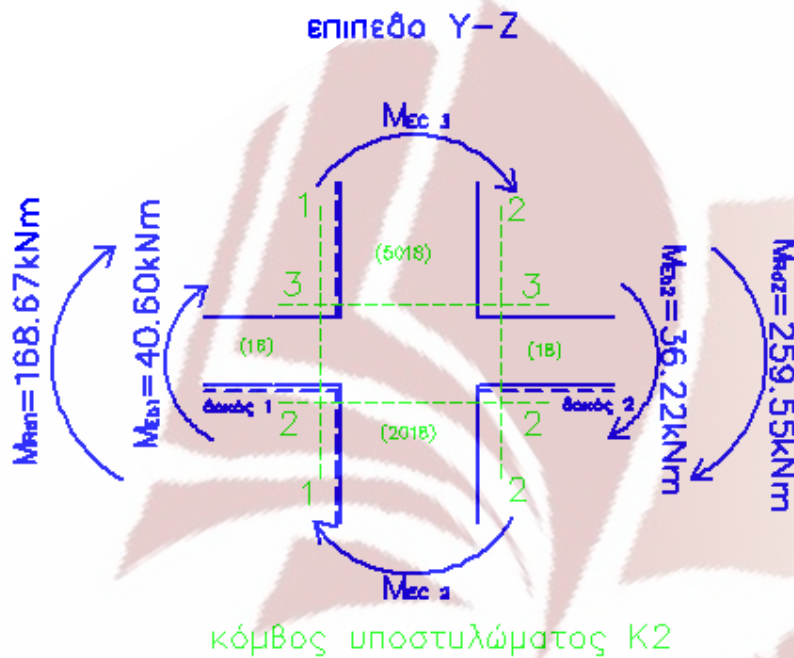
$$M_{Ec3} = -43.63 \text{ kNm}$$

$$M_{Ec2} = +51.87 \text{ kNm}$$

άρα η μεγαλύτερη κατά απόλυτη τιμή σεισμική ροπή που αναπτύσσεται στον κόμβο του υποστυλώματος  $K_2$  στην 1<sup>η</sup> στάθμη είναι η  $M_{Ec2} = +51.87 \text{ kNm}$

$$\text{άρα } \alpha_{CD} * M_{Ec2} = 6.80 * 51.87 \text{ kNm} = 352.93 \text{ kNm}$$

## Σεισμικός συνδυασμός 1102:



Σχ. 4.26 Κόμβος K<sub>2</sub> με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής ροπής σχεδιασμού

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} * \frac{\sum M_{Rd}}{\sum M_{Eb}} = 1.40 * \frac{168.67kNm + 259.55kNm}{40.60kNm + 36.22kNm} = 7.80$$

$$M_{Ec3} = 38.48kNm$$

$$M_{Ec2} = -45.16kNm$$

άρα η μεγαλύτερη κατά απόλυτη τιμή σεισμική ροπή που αναπτύσσεται στον κόμβο του υποστυλώματος K<sub>2</sub> στην 1<sup>η</sup> στάθμη είναι η  $M_{Ec2} = 45.16kNm$

$$\text{άρα } \alpha_{CD} * M_{Ec2} = 7.80 * 45.16kNm = 352.43kNm$$

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται οι ικανοτικές ροπές για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς στο επίπεδο Y-Z. Οι τιμές καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα EXCEL και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :



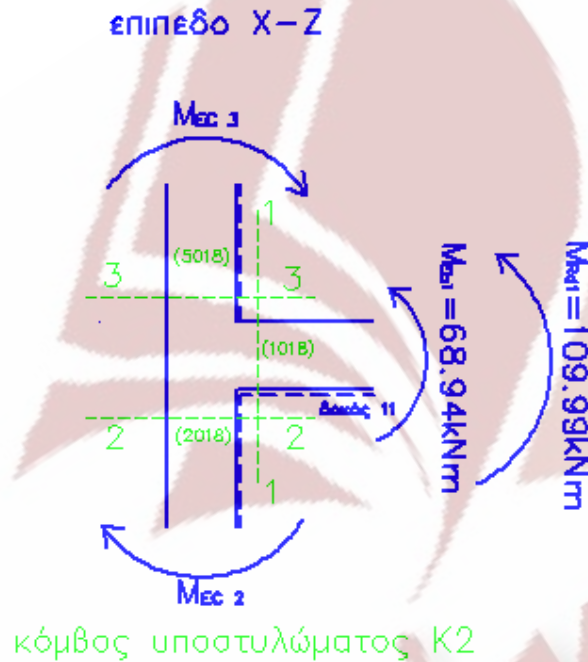
## ΕΠΙΠΕΔΟ Y-Z

Συνδυασμός	$\gamma_{Rd}$	$M_{E,b1}$ (kNm)	$M_{E,b2}$ (kNm)	$M_{Rd1}$ (kNm)	$M_{Rd2}$ (kNm)	$\alpha_{CD}$ (kNm)	$M_{E,c2}$ (kNm)	$M_{E,c3}$ (kNm)	$M_{E,c,max}$ (kNm)	$M_{CD,c}$ (kNm)
1101	1,40	-41,15	46,96	259,55	168,67	6,80	51,87	-43,63	51,87	352,93
1102	1,40	40,60	-36,22	168,67	259,55	7,80	-45,16	38,48	45,16	352,43
1103	1,40	-136,34	140,25	259,55	168,67	2,17	162,73	-137,63	162,73	352,72
1104	1,40	-136,17	137,02	259,55	168,67	2,19	160,71	-136,09	160,71	352,67
1105	1,40	41,15	-46,96	168,67	259,55	6,80	-51,87	43,63	51,87	352,93
1106	1,40	-40,60	36,22	259,55	168,67	7,80	45,16	-38,48	45,16	352,43
1107	1,40	136,34	-140,25	168,67	259,55	2,17	-162,73	137,63	162,73	352,72
1108	1,40	136,17	-137,02	168,67	259,55	2,19	-160,71	136,09	160,71	352,67
1201	1,40	-29,45	35,40	259,55	168,67	9,24	37,29	-32,87	37,29	344,73
1202	1,40	52,30	-47,77	168,67	259,55	5,99	-59,75	49,25	59,75	357,96
1203	1,40	-132,82	136,78	259,55	168,67	2,22	158,35	-134,40	158,35	352,12
1204	1,40	-139,68	140,49	259,55	168,67	2,14	165,09	-139,32	165,09	353,26
1205	1,40	29,45	-35,40	168,67	259,55	9,24	-37,29	32,87	37,29	344,73
1206	1,40	-52,30	47,77	259,55	168,67	5,99	59,75	-49,25	59,75	357,96
1207	1,40	132,82	-136,78	168,67	259,55	2,22	-158,35	134,40	158,35	352,12
1208	1,40	139,68	-140,49	168,67	259,55	2,14	-165,09	139,32	165,09	353,26
1301	1,40	-32,10	38,02	259,55	168,67	8,55	40,59	-35,31	40,59	347,03
1302	1,40	54,95	-50,39	168,67	259,55	5,69	-63,05	51,69	63,05	358,83
1303	1,40	-141,65	145,50	259,55	168,67	2,09	169,36	-142,53	169,36	353,59
1304	1,40	-148,51	149,22	259,55	168,67	2,01	176,11	-147,45	176,11	354,61
1305	1,40	32,10	-38,02	168,67	259,55	8,55	-40,59	35,31	40,59	347,03
1306	1,40	-54,95	50,39	259,55	168,67	5,69	63,05	-51,69	63,05	358,83
1307	1,40	141,65	-145,50	168,67	259,55	2,09	-169,36	142,53	169,36	353,59
1308	1,40	148,51	-149,22	168,67	259,55	2,01	-176,11	147,45	176,11	354,61
1401	1,40	-43,80	49,58	259,55	168,67	6,42	55,18	-46,07	55,18	354,26
1402	1,40	43,25	-38,84	168,67	259,55	7,30	-48,46	40,92	48,46	353,91
1403	1,40	-145,16	148,97	259,55	168,67	2,04	173,75	-145,76	173,75	354,14
1404	1,40	-145,00	145,75	259,55	168,67	2,06	171,73	-144,22	171,73	354,10
1405	1,40	43,80	-49,58	168,67	259,55	6,42	-55,18	46,07	55,18	354,26
1406	1,40	-43,25	38,84	259,55	168,67	7,30	48,46	-40,92	48,46	353,91
1407	1,40	145,16	-148,97	168,67	259,55	2,04	-173,75	145,76	173,75	354,14
1408	1,40	145,00	-145,75	168,67	259,55	2,06	-171,73	144,22	171,73	354,10

Όπως φαίνεται από τον πίνακα η μέγιστη ικανοτική ροπή του υποστυλώματος είναι 358.83kNm για τον σεισμικό συνδυασμό 1306

Υπολογισμός ικανοτικής Ροπής σχεδιασμού στο K<sub>2</sub>  
υποστυλώμα κατά το επίπεδο X-Z

Σεισμικός συνδυασμός 1101:



Σχ. 4.26 Κόμβος K<sub>2</sub> με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής ροπής σχεδιασμού

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} * \frac{\sum M_{Rd}}{\sum M_{Eb}} = 1.40 * \frac{109.99kNm}{68.94kNm} = 2.23$$

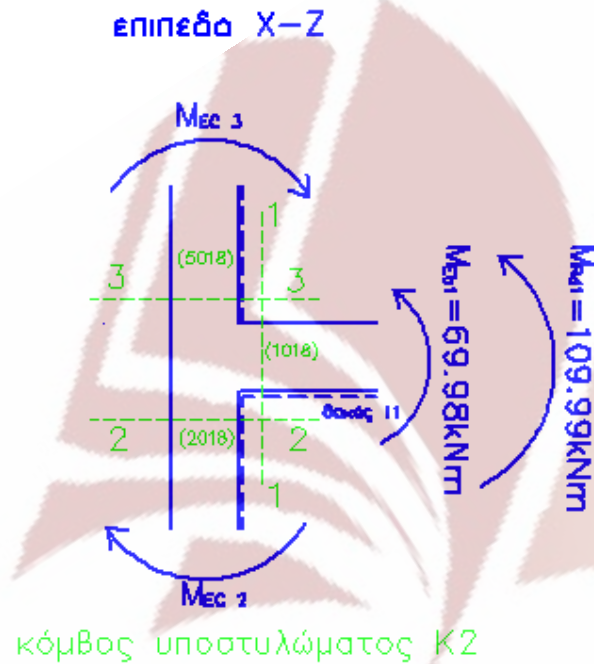
$$M_{Ec3} = -38.86kNm$$

$$M_{Ec2} = +43.44kNm$$

άρα η μεγαλύτερη κατά απόλυτη τιμή σεισμική ροπή που αναπτύσσεται στον κόμβο του υποστυλώματος K<sub>2</sub> στην 1<sup>η</sup> στάθμη είναι η  $M_{Ec2} = 43.44kNm$

$$\text{άρα } \alpha_{CD} * M_{Ec2} = 2.23 * 43.44kNm = 97.03kNm$$

## Σεισμικός συνδυασμός 1102:



Σχ. 4.27 Κόμβος Κ<sub>2</sub> με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής ροπής σχεδιασμού

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} * \frac{\sum M_{Rd}}{\sum M_{Eb}} = 1.40 * \frac{109.99 kNm}{69.98 kNm} = 2.20$$

$$M_{Ec3} = -39.48 kNm$$

$$M_{Ec2} = +43.80 kNm$$

άρα η μεγαλύτερη κατά απόλυτη τιμή σεισμική ροπή που αναπτύσσεται στον κόμβο του υποστυλώματος Κ<sub>2</sub> στην 1<sup>η</sup> στάθμη είναι η  $M_{Ec2} = 43.80 kNm$

$$\text{άρα } \alpha_{CD} * M_{Ec2} = 2.20 * 43.80 kNm = 96.38 kNm$$

κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται οι ικανοτικές ροπές για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς στο επίπεδο X-Z. Οι τιμές καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα EXCEL και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

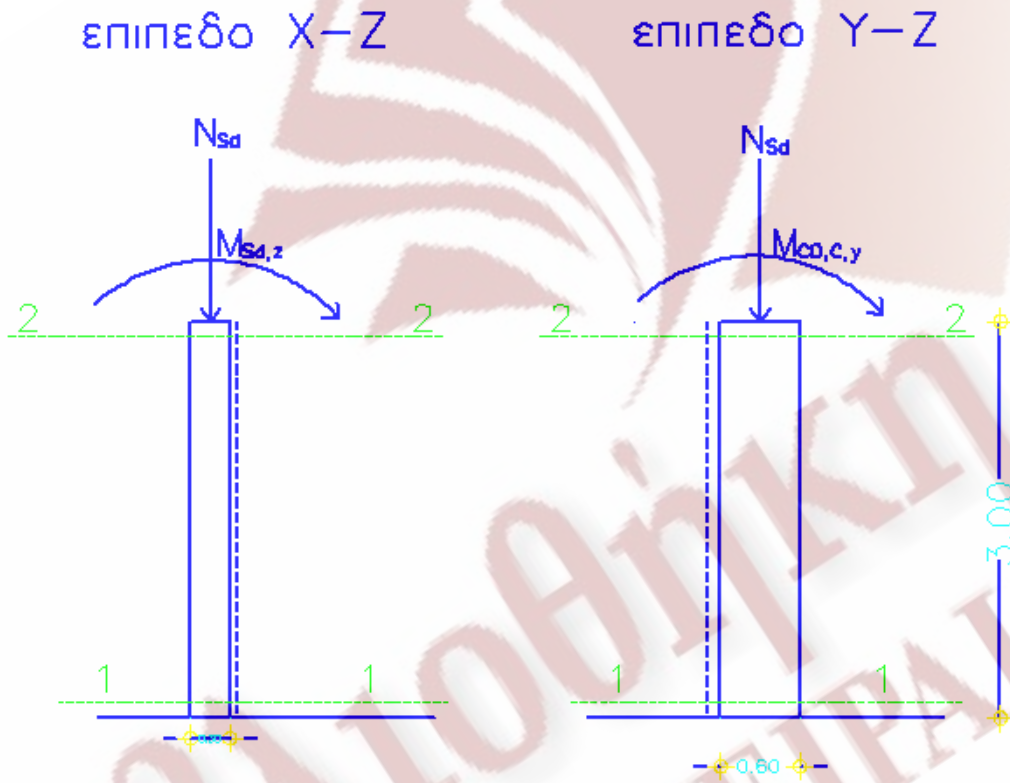
Συνδυασμός	$\gamma_{Rd}$	$M_{E,b1}$ (kNm)	$M_{Rd1}$ (kNm)	$\alpha_{CD}$ (kNm)	$M_{E,c2}$ (kNm)	$M_{E,c3}$ (kNm)	$M_{E,c,max}$ (kNm)	$M_{CD,c}$ (kNm)
1101	1,40	68,94	109,99	2,23	43,44	-38,86	43,44	97,03
1102	1,40	69,98	109,99	2,20	43,80	-39,48	43,80	96,38
1103	1,40	19,10	109,99	8,06	12,48	-10,72	12,48	100,61
1104	1,40	-22,57	101,28	6,28	-13,69	12,78	13,69	86,00
1105	1,40	-68,94	101,28	2,06	-43,44	38,86	43,44	89,35
1106	1,40	-69,98	101,28	2,03	-43,80	39,48	43,80	88,75
1107	1,40	-19,10	101,28	7,42	-12,48	10,72	12,48	92,65
1108	1,40	22,57	109,99	6,82	13,69	-12,78	13,69	93,40
1201	1,40	68,92	109,99	2,23	43,45	-38,87	43,45	97,08
1202	1,40	69,96	109,99	2,20	43,81	-39,49	43,81	96,43
1203	1,40	19,10	109,99	8,06	12,48	-10,72	12,48	100,61
1204	1,40	-22,57	101,28	6,28	-13,69	12,79	13,69	86,00
1205	1,40	-68,92	101,28	2,06	-43,45	38,87	43,45	89,39
1206	1,40	-69,96	101,28	2,03	-43,81	39,49	43,81	88,79
1207	1,40	-19,10	101,28	7,42	-12,48	10,72	12,48	92,65
1208	1,40	22,57	109,99	6,82	13,69	-12,79	13,69	93,40
1301	1,40	68,92	109,99	2,23	43,45	-38,87	43,45	97,08
1302	1,40	69,95	109,99	2,20	43,82	-39,49	43,82	96,46
1303	1,40	19,12	109,99	8,05	12,47	-10,71	12,47	100,43
1304	1,40	-22,54	101,28	6,29	-13,70	12,79	13,69	86,12
1305	1,40	-68,92	101,28	2,06	-43,45	38,87	43,45	89,39
1306	1,40	-69,95	101,28	2,03	-43,82	39,49	43,82	88,83
1307	1,40	-19,12	101,28	7,42	-12,47	10,71	12,47	92,48
1308	1,40	22,54	109,99	6,83	13,70	-12,79	13,70	93,59
1401	1,40	68,95	109,99	2,23	43,43	-38,86	43,43	96,99
1402	1,40	69,98	109,99	2,20	43,80	-39,48	43,80	96,38
1403	1,40	19,13	109,99	8,05	12,47	-10,71	12,47	100,38
1404	1,40	-22,55	101,28	6,29	-13,70	12,79	13,70	86,14
1405	1,40	-68,95	101,28	2,06	-43,43	38,86	43,43	89,31
1406	1,40	-69,98	101,28	2,03	-43,80	39,48	43,80	88,75
1407	1,40	-19,13	101,28	7,41	-12,47	10,71	12,47	92,43
1408	1,40	22,55	109,99	6,83	13,70	-12,79	13,70	93,55

Όπως φαίνεται από τον πίνακα η μέγιστη ικανοτική ροπή του υποστυλώματος είναι 100.61kNm για τον σεισμικό συνδυασμό 1103



Έλεγχος σε κάμψη του υποστυλώματος  $K_2$   
Ο έλεγχος θα γίνει σε διαξονική κάμψη

A) Επίπεδο YOZ



Σχ. 4.28 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις ροπές για τον ικανοτικό σχεδιασμό

Από σεισμικό συνδυασμό 1306:

$$M_y = M_{CD,C} = 358.33 \text{KNm}$$

$$M_z = M_{sdz} = -51.77 \text{KNm}$$

$$N_{sd} = -553.90 \text{KNm}$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{553.90 \text{KN}}{0.30 \text{m} * 0.60 \text{m} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.23 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{sd,z}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{51.77 \text{KNm}}{0.60 \text{m} * (0.30 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0719$$

$$\mu_y = \frac{M_{CD,C}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{358.83 \text{KNm}}{0.30 \text{m} * (0.60 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.2492$$

Επειδή  $\mu_y > \mu_z$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_y = \mu_1$ ,  $\mu_z = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5 \text{cm}}{30 \text{cm}} = 0.167, \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5 \text{cm}}{60 \text{cm}} = 0.083$$

Άρα  $\omega_{tot} = 0.70$

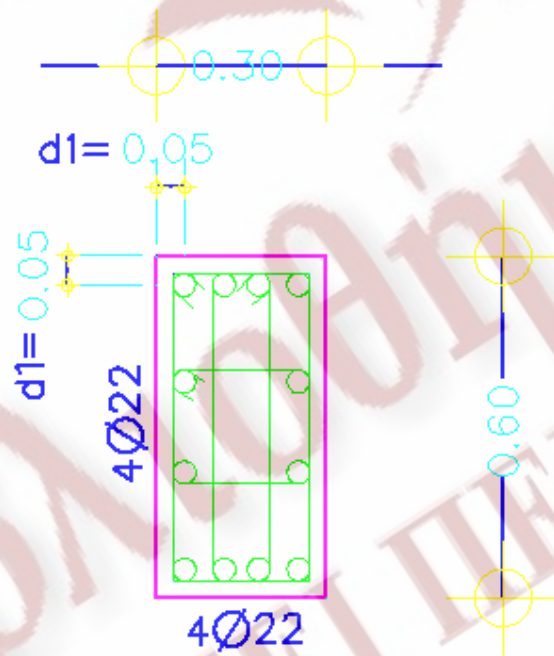
Άρα

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.70 * 60cm * 30cm * \frac{\frac{20 * 10^3 \text{ KN}}{1.5 \text{ m}^2}}{\frac{500 * 10^3 \text{ KN}}{1.15 \text{ m}^2}} \Rightarrow A_{s,tot} = 38.63cm^2$$

$$\text{Άρα ανά παρειά : } \frac{A_{s,tot}}{4} = 9.66cm^2$$

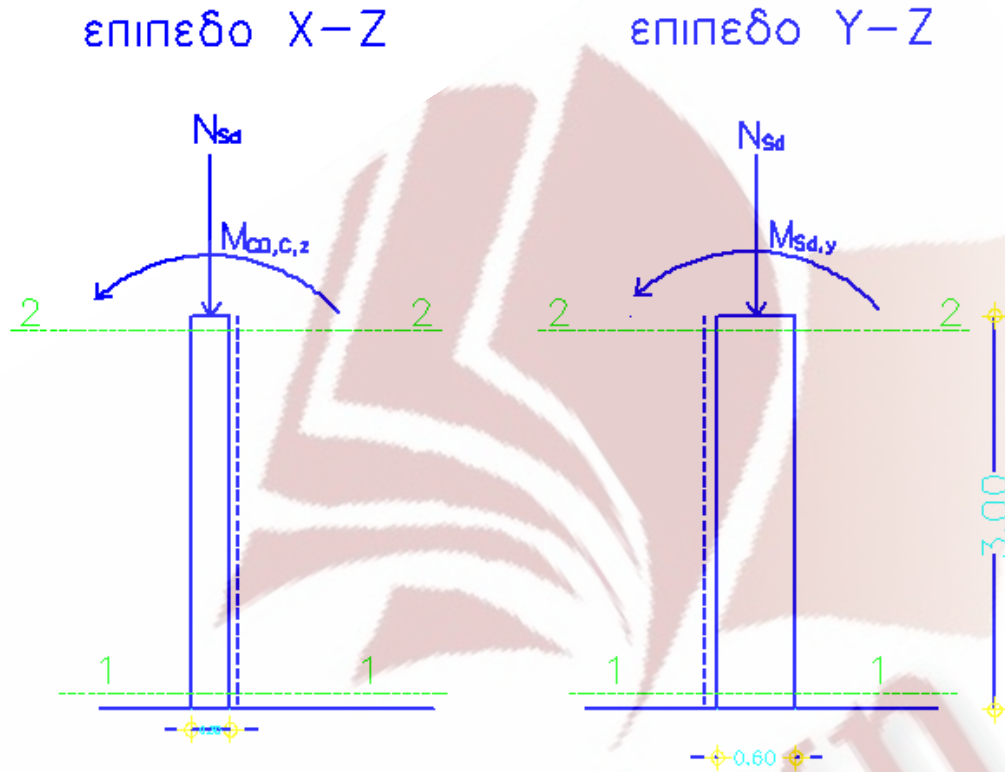
Επιλέγω για την παρειά 0.30m:  $2 \frac{1}{2} \text{ } \varnothing 22 + 2 \varnothing 22 = 11.40cm^2 > 9.66cm^2$

0.60m:  $2 \frac{1}{2} \text{ } \varnothing 22 + 2 \varnothing 22 = 11.40cm^2 > 9.66cm^2$



Σχ. 4.29 Διατομή του υποστυλώματος K<sub>2</sub> με τους καμπτικούς οπλισμούς

## Β) Επίπεδο ΧΟΖ



Σχ. 4.30 Υποστύλωμα K<sub>2</sub> με τις ροπές για τον ικανοτικό σχεδιασμό

$$M_z = M_{cd,c} = 100.61 \text{KNm}$$

$$M_y = M_{sd,y} = 160.81 \text{KNm}$$

$$N_{sd} = -453.10 \text{KNm}$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{453.10 \text{KN}}{0.30 \text{m} * 0.60 \text{m} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.19 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$



### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{CD,C}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{100.61KNm}{0.60m * (0.30m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.1397$$

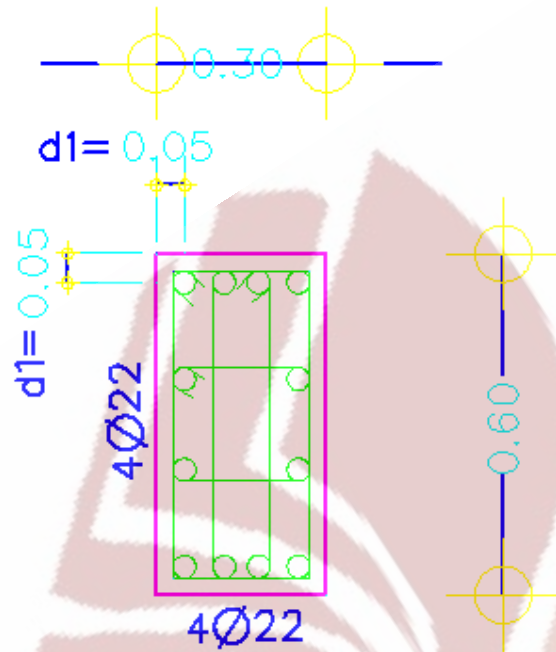
$$\mu_y = \frac{M_{sd,y}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{160.81KNm}{0.30m * (0.60m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.1117$$

Επειδή  $\mu_z > \mu_y$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_z = \mu_1$ ,  $\mu_y = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5cm}{30cm} = 0.167 \quad , \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5cm}{60cm} = 0.083$$

$$\text{Άρα } \omega_{tot} = 0.42 < \omega_{tot} = 0.70$$

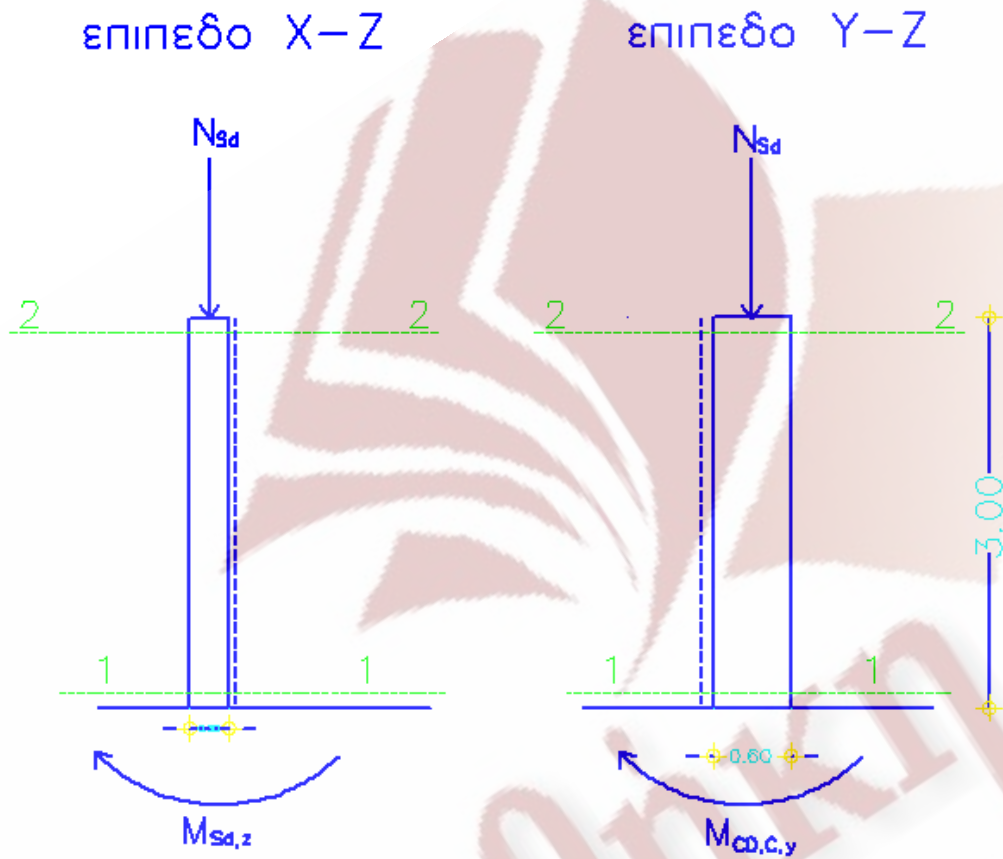
Άρα η κύρια διεύθυνση κάμψης είναι του επιπέδου YOZ



Σχ. 4.31 Διατομή του υποστυλώματος  $K_2$  με τους καμπτικούς οπλισμούς

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Διατομή 1-1



Σχ. 4.32 Υποστήλωμα  $K_2$  με τις ροπές για τον ικανοτικό σχεδιασμό

### Επίπεδο πλαίσιο YOZ

Για τον σεισμικό συνδυασμό 1304:

$$M_y = M_{CD,C} = 1.35 * M_{EC,y} = 1.35 * (-299.72) KNm = 404.62 kNm$$

$$M_z = M_{sdz} = 20.08 kNm$$

$$N_{sd} = -500.90 kNm$$

### Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{500.90kN}{0.30m * 0.60m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.21 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{sd,z}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{20.08kNm}{0.60m * (0.30m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0279$$

$$\mu_y = \frac{M_{CD,C}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{404.62kNm}{0.30m * (0.60m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.2810$$

Επειδή  $\mu_y > \mu_z$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_y = \mu_1$ ,  $\mu_z = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5cm}{30cm} = 0.167, \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5cm}{60cm} = 0.083$$

Άρα  $\omega_{tot} = 0.72$

Άρα

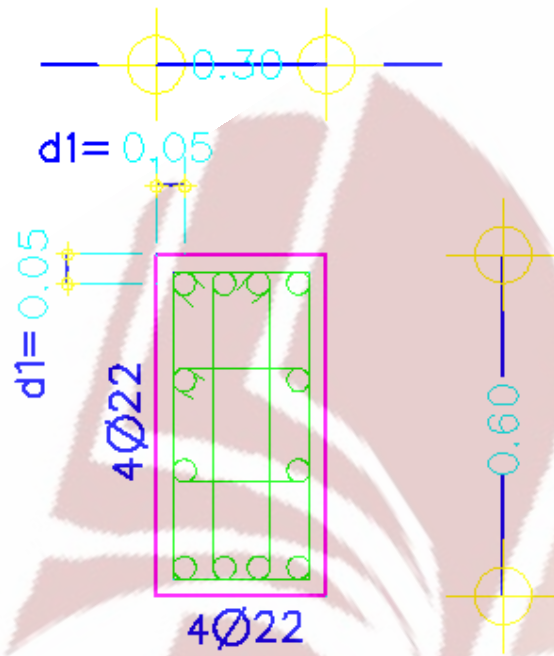
$$A_{s,tot} = \omega_{tot} * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.72 * 60cm * 30cm * \frac{\frac{20 * 10^3}{1.5} \frac{KN}{m^2}}{\frac{500 * 10^3}{1.15} \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow A_{s,tot} = 39.74cm^2$$

Άρα ανά παρειά:  $\frac{A_{s,tot}}{4} = 9.94cm^2$

Επιλέγω για την παρειά 0.30m:  $2 \frac{1}{2} \emptyset 22 + 2 \emptyset 22 = 11.40cm^2 > 9.94cm^2$



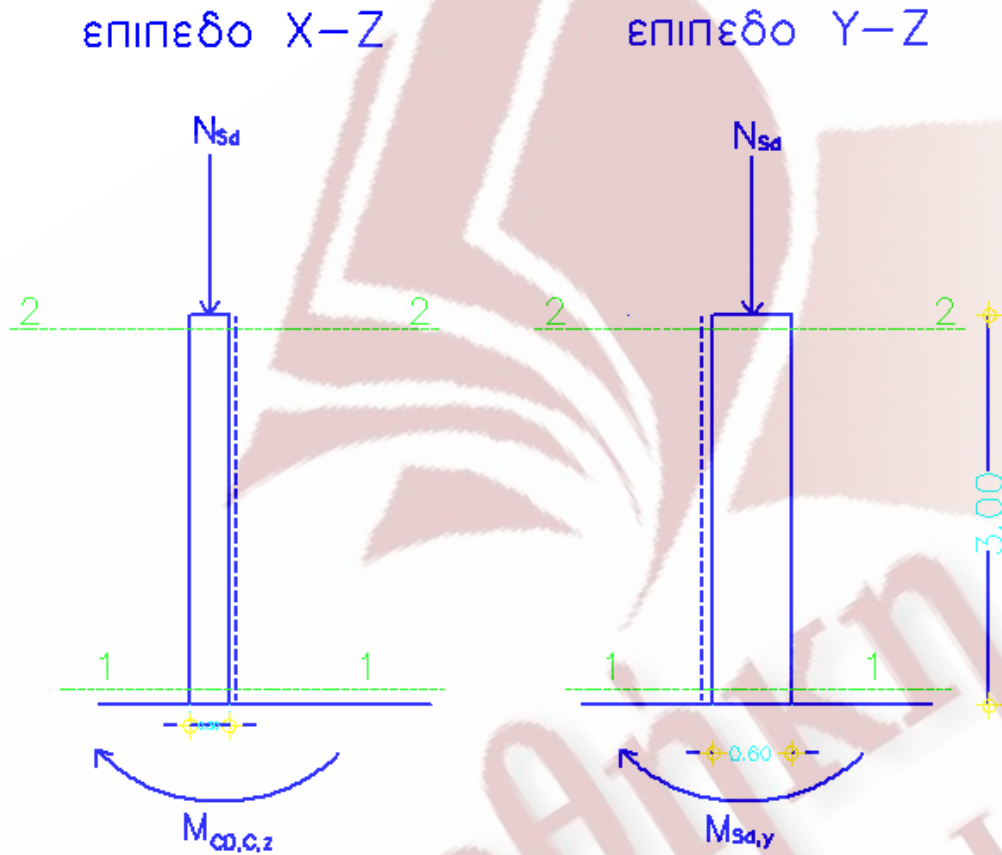
$$0.60\text{m}: 2\frac{1}{2}\text{Ø}22+2\text{Ø}22=11.40\text{cm}^2>9.94\text{cm}^2$$



Σχ. 4.33 Διατομή του υποστυλώματος  $K_2$  με τους καμπτικούς οπλισμούς

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Επίπεδο ΧΟΖ



Σχ. 4.34 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις ροπές για τον ικανοτικό σχεδιασμό

$$M_y = M_{sdy} = -75.99 \text{ KNm}$$

$$N_{sd} = -553.40 \text{ KN}$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{553.40 \text{ KN}}{0.30 \text{ m} * 0.60 \text{ m} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.23 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{CD,C}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{71.20 \text{KNm}}{0.60 \text{m} * (0.30 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0989$$

$$\mu_y = \frac{M_{sd,y}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{75.99 \text{KNm}}{0.30 \text{m} * (0.60 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.0528$$

Επειδή  $\mu_z > \mu_y$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_z = \mu_1$ ,  $\mu_y = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5 \text{cm}}{30 \text{cm}} = 0.167 \quad , \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5 \text{cm}}{60 \text{cm}} = 0.083$$

$$\text{Άρα } \omega_{tot} = 0.10 < \omega_{tot} = 0.72$$

Άρα η κύρια διεύθυνση κάμψης είναι του επιπέδου YOZ

### Έλεγχοι (ΕΚΩΣ 18.4.2-18.4.3-17.4)

Πρέπει η καθαρή απόσταση παράλληλων οπλισμών να είναι τουλάχιστον ίση με:

- Τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων = 22mm
- 20mm
- $d_{\alpha\delta\rho\alpha\nu\omicron\varsigma} + 5\text{mm} = 25.4\text{mm} + 5\text{mm} = 30.40\text{mm}$

άρα πρέπει η καθαρή απόσταση μεταξύ του διαμήκους οπλισμού να είναι τουλάχιστον 30.40mm

ο έλεγχος θα γίνει βάσει του διαμήκους οπλισμού 4Ø22 στην παρειά 0.30m η οποία είναι και η δυσμενέστερη περίπτωση.

άρα λοιπόν θεωρώντας πως από το κέντρο της πιο κοντινής ράβδου στην παρειά έχουμε απόσταση  $d_1 = 5\text{cm}$  η καθαρή απόσταση μεταξύ των 4Ø22 είναι:

$$3 * (\text{καθαρή απόσταση}) = (\text{διατομή}) - 2 * d_1 - 3 * 2 * \frac{1}{2} * \text{Ø}22 \Rightarrow$$
$$(\text{καθαρή απόσταση}) = \frac{300\text{mm} - 2 * 50\text{mm} - 3 * 2 * \frac{1}{2} * 22\text{mm}}{3} \Rightarrow$$
$$(\text{καθαρή απόσταση}) = 44.67\text{mm} > 30.40\text{mm}$$

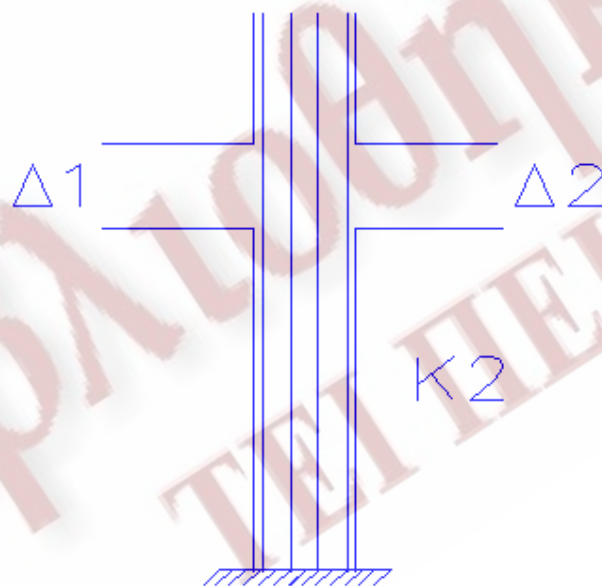
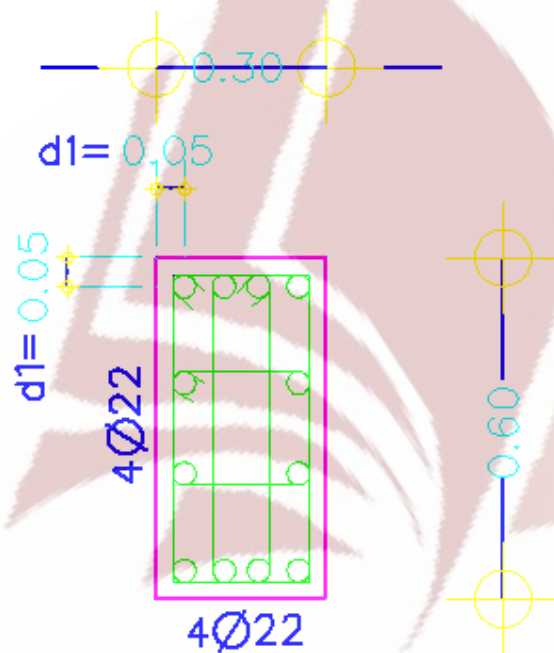
- Η ελάχιστη πλευρά του υποστυλώματος πρέπει να είναι  $250\text{mm} < 300\text{mm}$  ισχύει
- Ελάχιστη διάμετρος διαμήκους ράβδου είναι  $14\text{mm} < 22\text{mm}$  ισχύει
- Στους διαμήκους οπλισμούς δεν πρέπει να ξεπερνά η μεταξύ του απόσταση τα  $200\text{mm} > 44.47\text{mm}$  ισχύει
- Το ποσοστό του περιμετρικώς διατεταγμένου διαμήκους οπλισμού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1% και 4%

Εύρεση ποσοστού του περιμετρικώς διατεταγμένου διαμήκους οπλισμού:

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12 * \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{m})^2}{4}}{0.30\text{m} * 0.60\text{m}} \Rightarrow \rho = 2.53\% \text{ άρα } 1\% < 2.53\% < 4\% \text{ ισχύει}$$



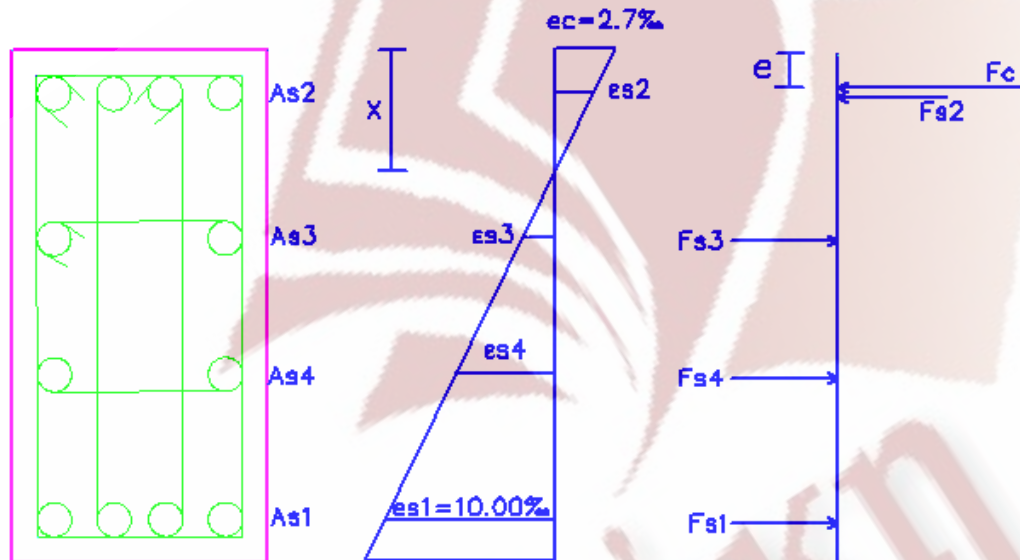
Τελικώς τοποθετείται σε όλο το μήκος του  $K_2$  ο ίδιος διαμήκης οπλισμός έναντι της κάμψης



Σχ. 4.35 Τομή και Όψη του υποστυλώματος  $K_2$  με τον καμπτικό οπλισμό

## Υπολογισμός της ροπής αντοχής του υποστυλώματος K<sub>2</sub>

### A) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 2-2 κατά το επίπεδο Y-Z



Σχ. 4.36 Διατομή 2-2 με τις παραμορφώσεις και τις ασκούμενες δυνάμεις

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\varepsilon_c = 2.7\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰}$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{x}{55-x} \Rightarrow x = 11.69 \text{ cm}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s4}} = \frac{x}{38.34-x} \Rightarrow \varepsilon_{s4} = 6.15\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας ο } S_4 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{21.67-x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 2.31\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_3 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x-5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 1.55\text{‰} < 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_2 \text{ δεν διαρρέει}$$

Οι χάλυβες που δεν βρίσκονται στην διαρροή θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook για να υπολογίσουμε τη τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς.

Οι χάλυβες που βρίσκονται στην διαρροή δεν θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook, η τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς είναι ίση του σημείου διαρροής τους.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s3} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s * \varepsilon_{s2} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 1.55 * 10^{-3} = 310 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} * A_{s1} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 661.10 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} * A_{s4} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 330.55 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} * A_{s3} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 330.55 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 310.00 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 471.36 \text{ kN}$$

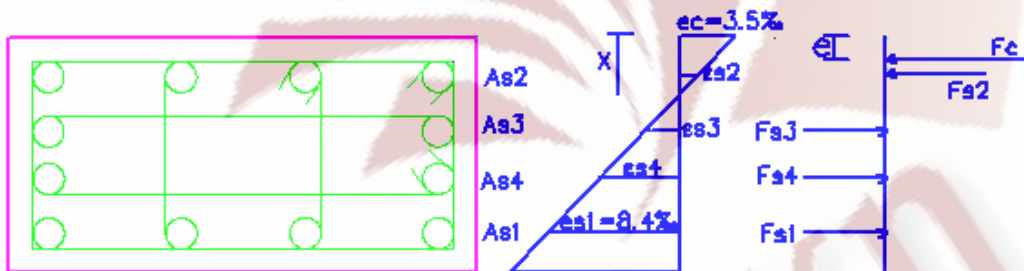
$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.739 * (11.69 * 10^{-2}) \text{ m} * 0.30 \text{ m} * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 293.72 \text{ kN}$$

$$\text{Άρα } \sum F = -F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s1} = (-471.36 - 293.72 - 553.90 + 330.55 + 330.55 + 661.10) \text{ kN} = +3.22 \text{ kN} \cong 0 \text{ kN}$$

$$e = K_{\alpha} * x = 0.395 * 11.69 \text{ cm} \Rightarrow e = 4.62 \text{ cm}$$

$$M_{Rd2}^y = -F_{s2} * 0.05 \text{ m} - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.1667) \text{ m} + F_{s4} * (0.05 + 0.1667 + 0.1667) \text{ m} + F_{s1} * 0.55 \text{ m} \Rightarrow M_{Rd2}^y = 524.83 \text{ kNm}$$

## B) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 2-2 κατά το επίπεδο X-Z



Σχ. 4.37 Διατομή 2-2 με τις παραμορφώσεις και τις ασκούμενες δυνάμεις

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\varepsilon_c = 3.5\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\varepsilon_{s1} = 8.4\text{‰}$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{x}{25 - x} \Rightarrow x = 7.35 \text{ cm}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s4}} = \frac{x}{18.34 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s4} = 5.23\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας ο } S_4 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{11.67 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 2.06\text{‰} < 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_3 \text{ δεν διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x - 5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 1.12\text{‰} < 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_2 \text{ δεν διαρρέει}$$



Οι χάλυβες που δεν βρίσκονται στην διαρροή θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook για να υπολογίσουμε τη τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς

Οι χάλυβες που βρίσκονται στην διαρροή δεν θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook η τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς είναι όση μέχρι το σημείο διαρροής τους.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = E_s * \varepsilon_{s3} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 2.06 * 10^{-3} \Rightarrow \sigma_{s3} = 412 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s * \varepsilon_{s2} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 1.12 * 10^{-3} \Rightarrow \sigma_{s2} = 224 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} * A_{s1} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 661.10 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} * A_{s4} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 330.55 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} * A_{s3} = 412.00 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 313.23 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 224.00 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 340.60 \text{ kN}$$

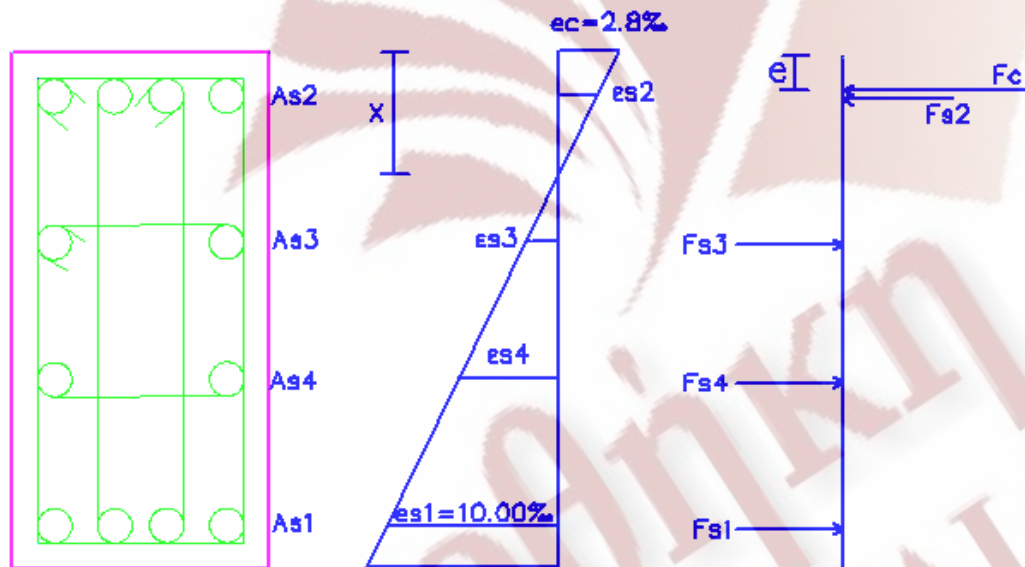
$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.81 * (7.35 * 10^{-2}) \text{ m} * 0.60 \text{ m} * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 405.00 \text{ kN}$$

$$\text{Άρα } \sum F = -F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s2} = +5.38 \cong 0 \text{ kN}$$

$$e = K_{\alpha} * x = 0.416 * 7.35 \text{ cm} \Rightarrow e = 3.06 \text{ cm}$$

$$M_{Rd2}^z = - F_{s2} * 0.05 \text{ m} - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.0667) \text{ m} + F_{s4} * (0.05 + 0.0667 + 0.0667) \text{ m} + F_{s1} * 0.25 \text{ m} \Rightarrow M_{Rd2}^z = 233.03 \text{ kNm}$$

Γ) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 1-1 κατά το επίπεδο Y-Z



Σχ. 4.38 Διατομή 1-1 με τις παραμορφώσεις και τις ασκούμενες δυνάμεις

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\epsilon_c = 2.8\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\epsilon_{s1} = 10.0\text{‰}$  και η  $N_{sd} = 500.90 \text{ kN}$

$$\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{s1}} = \frac{x}{55 - x} \Rightarrow x = 12.03 \text{ cm}$$

$$\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{s4}} = \frac{x}{38.34 - x} \Rightarrow \epsilon_{s4} = 6.12\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας ο } S_4 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{21.67 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 2.24\% > 2.17\% \text{ \u03c1\u03c1\u03b1 \u03c1 \u03c7\u03ac\u03bb\u03c5\u03b2\u03b1\u03c3 S}_3 \text{ \u03c4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03b5\u03b9}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x - 5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 1.64\% < 2.17\% \text{ \u03c1\u03c1\u03b1 \u03c1 \u03c7\u03ac\u03bb\u03c5\u03b2\u03b1\u03c3 S}_2 \text{ \u03c4\u03b5\u03bd \u03c4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03b5\u03b9}$$

\u039c\u03b9 \u03c7\u03ac\u03bb\u03c5\u03b2\u03b5\u03c3 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b4\u03b5\u03bd \u03b2\u03c1\u03b9\u03c3\u03ba\u03bf\u03bd\u03b1\u03b9 \u03c3\u03c4\u03b7\u03bd \u03c4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03bf\u03b9 \u03b8\u03b1 \u03b1\u03ba\u03bf\u03bb\u03bf\u03b8\u03b7\u03c3\u03bf\u03bd \u03c4\u03bf\u03bd \u03bd\u03cc\u03bc\u03bf \u03c4\u03bf\u03c5 \u0397\u03bf\u03bf\u03ba \u03b3\u03b9\u03bd \u03bd\u03b1 \u03c5\u03c0\u03bf\u03bb\u03bf\u03b3\u03b9\u03c3\u03bf\u03bc\u03b5 \u03c4\u03b7 \u03c4\u03ac\u03c3\u03b7, \u03b4\u03cd\u03bd\u03b1\u03bc\u03b7 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b1\u03bd\u03b1\u03c0\u03c4\u03cd\u03c3\u03b5\u03c4\u03b1\u03b9 \u03c3\u03b5 \u03b1\u03c5\u03c4\u03bf\u03cd\u03c3.

\u039c\u03b9 \u03c7\u03ac\u03bb\u03c5\u03b2\u03b5\u03c3 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b2\u03c1\u03b9\u03c3\u03ba\u03bf\u03bd\u03b1\u03b9 \u03c3\u03c4\u03b7\u03bd \u03c4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03bf\u03b9 \u03b4\u03b5\u03bd \u03b8\u03b1 \u03b1\u03ba\u03bf\u03bb\u03bf\u03b8\u03b7\u03c3\u03bf\u03bd \u03c4\u03bf\u03bd \u03bd\u03cc\u03bc\u03bf \u03c4\u03bf\u03c5 \u0397\u03bf\u03bf\u03ba, \u03b7 \u03c4\u03ac\u03c3\u03b7, \u03b4\u03cd\u03bd\u03b1\u03bc\u03b7 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b1\u03bd\u03b1\u03c0\u03c4\u03cd\u03c3\u03b5\u03c4\u03b1\u03b9 \u03c3\u03b5 \u03b1\u03c5\u03c4\u03bf\u03cd\u03c3 \u03b5\u03b9\u03bd\u03b1\u03b9 \u03b9\u03c3\u03b7 \u03c4\u03bf\u03c5 \u03c3\u03b7\u03bc\u03b5\u03b9\u03bf\u03c5 \u03c4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03bf\u03b9\u03c3 \u03c4\u03bf\u03c5\u03c3.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s3} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_{s2} = 200 \cdot 10^3 \text{ MPa} \cdot 1.64 \cdot 10^{-3} = 328 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1} = 434.78 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4 \pi \cdot \frac{(22 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 661.10 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} \cdot A_{s4} = 434.78 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2 \pi \cdot \frac{(22 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 330.55 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} \cdot A_{s3} = 434.78 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2 \pi \cdot \frac{(22 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 330.55 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} \cdot A_{s2} = 328.00 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4 \pi \cdot \frac{(22 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 498.73 \text{ kN}$$

$$F_c = \alpha \cdot x \cdot b \cdot 0.85 f_{cd} = 0.748 \cdot (12.03 \cdot 10^{-2}) \text{m} \cdot 0.30 \text{m} \cdot 0.85 \cdot \frac{20}{1.5} \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 305.95 \text{kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Άρα } \sum F &= -F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s1} = (-498.73 - 305.95 - \\ &500.90 + 330.55 + 330.55 + 661.10) \text{kN} = -16.62 \text{kN} \cong 0 \text{kN} \\ e &= K_a \cdot x = 0.398 \cdot 11.69 \text{cm} \Rightarrow e = 4.79 \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{rd1}^y &= -F_{s2} \cdot 0.05 \text{m} - F_c \cdot e + F_{s3} \cdot (0.05 + 0.1667) \text{m} + F_{s4} \cdot (0.05 + 0.1667 + 0.1667) \text{m} + \\ &F_{s1} \cdot 0.55 \text{m}_R \Rightarrow M_{rd1}^y = 522.38 \text{kNm} \end{aligned}$$

### Δ) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 1-1 κατά το επίπεδο X-Z



Σχ. 4.39 Διατομή 1-1 με τις παραμορφώσεις και τις ασκούμενες δυνάμεις

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\varepsilon_c = 3.5\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\varepsilon_{s1} = 8.1\text{‰}$  και η  $N_{sd} = 500.90 \text{kN}$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{x}{25 - x} \Rightarrow x = 7.54 \text{cm}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s4}} = \frac{x}{18.34 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s4} = 5.01\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας ο } S_4 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{11.67 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 1.92\text{‰} < 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_3 \text{ δεν διαρρέει}$$



$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x-5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 1.18\% < 2.17\% \text{ άρα ο χάλυβας } S_2 \text{ δεν διαρρέει}$$

Οι χάλυβες που δεν βρίσκονται στην διαρροή θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook για να υπολογίσουμε τη τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς

Οι χάλυβες που βρίσκονται στην διαρροή δεν θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook η τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς είναι όση μέχρι το σημείο διαρροής τους.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = E_s * \varepsilon_{s3} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 1.92 * 10^{-3} \Rightarrow \sigma_{s3} = 384 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s * \varepsilon_{s2} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 1.18 * 10^{-3} \Rightarrow \sigma_{s2} = 236 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} * A_{s1} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 661.10 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} * A_{s4} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 330.55 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} * A_{s3} = 384.00 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 291.94 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 236.00 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(22 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 358.85 \text{ kN}$$

$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.81 * (7.54 * 10^{-2}) m * 0.60 m * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2} = 415.30 kN$$

$$\text{Άρα } \sum F = -F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s2} = +8.54 \cong 0 kN$$

$$e = K_a * x = 0.416 * 7.54 cm \Rightarrow e = 3.14 cm$$

$$M_{Rd1}^z = -F_{s2} * 0.05 m - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.0667) m + F_{s4} * (0.05 + 0.0667 + 0.1667) m + F_{s1} * 0.25 m \Rightarrow M_{Rd1}^z = 228.98 kNm$$

### 4.3.3 Υπολογισμών δοκών σε διάτμηση

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ παράρτημα Β.1.2 η ικανοτική τέμνουσα σχεδιασμού υπολογίζεται όπως παρακάτω:

$$V_{CD,b} = V_{0,b} + \Delta V_{CD,b}$$

Όπου:

$$\Delta V_{CD,b} = 1.20 \frac{M_{R,b1} + M_{R,b2}}{l_b} \leq \frac{q * V_{E,b}}{1.20}$$

$V_{0,b}$  είναι η τέμνουσα της δοκού υπό τα μη σεισμικά φορτία του συνδυασμού ΕΑΚ 4.1

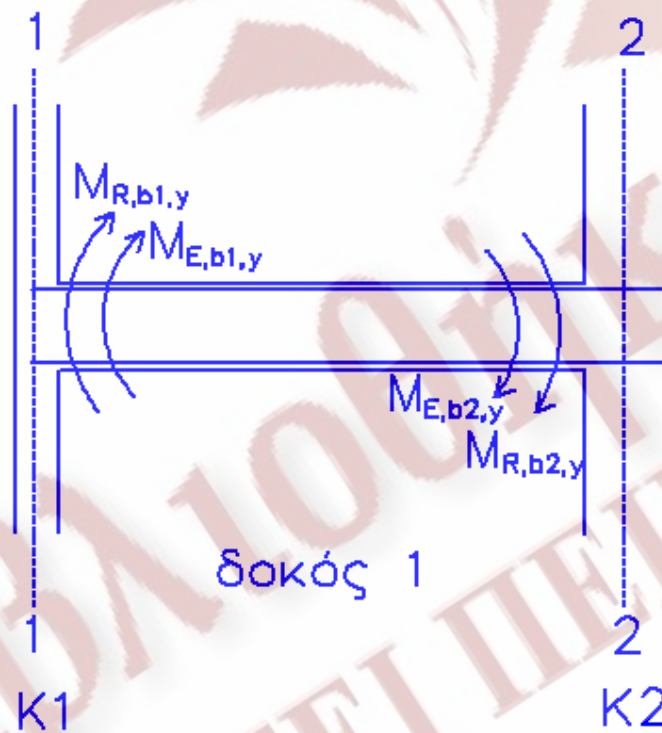
$M_{R,b1}, M_{R,b1}$  είναι οι ροπές αντοχής των άκρων της δοκού, κατά τη φορά που ενεργοποιούνται από την σεισμική δράση

$V_{E,b}$  είναι η σεισμική τέμνουσα της δοκού

$l_b$  είναι το μήκος της δοκού

### α) Υπολογισμός ικανοτικής Τέμνουσας σχεδιασμού στην Δοκό 1

#### Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 4.40 Δοκός 1 με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής τέμνουσας

$$V_{0,b1} = (\mu \text{ νιμια } \_ \text{ φόρτια}) + 0.3(\text{κινητά } \_ \text{ φορτία}) = 40.22kN + 0.3 * 4.77kN = 41.65kN$$

$$V_{0,b2} = (\mu \text{ νιμια } \_ \text{ φόρτια}) + 0.3(\text{κινητά } \_ \text{ φορτία}) = -58.47kN + 0.3 * (-7.21kN) = -60.63kN$$

$$V_{E,b1,z} = -12.91kN$$

$$V_{E,b2,z} = -12.48kN$$

$$M_{E,b1,y} = 27.71kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -41.15kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 176.18kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 259.55kNm$$

### Διατομή 1-1

$$\bullet \quad 1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{176.18kNm + 259.55kNm}{6m} = 87.15kN$$
$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 12.91kN}{1.2} \right| = 37.65kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 37.65kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 41.65kN - 37.65kN = 4.00kN$$

### Διατομή 2-2

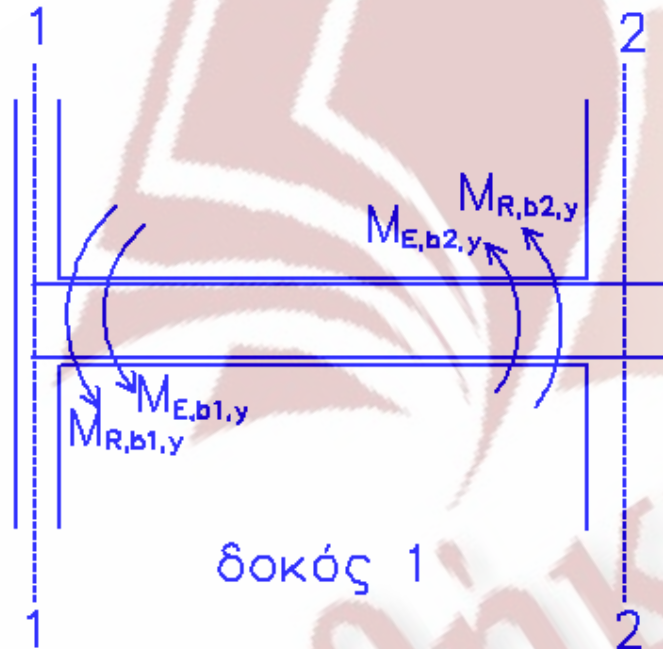
$$\bullet \quad 1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{176.18kNm + 259.55kNm}{6m} = 87.15kN$$
$$\left| \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 12.48kN}{1.2} \right| = 36.40kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 36.40kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -60.63kN - 36.40kN = -97.03kN$$



## Σεισμικός συνδυασμός 1102



Σχ. 4.41 Δοκός 1 με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής τέμνουσας

$$V_{0,b1} = (\mu \text{ νιμα } \_ \phi \acute{o} \rho \tau \iota \alpha) + 0.3(\text{κινητά } \_ \phi \acute{o} \rho \tau \iota \alpha) = 40.22 \text{ kN} + 0.3 * 4.77 \text{ kN} = 41.65 \text{ kN}$$

$$V_{0,b2} = (\mu \text{ νιμα } \_ \phi \acute{o} \rho \tau \iota \alpha) + 0.3(\text{κινητά } \_ \phi \acute{o} \rho \tau \iota \alpha) = -58.47 \text{ kN} + 0.3 * (-7.21 \text{ kN}) = -60.63 \text{ kN}$$

$$V_{E,b1,z} = +7.52 \text{ kN}$$

$$V_{E,b2,z} = +13.27 \text{ kN}$$

$$M_{E,b1,y} = -23.01 \text{ kNm}$$

$$M_{E,b2,y} = +40.60 \text{ kNm}$$

$$M_{R,b1,y} = 252.16 \text{ kNm}$$

$$M_{R,b2,y} = 168.67 \text{ kNm}$$

### Διατομή 1-1

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{252.16kNm + 168.67kNm}{6m} = 84.17kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{+3.5 * 7.52kN}{1.2} \right| = 21.93kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 21.93kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 41.65kN + 21.93kN = 63.58kN$$

### Διατομή 2-2

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{252.16kNm + 168.67kNm}{6m} = 84.17kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{+3.5 * 13.27kN}{1.2} \right| = 38.70kN$$

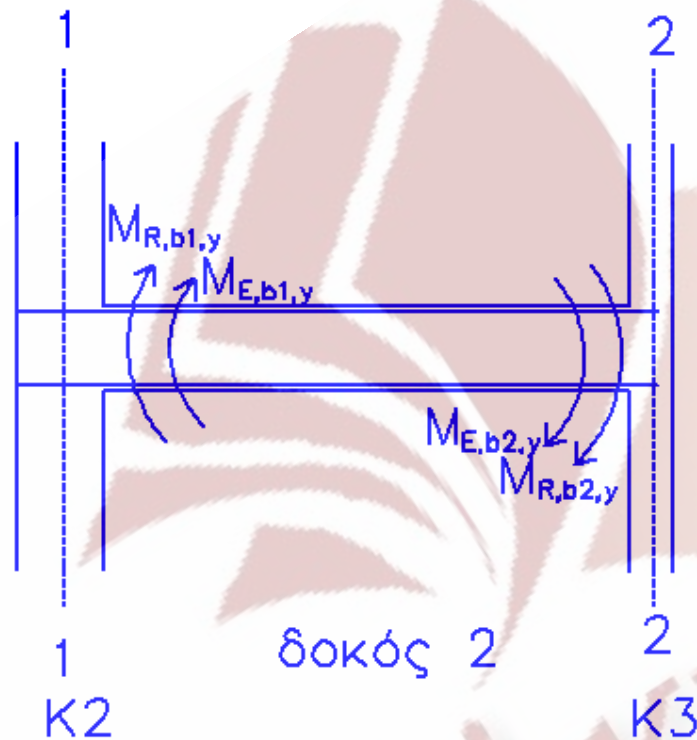
Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 38.70kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -60.63kN + 38.70kN = -21.93kN$$

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού της δοκού 1. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Στοιχείο	$V_{o,biz}$	$V_{e,biz}$	$V_{e,bzz}$	$M_{e,biv}$	$M_{e,bzv}$	$M_{b,iv}$	$M_{b,zv}$	$L_b$	$\frac{1,20^*(M_{b,iv}+M_{b,zv})}{L_b}$	$\frac{q^{V_{e,biz}}}{1,20}$	$\frac{q^{V_{e,biz}}}{1,20}$	$\Delta V_{e,bz}$	$\Delta V_{d,b2}$	$V_{cd,b1}$	$V_{cd,b2}$	
101	41,65	-60,63	-12,91	-12,48	27,71	-41,15	176,18	259,55	6,00	87,15	37,65	36,40	-37,65	-36,40	4,00	-97,03
102	41,65	-60,63	7,52	13,27	-23,01	40,60	252,16	168,67	6,00	84,17	21,93	38,70	21,93	38,70	63,58	-21,93
103	41,65	-60,63	-34,85	-42,81	86,24	-136,34	176,18	259,55	6,00	87,15	101,65	124,86	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
104	41,65	-60,63	-33,23	-43,04	88,83	-136,17	176,18	259,55	6,00	87,15	96,92	125,53	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
105	41,65	-60,63	12,91	12,48	-27,71	41,15	252,16	168,67	6,00	84,17	37,65	36,40	37,65	36,40	79,30	-24,23
106	41,65	-60,63	-7,52	-13,27	23,01	-40,60	176,18	259,55	6,00	87,15	21,93	38,70	-21,93	-36,70	19,72	-99,33
107	41,65	-60,63	34,85	42,81	-86,24	136,34	252,16	168,67	6,00	84,17	101,65	124,86	84,17	84,17	125,82	23,54
108	41,65	-60,63	33,23	43,04	-88,83	136,17	252,16	168,67	6,00	84,17	96,92	125,53	84,17	84,17	125,82	23,54
201	41,65	-60,63	-10,22	-8,77	20,82	-29,45	176,18	259,55	6,00	87,15	29,81	25,58	-29,81	-25,58	11,84	-86,21
202	41,65	-60,63	10,21	16,98	-29,90	52,30	252,16	168,67	6,00	84,17	29,78	49,53	29,78	49,53	71,43	-11,10
203	41,65	-60,63	-34,05	-41,69	83,17	-132,82	176,18	259,55	6,00	87,15	99,31	121,60	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
204	41,65	-60,63	-34,04	-44,16	85,90	-139,68	176,18	259,55	6,00	87,15	99,28	128,80	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
205	41,65	-60,63	10,22	8,77	-20,82	29,45	252,16	168,67	6,00	84,17	29,81	25,58	29,81	25,58	71,46	-35,05
206	41,65	-60,63	-10,21	-16,98	29,90	-52,30	176,18	259,55	6,00	87,15	29,78	49,53	-29,78	-49,53	11,87	-110,16
207	41,65	-60,63	34,05	41,69	-83,17	132,82	252,16	168,67	6,00	84,17	99,31	121,60	84,17	84,17	125,82	23,54
208	41,65	-60,63	34,04	44,16	-85,90	139,68	252,16	168,67	6,00	84,17	99,28	128,80	84,17	84,17	125,82	23,54
301	41,65	-60,63	-10,83	-9,61	22,38	-32,10	176,18	259,55	6,00	87,15	31,59	28,03	-31,59	-28,03	10,06	-88,66
302	41,65	-60,63	10,82	17,83	-31,47	54,95	252,16	168,67	6,00	84,17	31,56	52,00	31,56	52,00	73,21	-8,63
303	41,65	-60,63	-36,08	-44,50	88,39	-141,65	176,18	259,55	6,00	87,15	105,23	129,79	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
304	41,65	-60,63	-36,08	-46,96	91,11	-148,51	176,18	259,55	6,00	87,15	105,23	136,97	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
305	41,65	-60,63	10,83	9,61	-22,38	32,10	252,16	168,67	6,00	84,17	31,59	28,03	31,59	28,03	73,24	-32,60
306	41,65	-60,63	-10,82	-17,83	31,47	-54,95	176,18	259,55	6,00	87,15	31,56	52,00	-31,56	-52,00	10,09	-112,63
307	41,65	-60,63	36,08	44,50	-88,39	141,65	252,16	168,67	6,00	84,17	105,23	129,79	84,17	84,17	125,82	23,54
308	41,65	-60,63	36,08	46,96	-91,11	148,51	252,16	168,67	6,00	84,17	105,23	136,97	84,17	84,17	125,82	23,54
401	41,65	-60,63	-13,52	-13,32	29,28	-43,80	176,18	259,55	6,00	87,15	39,43	38,85	-39,43	-38,85	2,22	-99,48
402	41,65	-60,63	8,13	14,11	-24,57	43,25	252,16	168,67	6,00	84,17	23,71	41,15	41,15	41,15	65,36	-19,48
403	41,65	-60,63	-36,89	-45,61	90,46	-145,16	176,18	259,55	6,00	87,15	107,60	133,03	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
404	41,65	-60,63	-35,27	-45,85	89,04	-145,00	176,18	259,55	6,00	87,15	102,87	133,73	-87,15	-87,15	-45,50	-147,78
405	41,65	-60,63	13,52	13,32	-29,28	43,80	252,16	168,67	6,00	84,17	39,43	38,85	39,43	38,85	81,08	-21,78
406	41,65	-60,63	-8,13	-14,11	24,57	-43,25	176,18	259,55	6,00	87,15	23,71	41,15	-23,71	-41,15	17,94	-101,78
407	41,65	-60,63	36,89	45,61	-90,46	145,16	252,16	168,67	6,00	84,17	107,60	133,03	84,17	84,17	125,82	23,54
408	41,65	-60,63	35,27	45,85	-89,04	145,00	252,16	168,67	6,00	84,17	102,87	133,73	84,17	84,17	125,82	23,54

β) Υπολογισμός ικανοτικής Τέμνουσας σχεδιασμού στην  
Δοκό 2  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 4.42 Δοκός 2 με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής τέμνουσας

$$V_{0,b1} = (\mu \text{ νιμα } \_ \phi \acute{\omicron} \rho \tau \iota \alpha) + 0.3(\text{κινητά } \_ \phi \omicron \rho \tau \iota \alpha) = 59.48kN + 0.3 * 8.73kN = 62.10kN$$

$$V_{0,b2} = (\mu \text{ νιμα } \_ \phi \acute{\omicron} \rho \tau \iota \alpha) + 0.3(\text{κινητά } \_ \phi \omicron \rho \tau \iota \alpha) = -41.83kN + 0.3 * (-5.62kN) = -43.52kN$$

$$V_{E,b1,z} = -14.86kN$$

$$V_{E,b2,z} = -9.22kN$$

$$M_{E,b1,y} = 46.96kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -27.92kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 168.67kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 251.80kNm$$

Διατομή 1-1



- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{168.67kNm + 251.80kNm}{6m} = 84.09kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 14.86kN}{1.2} \right| = 43.34kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 43.34kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 62.01kN - 43.34kN = 18.76kN$$

### Διατομή 2-2

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{168.67kNm + 251.80kNm}{6m} = 84.09kN$$

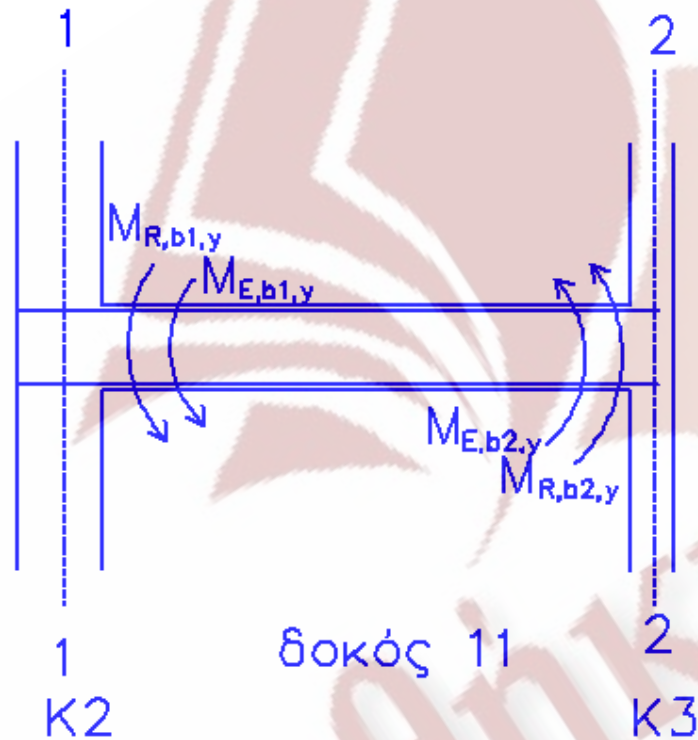
$$\left| \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 9.22kN}{1.2} \right| = 26.89kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 26,89kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -43.52kN - 26.89kN = -70.41kN$$

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Σεισμικός συνδυασμός 1102



Σχ. 4.43 Δοκός 2 με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής τέμνουσας

$$V_{0,b1} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\rho\acute{\iota}\alpha) = 59.48kN + 0.3 * 8.73kN = 62.10kN$$

$$V_{0,b2} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\rho\acute{\iota}\alpha) = -41.83kN + 0.3 * (-5.62kN) = -43.52kN$$

$$V_{E,b1,z} = +11.38kN$$

$$V_{E,b2,z} = +10.69kN$$

$$M_{E,b1,y} = -36.22kNm$$

$$M_{E,b2,y} = +24.66kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 259.55kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 176.18kNm$$

### Διατομή 1-1

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{259.55kNm + 176.18kNm}{6m} = 87.15kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{+3.5 * 11.38kN}{1.2} \right| = 33.19kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 33.19kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 62.10kN + 33.19kN = 95.29kN$$

### Διατομή 2-2

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{259.55kNm + 176.18kNm}{6m} = 87.15kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{+3.5 * 10.69kN}{1.2} \right| = 31.18kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 31.18kN

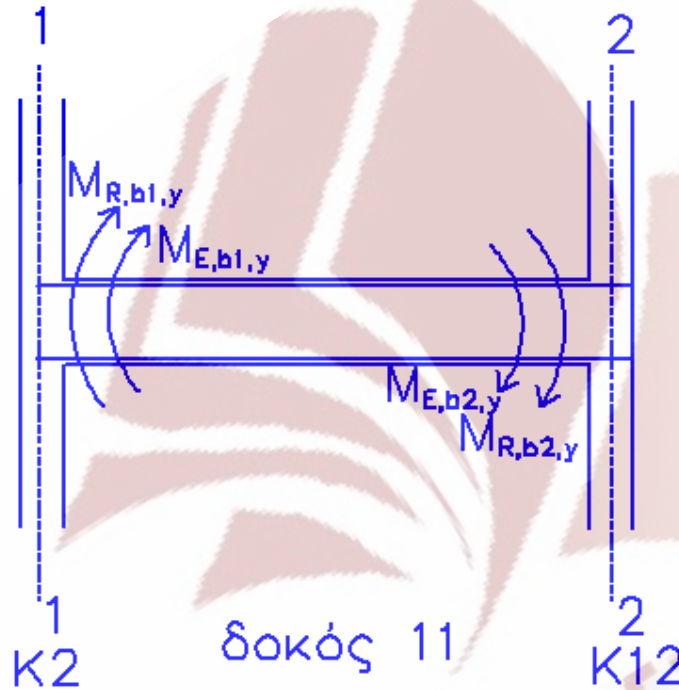
$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -43.52kN + 31.18kN = -12.34kN$$

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού της δοκού 2. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Στοιχείο	V <sub>o,b1z</sub>	V <sub>o,b2z</sub>	V <sub>o,b1z</sub>	V <sub>o,b2z</sub>	M <sub>o,b1v</sub>	M <sub>o,b2v</sub>	M <sub>o,b1v</sub>	M <sub>o,b2v</sub>	M <sub>o,b1v</sub>	M <sub>o,b2v</sub>	1,20*(M <sub>o,b1v</sub> +M <sub>o,b2v</sub> ) / I <sub>o</sub>	q <sup>v</sup> <sub>o,b1z</sub> / 1,20	q <sup>v</sup> <sub>o,b2z</sub> / 1,20	ΔV <sub>o,b1</sub>	ΔV <sub>o,b2</sub>	V <sub>cd,b1</sub>	V <sub>cd,b2</sub>
101	62,10	-43,52	-14,86	-9,22	46,96	-27,92	168,67	251,80	6,00	84,09	43,34	26,89	-43,34	-26,89	18,76	-70,41	
102	62,10	-43,52	11,38	10,69	-36,22	24,66	259,55	176,18	6,00	87,15	33,19	31,18	33,19	31,18	95,29	-12,34	
103	62,10	-43,52	-44,26	-32,96	140,25	-88,12	168,67	251,80	6,00	84,09	129,09	96,13	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
104	62,10	-43,52	-43,22	-33,40	137,02	-87,15	168,67	251,80	6,00	84,09	126,06	97,42	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
105	62,10	-43,52	14,86	9,22	-46,96	27,92	259,55	176,18	6,00	87,15	43,34	26,89	43,34	26,89	105,44	-16,63	
106	62,10	-43,52	-11,38	-10,69	36,22	-24,66	168,67	251,80	6,00	84,09	33,19	31,18	-33,19	-31,18	28,91	-74,70	
107	62,10	-43,52	44,26	32,96	-140,25	88,12	259,55	176,18	6,00	87,15	129,09	96,13	87,15	87,15	149,25	43,63	
108	62,10	-43,52	43,22	33,40	-137,02	87,15	259,55	176,18	6,00	84,09	126,06	97,42	87,15	87,15	149,25	43,63	
201	62,10	-43,52	-11,25	-6,47	35,40	-20,93	168,67	251,80	6,00	84,09	32,81	18,87	-32,81	-18,87	29,29	-62,39	
202	62,10	-43,52	15,00	13,43	-47,77	31,65	259,55	176,18	6,00	87,15	43,75	39,17	43,75	39,17	105,85	-4,35	
203	62,10	-43,52	-43,18	-32,13	136,78	-86,03	168,67	251,80	6,00	84,09	125,94	93,71	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
204	62,10	-43,52	-44,30	-34,22	140,49	-89,24	168,67	251,80	6,00	84,09	129,21	99,81	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
205	62,10	-43,52	11,25	6,47	-35,40	20,93	259,55	176,18	6,00	87,15	32,81	18,87	32,81	18,87	94,91	-24,65	
206	62,10	-43,52	-15,00	-13,43	47,77	-31,65	168,67	251,80	6,00	84,09	43,75	39,17	-43,75	-39,17	18,35	-82,69	
207	62,10	-43,52	43,18	32,13	-136,78	86,03	259,55	176,18	6,00	87,15	125,94	93,71	87,15	87,15	149,25	43,63	
208	62,10	-43,52	44,30	34,22	-140,49	89,24	259,55	176,18	6,00	87,15	129,21	99,81	87,15	87,15	149,25	43,63	
301	62,10	-43,52	-12,07	-7,10	38,02	-22,52	168,67	251,80	6,00	84,09	35,20	20,71	-35,20	-20,71	26,90	-64,23	
302	62,10	-43,52	15,81	14,06	-50,39	33,23	259,55	176,18	6,00	87,15	46,11	41,01	46,11	41,01	108,21	-2,51	
303	62,10	-43,52	-45,91	-34,21	145,50	-91,31	168,67	251,80	6,00	84,09	133,90	99,78	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
304	62,10	-43,52	-47,03	-36,30	149,22	-94,53	168,67	251,80	6,00	84,09	137,17	105,88	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
305	62,10	-43,52	12,07	7,10	-38,02	22,52	259,55	176,18	6,00	87,15	35,20	20,71	35,20	20,71	97,30	-22,81	
306	62,10	-43,52	-15,81	-14,06	50,39	-33,23	168,67	251,80	6,00	84,09	46,11	41,01	-46,11	-41,01	15,99	-84,53	
307	62,10	-43,52	45,91	34,21	-145,50	91,31	259,55	176,18	6,00	87,15	133,90	99,78	87,15	87,15	149,25	43,63	
308	62,10	-43,52	47,03	36,30	-149,22	94,53	259,55	176,18	6,00	87,15	137,17	105,88	87,15	87,15	149,25	43,63	
401	62,10	-43,52	-15,68	-9,84	49,58	-29,51	168,67	251,80	6,00	84,09	45,73	28,70	-45,73	-28,70	16,37	-72,22	
402	62,10	-43,52	12,20	11,31	-38,84	26,25	259,55	176,18	6,00	87,15	35,58	32,99	35,58	32,99	97,68	-10,53	
403	62,10	-43,52	-46,99	-35,03	148,97	-93,41	168,67	251,80	6,00	84,09	137,05	102,17	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
404	62,10	-43,52	-45,95	-35,47	145,75	-92,43	168,67	251,80	6,00	84,09	134,02	103,45	-84,09	-84,09	-21,99	-127,61	
405	62,10	-43,52	15,68	9,84	-49,58	29,51	259,55	176,18	6,00	87,15	45,73	28,70	45,73	28,70	107,83	-14,82	
406	62,10	-43,52	-12,20	-11,31	38,84	-26,25	168,67	251,80	6,00	84,09	35,58	32,99	-35,58	-32,99	26,52	-76,51	
407	62,10	-43,52	46,99	35,03	-148,97	93,41	259,55	176,18	6,00	87,15	137,05	102,17	87,15	87,15	149,25	43,63	
408	62,10	-43,52	45,95	35,47	-145,75	92,43	259,55	176,18	6,00	87,15	134,02	103,45	87,15	87,15	149,25	43,63	



γ) Υπολογισμός ικανοτικής Τέμνουσας σχεδιασμού στην  
Δοκό 11 ΕΑΚ(Β.1.2)  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 4.44 Δοκός 11 με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής τέμνουσας

$$V_{0,b1} = (\text{μόνιμα}_\text{φόρτια}) + 0.3(\text{κινητά}_\text{φορτία}) = +27.91kN + 0.3 * 6.09kN = 29.74kN$$

$$V_{0,b2} = (\text{μόνιμα}_\text{φόρτια}) + 0.3(\text{κινητά}_\text{φορτία}) = -36.02kN + 0.3 * (-9.00kN) = -38.72kN$$

$$V_{E,b1,z} = -36.98kN$$

$$V_{E,b2,z} = -34.83kN$$

$$M_{E,b1,y} = +68.94kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -35.78kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 108.78kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 102.37kNm$$

Διατομή 1-1

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{109.99kNm + 102.37kNm}{3m} = 84.94kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 36.98kN}{1.2} \right| = 107.86kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 84.94kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = +29.74kN - 84.94kN = -55.20kN$$

### Διατομή 2-2

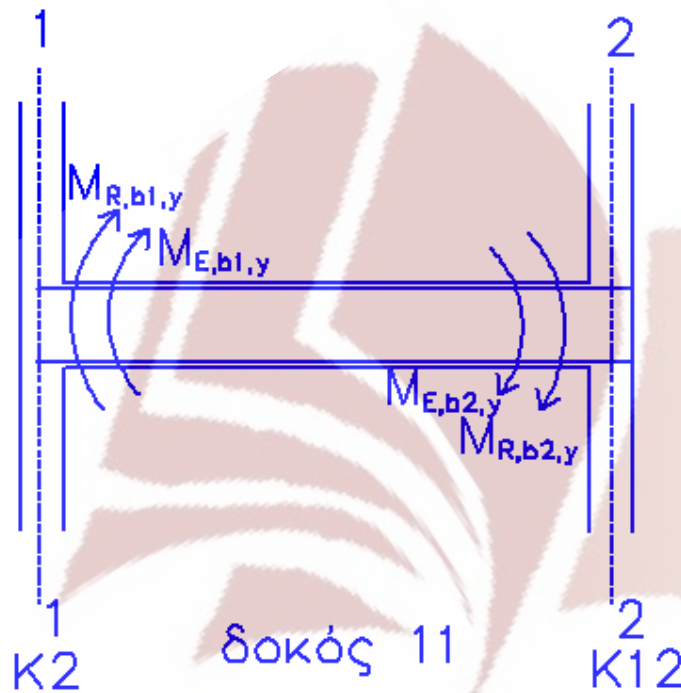
- $1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{109.99kNm + 102.37kNm}{3m} = 84.94kN$   
 $|\frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20}| = |\frac{-3.5 * 34.83kN}{1.2}| = 101.59kN$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 84.94kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -38.72kN - 84.94kN = -123.66kN$$

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Σεισμικός συνδυασμός 1102



Σχ. 4.44 Δοκός 11 με τις ροπές για την εύρεση της ικανοτικής τέμνουσας

$$V_{0,b1} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\tau\acute{\iota}\alpha) = +27.91kN + 0.3 * 6.09kN = 29.74kN$$

$$V_{0,b2} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\tau\acute{\iota}\alpha) = -36.02kN + 0.3 * (-9.00kN) = -38.72kN$$

$$V_{E,b1,z} = -37.63kN$$

$$V_{E,b2,z} = -35.25kN$$

$$M_{E,b1,y} = +69.98kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -36.32kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 109.99kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 102.37kNm$$

### Διατομή 1-1

$$\bullet \quad 1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{109.99kNm + 102.37kNm}{3m} = 84.94kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 37.63kN}{1.2} \right| = 109.75kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 84.94kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 29.74kN - 84.94kN = -55.20kN$$

### Διατομή 2-2

- $1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{109.99kNm + 102.37kNm}{3m} = 84.94kN$   
 $|\frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20}| = |\frac{-3.5 * 35.25kN}{1.2}| = 102.81kN$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 84.94kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -38.72kN - 84.94kN = -123.66kN$$

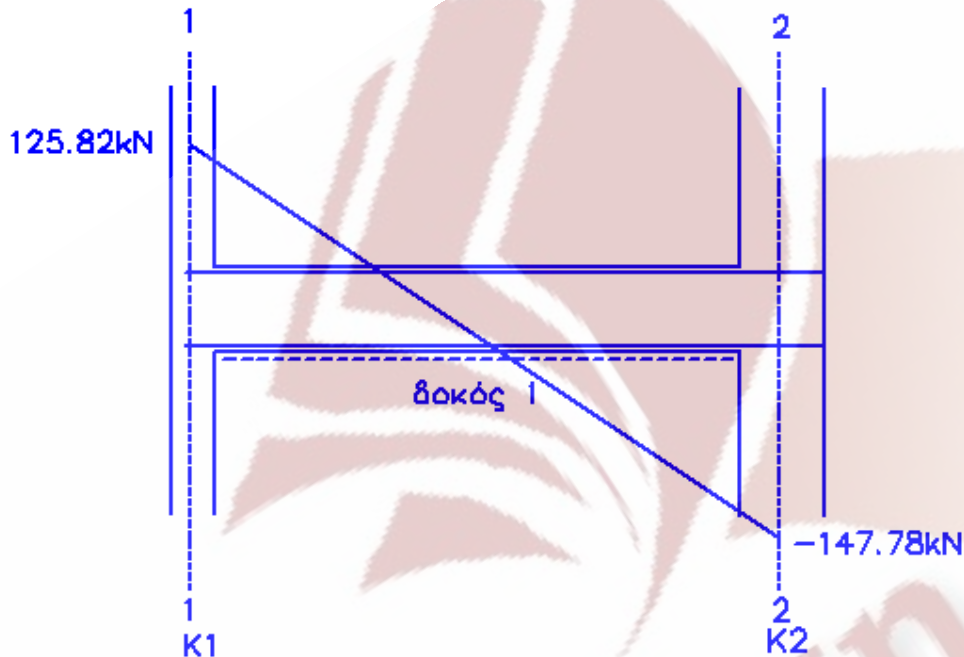
Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού της δοκού 11. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:



Σ στοιχείο	V <sub>0,b1z</sub>	V <sub>0,b2z</sub>	V <sub>a,b1z</sub>	V <sub>a,b2z</sub>	M <sub>0,b1v</sub>	M <sub>0,b2v</sub>	M <sub>0,bzv</sub>	M <sub>0,b1v</sub>	M <sub>0,b2v</sub>	M <sub>0,bzv</sub>	I <sub>b</sub>	$\frac{1,20 \cdot (M_{0,b1v} + M_{0,bzv})}{I_b}$	$\frac{q^{*V_{a,b1z}}}{1,20}$	$\frac{q^{*V_{a,b2z}}}{1,20}$	ΔV <sub>ed,b1</sub>	ΔV <sub>d,b2</sub>	V <sub>cd,b1</sub>	V <sub>cd,b2</sub>
101	29,74	-38,72	-36,98	-34,83	68,94	-35,78	109,99	102,37	3,00	84,94	107,86	101,59	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
102	29,74	-38,72	-37,63	-35,25	69,98	-36,32	109,99	102,37	3,00	84,94	109,75	102,81	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
103	29,74	-38,72	-10,1	-9,81	19,1	-9,92	109,99	102,37	3,00	84,94	29,46	28,61	-29,46	-29,46	0,28	-68,18		
104	29,74	-38,72	12,28	11,21	-22,57	11,71	101,28	110,28	3,00	84,62	35,82	32,70	35,82	35,82	65,56	-2,90		
105	29,74	-38,72	36,98	34,83	-68,94	35,78	101,28	110,28	3,00	84,62	107,86	101,59	84,62	84,62	114,36	45,90		
106	29,74	-38,72	37,63	35,25	-69,98	36,32	101,28	110,28	3,00	84,62	109,75	102,81	84,62	84,62	114,36	45,90		
107	29,74	-38,72	10,1	9,81	-19,1	9,92	101,28	110,28	3,00	84,62	29,46	28,61	29,46	29,46	59,20	-9,26		
108	29,74	-38,72	-12,28	-11,21	22,57	-11,71	109,99	102,37	3,00	84,94	35,82	32,70	-35,82	-35,82	-6,08	-74,54		
201	29,74	-38,72	-37,04	-34,69	68,92	-35,76	109,99	102,37	3,00	84,94	108,03	101,18	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
202	29,74	-38,72	-37,69	-35,11	69,96	-36,3	109,99	102,37	3,00	84,94	109,93	102,40	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
203	29,74	-38,72	-10,12	-9,77	19,1	-9,92	109,99	102,37	3,00	84,94	29,52	28,50	-29,52	-29,52	0,22	-68,24		
204	29,74	-38,72	12,3	11,17	-22,57	11,7	101,28	110,28	3,00	84,62	35,88	32,58	35,88	35,88	65,62	-2,84		
205	29,74	-38,72	37,04	34,69	-68,92	35,76	101,28	110,28	3,00	84,62	108,03	101,18	84,62	84,62	114,36	45,90		
206	29,74	-38,72	37,69	35,11	-69,96	36,3	101,28	110,28	3,00	84,62	109,93	102,40	84,62	84,62	114,36	45,90		
207	29,74	-38,72	10,12	9,77	-19,1	9,92	101,28	110,28	3,00	84,62	29,52	28,50	29,52	29,52	59,26	-9,20		
208	29,74	-38,72	-12,3	-11,17	22,57	-11,7	109,99	102,37	3,00	84,94	35,88	32,58	-35,88	-35,88	-6,14	-74,60		
301	29,74	-38,72	-37,02	-34,72	68,92	-35,76	109,99	102,37	3,00	84,94	107,98	101,27	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
302	29,74	-38,72	-37,7	-35,08	69,95	-36,29	109,99	102,37	3,00	84,94	109,96	102,32	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
303	29,74	-38,72	-10,07	-9,88	19,12	-9,93	109,99	102,37	3,00	84,94	29,37	28,82	-29,37	-29,37	0,37	-68,09		
304	29,74	-38,72	12,34	11,07	-22,54	11,69	101,28	110,28	3,00	84,62	35,99	32,29	35,99	35,99	65,73	-2,73		
305	29,74	-38,72	37,02	34,72	-68,92	35,76	101,28	110,28	3,00	84,62	107,98	101,27	84,62	84,62	114,36	45,90		
306	29,74	-38,72	37,7	35,08	-69,95	36,29	101,28	110,28	3,00	84,62	109,96	102,32	84,62	84,62	114,36	45,90		
307	29,74	-38,72	10,07	9,88	-19,12	9,93	101,28	110,28	3,00	84,62	29,37	28,82	29,37	29,37	59,11	-9,35		
308	29,74	-38,72	-12,34	-11,07	22,54	-11,69	109,99	102,37	3,00	84,94	35,99	32,29	-35,99	-35,99	-6,25	-74,71		
401	29,74	-38,72	-36,97	-34,86	68,95	-35,78	109,99	102,37	3,00	84,94	107,83	101,68	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
402	29,74	-38,72	-37,65	-35,22	69,98	-36,31	109,99	102,37	3,00	84,94	109,81	102,73	-84,94	-84,94	-55,20	-123,66		
403	29,74	-38,72	-10,06	-9,92	19,13	-9,94	109,99	102,37	3,00	84,94	29,34	28,93	-29,34	-29,34	0,40	-68,06		
404	29,74	-38,72	12,33	11,11	-22,55	11,69	101,28	110,28	3,00	84,62	35,96	32,40	35,96	35,96	65,70	-2,76		
405	29,74	-38,72	36,97	34,86	-68,95	35,78	101,28	110,28	3,00	84,62	107,83	101,68	84,62	84,62	114,36	45,90		
406	29,74	-38,72	37,65	35,22	-69,98	36,31	101,28	110,28	3,00	84,62	109,81	102,73	84,62	84,62	114,36	45,90		
407	29,74	-38,72	10,06	9,92	-19,13	9,94	101,28	110,28	3,00	84,62	29,34	28,93	29,34	29,34	59,08	-9,38		
408	29,74	-38,72	-12,33	-11,11	22,55	-11,69	109,99	102,37	3,00	84,94	35,96	32,40	-35,96	-35,96	-6,22	-74,68		

## Έλεγχος σε διάτμηση της δοκού 1

### α) Διατομή 1-1



Σχ. 4.45 Δοκός 1 με τις ικανοτικές τέμνουσες

$$V_{CD,b1} = 125.82 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = +9.30 \text{ kN} \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1306$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d1}$$

## Προσδιορισμός της $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = \left[ \tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp} \right] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{3 * \pi \frac{(18 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 4.63 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{9.3kN}{0.60m * 0.30m} = 51.67 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 4.63 * 10^{-3}) + 0.15 * 51.67 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 63.68kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 63.68kN \geq 125.82kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

## Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}20 = 12.56 * 10^{-4} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού

πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{9.30kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 12.56 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -2739.44kN < 0kN$$



άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 125.82kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{9.30kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0039 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 125.82kN - 0.30 * 63.67kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 106.72kN$$

Είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης  
 $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης  
 $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{106.72kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 1.127 * 10^{-3} m = 11.27 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτητο Ø10/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(1cm)^2}{4}}{0.10m} = 15.70 \frac{cm^2}{m} > 11.27 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

1. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε  $\emptyset 10/10$  :  $8mm < 10mm < 12mm$  ισχύει
2. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\emptyset_L, 20\emptyset_w, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600mm}{3}, 10 * 18mm, 20 * 10mm, 200mm \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 180mm > 100mm$  ( $\emptyset 10/10$ ) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

1. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε  $\emptyset 10/10$  :  $10mm < 12mm$
2. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300mm \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \quad (1)$$

- $0.60d \leq 300\text{mm}$  για  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (2)

- $0.30d \leq 200\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (3)

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 125.82\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \leq 125.82\text{kN} \leq \frac{2}{3} * 594\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \leq 125.82\text{kN} \leq 396\text{kN}$$

Άρα ισχύει η δεύτερη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.60 * 0.55 * 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$   $\text{Ø}10/10$  ισχύει

3. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από  $500\text{mm}$ , εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

$$0.60d \leq 300\text{mm} \Rightarrow 0.60 * 550\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow 330\text{mm} \leq 300\text{mm}$$

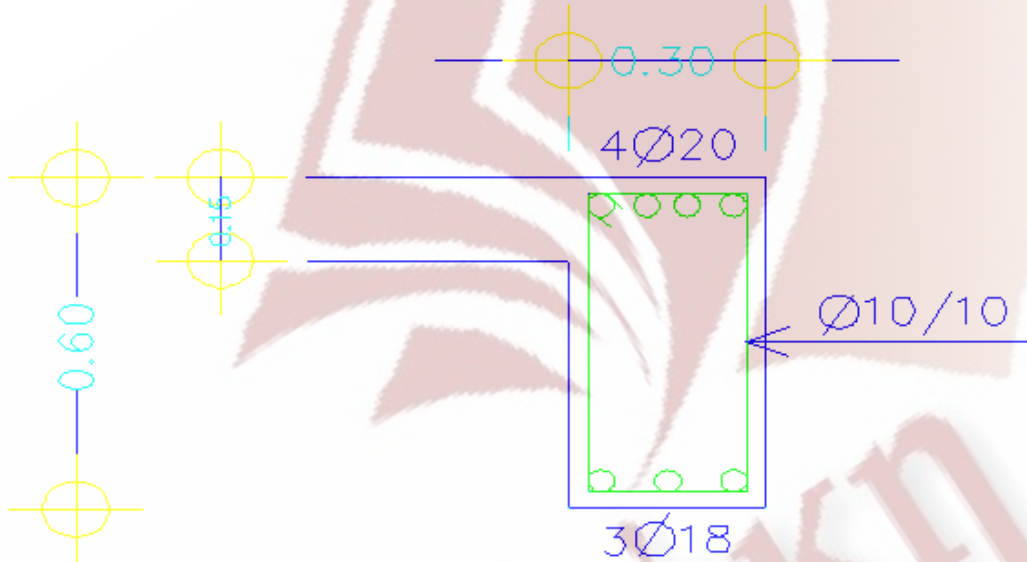
Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι  $300\text{mm}$



## Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 10) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 230 \text{mm} < 300 \text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 4.46 Διατομή 1-1 με οπλισμό καμπτικό και διατμητικό

### β) Διατομή 2-2

$$V_{CD,b2} = -147.78 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = +11.30 \text{ kN} \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1403$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d1}$$

## Προσδιορισμός της $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60 - d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4 * \pi \frac{(20 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 9.22 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{11.30kN}{0.60m * 0.30m} = 62.78 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 9.22 * 10^{-3}) + 0.15 * 62.78 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 72.22kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 72.22kN \geq 147.78kN$  δεν ισχύει άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

## Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\text{Ø}18 = 7.63 * 10^{-4} \text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού

πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{11.30kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 7.63 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -1381.06kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 147.78kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

### Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{11.30kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0047 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 147.78kN - 0.30 * 72.22kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 126.11kN$$



Είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης  
 $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης  
 $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{126.11kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} = 1.332 * 10^{-3} m = 13.32 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτμητο Ø10/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * (1cm)^2}{4 * 0.10m} = 15.70 \frac{cm^2}{m} > 13.32 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

3. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø10/10 : 8mm < 10mm < 12mm ισχύει
4. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_w, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600mm}{3}, 10 * 18mm, 20 * 10mm, 200mm \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 180mm > 100mm$  (Ø10/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

4. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø10/10 : 10mm < 12mm
5. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300mm \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300mm \quad \text{για } \frac{1}{5} V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2} \quad (2)$$

- $0.30d \leq 200\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (3)

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 147.78\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \leq 147.78\text{kN} \leq \frac{2}{3} * 594\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \leq 147.78\text{kN} \leq 396\text{kN}$$

Άρα ισχύει η δεύτερη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.60 * 0.55 * 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$  Ø10/10 ισχύει

6. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από  $500\text{mm}$ , εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

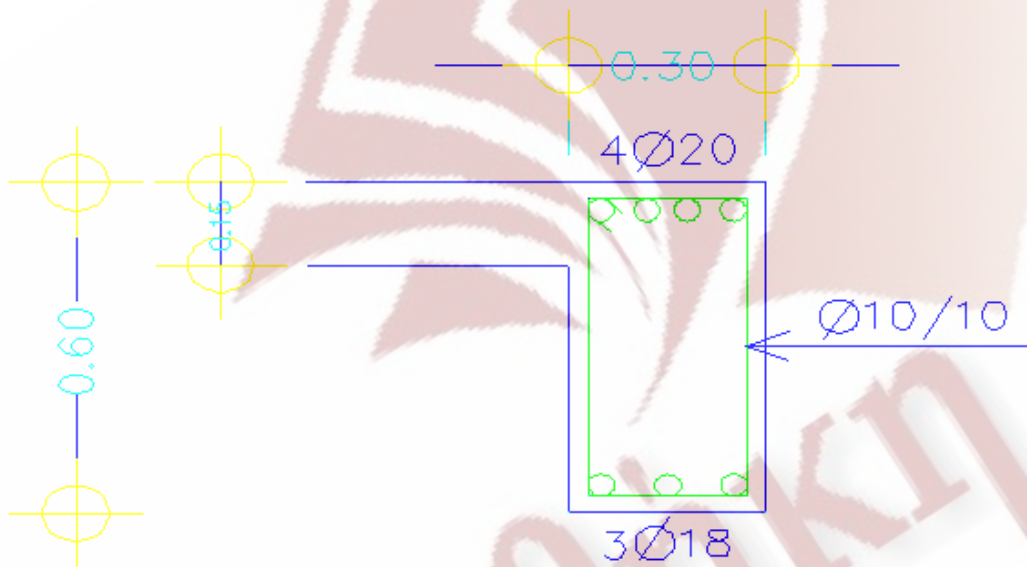
$$0.60d \leq 300\text{mm} \Rightarrow 0.60 * 550\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow 330\text{mm} \leq 300\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι  $300\text{mm}$

### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 10) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 230 \text{mm} < 300 \text{mm} \text{ ισχύει}$$

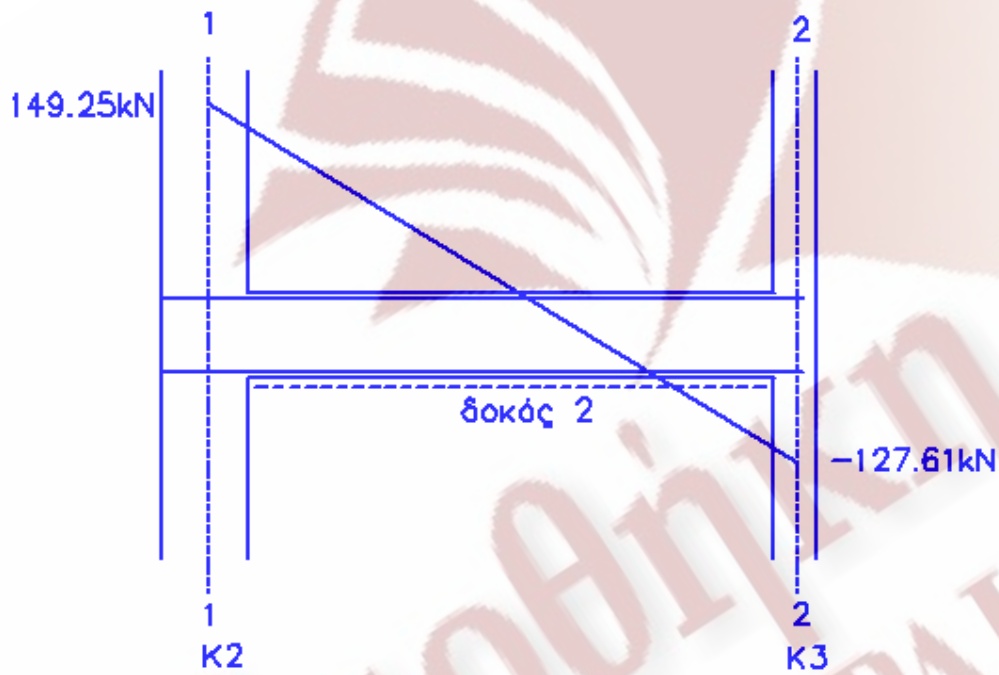


Σχ. 4.47 Διατομή 2-2 με σπλισμό καμπτικό και διατμητικό



## Έλεγχος σε διάτμηση της δοκού 2

### A) Διατομή 1-1



Σχ. 4.48 Δοκός 2 με τις ικανοτικές τέμνουσες

$$V_{CD,b1} = 149.25 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = +10.30 \text{ kN} \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού 1208}$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1), για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέννουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d1}$$

- Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4 * \pi \frac{(20 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 9.22 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{10.30kN}{0.60m * 0.30m} = 57.22 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 9.22 * 10^{-3}) + 0.15 * 57.22 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55 m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 72.08 kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 72.08 kN \geq 149.25 kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής ΕΚΩΣ 11.2.2

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594 kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\emptyset 18 = 7.63 * 10^{-4} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{10.30kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 7.63 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -1638.33kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 149.25kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός έναντι των τεμνουσών θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό (ΕΚΩΣ 11.2.3.2β) είναι

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{10.30kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0043 \geq -0.10$$

Άρα  $V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$



Οπότε:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3} = V_{wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 149.25\text{kN} - 0.30 \cdot 72.08\text{kN} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{wd} \geq 127.63\text{kN}$$

είναι:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης

$s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης

$a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{127.63\text{kN}}{0.90 * 0.55\text{m} * \frac{220 * 10^3 \text{ kN}}{1.15 \text{ m}^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 1.348 * 10^{-3} \text{ m} = 13.48 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Επιλέγω τρίμητο  $\emptyset 10/10$ :

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(1\text{cm})^2}{4}}{0.10\text{m}} = 15.70 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > 13.48 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ ισχύει}$$

### Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα  $C_{20/25}$  και  $S_w 220$  η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ 18.3.3

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

5. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε  $\emptyset 10/10$  :  $8mm < 10mm < 12mm$  ισχύει
6. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\emptyset_L, 20\emptyset_w, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600mm}{3}, 10 * 18mm, 20 * 10mm, 200mm \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 180mm > 100mm (\emptyset 10/10)$  ισχύει

## Μη κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ 18.3.4

7. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø10/10 : 10mm<12mm
8. Η μέγιστη απόσταση  $s_{max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

•  $0.80d \leq 300\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$  (1)

•  $0.60d \leq 300\text{mm}$  για  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (2)

•  $0.30d \leq 200\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (3)

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 149.25\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \leq 149.25\text{kN} \leq \frac{2}{3} * 594\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \leq 149.25\text{kN} \leq 396\text{kN}$$

Άρα ισχύει η δεύτερη περίπτωση άρα :  $s_{max} = 0.60 * 0.55 * 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow s_{max} = 300\text{mm} > 10\text{mm}$  Ø10/10 ισχύει

9. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

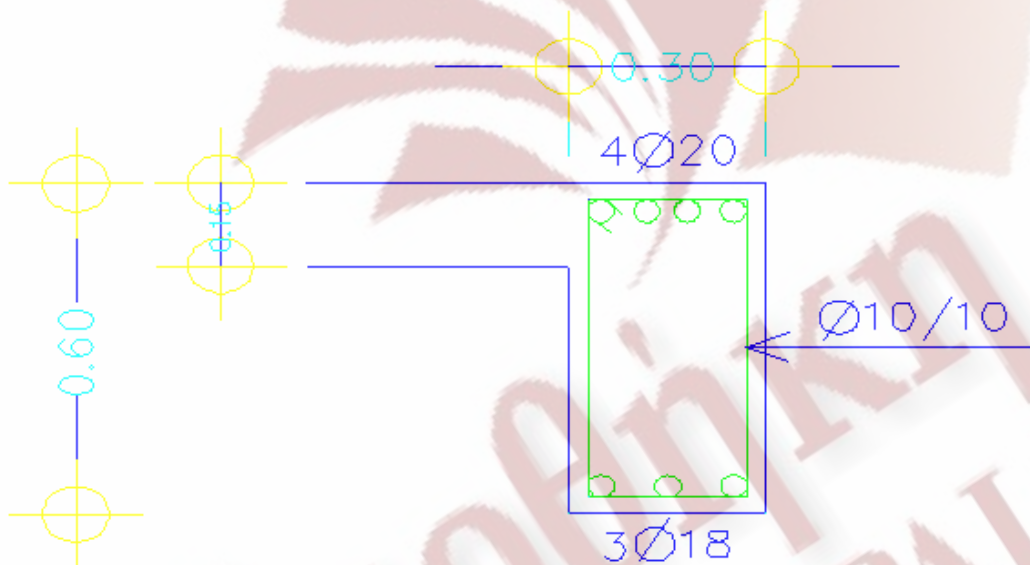
$$0.60d \leq 300\text{mm} \Rightarrow 0.60 * 550\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow 330\text{mm} \leq 300\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 300mm

Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των  
συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 10) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 230 \text{mm} < 300 \text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 4.49 Διατομή 1-1 με σπλισμό καμπτικό και διατμητικό

B) Διατομή 2-2

$$V_{CD,b2} = -127.61 \text{kN}$$

$$N_{sd} = +10.60 \text{kN} \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1403$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1), για να μην απαιτείται σπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:



$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d1}$$

- Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκουσ εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{3 * \pi \frac{(18 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 4.63 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{10.60kN}{0.60m * 0.30m} = 58.89 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 4.63 * 10^{-3}) + 0.15 * 58.89 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55 m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 63.85 kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b2} \Rightarrow 63.85 kN \geq 127.61 kN$  δεν ισχύει άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

## Έλεγχος επάρκειας διατομής ΕΚΩΣ 11.2.2

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30 m * 0.90 * 0.55 m \Rightarrow V_{R,d2} = 594 kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\emptyset 20 = 12.56 * 10^{-4} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{10.60kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 12.56 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -2732.22kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b2} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 147.78kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός έναντι των τεμνουσών θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό (ΕΚΩΣ 11.2.3.2β) είναι

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{10.60kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0044 \geq -0.10$$

Άρα  $V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$

Οπότε:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3} = V_{wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 127.61\text{kN} - 0.30 \cdot 63.85\text{kN} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{wd} \geq 108.46\text{kN}$$

είναι :

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης

$s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης

$a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{108.46\text{kN}}{0.90 * 0.55\text{m} * \frac{220 * 10^3 \text{ kN}}{1.15 \text{ m}^2}} = 1.145 * 10^{-3} \text{ m} = 11.45 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Επιλέγω δίτμητο  $\emptyset 10/10$ :

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(1\text{cm})^2}{4}}{0.10\text{m}} = 15.70 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > 11.45 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:



$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ 18.3.3

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

7. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø10/10 : 8mm < 10mm < 12mm ισχύει
8. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600mm}{3}, 10 * 18mm, 20 * 10mm, 200mm \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 180mm > 100mm$  (Ø10/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ 18.3.4

10. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø10/10 : 10mm < 12mm
11. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300mm \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \quad (1)$$

- $0.60d \leq 300\text{mm}$  για  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (2)

- $0.30d \leq 200\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (3)

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 147.78\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \leq 127.61\text{kN} \leq \frac{2}{3} * 594\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \leq 127.61\text{kN} \leq 396\text{kN}$$

Άρα ισχύει η δεύτερη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.60 * 0.55 * 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$   $\text{Ø}10/10$  ισχύει

12. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από  $500\text{mm}$ , εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

$$0.60d \leq 300\text{mm} \Rightarrow 0.60 * 550\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow 330\text{mm} \leq 300\text{mm}$$

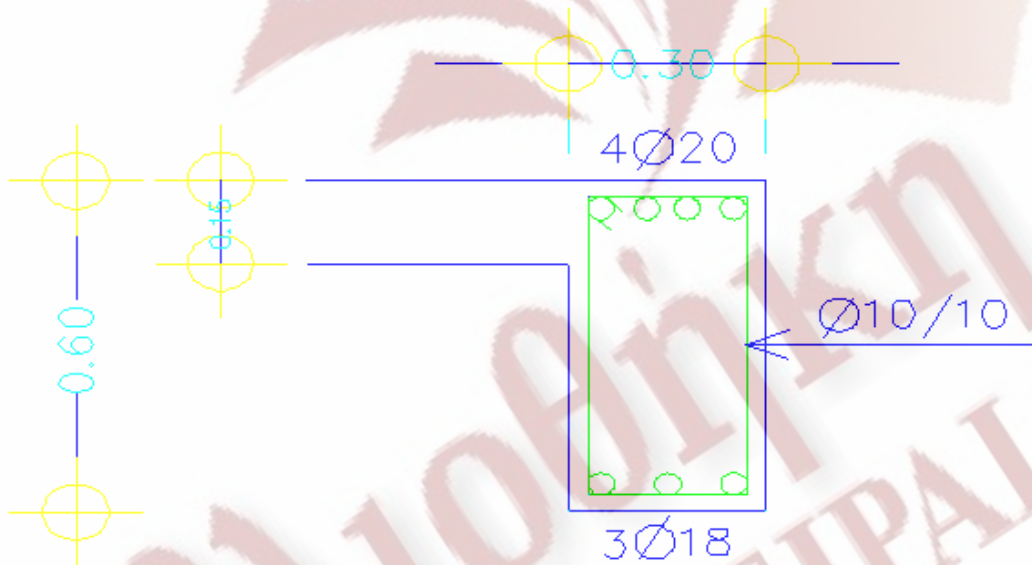
Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι  $300\text{mm}$

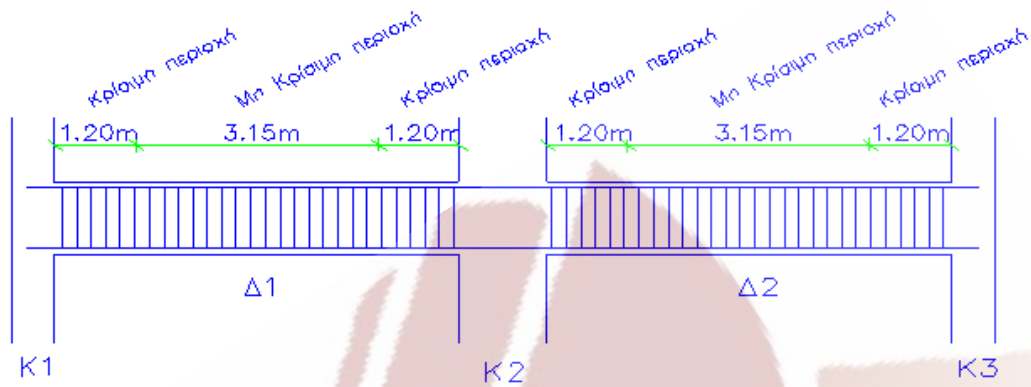
Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των  
συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 10) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 230 \text{mm} < 300 \text{mm} \text{ ισχύει}$$

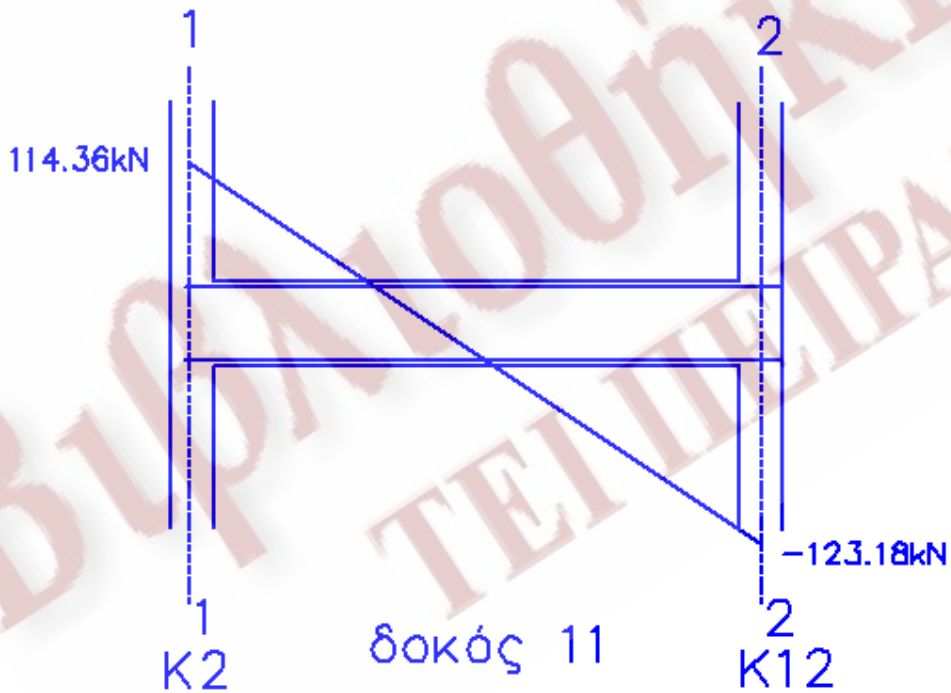
Τομή και Όψη





Σχ. 4.50 Τομή και Όψη των δοκών 1,2 με τους οπλισμούς τους καμπτικούς και τους διατμητικούς

Έλεγχος σε διάτμηση της δοκού 11



Σχ. 4.51 Δοκός 2 με τις ικανοτικές τέμνουσες



$$V_{CD,b1} = 114.36kN$$

$$N_{sd} = +6.80kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού 1306}$$

### A) Διατομή 1-1

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1), για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d1}$$

- Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60 - d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$\rho_l$   $\frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$

$\sigma_{cp}$   $\frac{N_{sd}}{A_c}$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{3 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 2.80 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{6.80kN}{0.60m * 0.30m} = 37.78 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 2.80 * 10^{-3}) + 0.15 * 37.78 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 60.03kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 63.33kN \geq 114.36kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

## Έλεγχος επάρκειας διατομής ΕΚΩΣ 11.2.2

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}14=4.62*10^{-4}\text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400\text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500\text{MPa}}{1.15} = 434.78\text{MPa} \geq 400\text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400\text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{6.80\text{kN} - 400 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2}{0.60\text{m} * 0.30\text{m}} = -988.89\text{kN} < 0\text{kN}$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 114.36\text{kN} \leq 594\text{kN}$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{6.80kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0028 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 114.36kN - 0.30 * 60.03kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 96.35kN$$

είναι :

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{96.35kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 1.017 * 10^{-3} m = 10.17 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτημο  $\emptyset 10/10$ :



$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(1cm)^2}{4}}{0.10m} = 15.70 \frac{cm^2}{m} > 10.17 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

### Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού σπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ 18.3.3

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

9. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø10/10 : 8mm < 10mm < 12mm ισχύει
10. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου

- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
- 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600\text{mm}}{3}, 10 \cdot 14\text{mm}, 20 \cdot 10\text{mm}, 200\text{mm} \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 140\text{mm} > 100\text{mm}$  ( $\phi 10/10$ ) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ 18.3.4

13. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε  $\phi 10/10 : 10\text{mm} < 12\text{mm}$
14. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

- $0.80d \leq 300\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$  (1)

- $0.60d \leq 300\text{mm}$  για  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (2)

- $0.30d \leq 200\text{mm}$  για  $V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2}$  (3)

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 125.82\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} \cdot 594\text{kN} \geq 114.36\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 114.36\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.80 \cdot 0.55 \cdot 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$   $\phi 10/10$  ισχύει

15. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \geq V_{CD,b1}$  ισχύει από προηγούμενως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

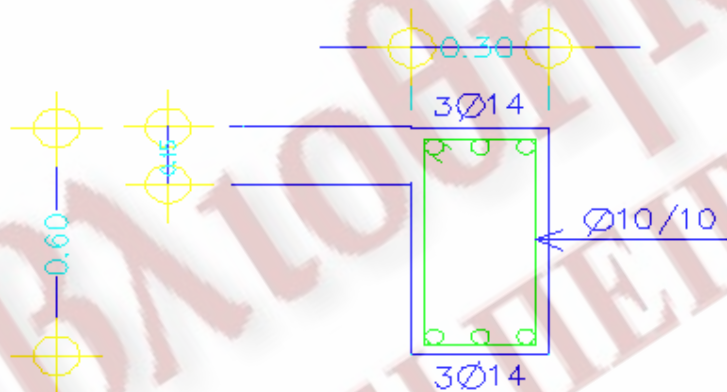
$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 500mm

### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 10)\text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 230\text{mm} < 500\text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 4.52 Διατομή 1-1 με σπλισμό καμπτικό και διατμητικό

### B) Διατομή 2-2

$$V_{CD,b2} = -123.18kN$$

$$N_{sd} = +5.00kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού } 1403$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1), για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d1}$$

- Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$\rho_l$   $\frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$

$\sigma_{cp}$   $\frac{N_{sd}}{A_c}$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$



$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 4.62 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{5.00kN}{0.60m * 0.30m} = 27.78 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 4.62 * 10^{-3}) + 0.15 * 27.78 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 59.79kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 59.79kN \geq 123.18kN$  δεν ισχύει άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\text{Ø}14 = 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού

πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400 \text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{MPa}}{1.15} = 434.78 \text{MPa} \geq 400 \text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 \text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{5.00 \text{kN} - 400 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2}{0.60 \text{m} * 0.30 \text{m}} = -998.89 \text{kN} < 0 \text{kN}$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 123.18 \text{kN} \leq 594 \text{kN}$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{5.00kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0028 \geq -0.10$$

Άρα  $V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$

Οπότε:

$$V_{CD,b} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 123.18kN - 0.30 * 59.79kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 105.24kN$$

είναι :

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{105.24kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} = 1.111 * 10^{-3} m = 11.11 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτμητο Ø10/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * (1cm)^2}{4 * 0.10m} = 15.70 \frac{cm^2}{m} > 11.11 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

### Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 15.70 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

11. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø10/10 : 8mm < 10mm < 12mm ισχύει
12. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_w, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600mm}{3}, 10 * 14mm, 20 * 10mm, 200mm \right\}$$



Άρα  $s_{\max}=140\text{mm}>100\text{mm}$  (Ø10/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

16. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø10/10 :  $10\text{mm}<12\text{mm}$

17. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 147.78\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \leq 123.18\text{kN} \leq \frac{2}{3} * 594\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \leq 123.18\text{kN} \leq 396\text{kN}$$

Άρα ισχύει η δεύτερη περίπτωση άρα :  $s_{\max}=0.60*0.55*10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow s_{\max}=300\text{mm}>100\text{mm}$  Ø10/10 ισχύει

18. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

$$0.60d \leq 300\text{mm} \Rightarrow 0.60 * 550\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow 330\text{mm} \leq 300\text{mm}$$

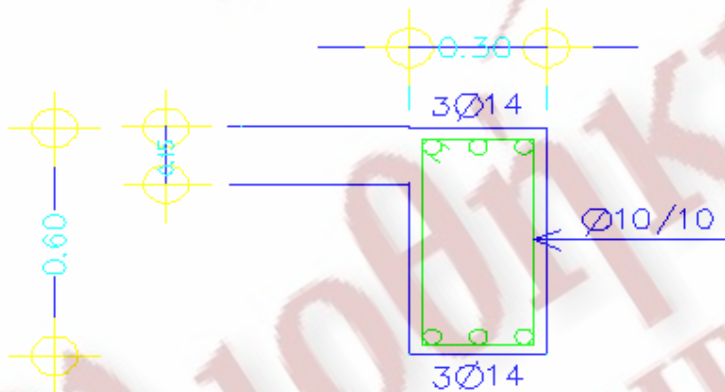
Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 300mm

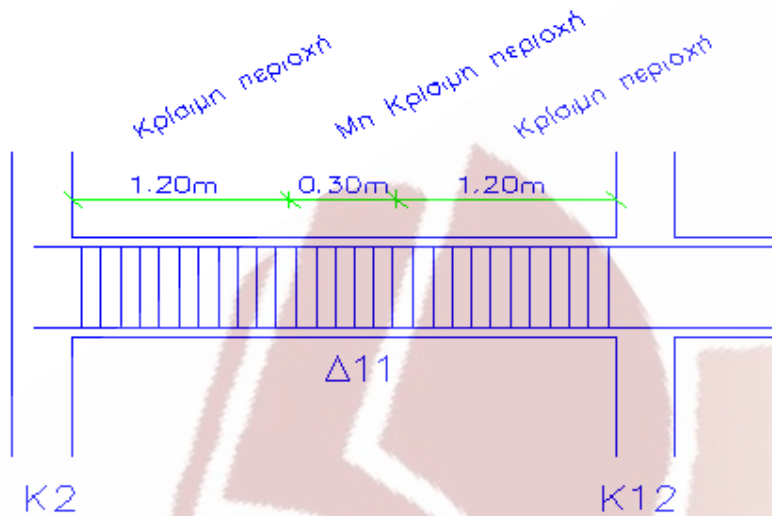
### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$b_w - 2*(\text{επικάλυψη}) - 2*\frac{1}{2}(\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2*30 - 2*\frac{1}{2}*10)\text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_{\text{πραγμ}} = 230\text{mm} < 300\text{mm} \text{ ισχύει}$$

### Τομή και Όψη





Σχ. 4.53 Τομή και Όψη της δοκού 11 με τους οπλισμούς τους καμπτικούς και τους διατμητικούς

#### 4.3.4 Υπολογισμός Υποστυλωμάτων σε διάτμηση ΕΑΚ(B.1.1)

Η σύμφωνα με τον ΕΑΚ Τέμνουσα σχεδιασμού στην διεύθυνση κάθε πλαισίου στο οποίο ανήκει το υποστώλιωμα είναι:

$$V_{CD,c} = 1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q * V_{E,c}$$

Όπου:

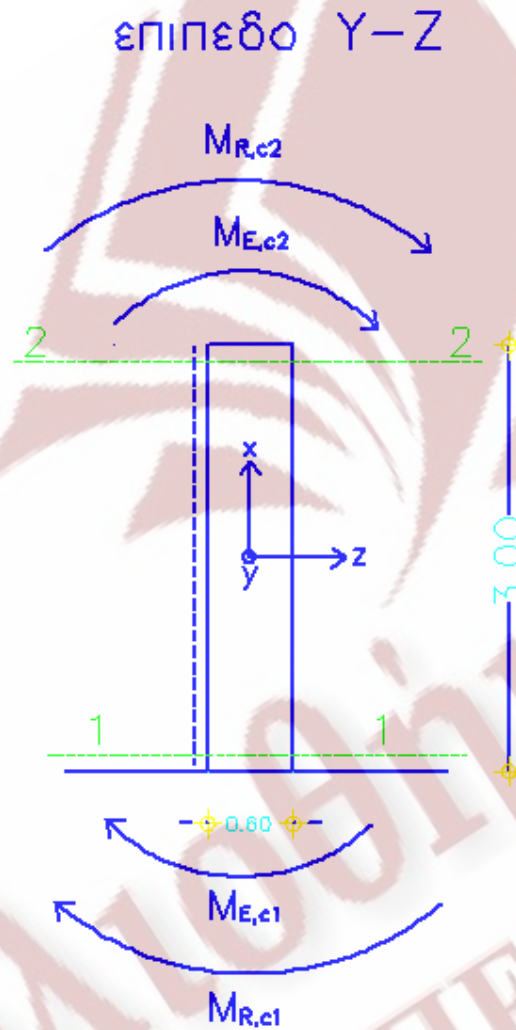
$M_{R,c1}, M_{R,c2}$  : είναι οι υπολογιστικές αντοχές σε κάμψη με αξονική δύναμη στα άκρα του υποστυλώματος, όπως ενεργοποιούνται από την σεισμική δράση. Θα χρησιμοποιηθεί η μέγιστη από τις τιμές που θα προκύψουν από δυο αντίθετες φορές της σεισμικής δράσης.

$V_{E,c}$  : είναι η σεισμική τέμνουσα του υποστυλώματος

$l_c$  είναι το μήκος του υποστυλώματος.

Υπολογισμός ικανοτικής τέμνουσας σχεδιασμού στο  $K_2$   
υποστύλωμα

A) Επίπεδο YOZ  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 4.54 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις ροπές για την εύρεση της τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{Ec,z} = 46.67kN$$

$$M_{Ec,1} = -89.03kNm$$

$$M_{Ec,2} = +51.87kNm$$

$$M_{Rc,1} = 522.38kNm$$

$$M_{Rc,2} = 524.83kNm$$





$$V_{Ec,z} = -40.61kN$$

$$M_{Ec,1} = +76.68kNm$$

$$M_{Ec,2} = -45.16kNm$$

$$M_{Rc,1} = 522.38kNm$$

$$M_{Rc,2} = 524.83kNm$$

$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q * V_{E,c,z}$$

$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} = 1.40 * \frac{522.38kNm + 524.83kNm}{3m} = 488.70kN$$

$$q * V_{E,c,z} = 3.50 * 40.61kN = 142.14kN$$

Άρα λόγω της ανίσωσης, για τον σεισμικό συνδυασμό αυτό λαμβάνεται τέμνουσα σχεδιασμού ίση με 142.14kN

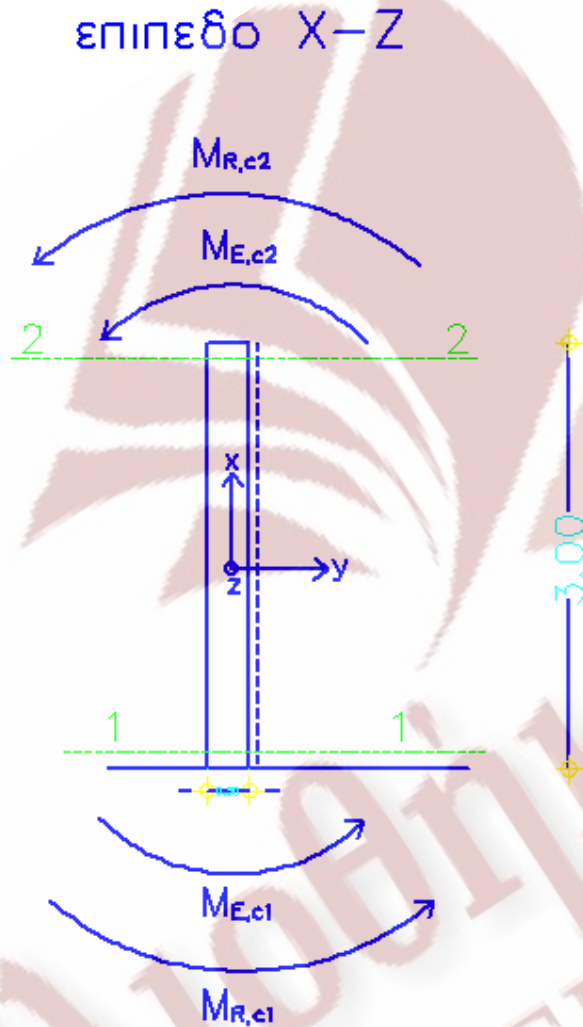
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Κατά τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος  $K_2$  κατά το επίπεδο Y-Z. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Συνδυασμός	$V_{E,c}$ (kN)	$M_{E,c1}$ (kNm)	$M_{E,c2}$ (kNm)	$M_{R,c1}$ (kNm)	$M_{R,c2}$ (kNm)	$l_c$ (m)	$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c}$ (kN)	$q * V_{E,c}$ (kN)	$V_{CD,c}$ (kN)
1101	46,67	-89,03	51,87	522,38	524,83	3,00	488,70	163,35	163,35
1102	-40,61	76,68	-45,16	522,38	524,83	3,00	488,70	142,14	142,14
1103	146,92	-278,04	162,73	522,38	524,83	3,00	488,70	514,22	488,70
1104	145,01	-274,32	160,71	522,38	524,83	3,00	488,70	507,54	488,70
1105	-46,97	89,03	-51,87	522,38	524,83	3,00	488,70	164,40	164,40
1106	40,61	-76,68	45,16	522,38	524,83	3,00	488,70	142,14	142,14
1107	-146,92	278,04	-162,73	522,38	524,83	3,00	488,70	514,22	488,70
1108	-145,01	274,32	-160,71	522,38	524,83	3,00	488,70	507,54	488,70
1201	34,08	-64,97	37,29	522,38	524,83	3,00	488,70	119,28	119,28
1202	-53,50	100,74	-59,75	522,38	524,83	3,00	488,70	187,25	187,25
1203	143,05	-270,81	158,35	522,38	524,83	3,00	488,70	500,68	488,70
1204	148,88	-281,55	165,09	522,38	524,83	3,00	488,70	521,08	488,70
1205	-34,08	64,97	-37,29	522,38	524,83	3,00	488,70	119,28	119,28
1206	53,50	-100,74	59,75	522,38	524,83	3,00	488,70	187,25	187,25
1207	-143,05	270,81	-158,35	522,38	524,83	3,00	488,70	500,68	488,70
1208	-148,88	281,55	-165,09	522,38	524,83	3,00	488,70	521,08	488,70
1301	37,00	-70,42	40,59	522,38	524,83	3,00	488,70	129,50	129,50
1302	-56,41	106,19	-63,05	522,38	524,83	3,00	488,70	197,44	197,44
1303	152,78	-288,98	169,36	522,38	524,83	3,00	488,70	534,73	488,70
1304	158,61	-299,72	176,11	522,38	524,83	3,00	488,70	555,14	488,70
1305	-37,00	70,42	-40,59	522,38	524,83	3,00	488,70	129,50	129,50
1306	56,41	-106,19	63,05	522,38	524,83	3,00	488,70	197,44	197,44
1307	-152,78	288,98	-169,36	522,38	524,83	3,00	488,70	534,73	488,70
1308	-158,61	299,72	-176,11	522,38	524,83	3,00	488,70	555,14	488,70
1401	49,89	-94,48	55,18	522,38	524,83	3,00	488,70	174,62	174,62
1402	-43,53	82,13	-48,46	522,38	524,83	3,00	488,70	152,36	152,36
1403	156,65	-296,21	173,75	522,38	524,83	3,00	488,70	548,28	488,70
1404	154,74	-292,49	171,73	522,38	524,83	3,00	488,70	541,59	488,70
1405	-49,89	94,48	-55,18	522,38	524,83	3,00	488,70	174,62	174,62
1406	43,53	-82,13	48,46	522,38	524,83	3,00	488,70	152,36	152,36
1407	-156,65	296,21	-173,75	522,38	524,83	3,00	488,70	548,28	488,70
1408	-154,74	292,49	-171,73	522,38	524,83	3,00	488,70	541,59	488,70

Τελικώς η τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος  $K_2$  για το επίπεδο Y-Z είναι:  $V_{CD,c,z} = 488.70kN$

B) Επίπεδο ΧΟΖ  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 4.56 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις ροπές για την εύρεση της τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{Ec,y} = -31.99kN$$

$$M_{Ec,1} = -52.55kNm$$

$$M_{Ec,2} = +43.44kNm$$

$$M_{Rc,1} = 228.98kNm$$

$$M_{Rc,2} = 233.03kNm$$

$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q * V_{E,c,z}$$



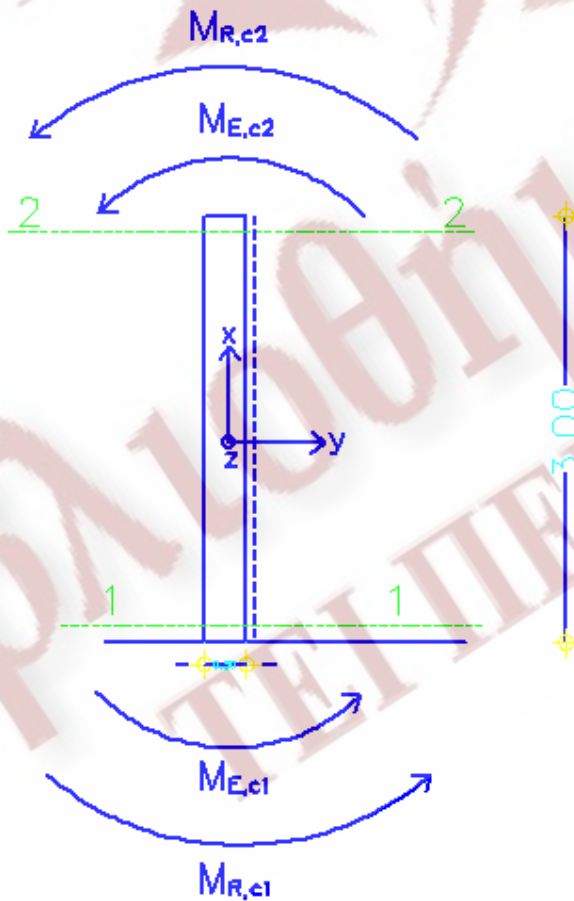
$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} = 1.40 * \frac{228.98kNm + 233.03kNm}{3m} = 215.60kN$$

$$q * V_{E,c,z} = 3.50 * 31.99kN = 111.97kN$$

συνεπώς τέμνουσα σχεδιασμού είναι ίση με 111.97kN

### Σεισμικός συνδυασμός 1102

επιπεδο X-Z



Σχ. 4.57 Υποστήλωμα K<sub>2</sub> με τις ροπές για την εύρεση της τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{Ec,y} = -32.18kN$$

$$M_{Ec,1} = -52.74kNm$$

$$M_{Ec,2} = +43.80kNm$$

$$M_{Rc,1} = 228.98kNm$$

$$M_{Rc,2} = 233.03kNm$$

$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q * V_{E,c,z}$$

$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} = 1.40 * \frac{228.98kNm + 233.03kNm}{3m} = 215.60kN$$

$$q * V_{E,c,z} = 3.50 * 32.18kN = 112.63kN$$

Άρα λόγω της ανίσωσης, για τον σεισμικό συνδυασμό αυτό λαμβάνεται τέμνουσα σχεδιασμού ίση με 112.63kN

Κατά τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς για την τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος K<sub>2</sub> κατά το επίπεδο X-Z. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

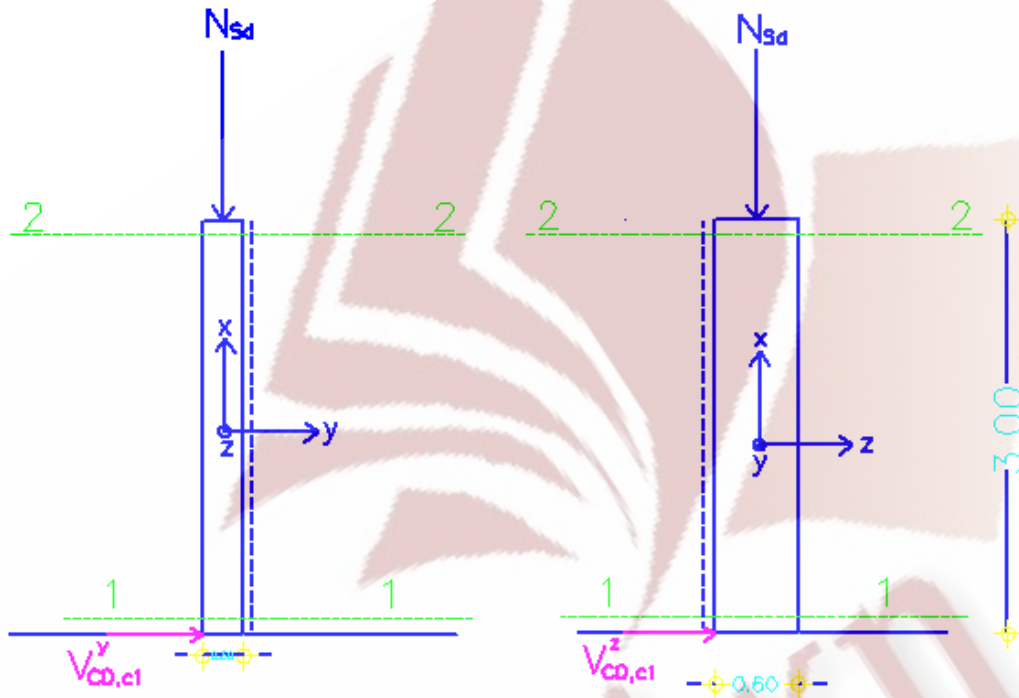
Συνδυασμός	$V_{E,c}$ (kN)	$M_{E,c1}$ (kNm)	$M_{E,c2}$ (kNm)	$M_{R,c1}$ (kNm)	$M_{R,c2}$ (kNm)	$l_c$ (m)	$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c}$ (kN)	$q * V_{E,c}$ (kN)	$V_{CD,c}$ (kN)
101	-31,99	-52,55	43,44	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
102	-32,18	-52,74	43,80	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
103	-9,32	-15,47	12,48	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
104	9,93	16,11	-13,69	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
105	31,99	52,55	-43,44	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
106	32,18	52,74	-43,80	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
107	9,32	15,47	-12,48	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
108	-9,93	-16,11	13,69	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
201	-31,99	-52,53	43,45	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
202	-32,18	-52,72	43,81	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
203	-9,32	-15,47	12,48	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
204	9,93	16,11	-13,69	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
205	31,99	52,53	-43,45	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
206	32,18	52,72	-43,81	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
207	9,32	15,47	-12,48	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
208	-9,93	-16,11	13,69	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
301	-31,99	-52,53	43,45	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
302	-32,18	-52,72	43,82	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
303	-9,32	-15,48	12,47	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
304	9,93	16,10	-13,70	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
305	31,99	52,53	-43,45	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
306	32,18	52,72	-43,82	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
307	9,32	15,48	-12,47	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
308	-9,93	-16,10	13,70	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
401	-31,99	-52,55	43,43	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
402	-32,18	-52,73	43,80	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
403	-9,32	-15,48	12,47	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
404	9,93	16,10	-13,70	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76
405	31,99	52,55	-43,43	228,98	233,03	3,00	215,60	111,97	111,97
406	32,18	52,73	-43,80	228,98	233,03	3,00	215,60	112,63	112,63
407	9,32	15,48	-12,47	228,98	233,03	3,00	215,60	32,62	32,62
408	-9,93	-16,10	13,70	228,98	233,03	3,00	215,60	34,76	34,76

Τελικώς η τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος  $K_2$  για το επίπεδο X-Z είναι:  $V_{CD,c,y} = 112.63kN$

## Έλεγχος σε διάτμηση του υποστύλωματος $K_2$

επιπεδο  $X-Z$

επιπεδο  $Y-Z$



Σχ. 4.58 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις τέμνουσες σχεδιασμού

### Διατομή 1-1

$$V_{CD,C1}^z = -488.70kN$$

$$V_{CD,C1}^y = -112.63kN$$

$$N_{sd} = -548.80kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1104$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1), για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd1}^z$$

$$V_{CD,C1}^y \leq V_{Rd1}^y$$



- Προσδιορισμός των  $V_{Rd1}^z$ ,  $V_{Rd1}^y$

- $V_{Rd1}^z = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60 - d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{8 * \pi \frac{(22 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 18.43 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{548.80kN}{0.60m * 0.30m} = 3048.89 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{Rd1}^z = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 18.63 * 10^{-3}) + 0.15 * 3048.89 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{Rd1}^z = 162.72kN$$

- $V_{Rd1}^y = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.25 = 1.35 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{8 * \pi \frac{(22 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.60m * 0.25m} \Rightarrow \rho_l = 20.27 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{548.80kN}{0.60m * 0.30m} = 3048.89 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{Rd1}^y = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.35 (1.20 + 40 * 20.27 * 10^{-3}) + 0.15 * 3048.89 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.60 * 0.25m^2$$

$$\Rightarrow V_{Rd1}^y = 174.47kN$$

Άρα  $V_{Rd1}^z \geq V_{CD,C1}^z \Rightarrow 162.72kN \geq 488.70kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Άρα  $V_{Rd1}^y \geq V_{CD,C1}^y \Rightarrow 174.47kN \geq 112.63kN$  ισχύει, άρα δεν απαιτείται σπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται οι σχέσεις:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd2}^z$$

$$V_{CD,C1}^y \leq V_{Rd2}^y$$

Υπολογισμός της  $V_{Rd2}^z$ :

$$V_{Rd2}^z = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$b_w = 0.30m$$

$$d = 0.55m$$

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{Rd2}^z = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{Rd2}^z = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{Rd2,red}^z$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}22=1.52 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400 \text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{MPa}}{1.15} = 434.78 \text{MPa} \geq 400 \text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 \text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{548.80 \text{kN} - 400 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.52 \cdot 10^{-3} \text{m}^2}{0.60 \text{m} \cdot 0.30 \text{m}} = +111.69 \text{kN} > 0 \text{kN}$$

άρα θα χρησιμοποιήσουμε τη  $V_{Rd2,red}^z$

$$V_{Rd2,red}^z = 1.67 \cdot V_{Rd2}^z \cdot \left(1.00 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}\right) = 1.67 \cdot 594 \text{kN} \cdot \left(1.00 - \frac{111.69 \text{kN}}{20 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}\right) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2,red}^z = 983.67 \text{kN} > V_{Rd2}^z = 594 \text{kN}$$

Άρα τελικά θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2}^z$

$$V_{Rd2}^z = 594 \text{kN} > V_{CD,C1}^z = 488.70 \text{kN} \quad \text{άρα δεν απαιτείται αλλαγή διατομής.}$$

Υπολογισμός της  $V_{Rd2}^y$ :

$$V_{Rd2}^y = \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0.90d$$

Όπου:

$$b_w = 0.60 \text{m}$$

$$d = 0.25 \text{m}$$

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$



$$\text{Άρα: } V_{Rd2}^y = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.60m * 0.90 * 0.25m \Rightarrow V_{Rd2}^y = 540kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{Rd2,red}^y$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}22 = 1.52 * 10^{-3} \text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400 \text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{MPa}}{1.15} = 434.78 \text{MPa} \geq 400 \text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 \text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{548.80kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.52 * 10^{-3} \text{m}^2}{0.60m * 0.30m} = +111.69kN > 0kN$$

άρα θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2,red}^y$

$$V_{Rd2,red}^y = 1.67 * V_{Rd2}^y * \left(1.00 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}\right) = 1.67 * 540kN * \left(1.00 - \frac{111.69kN}{\frac{20 * 10^3 \text{ kN}}{1.5 \text{ m}^2}}\right) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2,red}^y = 894.25kN > V_{Rd2}^y = 540kN$$

Άρα τελικά θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2}^y$

$V_{Rd2}^y = 540kN > V_{CD,C1}^y = 112.63kN$  άρα δεν απαιτείται αλλαγή διατομής.

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd3}^z$$

Όπου:

$$V_{Rd3}^z = V_{wd}^z + V_{cd}^z$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{-548.48kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = -0.23 \leq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd}^z = 0.90V_{Rd1}^z$$

Οπότε:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd3}^z = V_{wd}^z + 0.90V_{Rd1}^z \Rightarrow V_{wd}^z \geq V_{CD,C1}^z - 0.90V_{Rd1}^z = 488.70kN - 0.90 * 162.72kN \Rightarrow V_{wd}^z \geq 342.25kN$$

Είναι :

$$V_{wd}^z = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης  
 $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης  
 $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

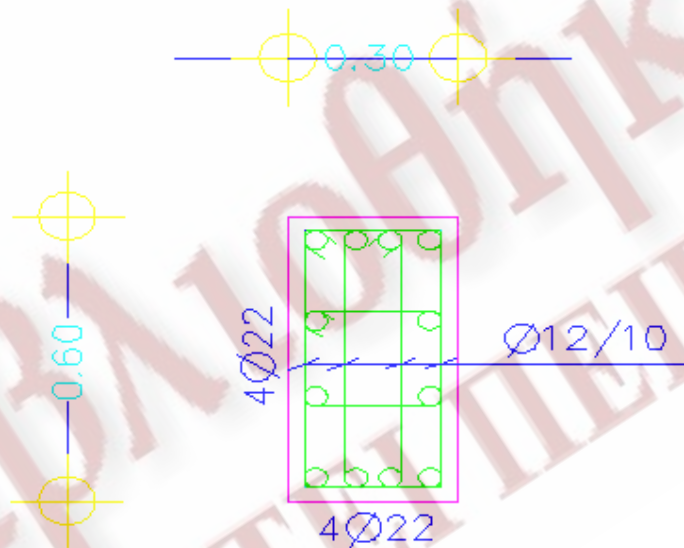
$$V_{wd}^z = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}^z}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{342.25kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3 kN}{1.15 m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 3.614 * 10^{-3} m = 36.14 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω τετράτμητο Ø12/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{4 * \pi * \frac{(1.2cm)^2}{4}}{0.10m} = 45.24 \frac{cm^2}{m} > 36.14 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 4.60 Διατομή του υποστυλώματος K<sub>2</sub> με τον οπλισμό καμπτικό και διατμητικό

## Έλεγχοι

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.4.4.1)

13. Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6mm ή από το  $\frac{1}{4}$  της μέγιστης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων, δηλαδή  $\frac{1}{4} * 22\text{mm} = 5.5\text{mm}$ . Άρα αφού έχουμε  $\varnothing 12/10$ :  $12\text{mm} > 6\text{mm}$  ισχύει.
14. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
- 12 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων
  - Τη μικρή πλευρά του υποστυλώματος
  - 300mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \{ 12 \min \varnothing_L, \min b, 300\text{mm} \} = \min \{ 12 * 22\text{mm}, 300\text{mm}, 300\text{mm} \} = 264\text{mm}$$

Άρα  $s_{\max} = 264\text{mm} > 100\text{mm}$  ( $\varnothing 12/10$ ) ισχύει

### Κρίσιμη περιοχή ΕΚΩΣ (18.4.4.1)

19. Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8 mm ή  $\frac{1}{3}$  της μέγιστης διαμέτρου διαμήκους ράβδου, δηλαδή  $\frac{1}{3} * 22\text{mm} = 7.33\text{mm}$ . Ισχύει αφού έχουμε  $\varnothing 12/10$ :  $12\text{mm} > 7.33\text{mm}$
20. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
- 8 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων
  - 50% της μικρότερης πλευράς του υποστυλώματος
  - 100mm

Δηλαδή:  $s_{\max} = \min \{ 8 \min \varnothing_L, 50\% \min b, 100\text{mm} \} = \{ 8 * 22\text{mm}, 50\% * 300\text{mm}, 100\text{mm} \} \Rightarrow s_{\max} = 100\text{mm}$

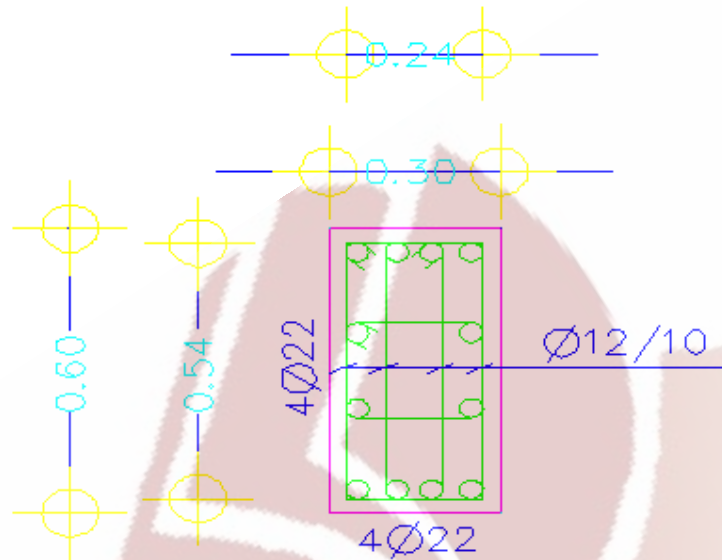
Ισχύει αφού έχουμε  $\varnothing 12/10$  άρα έχουμε απόσταση μεταξύ των συνδετήρων  $100\text{mm} \leq 100\text{mm} = s_{\max}$

### Προσδιορισμός της κρίσιμης περιοχής του υποστυλώματος $K_2$

Βάσει του ΕΚΩΣ 18.4.5 β) η κρίσιμη περιοχή είναι όλο το ύψος του υποστυλώματος και αυτό επειδή το υποστυλώμα έχει κατά το επίπεδο X-Z μόνο από την μια πλευρά του τοίχου πλήρωσης.

### Έλεγχος οπλισμού περίσφιγξης (ΕΚΩΣ 18.4.4.2)





Σχ. 4.61 Διατομή του υποστυλώματος K<sub>2</sub> με τον σπλισμό καμπτικό και διατμητικό

Στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός σπλισμός περίσφιγξης.

Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό σπλισμού περίσφιγξης :

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος\_κλειστών\_συνδετήρων} * f_{yd}}{\text{όγκος\_σκυροδέματος\_πυρήνα} * f_{cd}} = \frac{V_w^o}{V_{co}^o} * \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$V_w^o = 2[(24 + 54) + (8 + 54) + (18 + 24)]cm * A_{sw} = 364 * \pi * \frac{(1.2cm)^2}{4} = 411.67cm^3$$

$$V_{co}^o = (22 * 52)cm * s_w = 1144cm^2 * 10cm = 11440cm^3$$

$$\omega_{wd} = \frac{V_w^o}{V_{co}^o} * \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{411.67cm^3}{11440cm^3} * \frac{\frac{220 * 10^3 kN}{20 * 10^3 kN}}{\frac{1.15 m^2}{1.5 m^2}} = 0.52$$

Οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\alpha * \omega_{wd,lim} = 0.85 * v_d * (0.35 \frac{A_c}{A_o} + 0.15) - 0.035 \quad \mu\epsilon \quad \omega_{wd} \geq 0.10$$

Όπου:

$\alpha$  συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιγξης εξαρτώμενος από τη διάταξη των συνδετήρων,  $\alpha = \alpha_n * \alpha_s$

$A_c$  το εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος του υποστυλώματος

$A_o$  το εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος (πυρήνας)

$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}}$  ανηγμένο αξονικό φορτίο το οποίο σε κάθε περίπτωση οφείλει να

πληροί την συνθήκη  $v_d \leq 0.65$

$N_{sd}$  η τιμή σχεδιασμού του μέγιστου θλιπτικού φορτίου υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης εκτιμάται ως εξής:

1. Αναλόγως της διάταξης των συνδετήρων

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^n \frac{b_i^2}{6A_o}$$

Όπου:

$n$  αριθμός «κορυφών» συνδετήρων ή κόμβων με εγκάρσιους συνδέσμους που συγκρατούν διαμήκειες ράβδους

$b_i$  απόσταση μεταξύ διαδοχικών «κορυφών» ή «κόμβων», όχι μεγαλύτερη από 300mm

2. Αναλόγως της απόστασης των συνδετήρων

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2b_o}\right)^2$$

Όπου:

$s'$  η καθαρή ελεύθερη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων ( $s' < b_o / 2$ )

$b_o$  το πλάτος της διατομής του πυρήνα ( $A_o = b_o^2$ )

$$A_o = 22cm * 52cm = 1144cm^2$$

$$\bullet \alpha_n = 1 - \sum_1^n \frac{b_i^2}{6A_o} = 1 - \sum_1^{12} \frac{b_i^2}{6A_o} = 1 - (6 * \frac{(8cm)^2}{6 * 1144cm^2} + 6 * \frac{(18cm)^2}{6 * 1144cm^2}) \Rightarrow \alpha_n = 0.66$$

$$\bullet \alpha_s = (1 - \frac{s'}{2 * b_o})^2 = (1 - \frac{8.8cm}{2 * 22cm})^2 \Rightarrow \alpha_s = 0.64$$

$$\bullet \alpha = \alpha_n * \alpha_s = 0.66 * 0.64 \Rightarrow \alpha = 0.4224$$

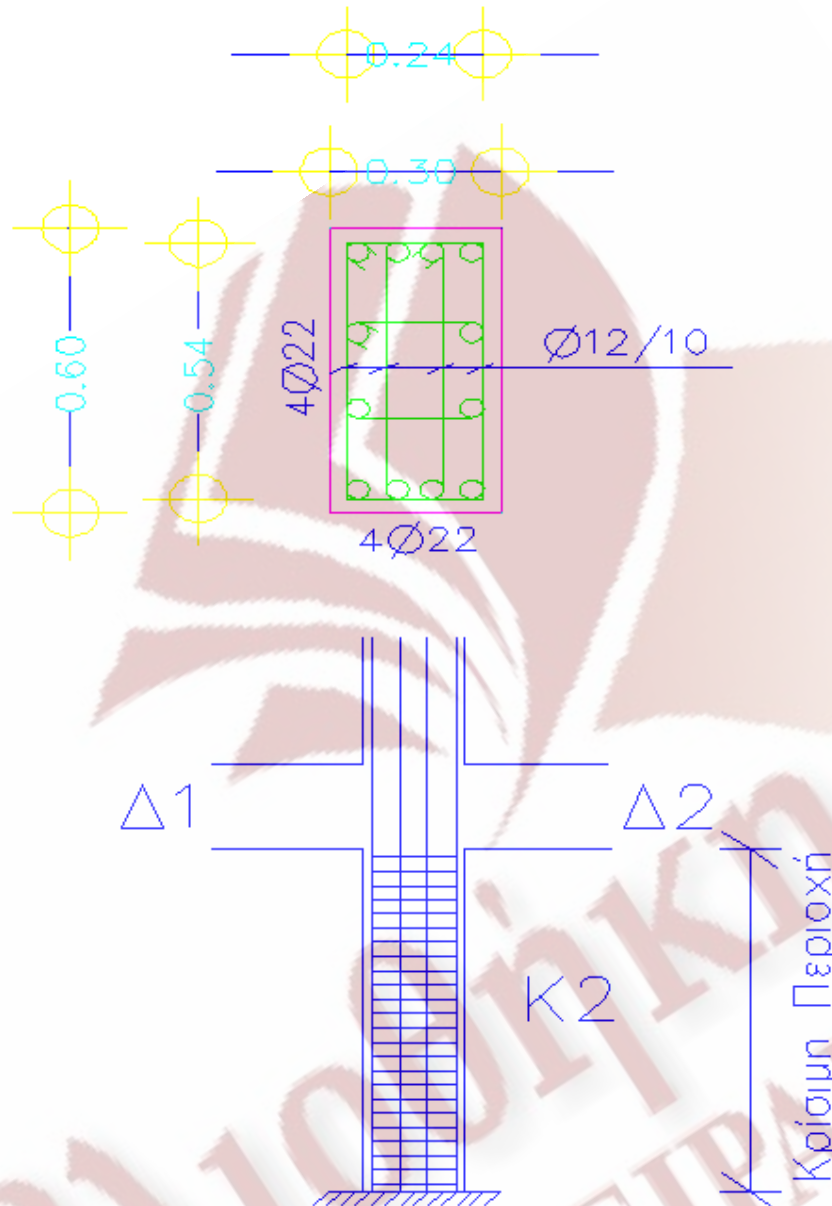
$$\bullet v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{548.80kN}{0.30m * 0.60m * \frac{20 * 10^3 kN}{1.5 m^2}} \Rightarrow v_d = 0.229$$

Άρα:

$$\alpha * \omega_{wd,lim} = 0.85 * v_d * (0.35 \frac{A_c}{A_o} + 0.15) - 0.035 \Rightarrow$$

$$\omega_{wd,lim} = \frac{0.85}{0.4224} * 0.229 * (0.35 \frac{0.30 * 0.60m^2}{0.22 * 0.52m^2} + 0.15) - \frac{0.035}{0.4224} \Rightarrow \omega_{wd,lim} = 0.24 > 0.10$$

Πρέπει :  $\omega_{wd} \geq \omega_{wd,lim} \Rightarrow 0.52 \geq 0.24$  ισχύει



Σχ. 4.62 Τομή και Όψη υποστυλώματος  $K_2$  με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

Παρατήρηση:

Το υποστύλωμα  $K_2$  είναι συμμετρικό ως προς την γεωμετρία του και τον οπλισμό του και τα φορτία ως προς τον τοπικό άξονά του  $X$  οπότε δεν χρειάζεται να ελέγξουμε την διατομή του 2-2 ισχύουν τα ίδια με την διατομή 1-1



## Μέρος Β: Στατικό σύστημα Β (με χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων)

### Κεφάλαιο 5

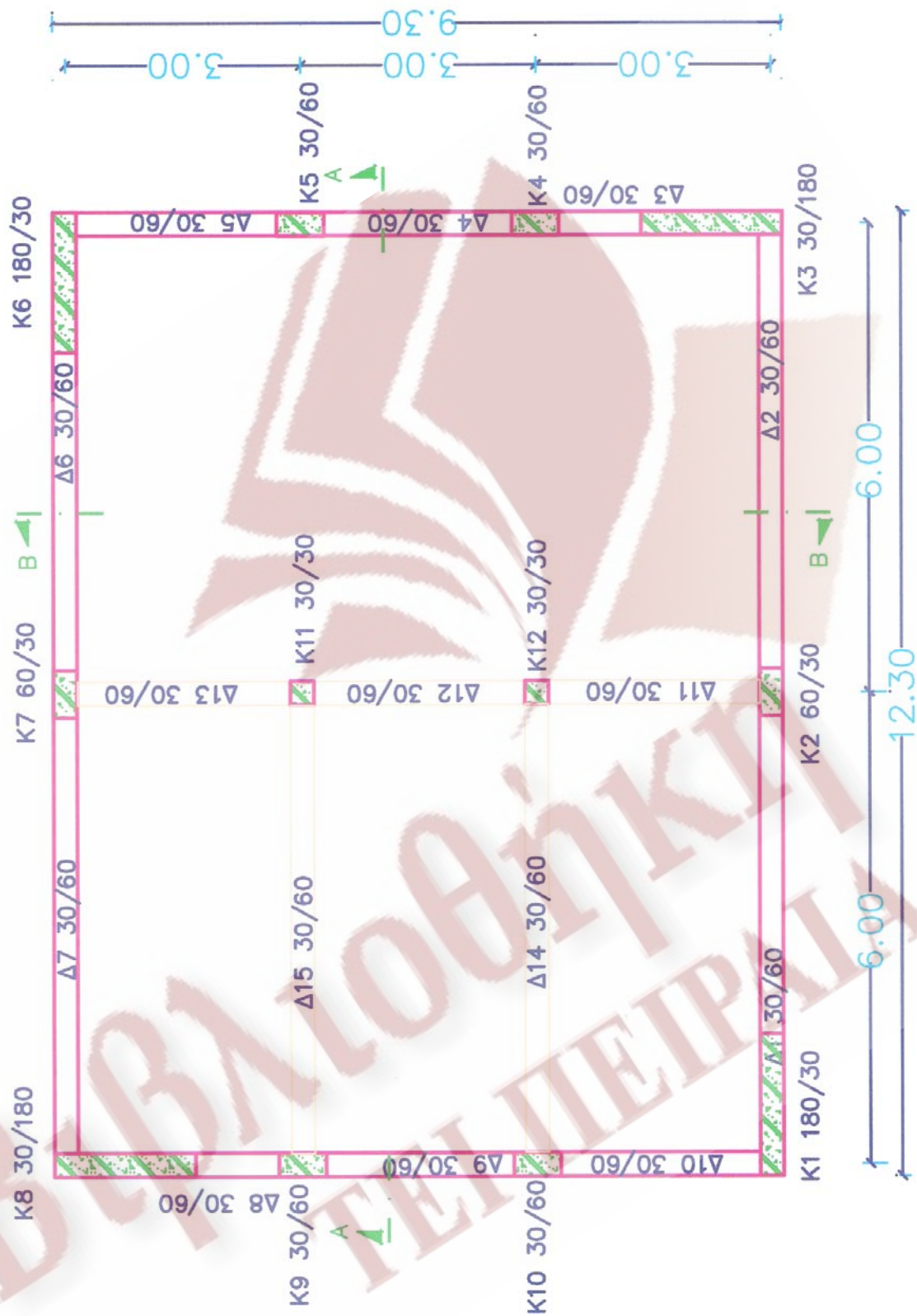
#### Παρουσίαση κτιρίου

Στο μέρος αυτό επιχειρείται η επίλυση του κτιρίου που παρουσιάστηκε στο μέρος Α, τη φορά αυτή όμως το στατικό του σύστημα μορφώνεται με χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων. Συγκεκριμένα στο τριώροφο κτίριο με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ορθογωνικής κάτοψης διαστάσεων  $9.30\text{m} \times 12.30\text{m}$ , με ύψος κάθε ορόφου  $3\text{m}$ , πάχος πλακών  $15\text{cm}$ , πάχος επικαλύψεων  $3\text{cm}$ , διαστάσεις δοκών  $30\text{cm} \times 60\text{cm}$ , διαστάσεις υποστλωμάτων  $K_{11} K_{12} : 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ ,  $K_2 K_4 K_5 K_7 K_9 K_{10} 30\text{cm} \times 60\text{cm}$ . Διαστάσεις τοιχωμάτων  $K_1 K_3 K_6 K_8 30\text{cm} \times 180\text{cm}$ , διαστάσεις τοιχοποιίας  $2.40\text{m} \times 0.30\text{m}$ .

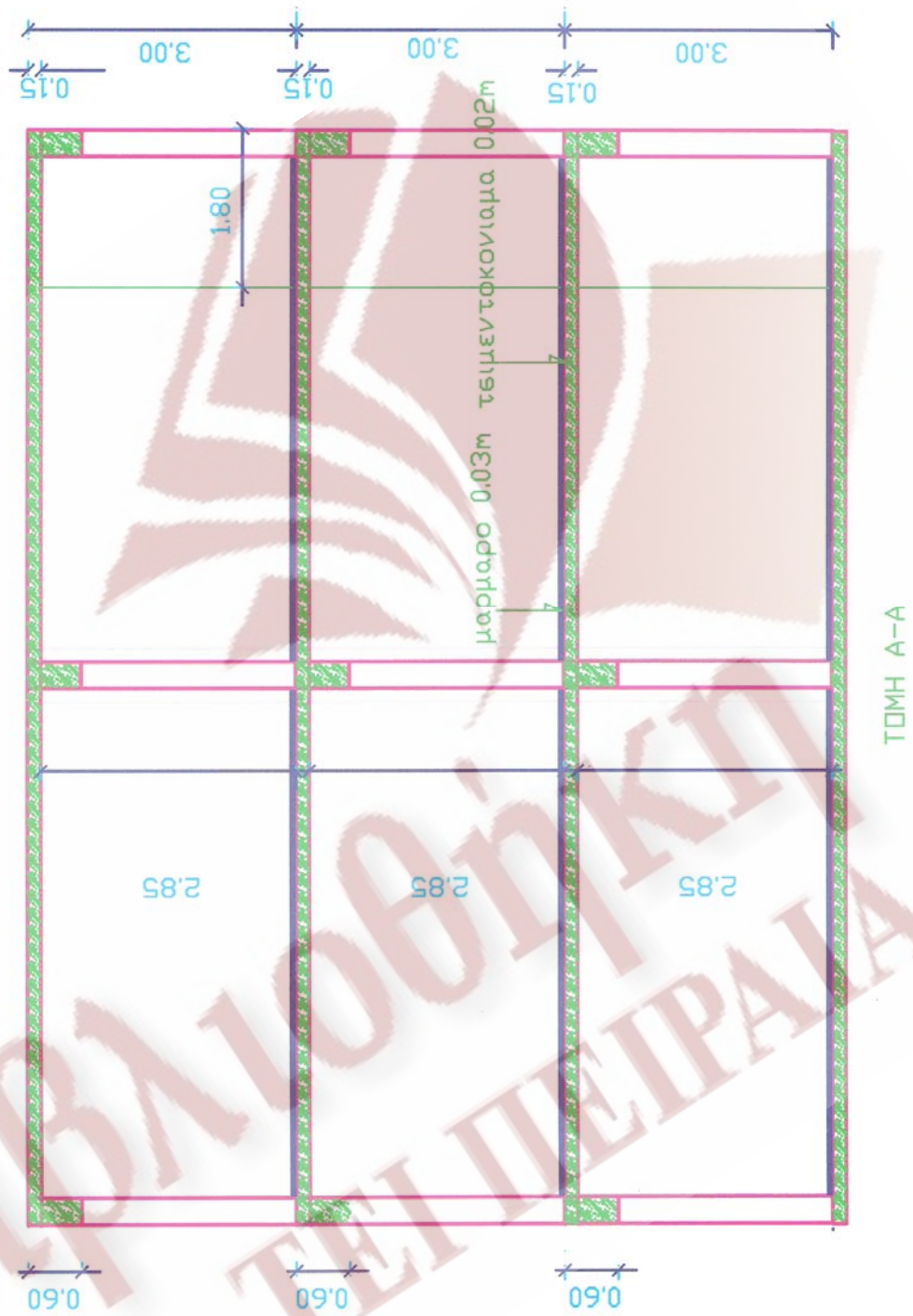
Ο κάθε όροφος χωρίζεται σε τέσσερις πλάκες  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ .

Το κτίριο κατασκευάζεται σε περιοχή που ανήκει σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας  $\Pi$ , σε έδαφος κατηγορίας Β και η σπουδαιότητα του κτιρίου είναι συνήθης.

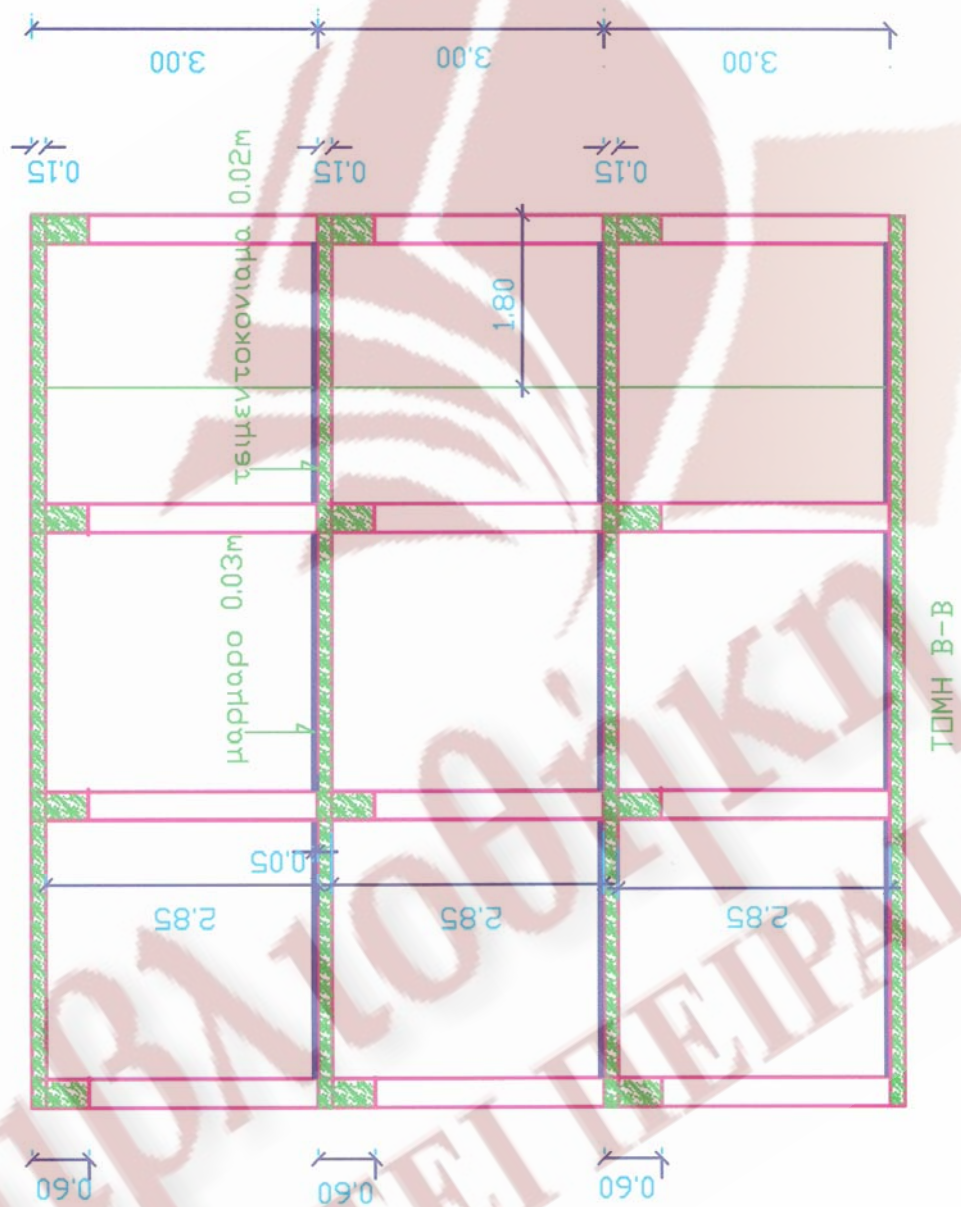
Ο ξυλότυπος του τυπικού ορόφου και οι σχηματικές τομές φαινονται στα σχήματα 5.1, 5.2, 5.3



Σχ. 5.1 Τυπική κάτοψη ορόφου κλίμακα 1:75



Σχ. 5.2 Τομή Α-Α κλίμακα 1:75



Σχ. 5.3 Τομή Β-Β κλίμακα 1:75



## Κεφάλαιο 6 Προσομοίωμα-Φορτίσεις- Συνδυασμοί δράσεων

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών και των μετακινήσεων των μελών του δομήματος από τις διάφορες δράσεις γίνεται ελαστική ανάλυση στο χώρο με χρήση του προγράμματος SOFISTIC.

Οι πλάκες των ορόφων προσομοιώνονται με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία ενώ οι δοκοί και οι στύλοι με ραβδόμορφα γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Τα διαμήκη οριζόντια μέλη τοποθετούνται στον άξονα των δοκών ενώ τα κατακόρυφα στους άξονες των υποστυλωμάτων. Κάθε στοιχείο έχει διατομή και αδρανειακά χαρακτηριστικά του μέλους που προσομοιώνει. Τα υποστυλώματα και τα τοιχώματα θεωρούνται πλήρως πακτωμένα στη βάση τους.

### 6.1 Προσομοίωμα

Η γεωμετρία και οι διατομές του προσομοιώματος παρουσιάζονται στις σελίδες που ακολουθούν

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Scale has been changed

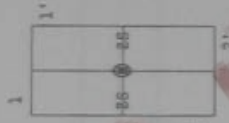
Cross section No 3  
A = 0.1800E 02  
IY = 0.3384E - 2, IZ = 0.1330E - 2, IXY = 0.3400E - 3 (m)

Υποστυλώματα



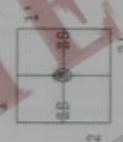
Cross section No 2  
A = 0.1800E 02  
IY = 0.3384E - 2, IZ = 0.1350E - 2, IXY = 0 (m)

Δοκοί



Cross section No 1  
A = 0.9000E - 1 (m2)  
IY = 0.1001E - 2, IZ = 0.6730E - 3, IXY = 0.4750E - 3 (m4)

Υποστυλώματα



Part Block

Record :

Εξ. 6.1 Στατικό Σύστημα Β, Διατομές Μελών

Scale has been changed

FORSTAL - STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

Cross section No 5  
A = 0.6500E0 (m2)  
Iy = 0.8721E-2, Iz = 0.2384E-2, Ixy = 0.1215E0 (m4)

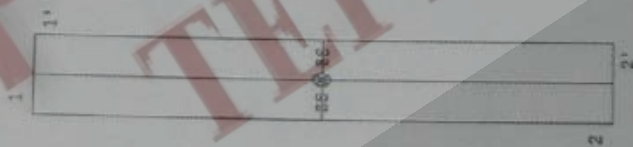
Τοιχώματα

44

-0.50 0.00 0.50 1.00 1.50 2.00 2.50

Cross section No 4  
A = 0.4500E0 (m2)  
Iy = 0.8721E-2, Iz = 0.2384E-2, Ixy = 0.1215E0 (m4)

Τοιχώματα



Part  
Block

..

Record :

Εκ. 6.9. Έκτακτο Είσπρα Β, Διατομή Μελών

Scale has been changed

M 1 86  
+ 0000  
+ 0000  
+ 0000  
+ 0000



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ct :  
ck :  
ord :

Σχ. 6.3 Χωρίς Προσομοίωση







Scale has been changed

3602	3604	3606	3608	3610	3612	3614	3616	3618	3620	3622	3624	3626	3628	3630	3632	3634
3552	3554	3556	3558	3560	3562	3564	3566	3568	3570	3572	3574	3576	3578	3580	3582	3584
3502	3504	3506	3508	3510	3512	3514	3516	3518	3520	3522	3524	3526	3528	3530	3532	3534
3452	3454	3456	3458	3460	3462	3464	3466	3468	3470	3472	3474	3476	3478	3480	3482	3484
3402	3404	3406	3408	3410	3412	3414	3416	3418	3420	3422	3424	3426	3428	3430	3432	3434
3352	3354	3356	3358	3360	3362	3364	3366	3368	3370	3372	3374	3376	3378	3380	3382	3384
3302	3304	3306	3308	3310	3312	3314	3316	3318	3320	3322	3324	3326	3328	3330	3332	3334
3252	3254	3256	3258	3260	3262	3264	3266	3268	3270	3272	3274	3276	3278	3280	3282	3284
3202	3204	3206	3208	3210	3212	3214	3216	3218	3220	3222	3224	3226	3228	3230	3232	3234
3152	3154	3156	3158	3160	3162	3164	3166	3168	3170	3172	3174	3176	3178	3180	3182	3184
3102	3104	3106	3108	3110	3112	3114	3116	3118	3120	3122	3124	3126	3128	3130	3132	3134
3052	3054	3056	3058	3060	3062	3064	3066	3068	3070	3072	3074	3076	3078	3080	3082	3084
3002	3004	3006	3008	3010	3012	3014	3016	3018	3020	3022	3024	3026	3028	3030	3032	3034

SECTOR OF SYSTEM, ELEMENT GROUP 3 4  
NODE AND ELEMENT NUMBERS

Part :  
Block :  
Record :

2<sup>nd</sup> Etage

Ex. 6.5. Αριθμοί κόμβων, μελών, επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων



Author : □  
 Program :

© (V11.07-99)

Structure : Cross sections

Date  
 09/15/06

Scale has been changed

M 1 : 50

6602	6604	6606	6608	6610	6612	6614	6616	6618	6620	6622	6624	6626	6628	6630	6632	6634
7352	6552	6554	6556	6558	6560	6562	6564	6566	6568	6570	6572	6574	6576	6578	6580	6582
6584	6586	6588	6590	6592	6594	6596	6598	6600	6602	6604	6606	6608	6610	6612	6614	6616
6618	6620	6622	6624	6626	6628	6630	6632	6634	6636	6638	6640	6642	6644	6646	6648	6650
6652	6654	6656	6658	6660	6662	6664	6666	6668	6670	6672	6674	6676	6678	6680	6682	6684
6686	6688	6690	6692	6694	6696	6698	6700	6702	6704	6706	6708	6710	6712	6714	6716	6718
6720	6722	6724	6726	6728	6730	6732	6734	6736	6738	6740	6742	6744	6746	6748	6750	6752
6754	6756	6758	6760	6762	6764	6766	6768	6770	6772	6774	6776	6778	6780	6782	6784	6786
6788	6790	6792	6794	6796	6798	6800	6802	6804	6806	6808	6810	6812	6814	6816	6818	6820
6822	6824	6826	6828	6830	6832	6834	6836	6838	6840	6842	6844	6846	6848	6850	6852	6854
6856	6858	6860	6862	6864	6866	6868	6870	6872	6874	6876	6878	6880	6882	6884	6886	6888
6890	6892	6894	6896	6898	6900	6902	6904	6906	6908	6910	6912	6914	6916	6918	6920	6922
6924	6926	6928	6930	6932	6934	6936	6938	6940	6942	6944	6946	6948	6950	6952	6954	6956
6958	6960	6962	6964	6966	6968	6970	6972	6974	6976	6978	6980	6982	6984	6986	6988	6990
6992	6994	6996	6998	7000	7002	7004	7006	7008	7010	7012	7014	7016	7018	7020	7022	7024
7026	7028	7030	7032	7034	7036	7038	7040	7042	7044	7046	7048	7050	7052	7054	7056	7058
7060	7062	7064	7066	7068	7070	7072	7074	7076	7078	7080	7082	7084	7086	7088	7090	7092
7094	7096	7098	7100	7102	7104	7106	7108	7110	7112	7114	7116	7118	7120	7122	7124	7126
7128	7130	7132	7134	7136	7138	7140	7142	7144	7146	7148	7150	7152	7154	7156	7158	7160
7162	7164	7166	7168	7170	7172	7174	7176	7178	7180	7182	7184	7186	7188	7190	7192	7194
7196	7198	7200	7202	7204	7206	7208	7210	7212	7214	7216	7218	7220	7222	7224	7226	7228
7230	7232	7234	7236	7238	7240	7242	7244	7246	7248	7250	7252	7254	7256	7258	7260	7262
7264	7266	7268	7270	7272	7274	7276	7278	7280	7282	7284	7286	7288	7290	7292	7294	7296
7298	7300	7302	7304	7306	7308	7310	7312	7314	7316	7318	7320	7322	7324	7326	7328	7330
7332	7334	7336	7338	7340	7342	7344	7346	7348	7350	7352	7354	7356	7358	7360	7362	7364
7366	7368	7370	7372	7374	7376	7378	7380	7382	7384	7386	7388	7390	7392	7394	7396	7398
7400	7402	7404	7406	7408	7410	7412	7414	7416	7418	7420	7422	7424	7426	7428	7430	7432
7434	7436	7438	7440	7442	7444	7446	7448	7450	7452	7454	7456	7458	7460	7462	7464	7466
7468	7470	7472	7474	7476	7478	7480	7482	7484	7486	7488	7490	7492	7494	7496	7498	7500
7502	7504	7506	7508	7510	7512	7514	7516	7518	7520	7522	7524	7526	7528	7530	7532	7534
7536	7538	7540	7542	7544	7546	7548	7550	7552	7554	7556	7558	7560	7562	7564	7566	7568
7570	7572	7574	7576	7578	7580	7582	7584	7586	7588	7590	7592	7594	7596	7598	7600	7602
7604	7606	7608	7610	7612	7614	7616	7618	7620	7622	7624	7626	7628	7630	7632	7634	7636
7638	7640	7642	7644	7646	7648	7650	7652	7654	7656	7658	7660	7662	7664	7666	7668	7670
7672	7674	7676	7678	7680	7682	7684	7686	7688	7690	7692	7694	7696	7698	7700	7702	7704
7706	7708	7710	7712	7714	7716	7718	7720	7722	7724	7726	7728	7730	7732	7734	7736	7738
7740	7742	7744	7746	7748	7750	7752	7754	7756	7758	7760	7762	7764	7766	7768	7770	7772
7774	7776	7778	7780	7782	7784	7786	7788	7790	7792	7794	7796	7798	7800	7802	7804	7806
7808	7810	7812	7814	7816	7818	7820	7822	7824	7826	7828	7830	7832	7834	7836	7838	7840
7842	7844	7846	7848	7850	7852	7854	7856	7858	7860	7862	7864	7866	7868	7870	7872	7874
7876	7878	7880	7882	7884	7886	7888	7890	7892	7894	7896	7898	7900	7902	7904	7906	7908
7910	7912	7914	7916	7918	7920	7922	7924	7926	7928	7930	7932	7934	7936	7938	7940	7942
7944	7946	7948	7950	7952	7954	7956	7958	7960	7962	7964	7966	7968	7970	7972	7974	7976
7978	7980	7982	7984	7986	7988	7990	7992	7994	7996	7998	8000	8002	8004	8006	8008	8010
8012	8014	8016	8018	8020	8022	8024	8026	8028	8030	8032	8034	8036	8038	8040	8042	8044
8046	8048	8050	8052	8054	8056	8058	8060	8062	8064	8066	8068	8070	8072	8074	8076	8078
8080	8082	8084	8086	8088	8090	8092	8094	8096	8098	8100	8102	8104	8106	8108	8110	8112
8114	8116	8118	8120	8122	8124	8126	8128	8130	8132	8134	8136	8138	8140	8142	8144	8146
8148	8150	8152	8154	8156	8158	8160	8162	8164	8166	8168	8170	8172	8174	8176	8178	8180
8182	8184	8186	8188	8190	8192	8194	8196	8198	8200	8202	8204	8206	8208	8210	8212	8214
8216	8218	8220	8222	8224	8226	8228	8230	8232	8234	8236	8238	8240	8242	8244	8246	8248
8250	8252	8254	8256	8258	8260	8262	8264	8266	8268	8270	8272	8274	8276	8278	8280	8282
8284	8286	8288	8290	8292	8294	8296	8298	8300	8302	8304	8306	8308	8310	8312	8314	8316
8318	8320	8322	8324	8326	8328	8330	8332	8334	8336	8338	8340	8342	8344	8346	8348	8350
8352	8354	8356	8358	8360	8362	8364	8366	8368	8370	8372	8374	8376	8378	8380	8382	8384
8386	8388	8390	8392	8394	8396	8398	8400	8402	8404	8406	8408	8410	8412	8414	8416	8418
8420	8422	8424	8426	8428	8430	8432	8434	8436	8438	8440	8442	8444	8446	8448	8450	8452
8454	8456	8458	8460	8462	8464	8466	8468	8470	8472	8474	8476	8478	8480	8482	8484	8486
8488	8490	8492	8494	8496	8498	8500	8502	8504	8506	8508	8510	8512	8514	8516	8518	8520
8522	8524	8526	8528	8530	8532	8534	8536	8538	8540	8542	8544	8546	8548	8550	8552	8554
8556	8558	8560	8562	8564	8566	8568	8570	8572	8574	8576	8578	8580	8582	8584	8586	8588
8590	8592	8594	8596	8598	8600	8602	8604	8606	8608	8610	8612	8614	8616	8618	8620	8622
8624	8626	8628	8630	8632	8634	8636	8638	8640	8642	8644	8646	8648	8650	8652	8654	8656
8658	8660	8662	8664	8666	8668	8670	8672	8674	8676	8678	8680	8682	8684	8686	8688	8690
8692	8694	8696	8698	8700	8702	8704	8706	8708	8710	8712	8714	8716	8718	8720	8722	8724
8726	8728	8730	8732	8734	8736	8738	8740	8742	8744	8746	8748	8750	8752	8754	8756	8758
8760	8762	8764	8766	8768	8770	8772	8774	8776	8778	8780	8782	8784	8786	8788	8790	8792
8794	8796	8798	8800	8802	8804	8806	8808	8810	8812	8814	8816	8818	8820	8822	8824	8826
8828	8830	8832	8834	8836	8838	8840	8842	8844	8846	8848	8850	8852	8854	8856	8858	8860
8862	8864	8866	8868	8870	8872	8874	8876	8878	8880	8882	8884	8886	8888	8890	8892	8894
8896	8898	8900	8902	8904	8906	8908	8910	8912	8914	8916	8918	8920	8922	8924	8926	8928
8930	8932	8934	8936	8938	8940	8942	8944	8946	8948	8950	8952	8954	8956	8958	8960	8962
8964	8966	8968	8970	8972	8974	8976	8978	8980	8982	8984	8986	8988	8990	8992	8994	8996
8998	9000	9002	9004	9006	9008	9010	9012	9014	9016	9018	9020	9022	9024	9026	9028	9030
9032	9034	9036	9038	9040	9042	9044	9046	9048	9050	9052	9054	9056	9058	9060	9062	9064





## 6.2 Φορτίσεις -Συνδασμοί

Επειδή με το στατικό σύστημα του που χρησιμοποιήσαμε στο Α μέρος της πτυχιακής σε σχέση με το Β μέρος της πτυχιακής, η διαφορά των στατικών φορτίων της κατασκευής είναι ελάχιστη, άρα και οι φορτίσεις λόγω των διαφόρων σεισμικών φορτίων θα διαφέρουν ελάχιστα, για αυτό το λόγο θεωρούμε πως οι φορτίσεις των διαφόρων σεισμών θα είναι ίδιες και στο στατικό σύστημα Β

## Κεφάλαιο 7

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται η διαστασιολόγηση του ίδιου κόμβου που εξετάζουμε στο μέρος Α της εργασίας αυτής. Στην περίπτωση αυτή και σύμφωνα με τον ΕΑΚ 4.1.4.2 β. η εφαρμογή του ικανοτικού σχεδιασμού στα υποστυλώματα του τριώροφου κτιρίου μας δεν είναι υποχρεωτική, διότι το κτίριο αποτελείται από πλαίσια με επαρκή και επαρκώς οπλισμένα τοιχώματα από σκυρόδεμα, με κατάλληλη διάταξη (βλέπε επόμενη παράγραφο 7.1). Δεν χρειάζεται δηλαδή να κάνουμε ικανοτικό σχεδιασμό των κόμβων ως προς το φαινόμενο της κάμψης, όσον αφορά όμως την διάτμηση σύμφωνα με τον ΕΑΚ θα χρησιμοποιηθούν όπως και στο κτίριο με το στατικό σύστημα Α (χρήσης μόνον υποστυλωμάτων) οι ικανοτικές τέμνουσες. Τέλος θα επιχειρηθεί η διαστασιολόγηση και όπλιση έναντι κάμψης και διάτμησης ενός τοιχώματος του κτιρίου.

### Κεφάλαιο 7.1 Έλεγχος απαλλαγής από τον ικανοτικό σχεδιασμό

#### Α) Έλεγχος επάρκειας τοιχωμάτων για την απαλλαγή από τον ικανοτικό σχεδιασμό

Σύμφωνα με τον (ΕΑΚ 4.1.4.2 β[2]) επαρκή θεωρούνται τα τοιχώματα σε μία διεύθυνση, όταν στην διεύθυνση αυτή ο λόγος  $\eta_v$  = τέμνουσα τοιχωμάτων στη βάση δια της συνολικής τέμνουσας στη βάση, ικανοποιεί την συνθήκη:

$$\eta_v > 0.60$$

Διεύθυνση X

ΣΕΙΣΜΟΙ	K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8		K9		K10		K11		K12		Ου.ολικό		Ομοιότητες		η <sub>v</sub>
	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	
101	-11,27	-7,21	-236,98	-25,30	-4,96	-34,48	-33,20	-4,98	-26,09	-227,34	-7,26	-11,67	-630,74	-487,26	0,77														
102	-12,26	-7,23	-241,76	-25,83	-4,94	-35,13	-31,70	-4,90	-28,62	-217,55	-7,15	-13,65	-630,72	-485,22	0,77														
103	-1,86	-2,14	-63,84	-6,80	-1,51	-9,35	-12,23	-1,62	-3,98	-83,04	-2,35	-0,50	-189,22	-149,24	0,79														
104	5,19	2,20	79,79	8,54	1,45	11,54	7,23	1,35	12,44	50,41	1,98	7,09	189,21	142,48	0,75														
105	11,27	7,21	286,98	25,30	4,96	34,48	33,20	4,98	26,09	227,34	7,26	11,67	630,74	487,26	0,77														
106	12,26	7,23	241,76	25,83	4,94	35,13	31,70	4,90	28,62	217,55	7,15	13,65	630,72	485,22	0,77														
107	1,86	2,14	63,84	6,80	1,51	9,35	12,23	1,62	3,98	83,04	2,35	0,50	189,22	149,24	0,79														
108	-5,19	-2,20	-79,79	-8,54	-1,45	-11,54	-7,23	-1,35	-12,44	-50,41	-1,98	-7,09	-189,21	-142,48	0,75														
201	-13,08	-7,22	-203,09	-29,42	-4,95	-29,47	-38,22	-4,99	-21,99	-261,19	-7,26	-9,85	-630,73	-487,21	0,77														
202	-14,07	-7,23	-207,88	-29,95	-4,93	-30,13	-36,72	-4,91	-24,53	-251,40	-7,15	-11,83	-630,73	-485,18	0,77														
203	-2,41	-2,14	-53,66	-8,03	-1,51	-7,84	-13,74	-1,62	-2,75	-93,21	-2,35	0,04	-189,22	-149,24	0,79														
204	5,74	2,20	69,61	9,78	1,45	10,03	8,74	1,35	11,21	60,58	1,98	6,55	189,22	142,48	0,75														
205	13,08	7,22	203,09	29,42	4,95	29,47	38,22	4,99	21,99	261,19	7,26	9,85	630,73	487,21	0,77														
206	14,07	7,23	207,88	29,95	4,93	30,13	36,72	4,91	24,53	251,40	7,15	11,83	630,73	485,18	0,77														
207	2,41	2,14	53,66	8,03	1,51	7,84	13,74	1,62	2,75	93,21	2,35	-0,04	189,22	149,24	0,79														
208	-5,74	-2,20	-69,61	-9,78	-1,45	-10,03	-8,74	-1,35	-11,21	-60,58	-1,98	-6,55	-189,22	-142,48	0,75														
301	-12,68	-7,21	-210,52	-28,51	-4,95	-30,57	-37,11	-4,98	-22,89	-253,77	-7,26	-10,25	-630,70	-487,22	0,77														
302	-14,47	-7,24	-200,44	-30,85	-4,93	-29,03	-37,82	-4,91	-23,62	-258,83	-7,15	-11,43	-630,72	-485,17	0,77														
303	-1,08	-2,13	-78,44	-5,00	-1,52	-11,52	-10,06	-1,61	-5,76	-68,45	-2,35	-1,30	-189,22	-149,27	0,79														
304	7,07	2,20	44,84	12,81	1,45	6,36	12,42	1,35	8,19	85,34	1,98	6,21	189,22	142,46	0,75														
305	12,68	7,21	210,52	28,51	4,95	30,57	37,11	4,98	22,89	253,77	7,26	10,25	630,70	487,22	0,77														
306	14,47	7,24	200,44	30,85	4,93	29,03	37,82	4,91	23,62	258,83	7,15	11,43	630,72	485,17	0,77														
307	1,08	2,13	78,44	5,00	1,52	11,52	10,06	1,61	5,76	68,45	2,35	1,30	189,22	149,27	0,79														
308	-7,07	-2,20	-44,84	-12,81	-1,45	-6,36	-12,42	-1,35	-8,19	-85,34	-1,98	-5,21	-189,22	-142,46	0,75														
401	-10,87	-7,21	-244,41	-24,39	-4,96	-35,58	-32,09	-4,98	-26,99	-219,91	-7,26	-12,07	-630,72	-487,26	0,77														
402	-12,66	-7,23	-234,33	-26,74	-4,94	-34,03	-32,80	-4,90	-27,72	-224,97	-7,15	-13,25	-630,72	-485,21	0,77														
403	-0,53	-2,13	-88,62	-3,77	-1,52	-13,02	-8,55	-1,61	-6,99	-58,28	-2,35	-1,84	-189,21	-149,27	0,79														
404	6,53	2,20	55,02	11,57	1,45	7,87	10,92	1,35	9,42	75,17	1,98	6,75	189,23	142,47	0,75														
405	10,87	7,21	244,41	24,39	4,96	35,58	32,09	4,98	26,99	219,91	7,26	12,07	630,72	487,26	0,77														
406	12,66	7,23	234,33	26,74	4,94	34,03	32,80	4,90	27,72	224,97	7,15	13,25	630,72	485,21	0,77														
407	0,53	2,13	88,62	3,77	1,52	13,02	8,55	1,61	6,99	58,28	2,35	1,84	189,21	149,27	0,79														
408	-6,53	-2,20	-55,02	-11,57	-1,45	-7,87	-10,92	-1,35	-9,42	-75,17	-1,98	-5,75	-189,23	-142,47	0,75														

άρα λοιπόν κατά την διεύθυνση X για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς ισχύει  $\eta_v > 0.60$

Διεύθυνση Y



ΣΕΙΣΜΟΙ	K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8		K9		K10		K11		K12		Ου.ολικο		Ομοιειων		ην	
	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
101	75,32	12,19	4,69	2,48	2,01	1,51	2,59	1,84	1,13	4,53	11,50	69,43	189,22	153,97	0,81															
102	-68,19	-8,58	-3,03	-2,37	-1,81	-1,18	-2,73	-2,00	-1,18	-4,07	-10,61	-83,47	-189,22	-158,76	0,84															
103	240,26	35,16	13,12	8,11	6,39	4,53	8,85	6,38	3,85	14,40	36,97	252,72	630,74	520,50	0,83															
104	238,11	34,07	12,62	8,08	6,33	4,43	8,90	6,42	3,86	14,26	36,71	256,94	630,73	521,93	0,83															
105	-75,32	-12,19	-4,69	-2,48	-2,01	-1,51	-2,59	-1,84	-1,13	-4,53	-11,50	-69,43	-189,22	-153,97	0,81															
106	68,19	8,58	3,03	2,37	1,81	1,18	2,73	2,00	1,18	4,07	10,61	83,47	189,22	158,76	0,84															
107	-240,26	-35,16	-13,12	-8,11	-6,39	-4,53	-8,85	-6,38	-3,85	-14,40	-36,97	-252,72	-630,74	-520,50	0,83															
108	-238,11	-34,07	-12,62	-8,08	-6,33	-4,43	-8,90	-6,42	-3,86	-14,26	-36,71	-256,94	-630,73	-521,93	0,83															
201	54,75	9,41	3,69	2,31	1,85	1,37	2,78	1,97	1,21	5,53	14,29	90,04	189,20	154,01	0,81															
202	-88,76	-11,36	-4,03	-2,54	-1,97	-1,32	-2,54	-1,87	-1,10	-3,07	-7,81	-62,85	-189,22	-158,71	0,84															
203	234,08	34,32	12,82	8,06	6,34	4,48	8,91	6,42	3,87	14,70	37,81	258,91	630,72	520,51	0,83															
204	244,29	34,91	12,92	8,13	6,38	4,47	8,84	6,38	3,84	13,96	35,87	250,74	630,73	521,91	0,83															
205	-54,75	-9,41	-3,69	-2,31	-1,85	-1,37	-2,78	-1,97	-1,21	-5,53	-14,29	-90,04	-189,20	-154,01	0,81															
206	88,76	11,36	4,03	2,54	1,97	1,32	2,54	1,87	1,10	3,07	7,81	62,85	189,22	158,71	0,84															
207	-234,08	-34,32	-12,82	-8,06	-6,34	-4,48	-8,91	-6,42	-3,87	-14,70	-37,81	-258,91	-630,72	-520,51	0,83															
208	-244,29	-34,91	-12,92	-8,13	-6,38	-4,47	-8,84	-6,38	-3,84	-13,96	-35,87	-250,74	-630,73	-521,91	0,83															
301	59,63	10,06	3,93	2,35	1,89	1,40	2,74	1,94	1,19	5,30	13,64	85,16	189,23	154,02	0,81															
302	-93,63	-12,01	-4,27	-2,58	-2,00	-1,35	-2,50	-1,84	-1,08	-2,83	-7,15	-57,97	-189,21	-158,70	0,84															
303	250,33	36,50	13,60	8,19	6,46	4,59	8,76	6,31	3,81	13,91	35,63	242,63	630,72	520,47	0,83															
304	260,54	37,08	13,70	8,26	6,50	4,58	8,69	6,28	3,78	13,17	33,68	234,46	630,72	521,87	0,83															
305	-59,63	-10,06	-3,93	-2,35	-1,89	-1,40	-2,74	-1,94	-1,19	-5,30	-13,64	-85,16	-189,23	-154,02	0,81															
306	93,63	12,01	4,27	2,58	2,00	1,35	2,50	1,84	1,08	2,83	7,15	57,97	189,21	158,70	0,84															
307	-250,33	-36,50	-13,60	-8,19	-6,46	-4,59	-8,76	-6,31	-3,81	-13,91	-35,63	-242,63	-630,72	-520,47	0,83															
308	-260,54	-37,08	-13,70	-8,26	-6,50	-4,58	-8,69	-6,28	-3,78	-13,17	-33,68	-234,46	-630,72	-521,87	0,83															
401	80,19	12,85	4,93	2,52	2,04	1,54	2,55	1,81	1,11	4,29	10,84	64,55	189,22	153,96	0,81															
402	-73,06	-9,23	-3,26	-2,41	-1,85	-1,21	-2,69	-1,97	-1,16	-3,84	-9,95	-78,58	-189,21	-158,74	0,84															
403	256,51	37,33	13,90	8,24	6,51	4,63	8,70	6,27	3,79	13,61	34,79	236,43	630,71	520,45	0,83															
404	254,36	36,25	13,40	8,21	6,45	4,53	8,75	6,32	3,80	13,47	34,52	240,65	630,71	521,88	0,83															
405	-80,19	-12,85	-4,93	-2,52	-2,04	-1,54	-2,55	-1,81	-1,11	-4,29	-10,84	-64,55	-189,22	-153,96	0,81															
406	73,06	9,23	3,26	2,41	1,85	1,21	2,69	1,97	1,16	3,84	9,95	78,58	189,21	158,74	0,84															
407	-256,51	-37,33	-13,90	-8,24	-6,51	-4,63	-8,70	-6,27	-3,79	-13,61	-34,79	-236,43	-630,71	-520,45	0,83															
408	-254,36	-36,25	-13,40	-8,21	-6,45	-4,53	-8,75	-6,32	-3,80	-13,47	-34,52	-240,65	-630,71	-521,88	0,83															

αρα λοιπόν κατά την διεύθυνση Y για όλους τους σειμικούς συνδυασμούς ισχύει  $\eta_v > 0.60$



## B) Έλεγχος διάταξης των τοιχωμάτων ΕΑΚ 4.1.4.2 β[3]

Σε κάθε όροφο και στις δυο διευθύνσεις η απόσταση των παράλληλων τοιχωμάτων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το  $\frac{1}{3}$  της αντίστοιχης διάστασης κάτοψης του στατικού συστήματος του κτιρίου. Είναι αφού κατά την διεύθυνση X η απόσταση των τοιχωμάτων  $K_1$  και  $K_6$  είναι  $9m > \frac{1}{3} * 9m \Rightarrow 9m > 3m$  ισχύει

Κατά την διεύθυνση Y η απόσταση των τοιχωμάτων  $K_3$  και  $K_8$  είναι  $12m > \frac{1}{3} * 12m \Rightarrow 12m > 4m$  ισχύει.

Άρα λοιπόν τα τοιχώματα έχουν την κατάλληλη διάταξη ώστε να αποκλειστεί ο σχηματισμός μαλάκού ορόφου.

## 7.2 Έλεγχος κόμβου υποστυλώματος $K_2$ ισογείου

### 7.2.1 Έλεγχος δοκών σε κάμψη

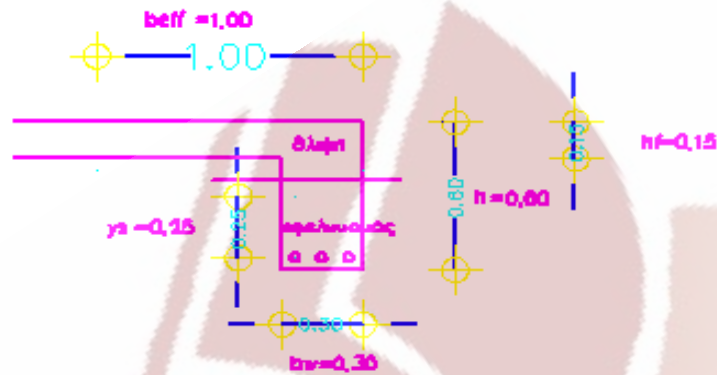
#### α) Δοκοί εντός του πλαισίου YOZ

Τα εντατικά μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε έλεγχο για την αντίστοιχη διατομή παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα B<sub>2</sub>. υπενθυμίζεται ότι τα υλικά της κατασκευής μας είναι σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και χάλυβες διαμήκης S<sub>500</sub>. δηλαδή έχουμε  $f_{ck}=20MP_a$  και  $f_{yk}=200MP_a$  και έχουμε επίσης τους συντελεστές ασφαλείας

για το σκυρόδεμα και το χάλυβα  $\gamma_c=1.50$  και  $\gamma_s=1.15$  αντίστοιχα. Άρα  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$  και

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

## Δοκός 1 άνοιγμα-Ράβδοι (2-16)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.1 Διατομή Δοκού 1

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$M_d = +60.49 \text{KNm}$$

$$N_d = +54.60 \text{KN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = 60.49 \text{KNm} - 54.60 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = +46.84 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot L = 0.30 \text{m} + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot 6 \text{m} = 1 \text{m}$$

όπου  $L$  το μήκος το θεωρητικό της δοκού  
 $b_w$  το πλάτος της διατομής της δοκού.

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{46.84 KNm}{1.00m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0116$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{1.00}{0.30} = 3.33, \quad \mu_{sd}=0.0116$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20 * 10^{-3} * 100cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{54.60KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 4.62cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, η συνολική διατομή οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων. Άρα  $\rho_{\max}=4\%$

Άρα πρέπει  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < \rho < 4\%$

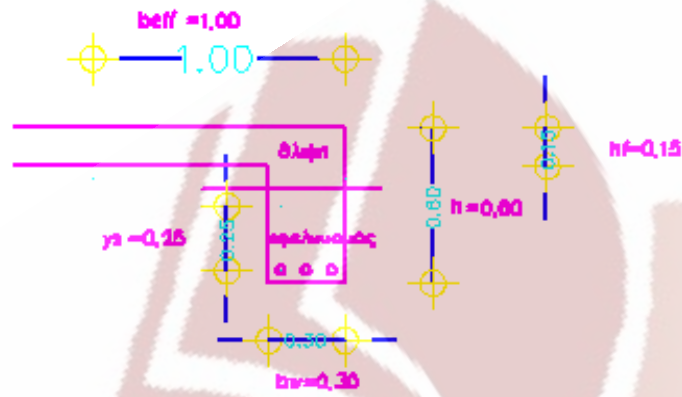
$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < 4\%$  άρα ισχύει



## Δοκός 2 άνοιγμα-Ράβδοι (18-32)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.2 Διατομή Δοκού 1

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$M_d = +63.99 \text{ KNm}$$

$$N_d = +4.60 \text{ KN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = 63.99 \text{ KNm} - 4.60 \text{ KN} \cdot 0.25 \text{ m} = 62.84 \text{ KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή της δοκού 2 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot L = 0.30 \text{ m} + \frac{1}{6} \cdot 0.70 \cdot 6 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

όπου  $L$  το μήκος το θεωρητικό της δοκού

$b_w$  το πλάτος της διατομής της δοκού.

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{81.32 KNm}{1.00m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0156$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{1.00}{0.30} = 3.33, \quad \mu_{sd}=0.0156$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20 * 10^{-3} * 100cm * 55cm * \frac{\frac{20 * 10^3 KNm}{1.50}}{500 * 10^3 KNm / 1.15} + \frac{4.60KN}{500 * 10^3 KN / 1.15cm^2 * 10^4} \Rightarrow A_s = 3.48cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, η συνολική διατομή οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων. Άρα  $\rho_{\max}=4\%$

Άρα πρέπει  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < \rho < 4\%$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < 4\%$  άρα ισχύει

## Δοκοί 1,2 ενδιάμεση στήριξη-Ράβδοι (16-18)-άνω πέλμα



Σχ. 7.3 Διατομή Δοκών 1,2 στην ενδιάμεση στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = -113.51 \text{ kNm}$   
 $N_d = +40.10 \text{ kN}$

άρα  $M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = -113.51 \text{ kNm} - 40.10 \text{ kN} \cdot 0.25 \text{ m} = -123.54 \text{ kNm}$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκυσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος



### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{123.54 \text{ KNm}}{0.30 \text{ m} * (0.55 \text{ m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.1021$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60\text{m}$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05\text{m}$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60\text{m}-0.05\text{m}=0.55\text{m}$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd}=0.1021$$

Έχουμε ότι  $\omega = 109.42 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 109.42 * 10^{-3} * 30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20 * 10^3 \text{ KNm}}{500 * 10^3 \text{ KNm}} * \frac{1.50}{1.15} + \frac{40.10 \text{ KN}}{500 * 10^3 \text{ KN}} \Rightarrow A_s = 6.46 \text{ cm}^2$$

άρα επιλέγω  $4\text{Ø}16$  ( $8.04\text{cm}^2$ )

### Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

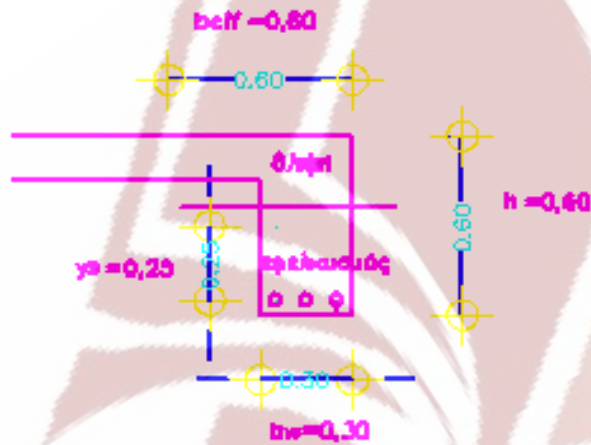
$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{8.04cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.45\%$$

Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.45\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο ως προς το αριστερό μέλος της ανίσωσης

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

## Δοκός 1,2 ενδιάμεση στήριξη-Ράβδοι (16-18)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.4 Διατομή δοκών 1,2 στην ενδιάμεση στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = +40.29 \text{ KNm}$   
 $N_d = -37.10 \text{ KN}$

άρα  $M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +40.29 \text{ KNm} + 37.10 \text{ KN} \cdot 0.25 \text{ m} = +49.57 \text{ KNm}$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελεσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{ m}}{2} - 0.05 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$$

η διατομή των δοκών στη στήριξη διατομή 16-18 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w + 2h_f = 0.30m + 2 * 0.15m = 0.60m$$

Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{49.57 KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0205$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού h=0.60m μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.60}{0.30} = 2, \quad \mu_{sd} = 0.0205$$

$$\text{Έχουμε ότι } \omega = 20.53 * 10^{-3}$$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20.53 * 10^{-3} * 60cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{37.10KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A'_s = 1.22cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2



$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62 \text{ cm}^2}{(30 * 60) \text{ cm}^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

$$\text{Άρα: } \rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.45\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.23\% \quad \text{ισχύει.}$$

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 και δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

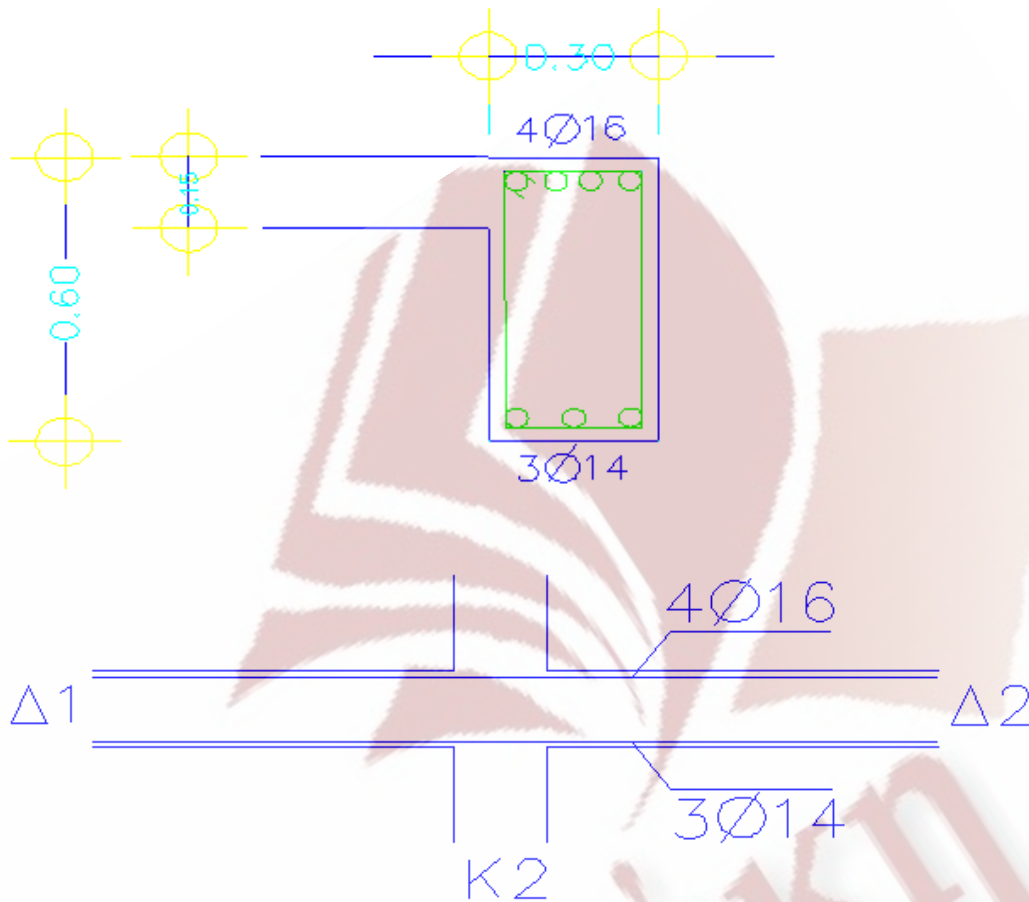
$$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.26\% \geq \frac{1}{4} * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.07\% \quad \text{ισχύει}$$

Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη

$$\text{Πρέπει: } \rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} * \frac{0.26\%}{0.45\%} + 0.0015 = 0.0130 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.30\%$$

$$\text{Άρα } \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.45\% \leq 1.35\% \quad \text{ισχύει}$$



Σχ. 7.5 Τομή και Όψη της ενδιάμεσης στήριξης των δοκών 1,2 με τον καμπτικό οπλισμό

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκών Δ<sub>1</sub> και Δ<sub>2</sub> (στη στήριξη διατομές 16,18)

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 4Ø16

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(8.04 \text{ cm}^2 - \frac{+40.10 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.1407 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.1289$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.1289 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 155.97 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

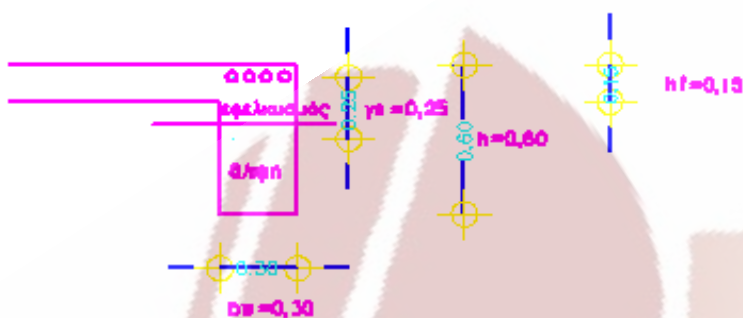
$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 + \frac{37.10 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{60 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.05408 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0525$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0525 * 0.60 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 127.05 \text{ KNm}$$

## Δοκός 1 ακραία στήριξη-Ράβδος (2)- άνω πέλιμα



Σχ. 7.6 Διατομή δοκού 1

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = -0.28 \text{KNm}$   
 $N_d = +0.00 \text{KN}$

άρα  $M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = -0.28 \text{KNm} + 0.00 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = -0.28 \text{KNm}$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

Εύρεση της ανηγμένης ροπής



$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{0.28 KNm}{0.30m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0002$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd}=0.0002$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{0.00KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 1.01cm^2$$

άρα επιλέγω 4Ø16 (8.04cm<sup>2</sup>)

## Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 18.3.2

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους σπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή

$$\text{της είναι: } f_{ctm}=2.2MPa$$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή

$$\text{της είναι } f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{8.04cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.45\%$$

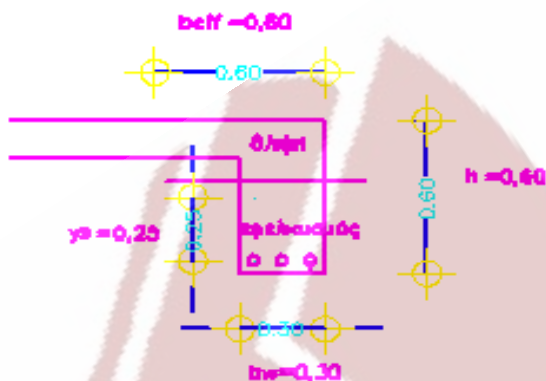
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του σπλισμού

$A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.45\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό σπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

## Δοκός 1 ακραία στήριξη-Ράβδος (2)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.7 Διατομή δοκού 1

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = +0.00 \text{KNm}$   
 $N_d = +0.00 \text{KN}$

άρα  $M_{sd} = M_d - N_d * y_s = +0.00 \text{KNm} + 0.00 \text{KN} * 0.25 \text{m} = +0.00 \text{KNm}$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στη στήριξη διατομή 2 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w + 2h_f = 0.30 \text{m} + 2 * 0.15 \text{m} = 0.60 \text{m}$$

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{0.00KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0000$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.60}{0.30} = 2, \quad \mu_{sd}=0.0000$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$
$$= 20 * 10^{-3} * 60cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{0.00KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A'_s = 2.02cm^2$$
$$\frac{1.50}{1.15} \quad \frac{1.15cm^2 * 10^4}{1.15cm^2 * 10^4}$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)



### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62 \text{ cm}^2}{(30 * 60) \text{ cm}^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

$$\text{Άρα: } \rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.45\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.23\% \quad \text{ισχύει.}$$

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 και δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.26\% \geq \frac{1}{4} * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.07\% \quad \text{ισχύει}$$

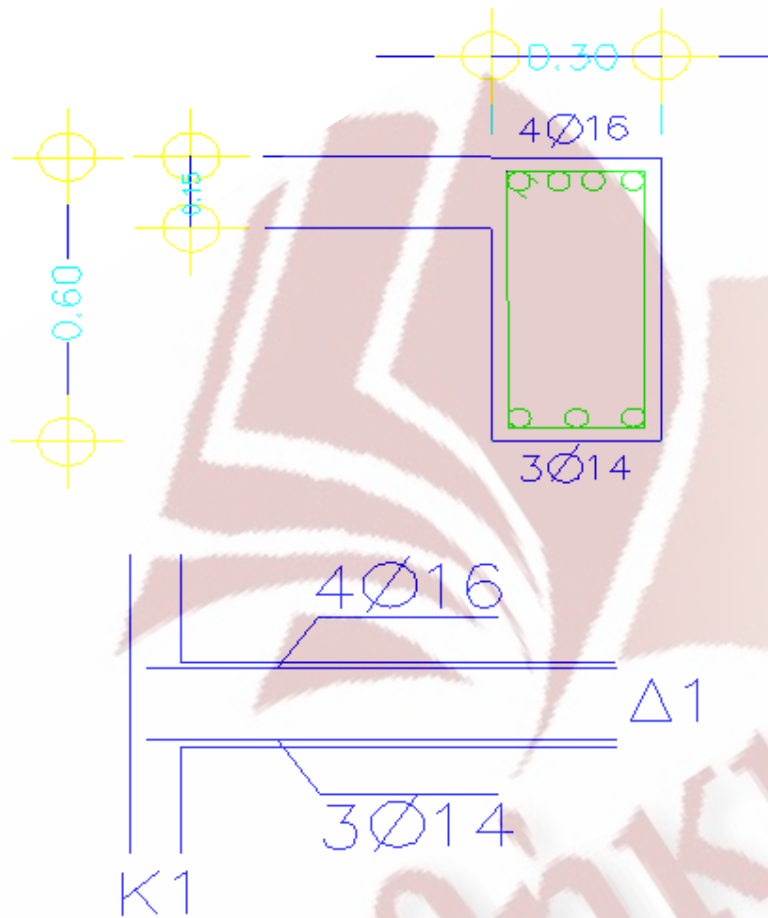
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 1 στην διατομή 2

Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} * \frac{0.26\%}{0.45\%} + 0.0015 = 0.0130 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.30\%$$

$$\text{Άρα } \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.45\% \leq 1.30\% \quad \text{ισχύει}$$



Σχ. 7.8 Τομή και Όψη της δοκού 1 στην ακραία στήριξη της με τον καπτικό οπλισμό

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκών  $\Delta_1$  (στην ακραία στήριξη διατομή (2))

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 4Ø16

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(8.04 \text{ cm}^2 - \frac{0.00 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.1589 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.1439$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.1439 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 174.12 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{+0.00 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{60 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 45.65 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0444$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0444 * 0.60 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 107.45 \text{ KNm}$$





$$y_s = \frac{0.60m}{2} - 0.05m = 0.25m$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{87.14KNm}{0.30m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0720$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού h=0.60m μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd} = 0.0720$$

Έχουμε ότι  $\omega = 75.15 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 75.15 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{9.80KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 4.03cm^2$$

άρα επιλέγω 4Ø16 (8.04cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή

$$\text{της είναι: } f_{ctm}=2.2MPa$$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή

$$\text{της είναι } f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{8.04cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.45\%$$

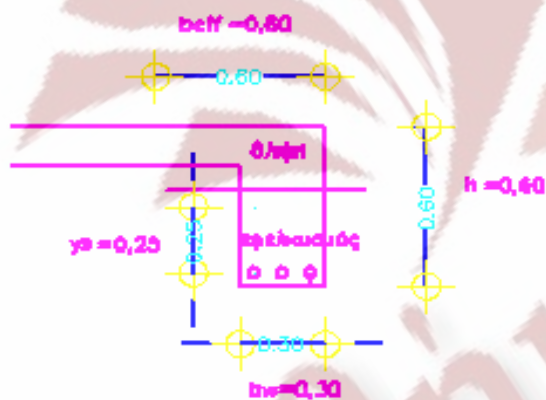
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού

$A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.45\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

## Δοκός 2 ακραία στήριξη-Ράβδος (32)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.10 Διατομή δοκού 2 στην ακραία στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:

$$M_d = +3.44 \text{ kNm}$$
$$N_d = -3.80 \text{ kN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +3.44 \text{ kNm} + 3.80 \text{ kN} \cdot 0.25 \text{ m} = +4.39 \text{ kNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελευσόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60m}{2} - 0.05m = 0.25m$$

η διατομή της δοκού 2 στη στήριξη διατομή 32 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w + 2h_f = 0.30m + 2 * 0.15m = 0.60m$$

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{4.39KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0018$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού h=0.60m μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.60}{0.30} = 2, \quad \mu_{sd} = 0.0018$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20 * 10^{-3} * 60cm * 55cm * \frac{\frac{20 * 10^3 KNm}{1.50}}{\frac{500 * 10^3 KNm}{1.15}} + \frac{-3.80KN}{\frac{500 * 10^3 KN}{1.15cm^2 * 10^4}} \Rightarrow A'_s = 1.94cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)



### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62 \text{ cm}^2}{(30 * 60) \text{ cm}^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

$$\text{Άρα : } \rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.45\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.23\% \text{ ισχύει.}$$

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 και δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.26\% \geq \frac{1}{4} * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.07\% \text{ ισχύει}$$

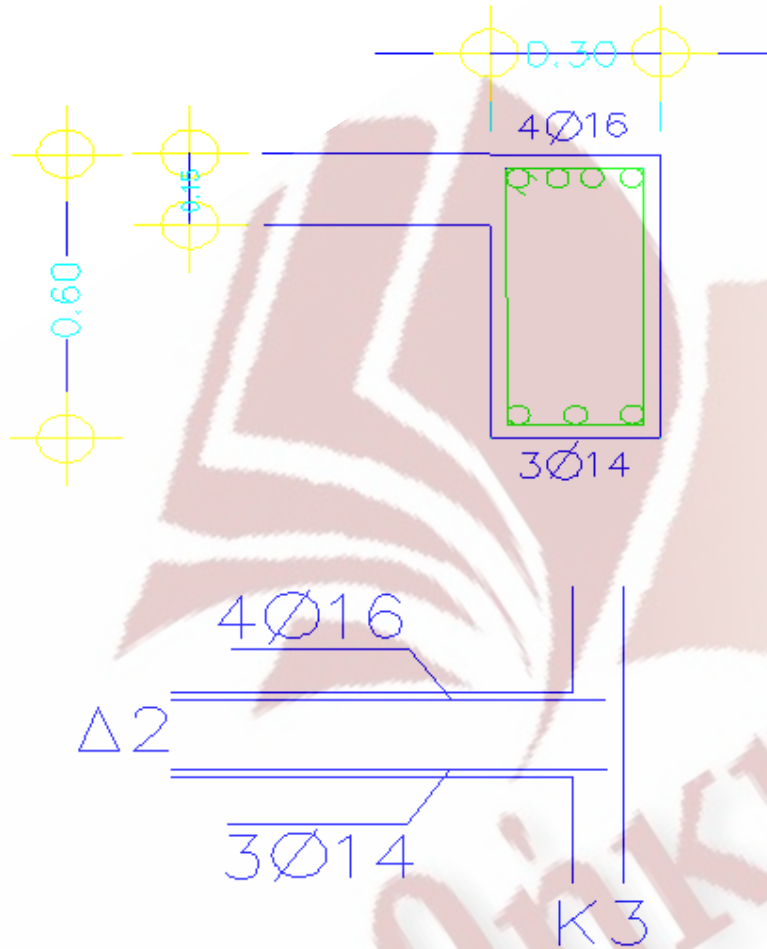
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 2 στην διατομή 32

Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * \frac{0.26\%}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} + 0.0015 = 0.0130 \leq \frac{7}{1.15} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.30\%$$

Άρα  $\rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.45\% \leq 1.30\%$  ισχύει



Σχ. Τομή και Όψη της δοκού 2 στην ακραία στήριξη με τον καμπτικό οπλισμό

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκών  $\Delta_2$  (στην ακραία στήριξη διατομή (32))

- Εφελκόμενο πέλαμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 4Ø16

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(8.04 \text{ cm}^2 - \frac{9.80 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.15845 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.1436$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.1436 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 173.76 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{-3.80 \text{ KN}}{500 * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \frac{\text{cm}^2}}{60 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 46.52 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0453$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0453 * 0.60m * 0.55^2 m^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2} \Rightarrow M_{Rd} = 109.63KNm$$

## Δοκός 1 και δοκός 2 στα ανοίγματά τους- άνω πέλμα

Όσον αφορά το επάνω πέλμα στο άνοιγμα των δοκών 1 , 2 επειδή προκύπτει από κάποιο σεισμικό συνδυασμό της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και από την στατική φόρτιση πως δεν υπάρχει καθόλου καμπτική ροπή, μπορούμε να τοποθετήσουμε τον ελάχιστο οπλισμό που ορίζει ο ΕΚΩΣ αλλά επειδή το άνοιγμα των 6 μέτρων δεν είναι και τόσο μεγάλο, αφού εάν κάναμε μείωση του οπλισμού στο επάνω πέλμα θα έπρεπε βάσει της παραγράφου 18.3.5 του ΕΚΩΣ να συνεχίζαμε τα 4Ø16 και από τις δύο στηρίξεις επιπλέον το μήκος αγκύρωσης  $l_{b,min}$  οπότε η απόσταση θα ήταν αρκετά μικρότερη των 6 μέτρων οπότε επιλέγουμε να έχουμε τον διαμήκη οπλισμό τα 4Ø16 του επάνω πέλματος καθ' όλη την δοκό 1 και δοκό 2

## Έλεγχοι βάσει ΕΚΩΣ 17.4

Πρέπει η καθαρή απόσταση παράλληλων οπλισμών να είναι τουλάχιστον ίση με:

- Τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων = 16mm
- 20mm
- $d_{αδρανους} + 5mm = 25.4mm + 5mm = 30.40mm$

άρα πρέπει η καθαρή απόσταση μεταξύ του διαμήκους οπλισμού να είναι τουλάχιστον 30.40mm

ο έλεγχος θα γίνει βάσει του διαμήκους οπλισμού 4Ø20 ο οποίος είναι και ο δυσμενέστερος και στις δύο δοκούς 1 , 2

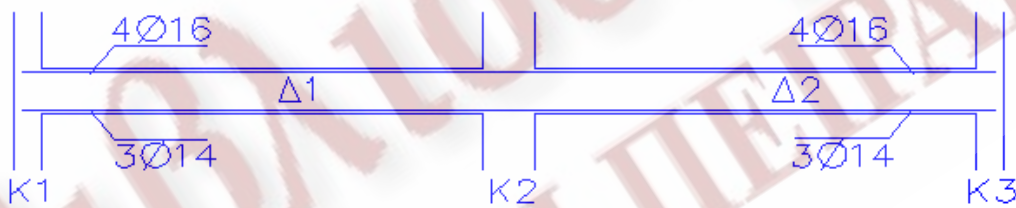
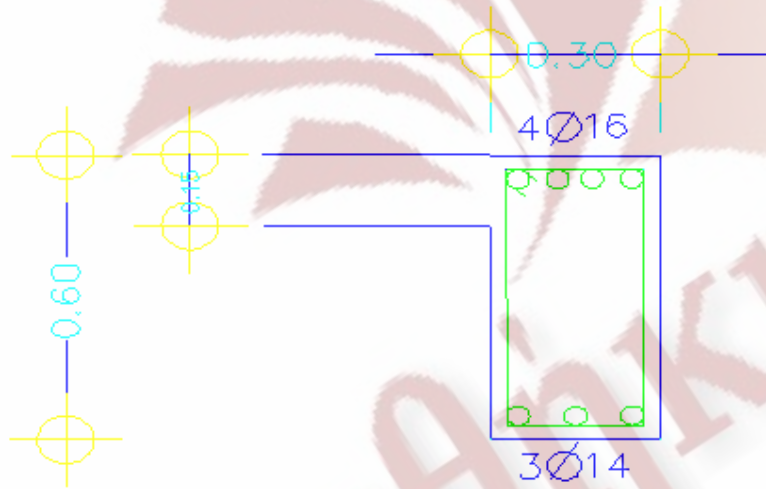


Άρα λοιπόν θεωρώντας επικάλυψη 3cm και συνδετήριους δοκούς 1cm η καθαρή απόσταση μεταξύ των 4Ø16 είναι:

$$3 * (\text{καθαρή απόσταση}) = (\text{πάχος διατομή}) - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * (\text{συνδετήρες}) - 3 * 2 * \frac{1}{2} * (\text{διάμετρο διαμήκους οπλισμού}) = 300\text{mm} - 2 * 30\text{mm} - 2 * 10\text{mm} - 3 * 2 * \frac{1}{2} * 16\text{mm}$$

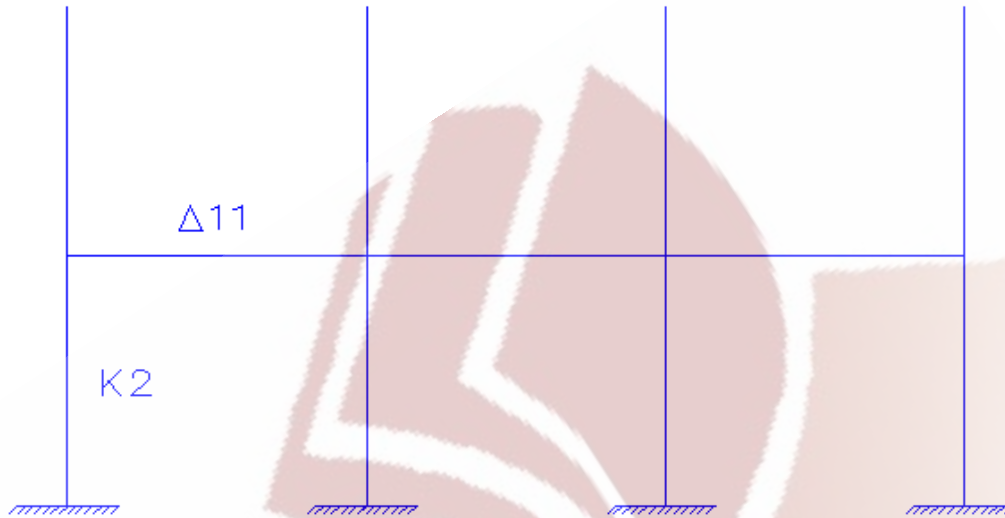
Άρα (καθαρή απόσταση) = 57.33mm > 30.40mm

### Τελικά σχήματα



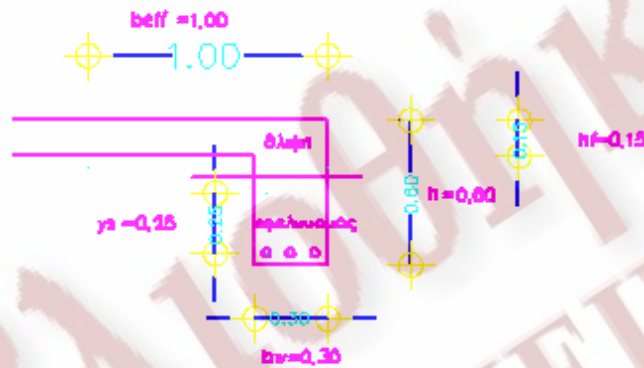
Σχ. 7.11 Τομή και Όψη των δοκών 1,2 με τον καμπτικό οπλισμό

## B) Δοκοί εντός του πλαισίου ΧΟΖ



Σχ. 7.12 Πλαίσιο ΧΟΖ

### Δοκός 11 άνοιγμα-Ράβδοι (1018-1168)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.13 Διατομή της Δοκού 11 στην ακραία στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$M_d = +29.11 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1.80 \text{ kN}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d * y_s = 29.11 \text{ kNm} - 1.80 \text{ kN} * 0.25 \text{ m} = +28.66 \text{ kNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκυσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60m}{2} - 0.05m = 0.25m$$

η διατομή της δοκού 2 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{eff} = b_w + \frac{1}{6} * 0.70 * L = 0.30m + \frac{1}{6} * .70 * 6m = 1m$$

όπου L το μήκος το θεωρητικό της δοκού  
 $b_w$  το πλάτος της διατομής της δοκού.

#### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{28.66KNm}{1.00m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0071$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκυσμένο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{1.00}{0.30} = 3.33, \quad \mu_{sd} = 0.0071$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20 * 10^{-3} * 100cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{1.80KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 3.41cm^2$$

$$\frac{1.50}{1.15} \quad \frac{1.80KN}{1.15cm^2 * 10^4}$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή

της είναι:  $f_{ctm}=2.2MPa$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή

της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, η συνολική διατομή οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων. Άρα  $\rho_{max}=4\%$

Άρα πρέπει  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \Rightarrow 0.253\% < \rho < 4\%$

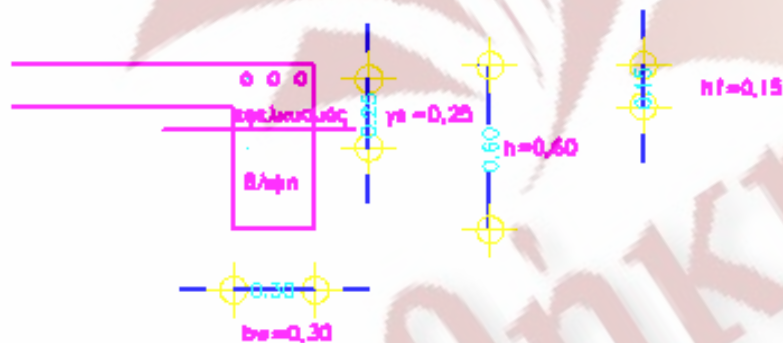


$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62 \text{ cm}^2}{(30 * 60) \text{ cm}^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < 4\%$  άρα ισχύει

### Δοκός 11 στήριξη-Ράβδος (1018) άνω πέλιμα



Σχ. 7.14 Διατομή της Δοκού 11 στην ακραία στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = -32.40 \text{ kNm}$   
 $N_d = +10.00 \text{ kN}$

άρα  $M_{sd} = M_d - N_d * \gamma_s = -32.40 \text{ kNm} - 10.00 \text{ kN} * 0.25 \text{ m} = -34.90 \text{ kNm}$

όπου  $\gamma_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκυσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60m}{2} - 0.05m = 0.25m$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{34.90KNm}{0.30m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0288$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού h=0.60m μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60m - 0.05m = 0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd} = 0.0288$$

Έχουμε ότι  $\omega = 29.24 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 29.24 * 10^{-3} * 30cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{10.00KN}{500 * 10^3 KN} \Rightarrow A_s = 1.71cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} * \frac{2.2MPa}{\frac{500}{1.15}MPa} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή

$$\text{της είναι: } f_{ctm}=2.2MPa$$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή

$$\text{της είναι } f_{yd} = \frac{500}{1.15} * 10^3 MPa$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

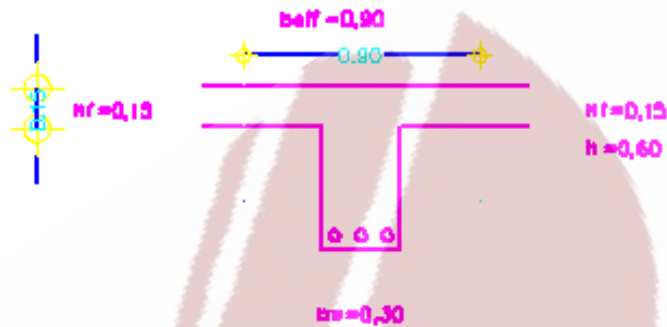
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού

$A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

## Δοκός 11 στήριξη-Ράβδος (1018)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.14 Διατομή της Δοκού 11 στην ενδιάμεση στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +10.30 \text{KNm} \\ N_d &= -5.40 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = +10.30 \text{KNm} + 5.40 \text{KN} \cdot 0.25 \text{m} = +11.65 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 11 στη στήριξη στη διατομή 1018 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w + 4h_f = 0.30 \text{m} + 4 \cdot 0.15 \text{m} = 0.90 \text{m}$$

Εύρεση της ανηγμένης ροπής



$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{11.65 KNm}{0.90m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0032$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60m$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05m$  δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.90}{0.30} = 3, \quad \mu_{sd}=0.0032$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A'_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20.00 * 10^{-3} * 90cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{-5.40KN}{1.15 * \frac{500 * 10^3 KN}{1.15cm^2 * 10^4}} \Rightarrow \boxed{A'_s = 2.91cm^2}$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκυσμένη περιοχή της διατομής

$$\text{Άρα: } \rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.13\% \quad \text{ισχύει.}$$

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 και δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.26\% \geq \frac{1}{4} * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.07\% \quad \text{ισχύει}$$

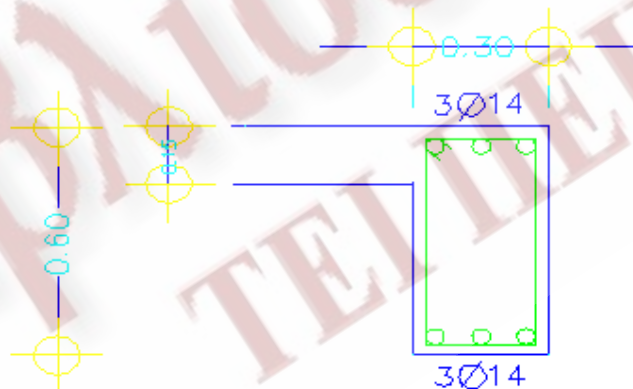
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 11 στην διατομή 1018

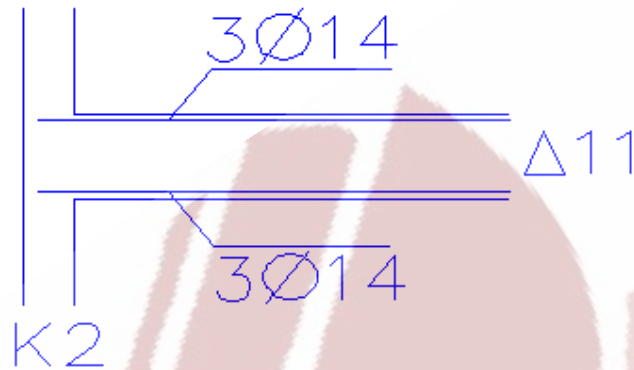
Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} * \frac{0.26\%}{0.26\%} + 0.0015 = 0.0214 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.61\%$$

$$\text{Άρα } \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.26\% \leq 1.61\% \quad \text{ισχύει}$$





Σχ. 7.15 Τομή και όψη της δοκού 11 στην ακραία στήριξη με τον καμπτικό οπλισμό

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκών Δ<sub>11</sub>  
(στην ακραία στήριξη διατομή (1018))

- Εφελκόμενο πέλαμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{10.00 \text{ KN}}{500 * 10^3 \text{ KN}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 0.0868 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0824$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.0824 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 99.70 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{-5.40 \text{ KN}}{500 * 10^3 \text{ KN}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{90 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \omega = 31.25 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0307$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0307 * 0.90 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 111.44 \text{ KNm}$$

### Δοκός 11 ενδιάμεση στήριξη-Ράβδοι (1168-1218) άνω πέλμα

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη ήταν:

Όταν έχουμε:  $M_d = -27.80 \text{ KNm}$   
 $N_d = +3.90 \text{ KN}$



$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d * y_s = -27.80 \text{KNm} - 3.90 \text{KN} * 0.25 \text{m} = -28.78 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του οπλισμού του εφελκόμενου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον οπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 1 στο άνοιγμα λειτουργεί σαν ορθογωνική διατομή άρα δεν θα έχουμε συνεργαζόμενο πλάτος

#### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{28.78 \text{KNm}}{0.30 \text{m} * (0.55 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0238$$

όπου  $d$  το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού  $h=0.60\text{m}$  μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι  $0.05\text{m}$  δηλαδή:

$$d = h - 0.05 = 0.60 \text{m} - 0.05 \text{m} = 0.55 \text{m}$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.30}{0.30} = 1, \quad \mu_{sd} = 0.0238$$

Έχουμε ότι  $\omega = 23.99 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 23.99 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \text{ cm} \cdot 55 \text{ cm} \cdot \frac{20 \cdot 10^3 \text{ KNm}}{500 \cdot 10^3 \text{ KNm}} \cdot \frac{1.50}{1.15} + \frac{3.90 \text{ KN}}{500 \cdot 10^3 \text{ KN}} \cdot \frac{1.15 \text{ cm}^2 \cdot 10^4}{1.15} \Rightarrow \boxed{A_s = 1.30 \text{ cm}^2}$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού ( $\rho_{\min}$ ) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές των στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2.2 \text{ MPa}}{\frac{500}{1.15} \text{ MPa}} = 0.253\%$$

Όπου:  $f_{ctm}$  η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, για ποιότητα C<sub>20/25</sub> η τιμή

της είναι:  $f_{ctm} = 2.2 \text{ MPa}$

$f_{yd}$  η αντοχή σχεδιασμού εφελκυσμού του χάλυβα, για ποιότητα S<sub>500</sub> η τιμή

της είναι  $f_{yd} = \frac{500}{1.15} \cdot 10^3 \text{ MPa}$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{4.62 \text{ cm}^2}{(30 \cdot 60) \text{ cm}^2} = 0.26\%$$

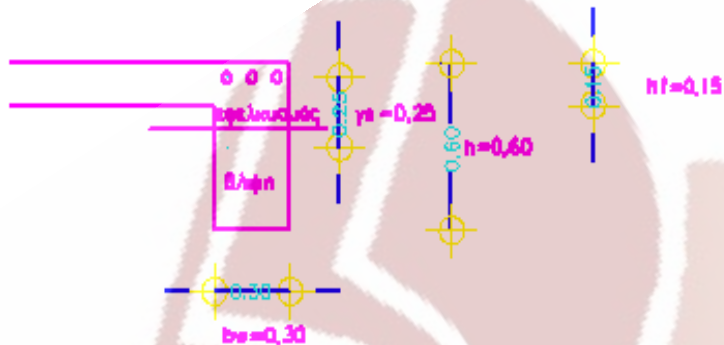
Όπου  $A_s$  το εμβαδό του οπλισμού

$A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού

Άρα  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \Rightarrow 0.253\% < 0.26\% < \rho_{\max}$  άρα ισχύει μόνο το αριστερό μέλος της ανίσωσης.

Οι έλεγχοι δεν ολοκληρώθηκαν θα ολοκληρωθούν παρακάτω διότι πρέπει να έχουμε και το ποσοστό οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής για να βρούμε το μέγιστο επιτρεπτό που ορίζει ο ΕΚΩΣ.

## Δοκός 11 ενδιάμεση στήριξη-Ράβδοι (1168-1218)-κάτω πέλμα



Σχ. 7.16 Διατομή της δοκού 11 στην ενδιάμεση στήριξη

Από όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς δράσεων της παραγράφου 4.1 του ΕΑΚ και επίσης από την στατική φόρτιση στο άνοιγμα της δοκού 1 τα δυσμενέστερα εντακτικά μεγέθη ήταν:

$$\begin{aligned} \text{Όταν έχουμε:} \quad M_d &= +0.00 \text{KNm} \\ N_d &= -0.00 \text{KN} \end{aligned}$$

$$\text{άρα } M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_s = 0.00 \text{KNm}$$

όπου  $y_s$  η απόσταση από το κέντρο βάρους της διατομής της δοκού 1 έως το κέντρο του σπλισμού του εφελκυσμένου στην κάτω ίνα της διατομής και αφού τοποθετούμε τον σπλισμό 5cm από την κάτω ίνα της διατομής και όλη η διατομή έχει 60 cm άρα:

$$y_s = \frac{0.60 \text{m}}{2} - 0.05 \text{m} = 0.25 \text{m}$$

η διατομή της δοκού 11 στη στήριξη στη διατομή 1018 λειτουργεί σαν πλακοδοκός άρα θα έχουμε και συνεργαζόμενο πλάτος το οποίο βάσει του ΕΚΩΣ παρ.8.4 θα είναι:

$$b_{\text{eff}} = b_w \cdot 4h_f = 0.30 \text{m} + 4 \cdot 0.15 \text{m} = 0.90 \text{m}$$

Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{0.00KNm}{0.60m * (0.55m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0000$$

όπου d το στατικό ύψος της δοκού δηλαδή το ύψος της δοκού h=0.60m μείον την απόσταση που έχουμε τοποθετήσει τον εφελκόμενο οπλισμό μας από την κάτω ίνα της διατομής της δοκού η οποία είναι 0.05m δηλαδή:

$$d=h-0.05=0.60m-0.05m=0.55m$$

άρα σύμφωνα:

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0.15}{0.55} = 0.27, \quad \frac{b_{eff}}{b_w} = \frac{0.90}{0.30} = 3, \quad \mu_{sd}=0.0000$$

Έχουμε ότι  $\omega = 20 * 10^{-3}$

Άρα ο οπλισμός ο απαιτούμενος είναι:

$$A'_s = \omega * b_{eff} * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} =$$

$$= 20.00 * 10^{-3} * 90cm * 55cm * \frac{20 * 10^3 KNm}{500 * 10^3 KNm} + \frac{-0.00KN}{1.15 * 500 * 10^3 KN} \Rightarrow A'_s = 3.04cm^2$$

άρα επιλέγω 3Ø14 (4.62cm<sup>2</sup>)

### Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 18.3.2)

$$\rho' = \frac{A'_s}{A_c} = \frac{4.62cm^2}{(30 * 60)cm^2} = 0.26\%$$

Όπου  $A'_s$  το εμβαδό του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή της διατομής  
 $A_c$  το εμβαδό της διατομής της δοκού



Πρέπει στην διατομή το εμβαδόν του οπλισμού στην θλιβόμενη περιοχή να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του οπλισμού στην εφελκόμενη περιοχή της διατομής

$$\text{Άρα: } \rho' \geq 0.50\rho \Rightarrow 0.26\% \geq 0.50 * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.13\% \quad \text{ισχύει.}$$

Ακόμη πρέπει στη στήριξη στην θλιβόμενη περιοχή της το ποσοστό οπλισμού να είναι τουλάχιστον ίσο με το ένα τέταρτο του ποσοστού του οπλισμού στο άνοιγμα και επειδή στο άνοιγμα της δοκού 1 και δοκού 2 έχουμε το ίδιο ποσοστό πρέπει

$$\rho' \geq \frac{1}{4} * \rho_{\text{ανοίγματος}} \Rightarrow 0.26\% \geq \frac{1}{4} * 0.26\% \Rightarrow 0.26\% \geq 0.07\% \quad \text{ισχύει}$$

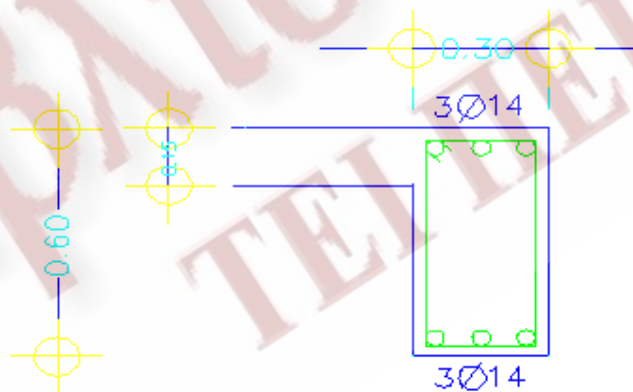
Ακόμη για να ολοκληρωθούν οι έλεγχοι πρέπει να ελέγξουμε για το μέγιστο επιτρεπτό όριο του οπλισμού για την περιοχή εφελκυσμού της διατομής στην στήριξη της δοκού 1 στην διατομή 2

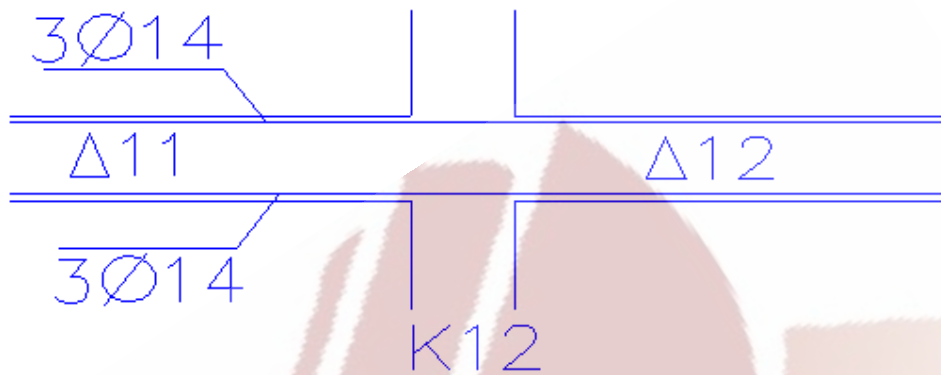
Πρέπει:

$$\rho \leq \rho_{\max} = 0.65 * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \frac{\rho'}{\rho} * +0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

$$\rho_{\max} = 0.65 * \frac{\frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{\frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} * \frac{0.26\%}{0.26\%} + 0.0015 = 0.0214 \leq \frac{7}{\frac{500}{1.15}} = 0.161 \Rightarrow \rho_{\max} 1.61\%$$

$$\text{Άρα } \rho \leq \rho_{\max} \Rightarrow 0.26\% \leq 1.61\% \quad \text{ισχύει}$$





Σχ. 7.17 Τομή και Όψη της δοκού 11 στην ενδιάμεση στήριξη με τον καμπτικό οπλισμό

Υπολογισμός καμπτικών ροπών αντοχής δοκών Δ<sub>11</sub> (στην ενδιάμεση στήριξη διατομές (1168-1218))

- Εφελκόμενο πέλαμα το άνω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62 \text{ cm}^2 - \frac{3.90 \text{ KN}}{500 * 10^3 \text{ KN}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 0.08953 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0848$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{30 \text{ cm} * 55 \text{ cm} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{1.15 * 10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow \omega = 0.08953 \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0848$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_w * d^2 * f_{cd} = 0.0848 * 0.30 \text{ m} * 0.55^2 \text{ m}^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \Rightarrow M_{Rd} = 102.61 \text{ KNm}$$

- Εφελκόμενο πέλμα το κάτω. Οπλισμός που έχει τοποθετηθεί 3Ø14

$$A_s = \omega * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}} \Rightarrow \omega = \frac{(A_s - \frac{N_d}{f_{yd}}) * f_{yd}}{b_w * d * f_{cd}} \Rightarrow$$

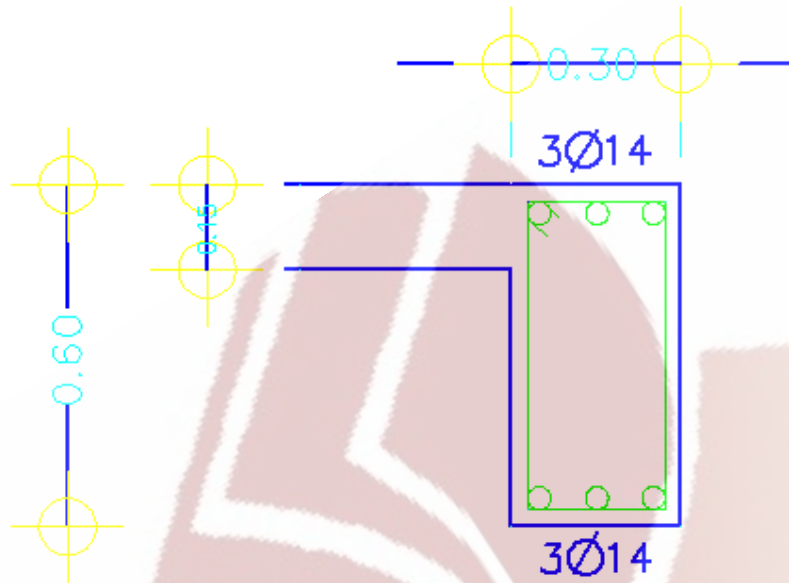
$$\Rightarrow \omega = \frac{(4.62cm^2 - \frac{0.00KN}{500 * 10^3 \frac{KN}{m^2}}) * \frac{500}{1.15} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{1.15 * 10^4 cm^2} \Rightarrow \omega = 0.03043 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0299$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{90cm * 55cm * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{1.15 * 10^4 cm^2} \Rightarrow \omega = 0.03043 * 10^{-3} \Rightarrow \mu_{Rd} = 0.0299$$

Άρα

$$M_{Rd} = \mu_{Rd} * b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 0.0299 * 0.90m * 0.55^2 m^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2} \Rightarrow M_{Rd} = 108.54KNm$$

Έλεγχοι βάσει (ΕΚΩΣ 17.4)



Σχ. 7.18 Διατομή Δοκού 11 με τον καμπτικό οπλισμό

Πρέπει η καθαρή απόσταση παράλληλων οπλισμών να είναι τουλάχιστον ίση με:

- Τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων = 14mm
- 20mm
- $d_{\alpha\delta\rho\alpha\nu\sigma\upsilon}+5\text{mm} = 25.4\text{mm}+5\text{mm}= 30.40\text{mm}$

άρα πρέπει η καθαρή απόσταση μεταξύ του διαμήκους οπλισμού να είναι τουλάχιστον 30.40mm

ο έλεγχος θα γίνει βάσει του διαμήκους οπλισμού 3Ø14 ο οποίος είναι και ο δυσμενέστερος και στην δοκό 11

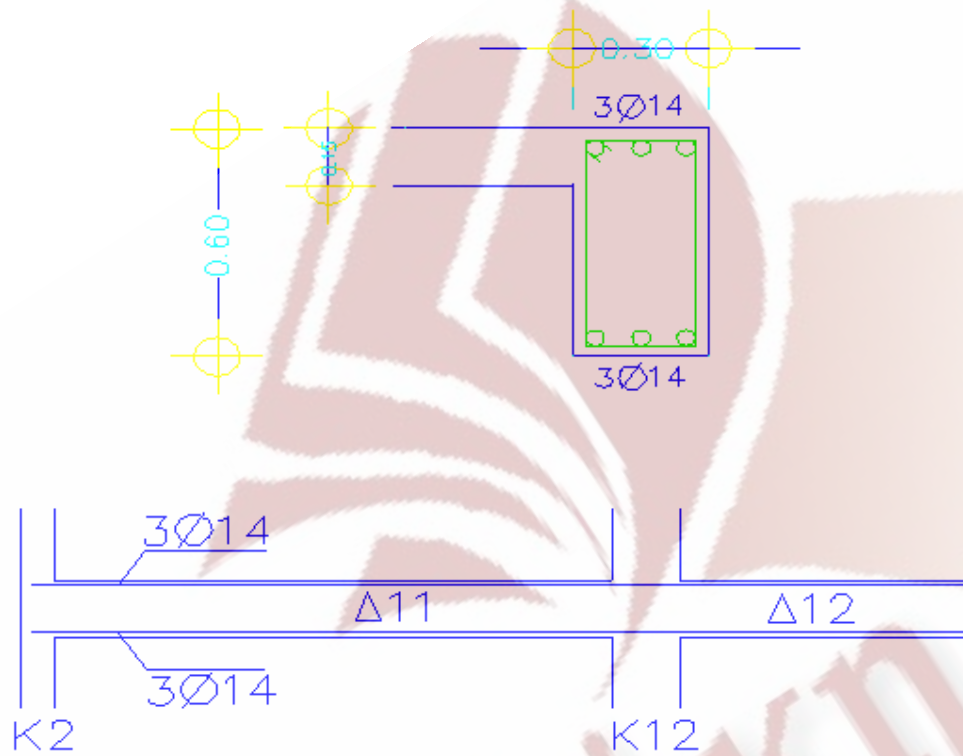
άρα λοιπόν θεωρώντας επικάλυψη 3cm και συνδετήριους δοκούς 1cm η καθαρή απόσταση μεταξύ των 3Ø14 είναι:

$$2*(\text{καθαρή απόσταση})=(\text{πάχος διατομή})-2*(\text{επικάλυψη})-2*(\text{συνδετήρες})-2*2*\frac{1}{2}*(\text{διάμετρο διαμήκους οπλισμού})=300\text{mm}-2*30\text{mm}-2*10\text{mm}-2*2*\frac{1}{2}*14\text{mm}$$

Άρα (καθαρή απόσταση)=96mm>30.40mm



## Τελικά σχήματα



Σχ. 7.19 Τομή και Όψη της Δοκού 11 με τον καπτικό οπλισμό

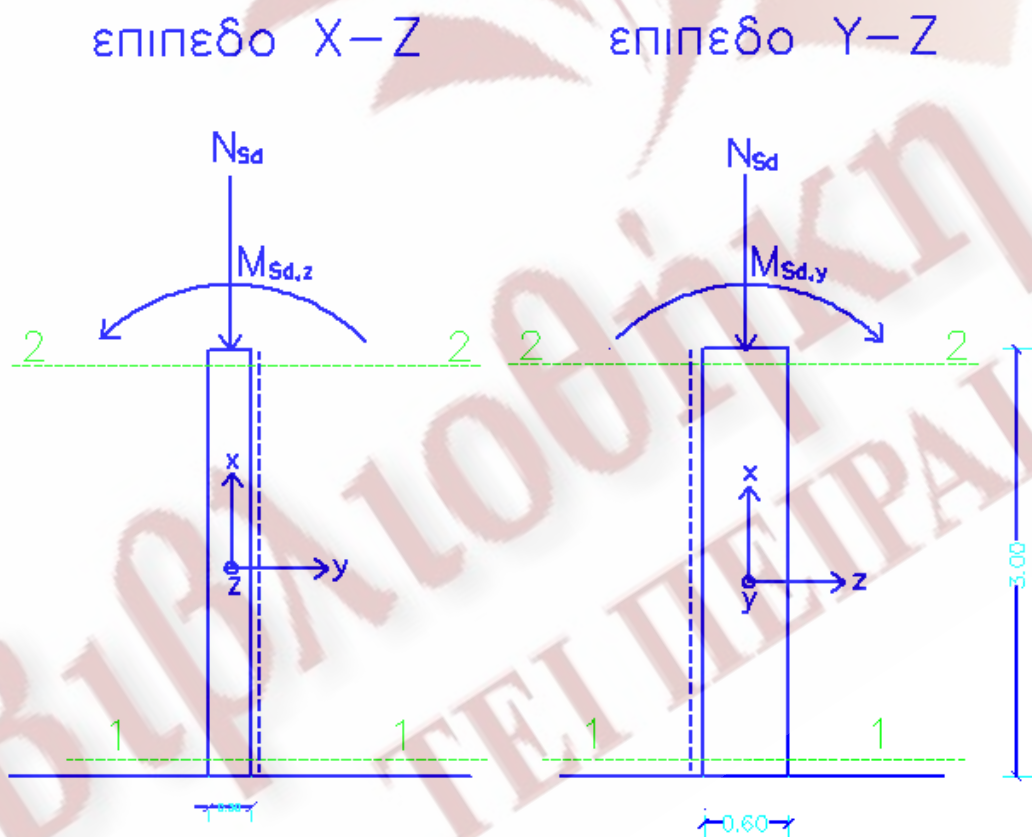
## 7.2.2 Έλεγχος κατακόρυφων στοιχείων σε κάμψη

### α) Έλεγχος σε κάμψη του υποστυλώματος $K_2$

Ο έλεγχος θα γίνει σε διαξονική κάμψη

Διατομή 1-1

α) Επίπεδο  $YOZ$



Σχ. 7.20 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις ροπές για τον έλεγχο σε κάμψη

Από σεισμικό συνδυασμό 1407:

$$M_{sd,y} = +72.79kNm$$

$$M_{sd,z} = +7.84kNm$$

$$N_{sd} = -332.70kNm$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{332.70kN}{0.30m * 0.60m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.14 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{sd,z}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{7.84kNm}{0.60m * (0.30m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0109$$

$$\mu_y = \frac{M_{sd,y}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{72.79kNm}{0.30m * (0.60m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.0505$$

Επειδή  $\mu_y > \mu_z$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_y = \mu_1$ ,  $\mu_z = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5cm}{30cm} = 0.167 \quad , \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5cm}{60cm} = 0.083$$

Άρα  $\omega_{tot} = 0.143$

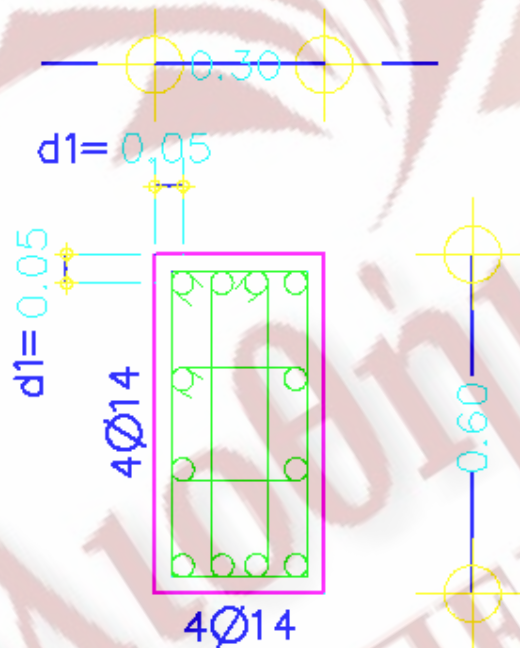
Άρα

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.143 * 60cm * 30cm * \frac{20 * 10^3 \frac{KN}{m^2}}{500 * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow A_{s,tot} = 7.89cm^2$$

$$\text{Άρα ανά παρειά : } \frac{A_{s,tot}}{4} = 1.97cm^2$$

$$\text{Επιλέγω για την παρειά } 0.30m: 2 \frac{1}{2} \text{ } \varnothing 14 + 2 \varnothing 14 = 4.62cm^2 > 1.97cm^2$$

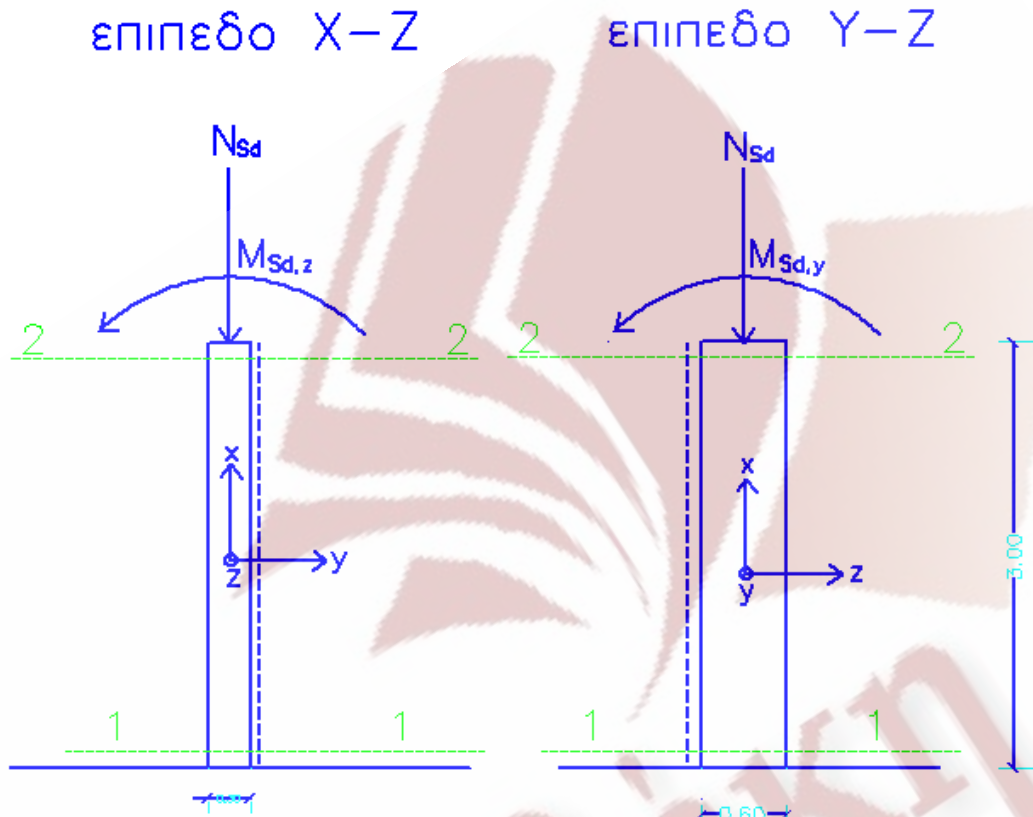
$$0.60m: 2 \frac{1}{2} \text{ } \varnothing 14 + 2 \varnothing 14 = 4.62cm^2 > 1.97cm^2$$



Σχ. 7.21 Διατομή 1-1 Υποστυλώματος Κ<sub>2</sub> με τον καμπτικό οπλισμό



## B) Επίπεδο ΧΟΖ



Σχ. 7.22 Υποστήλωμα  $K_2$  με τις ροπές για έλεγχο σε κάμψη

Από σεισμικό συνδυασμό 1306

$$M_{sd,z} = 16.54 \text{ kNm}$$

$$M_{sd,y} = -17.44 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = -450.50 \text{ kNm}$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{450.50 \text{ KN}}{0.30 \text{ m} * 0.60 \text{ m} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.19 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{sd,z}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{16.54 \text{KNm}}{0.60 \text{m} * (0.30 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0230$$

$$\mu_y = \frac{M_{sd,y}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{17.44 \text{KNm}}{0.30 \text{m} * (0.60 \text{m})^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.0121$$

Επειδή  $\mu_z > \mu_y$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_z = \mu_1$ ,  $\mu_y = \mu_2$

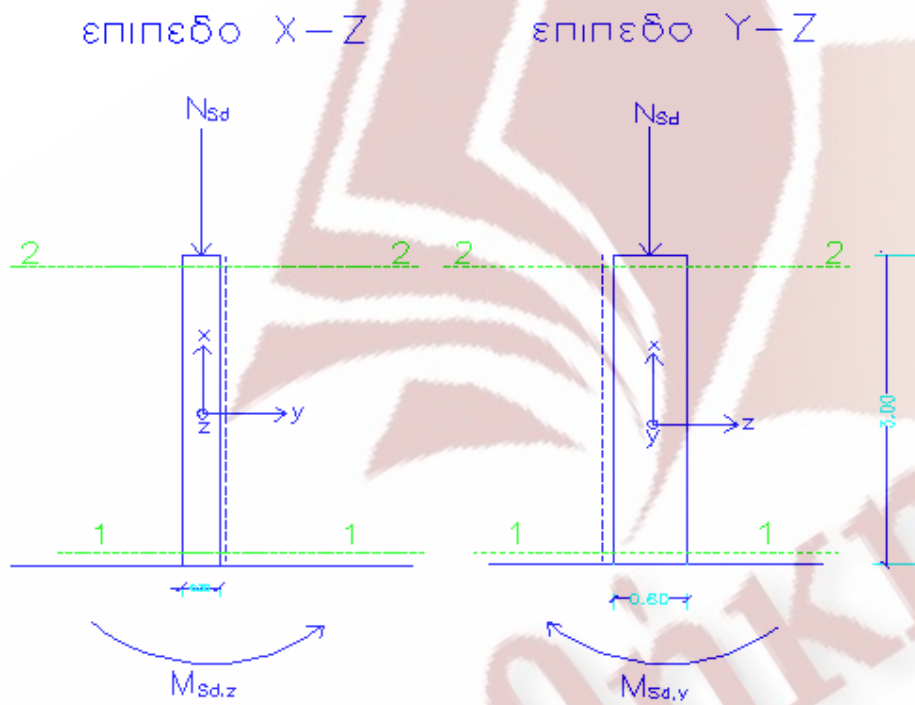
$$\frac{d_1}{h} = \frac{5 \text{cm}}{30 \text{cm}} = 0.167 \quad , \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5 \text{cm}}{60 \text{cm}} = 0.083$$

$$\text{Άρα } \omega_{tot} = 0.063 < \omega_{tot} = 0.143$$

Άρα η 1<sup>η</sup> περίπτωση (κύρια διεύθυνση κάμψης είναι αυτή του επιπέδου YOZ) είναι και η δυσμενέστερη

## Διατομή 2-2

### Επίπεδο πλαίσιο YOZ



Σχ. 7.23 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις ροπές για έλεγχο σε κάμψη

Από σεισμικό συνδυασμό 1407:

$$M_{sd,y} = -55.90kNm$$

$$M_{sdz} = -11.03kNm$$

$$N_{sd} = -319.20kNm$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{319.20kN}{0.30m * 0.60m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.13 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{sd,z}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{11.03kNm}{0.60m * (0.30m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0153$$

$$\mu_y = \frac{M_{sd,y}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{55.90kNm}{0.30m * (0.60m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.0388$$

Επειδή  $\mu_y > \mu_z$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_y = \mu_1$ ,  $\mu_z = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5cm}{30cm} = 0.167, \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5cm}{60cm} = 0.083$$

Άρα  $\omega_{tot} = 0.10$

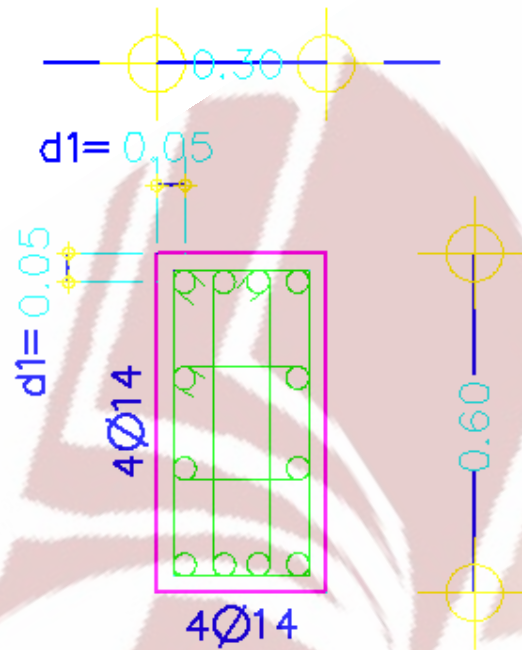
$$\text{Άρα } A_{s,tot} = \omega_{tot} * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.10 * 60cm * 30cm * \frac{\frac{20 * 10^3}{1.5} \frac{KN}{m^2}}{\frac{500 * 10^3}{1.15} \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow A_{s,tot} = 5.52cm^2$$

$$\text{Άρα ανά παρειά: } \frac{A_{s,tot}}{4} = 1.38cm^2$$

$$\text{Επιλέγω για την παρειά } 0.30m: \quad 2 \frac{1}{2} \text{Ø}14 + 2 \text{Ø}14 = 4.62cm^2 > 1.38cm^2$$



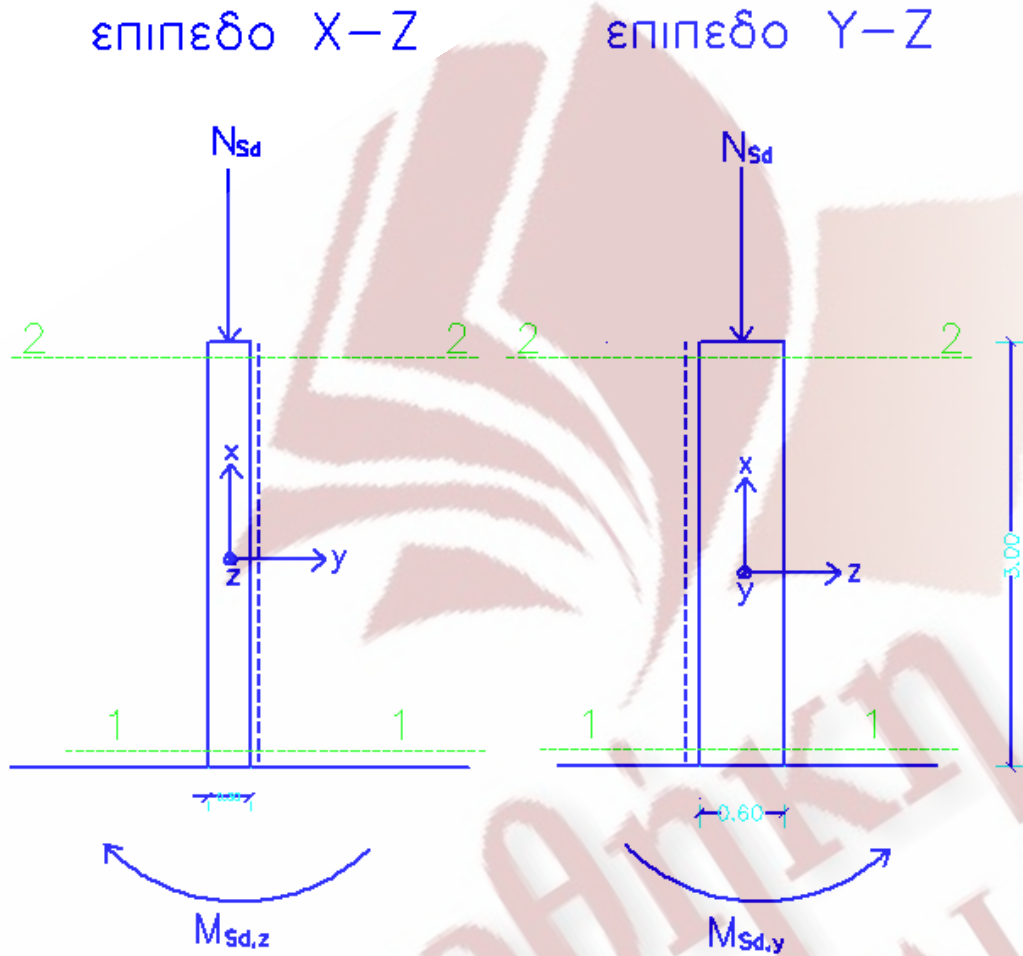
$$0.60\text{m}: 2\frac{1}{2}\text{Ø}22+2\text{Ø}14=4.62\text{cm}^2>1.38\text{cm}^2$$



Σχ. 7.24 Διατομή 2-2 Υποστυλώματος Κ<sub>2</sub> με καμπτικό οπλισμό

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Επίπεδο πλαίσιο ΧΟΖ



Σχ. 7.25 Υποστήλωμα Κ<sub>2</sub> με ροπές για έλεγχο σε κάμψη

$$M_{sd,z} = +17.64 \text{ kNm}$$

$$M_{sd,y} = +1.90 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = -437.0 \text{ kNm}$$

Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{437.0 \text{ KN}}{0.30 \text{ m} * 0.60 \text{ m} * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.18 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_z = \frac{M_{sd,z}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{17.64kNm}{0.60m * (0.30m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_z = 0.0245$$

$$\mu_y = \frac{M_{sd,y}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{1.90kNm}{0.30m * (0.60m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_y = 0.0013$$

Επειδή  $\mu_z > \mu_y$  θεωρούμε για την εύρεση του  $\omega_{tot}$  ότι:  $\mu_z = \mu_1$ ,  $\mu_y = \mu_2$

$$\frac{d_1}{h} = \frac{5cm}{30cm} = 0.167 \quad , \quad \frac{d_1}{b} = \frac{5cm}{60cm} = 0.083$$

Άρα  $\omega_{tot} = 0.055 < \omega_{tot} = 0.10$

Άρα η 1<sup>η</sup> περίπτωση (κύρια διεύθυνση κάμψης εντός του επίπεδου YOZ) είναι και η δυσμενέστερη

## Έλεγχοι (ΕΚΩΣ 18.4.2-18.4.3-17.4)

Πρέπει η καθαρή απόσταση παράλληλων οπλισμών να είναι τουλάχιστον ίση με:

- Τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων = 14mm
- 20mm
- $d_{\text{αδρανους}}+5\text{mm} = 25.4\text{mm}+5\text{mm}= 30.40\text{mm}$

άρα πρέπει η καθαρή απόσταση μεταξύ του διαμήκους οπλισμού να είναι τουλάχιστον 30.40mm

### Έλεγχος

Θα γίνει ο έλεγχος στην παρειά με πλευρά 0.30m αφού είναι και η δυσμενέστερη. άρα λοιπόν θεωρώντας πως από το κέντρο της πιο κοντινής ράβδου στην παρειά έχουμε απόσταση  $d_1= 5\text{cm}$  η καθαρή απόσταση μεταξύ των 4Ø14 είναι:

$$3 \cdot (\text{καθαρή απόσταση}) = (\text{διατομή}) - 2 \cdot d_1 - 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{Ø}14 \Rightarrow$$
$$(\text{καθαρή απόσταση}) = \frac{300\text{mm} - 2 \cdot 50\text{mm} - 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 14\text{mm}}{3} \Rightarrow$$
$$(\text{καθαρή απόσταση}) = 52.66\text{mm} > 30.40\text{mm}$$

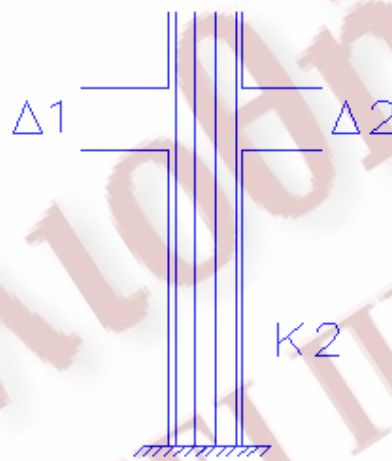
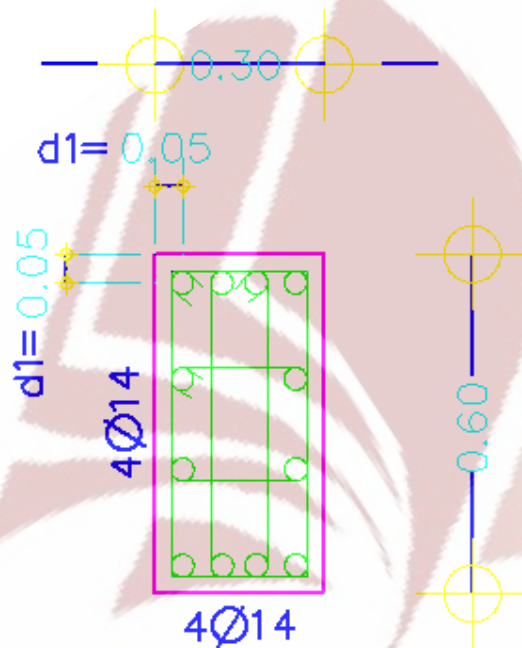
- Η ελάχιστη πλευρά του υποστυλώματος πρέπει να είναι  $250\text{mm} < 300\text{mm}$  ισχύει
- Ελάχιστη διάμετρος διαμήκους ράβδου είναι  $14\text{mm} \leq 14\text{mm}$  ισχύει
- Στους διαμήκους οπλισμούς δεν πρέπει να ξεπερνά η μεταξύ του απόσταση τα  $200\text{mm} > 52.66\text{mm}$  ισχύει
- Το ποσοστό του περιμετρικώς διατεταγμένου διαμήκους οπλισμού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1% και 4%

Εύρεση ποσοστού του περιμετρικώς διατεταγμένου διαμήκους οπλισμού:

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12 \cdot \pi \cdot \frac{(14 \cdot 10^{-3} \text{m})^2}{4}}{0.30\text{m} \cdot 0.60\text{m}} \Rightarrow \rho = 1.02\% \text{ άρα } 1\% < 1.02\% < 4\% \text{ ισχύει}$$



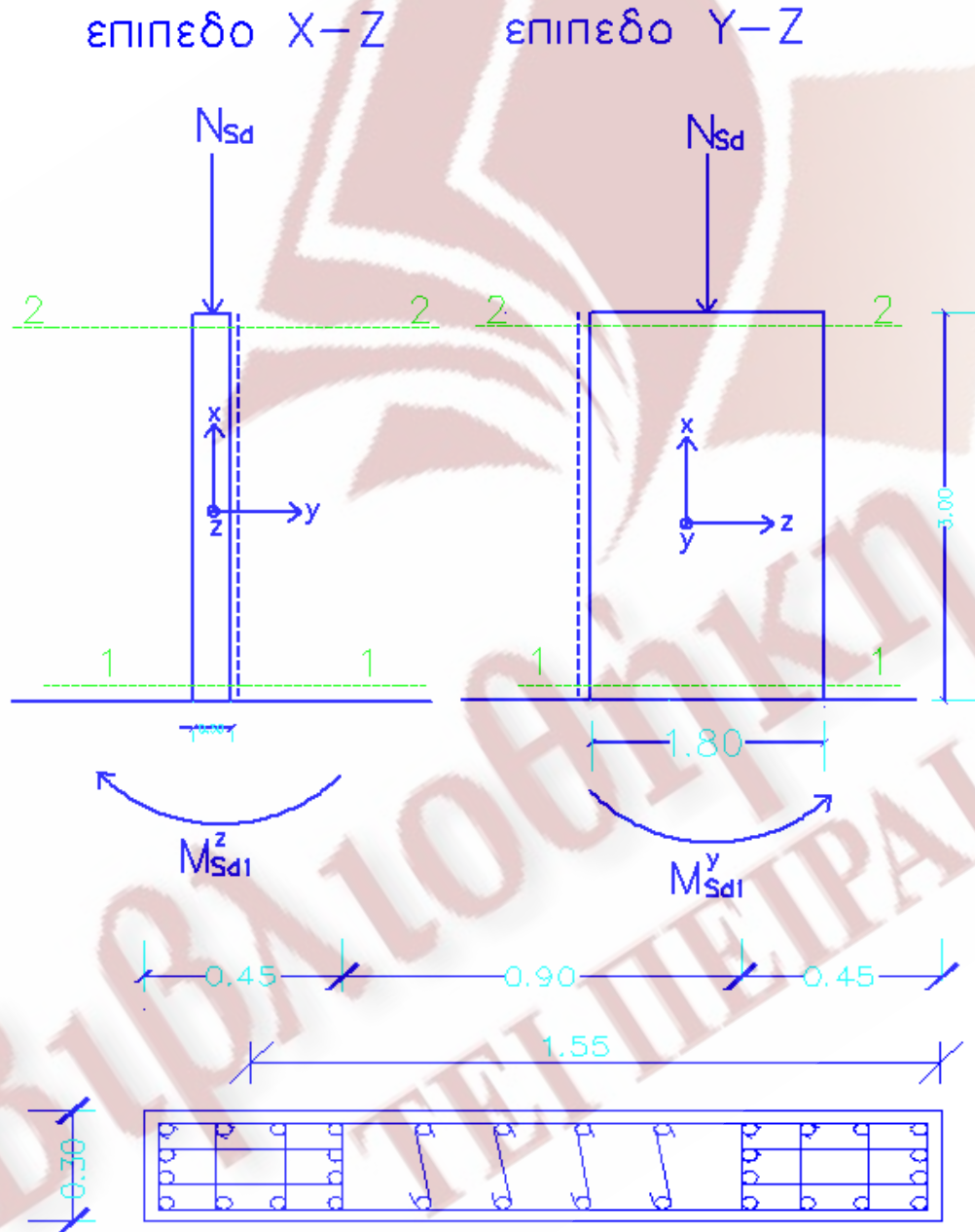
Άρα λοιπόν έχουμε και στις δυο διατομές του  $K_2$  τον ίδιο περιμετρικό διαμήκη σπλισμό



Σχ. 7.26 Τομή και όψη του υποστυλώματος  $K_2$  με καμπτικό σπλισμό

### 7.2.3 Έλεγχος σε κάμψη του τοιχώματος $K_1$

Ο έλεγχος θα γίνει σε μονοαξονική κάμψη  
Διατομή 1-1



Σχ. 7.27 Τομή και Όψη του τοιχώματος  $K_1$

$$M_{sd1} = +924.85kNm$$

$$N_{sd} = -433.80kN \quad \text{λόγω του σεισμικού συνδυασμού 1308}$$

### Έλεγχος διατομής

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{433.80kN}{0.30m * 1.80m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{KN}{m^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.06 \leq 0.65 \text{ ισχύει}$$

### Εύρεση της ανηγμένης ροπής

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd1}^y}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{924.85kNm}{0.30m * (1.80m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0714$$

$$\frac{d_1}{b} = \frac{25cm}{180cm} = 0.139$$

Άρα  $\omega = 0.10$

Άρα

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} * b * h * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.10 * 180cm * 30cm * \frac{\frac{20 * 10^3}{1.5} \frac{KN}{m^2}}{\frac{500 * 10^3}{1.15} \frac{KN}{m^2}} \Rightarrow A_{s,tot} = 16.56cm^2$$

### Εύρεση διαμήκουσ οπλισμού του τοιχώματος $K_1$

Για την εύρεση θα χρησιμοποιήσουμε τις συνθήκες που επιβάλλει ο ΕΚΩΣ 18.5.1, 18.5.2, 18.5.3 α), 18.5.3 β)

### Έλεγχος (ΕΚΩΣ 18.5.1)

- Ένα κατακόρυφο στοιχείο θεωρείται τοίχωμα όταν το μήκος του,  $l_w$ , είναι τουλάχιστον τετραπλάσιο του πλάτους  $b$ .

Ισχύει για το  $K_1$  αφού το μήκος του  $l_w = 1.80m$  σε σύγκριση με το πλάτος του  $b = 0.30m$  είναι εξαπλάσιο.

- Το πάχος του τοιχώματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 1/20 του ύψους ορόφου, εκτός αν γίνεται έλεγχος πλευρικής ευστάθειας.

$$\text{Ισχύει αφού το } \frac{1}{20} * (\text{υψος} - \text{ορόφου}) = \frac{1}{20} * 3\text{m} = 0.15\text{m} < 0.30\text{m} = b$$

### Έλεγχος (ΕΚΩΣ 18.5.2)

- Ως κρίσιμη περιοχή  $H_{cr}$  θεωρείται το τμήμα του τοιχώματος μέχρις ύψους (από την θεμελίωση) τουλάχιστον ίσο με το μέγιστο των  $l_w$  και  $H_w/6$ , όπου το  $H_w$  το συνολικό ύψος από την βάση έως την κορυφή του τοιχώματος.
- Όμως σε κάθε περίπτωση η κρίσιμη περιοχή καλύπτει ολόκληρο το ύψος του κάτω ορόφου, ενώ οι λεπτομέρειες οπλίσεώς της συνεχίζονται και σε έναν τουλάχιστον υποκείμενο όροφο (υπόγειο), αν υπάρχει.

Άρα το τοίχωμα  $K_1$  που το εξετάζουμε στον κάτω όροφο έχει όλο το ύψος του κρίσιμο

### Έλεγχος (ΕΚΩΣ 18.5.3)

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως κατακόρυφων οπλισμών τοιχωμάτων.

B)

- Οι ακραίες περιοχές των κρίσιμων περιοχών τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας πρέπει να διαμορφώνονται και να οπλίζονται σαν περισφιγμένα υποστυλώματα σε μήκος από το άκρο του τοιχώματος τουλάχιστον  $1.5b$  ή  $0.15l_w$ .

Δηλαδή:

$$1.5 * b = 1.5 * 30\text{cm} = 45\text{cm}$$

$$0.15l_w = 0.15 * 180\text{cm} = 27\text{cm}$$

άρα το μεγαλύτερο μήκος είναι τα 45cm

- Στις ακραίες περιοχές ο κατακόρυφος οπλισμός πρέπει να είναι μεταξύ 0.01 και 0.04 της αντίστοιχης διατομής σκυροδέματος του υποτιθέμενου υποστυλώματος.



Δηλαδή :

$$0.01 \leq \rho = \frac{\sum A_s}{a' * b'} \leq 0.04$$

άρα επιλέγω  $12\emptyset 14 = 18.47 \text{ cm}^2$

$$0.01 \leq \frac{18.47 \text{ cm}^2}{45 \text{ cm} * 30 \text{ cm}} \leq 0.04 \Rightarrow 0.01 \leq 0.014 \leq 0.04 \quad \text{ισχύει}$$

A) κορμός

- Η ελάχιστη διάμετρος του κατακόρυφου οπλισμού τοιχώματος είναι 10mm
- Η μέγιστη διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1/10 του πάχους του τοιχώματος,

$$\frac{1}{10} * (\text{πάχος}_\text{ τοιχώματος}) = \frac{1}{10} * 300 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

άρα επιλέγω διάμετρο ράβδων 10mm

- Στον κορμό του τοιχώματος, μεταξύ των ακραίων περιοχών, το συνολικό ποσοστό του κατακόρυφου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.0025 στις κρίσιμες περιοχές τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστικότητας.

$$\text{Άρα } \rho = \frac{\sum A_s}{b * (l_w - 2a')} \geq 0.0025$$

Άρα επιλέγω να τοποθετήσω  $8\emptyset 12 = 9.05 \text{ cm}^2$

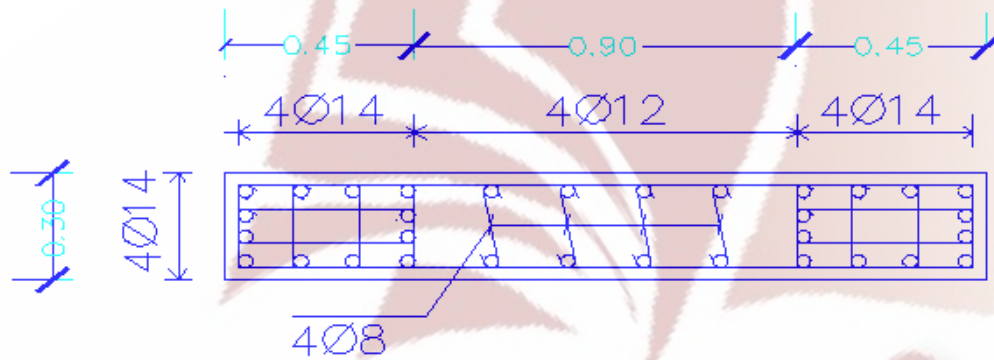
$$\rho = \frac{9.05 \text{ cm}^2}{30 \text{ cm} * (180 \text{ cm} - 2 * 45 \text{ cm})} \geq 0.0025 \Rightarrow 0.0034 \geq 0.0025 \quad \text{ισχύει}$$

- Στον κορμό οι δύο εσχάρες που σχηματίζονται πρέπει να συγκρατώνται μεταξύ τους με σιγμοειδή οπλισμό  $4\emptyset 8 / \text{m}^2$  S220. Το τοίχωμα  $K_1$  έχει εμβαδόν κορμού  $0.90 \text{ m} * 0.30 \text{ m} = 0.27 \text{ m}^2$  άρα πρέπει να τοποθετήσουμε  $(4\emptyset 8 / \text{m}^2) * 0.27 \text{ m}^2 = 1.08\emptyset 8$  άρα πρέπει να τοποθετήσουμε τουλάχιστον  $2\emptyset 8$  επιλέγω να τοποθετήσω  $4\emptyset 8$

- Σε κάθε εσχάρα η απόσταση δύο γειτονικών κατακόρυφων ράβδων θα είναι στην κρίσιμη περιοχή  $s \leq 200mm$

$$s = \frac{900mm}{5} - 2 * \frac{1}{2} * 14mm = 166mm \leq 200mm \quad \text{ισχύει,}$$

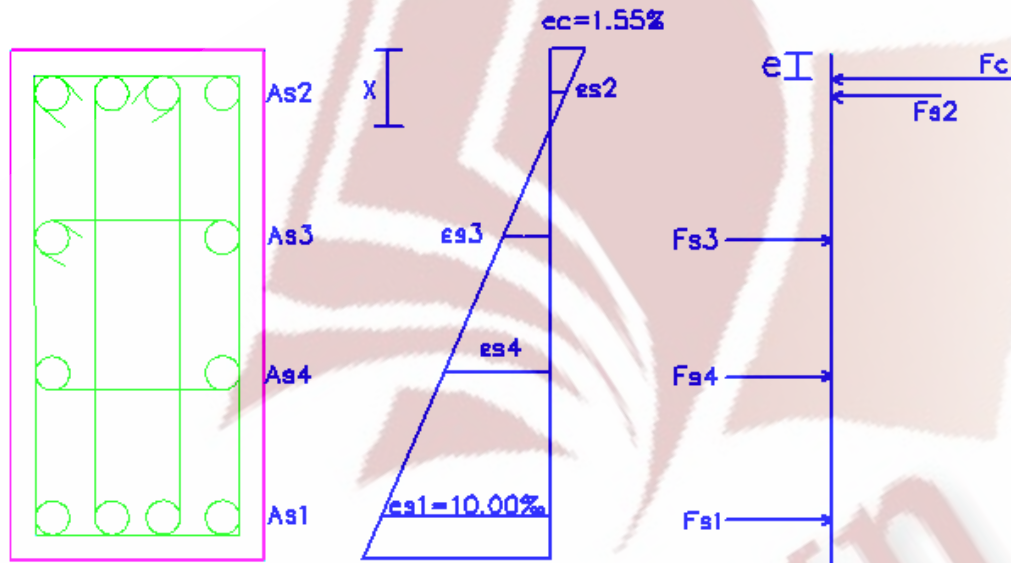
άρα τελικώς τοποθετήσαμε στις παρειές  $16\emptyset 14 + 8\emptyset 12 = 33.68 cm^2 > 16.56 cm^2$



Σχ. 7.27 Διατομή 1-1 τοιχώματος  $K_1$  με καμπτικό οπλισμό

## Υπολογισμός της ροπής αντοχής του υποστυλώματος K<sub>2</sub>

### A) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 1-1 κατά το επίπεδο Y-Z



Σχ. 7.28 Διατομή Υποστυλώματος K<sub>2</sub> με τις παραμορφώσεις και τις δυνάμεις που ασκούνται στην διατομή 1-1

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\varepsilon_c = 1.55\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\varepsilon_{s1} = 10.00\text{‰}$  ,  $N_{sd} = 332.70\text{kN}$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{x}{55 - x} \Rightarrow x = 7.38\text{cm}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s4}} = \frac{x}{38.34 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s4} = 6.50\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_4 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{21.67 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 3.00\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_3 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x - 5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 0.50\text{‰} < 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_2 \text{ δεν διαρρέει}$$

Οι χάλυβες που δεν βρίσκονται στην διαρροή θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook για να υπολογίσουμε τη τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς.

Οι χάλυβες που βρίσκονται στην διαρροή δεν θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook, η τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς είναι ίση του σημείου διαρροής τους.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s3} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s * \varepsilon_{s2} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 0.50 * 10^{-3} = 100 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} * A_{s1} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 267.72 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} * A_{s4} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 133.86 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} * A_{s3} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 133.86 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 100 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 61.58 \text{ kN}$$

$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.57 * (7.38 * 10^{-2}) \text{ m} * 0.30 \text{ m} * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 143.02 \text{ kN}$$

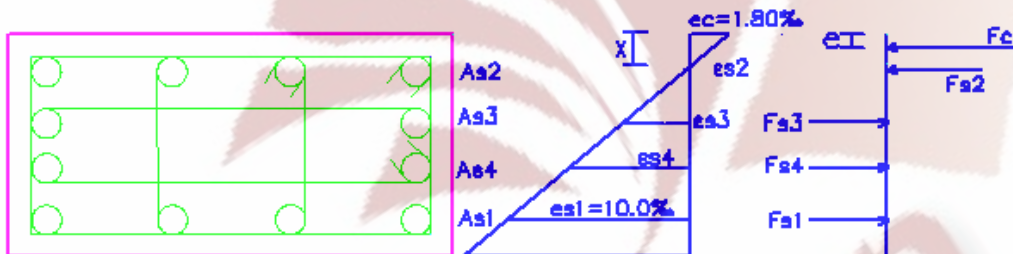


$$\text{Άρα } \sum F = -F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s1} = (-61.58 - 143.02 - 332.70 + 133.86 + 133.86 + 267.72) \text{ kN} = -1.86 \text{ kN} \cong 0 \text{ kN}$$

$$e = K_\alpha * x = 0.3625 * 7.38 \text{ cm} \Rightarrow e = 2.68 \text{ cm}$$

$$M_{Rd1}^y = -F_{s2} * 0.05 \text{ m} - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.1667) \text{ m} + F_{s4} * (0.05 + 0.1667 + 0.1667) \text{ m} + F_{s1} * 0.55 \text{ m} \Rightarrow M_{Rd1}^y = 220.66 \text{ kNm}$$

## β) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 1-1 κατά το επίπεδο X-Z



Σχ. 7.29 Διατομή Υποστυλώματος  $K_2$  με τις παραμορφώσεις και τις δυνάμεις που ασκούνται στην διατομή 1-1

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\varepsilon_c = 1.80\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\varepsilon_{s1} = 10.00\text{‰}$ ,  $N_{sd} = 450.50 \text{ kN}$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{x}{25 - x} \Rightarrow x = 3.81 \text{ cm}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s4}} = \frac{x}{18.34 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s4} = 6.86\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας ο } S_4 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{11.67 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 3.71\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_3 \text{ διαρρέει}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x - 5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 0.56\text{‰} < 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας } S_2 \text{ δεν διαρρέει}$$

Οι χάλυβες που δεν βρίσκονται στην διαρροή θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook για να υπολογίσουμε τη τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς

Οι χάλυβες που βρίσκονται στην διαρροή δεν θα ακολουθήσουν τον νόμο του Hook η τάση, δύναμη που αναπτύσσεται σε αυτούς είναι όση μέχρι το σημείο διαρροής τους.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s3} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s * \varepsilon_{s2} = 200 * 10^3 \text{ MPa} * 0.56 * 10^{-3} \Rightarrow \sigma_{s2} = 112 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} * A_{s1} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 267.72 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} * A_{s4} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 133.86 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} * A_{s3} = 434.78 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 133.86 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 112.00 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 68.96 \text{ kN}$$

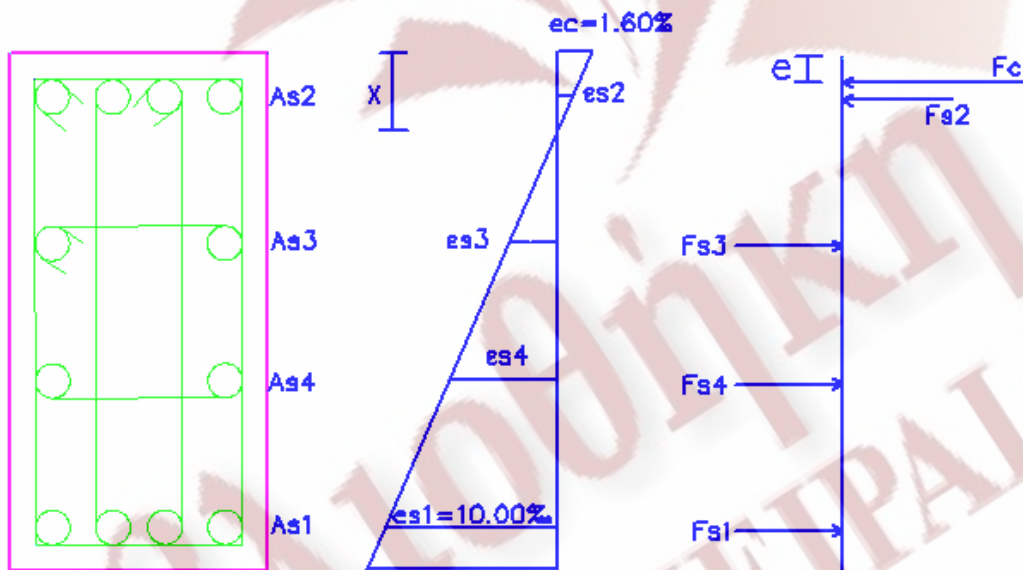
$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.622 * (3.81 * 10^{-2}) \text{ m} * 0.60 \text{ m} * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 161.15 \text{ kN}$$

$$\text{Άρα } \sum F = +F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s2} = -7.25 \cong 0kN$$

$$e = K_{\alpha} * x = 0.370 * 3.81 \text{cm} \Rightarrow e = 1.41 \text{cm}$$

$$M_{Rd1}^z = +F_{s2} * 0.05 \text{m} - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.0667) \text{m} + F_{s4} * (0.05 + 0.0667 + 0.0667) \text{m} + F_{s1} * 0.25 \text{m} \Rightarrow M_{Rd1}^z = 108.28 \text{kNm}$$

γ) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 2-2 κατά το επίπεδο Y-Z



Σχ. 7.30 Διατομή Υποστυλώματος K<sub>2</sub> με τις παραμορφώσεις και τις δυνάμεις που ασκούνται στην διατομή 2-2

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\varepsilon_c = 1.60\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰}$  και η  $N_{sd} = 319.20 \text{kN}$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{x}{55 - x} \Rightarrow x = 7.59 \text{cm}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s4}} = \frac{x}{38.34 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s4} = 6.48\% > 2.17\% \text{ \u03c1\u03b1 \u03c7\u03ac\u03bb\u03b2\u03b1\u03c3 \u03c3}_4 \text{ \u03b4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03b5\u03b9}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s3}} = \frac{x}{21.67 - x} \Rightarrow \varepsilon_{s3} = 2.97\% > 2.17\% \text{ \u03c1\u03b1 \u03c7\u03ac\u03bb\u03b2\u03b1\u03c3 \u03c3}_3 \text{ \u03b4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03b5\u03b9}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s2}} = \frac{x}{x - 5} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = 0.55\% < 2.17\% \text{ \u03c1\u03b1 \u03c7\u03ac\u03bb\u03b2\u03b1\u03c3 \u03c3}_2 \text{ \u03b4\u03b5\u03bd \u03b4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03b5\u03b9}$$

\u039c\u03b9 \u03c7\u03ac\u03bb\u03b2\u03b5\u03c3 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b4\u03b5\u03bd \u03b2\u03c1\u03b9\u03c3\u03ba\u03bf\u03bd\u03b1\u03b9 \u03c3\u03c4\u03b7\u03bd \u03b4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03bf\u03b9 \u03b8\u03b1 \u03b1\u03ba\u03bf\u03bb\u03bf\u03b8\u03b7\u03c3\u03bf\u03bd \u03c4\u03bf\u03bd \u03bd\u03cc\u03bc\u03bf \u03c4\u03bf\u03c5 \u039c\u03bf\u03bf\u03ba, \u03b4\u03b9\u03bd\u03b1\u03bc\u03b7 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b1\u03bd\u03b1\u03c0\u03c4\u03cd\u03c3\u03b5\u03c4\u03b1\u03b9 \u03c3\u03b5 \u03b1\u03c5\u03c4\u03bf\u03cd\u03c3.

\u039c\u03b9 \u03c7\u03ac\u03bb\u03b2\u03b5\u03c3 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b2\u03c1\u03b9\u03c3\u03ba\u03bf\u03bd\u03b1\u03b9 \u03c3\u03c4\u03b7\u03bd \u03b4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03bf\u03b9 \u03b4\u03b5\u03bd \u03b8\u03b1 \u03b1\u03ba\u03bf\u03bb\u03bf\u03b8\u03b7\u03c3\u03bf\u03bd \u03c4\u03bf\u03bd \u03bd\u03cc\u03bc\u03bf \u03c4\u03bf\u03c5 \u039c\u03bf\u03bf\u03ba, \u03b7 \u03c4\u03ac\u03c3\u03b7, \u03b4\u03b9\u03bd\u03b1\u03bc\u03b7 \u03c0\u03bf\u03c5 \u03b1\u03bd\u03b1\u03c0\u03c4\u03cd\u03c3\u03b5\u03c4\u03b1\u03b9 \u03c3\u03b5 \u03b1\u03c5\u03c4\u03bf\u03cd\u03c3 \u03b5\u03b9\u03bd\u03b1\u03b9 \u03b9\u03c3\u03b7 \u03c4\u03bf\u03c5 \u03c3\u03b7\u03bc\u03b5\u03b9\u03bf\u03c5 \u03b4\u03b9\u03b1\u03c1\u03c1\u03bf\u03c3 \u03c4\u03bf\u03c5\u03c3.

$$\sigma_{s1} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s1} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s4} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s3} = \frac{f_{yd}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} \Rightarrow \sigma_{s3} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s2} = E_s \cdot \varepsilon_{s2} = 200 \cdot 10^3 \text{ MPa} \cdot 0.55 \cdot 10^{-3} = 110 \text{ MPa}$$

$$F_{s1} = \sigma_{s1} \cdot A_{s1} = 434.78 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4 \pi \cdot \frac{(14 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 267.72 \text{ kN}$$

$$F_{s4} = \sigma_{s4} \cdot A_{s4} = 434.78 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2 \pi \cdot \frac{(14 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 133.86 \text{ kN}$$

$$F_{s3} = \sigma_{s3} \cdot A_{s3} = 434.78 \cdot 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2 \pi \cdot \frac{(14 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 133.86 \text{ kN}$$



$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 112 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 4 \pi * \frac{(14 * 10^{-3} m)^2}{4} = 68.96 kN$$

$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.587 * (7.59 * 10^{-2}) m * 0.30 m * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2} = 151.48 kN$$

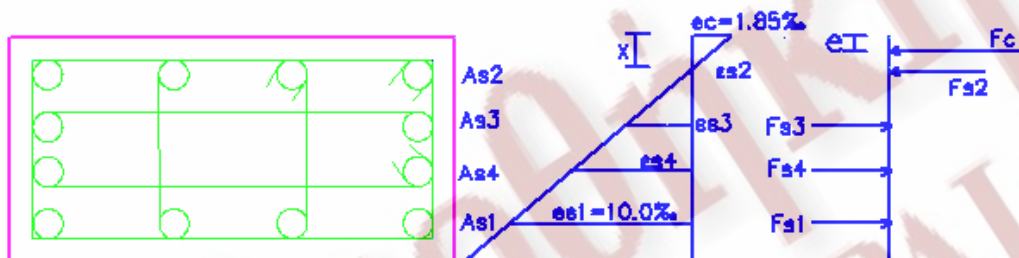
$$\text{Άρα } \sum F = -F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s1} = -4.20 kN \cong 0 kN$$

$$e = K_a * x = 0.365 * 7.59 cm \Rightarrow e = 2.77 cm$$

$$M_{Rd2}^y = -F_{s2} * 0.05 m - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.1667) m + F_{s4} * (0.05 + 0.1667 + 0.1667) m +$$

$$F_{s1} * 0.55 m_R \Rightarrow M_{Rd2}^y = 219.93 kNm$$

### δ) Εύρεση ροπής αντοχής της διατομής 1-1 κατά το επίπεδο X-Z



Σχ. 7.31 Διατομή Υποστυλώματος K<sub>2</sub> με τις παραμορφώσεις και τις δυνάμεις που ασκούνται στην διατομή 2-2

Υποθέτουμε παραμόρφωση στο σκυρόδεμα:  $\epsilon_c = 1.85\text{‰}$  και παραμόρφωση στον χάλυβα στην κάτω ίνα  $\epsilon_{s1} = 10.00\text{‰}$ ,  $N_{sd} = 437.00 kN$

$$\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{s1}} = \frac{x}{25 - x} \Rightarrow x = 3.90 cm$$

$$\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{s4}} = \frac{x}{18.34 - x} \Rightarrow \epsilon_{s4} = 6.85\text{‰} > 2.17\text{‰} \text{ άρα ο χάλυβας ο } S_4 \text{ διαρρέει}$$



$$F_{s2} = \sigma_{s2} * A_{s2} = 104.00 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 4\pi * \frac{(14 * 10^{-3} m)^2}{4} = 64.04 kN$$

$$F_c = \alpha * x * b * 0.85 f_{cd} = 0.635 * (3.90 * 10^{-2}) m * 0.60 m * 0.85 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2} = 168.40 kN$$

$$\text{Άρα } \sum F = +F_{s2} - F_c - N_{sd} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s2} = -5.92 \cong 0 kN$$

$$e = K_{\alpha} * x = 0.371 * 3.90 cm \Rightarrow e = 1.45 cm$$

$$M_{Rd2}^z = +F_{s2} * 0.05 m - F_c * e + F_{s3} * (0.05 + 0.0667) m + F_{s4} * (0.05 + 0.0667 + 0.0667) m + F_{s1} * 0.25 m \Rightarrow M_{Rd2}^z = 107.86 kNm$$

### ε) Υπολογισμός ροπής αντοχής του τοιχώματος K<sub>1</sub> στην βάση του

$$M_{sd1}^y = +924.85 kNm$$

$$N_{sd} = -433.80 kN \quad \text{λόγω του σεισμικού συνδυασμού 1308}$$

$$V_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} \leq 0.65 \Rightarrow \frac{433.80 kN}{0.30 m * 1.80 m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \leq 0.65 \Rightarrow 0.06 \leq 0.65$$

### Εύρεση των ανηγμένων ροπών

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd1}^y}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{924.85 kNm}{0.30 m * (1.80 m)^2 * \frac{20}{1.5} * 10^3} \Rightarrow \mu_{sd} = 0.0714$$

$$\frac{d_1}{b} = \frac{25 cm}{180 cm} = 0.139$$

$$\omega_{tot} = \frac{A_{s,tot}}{b * h} * \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{45.99cm^2}{30cm * 180cm} * \frac{\frac{500 * 10^3 kN}{1.15 m^2}}{\frac{20 * 10^3 kN}{1.5 m^2}} \Rightarrow \omega_{tot} = 0.2777$$

άρα από τον πίνακα μόνοαξονικής έντασης με ορθή δύναμη :

$$\mu_y = 0.1222$$

$$M_{R,w1} = \mu_y * b * h^2 * f_{cd} = 0.1222 * 0.30m * (1.80m)^2 * \frac{20 * 10^3 kN}{1.5 m^2} = 1583.71kNm$$

### 7.3 Υπολογισμών δοκών σε διάτμηση

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ παράρτημα Β.1.2 η ικανοτική τέμνουσα υπολογίζεται όπως παρακάτω:

Η ικανοτική τέμνουσα σχεδιασμού :

$$V_{CD,b} = V_{0,b} + \Delta V_{CD,b}$$

Όπου:

$$\Delta V_{CD,b} = 1.20 \frac{M_{R,b1} + M_{R,b2}}{l_b} \leq \frac{q * V_{E,b}}{1.20}$$

$V_{0,b}$  είναι η τέμνουσα της δοκού υπό τα μη σεισμικά φορτία του συνδυασμού ΕΑΚ 4.1

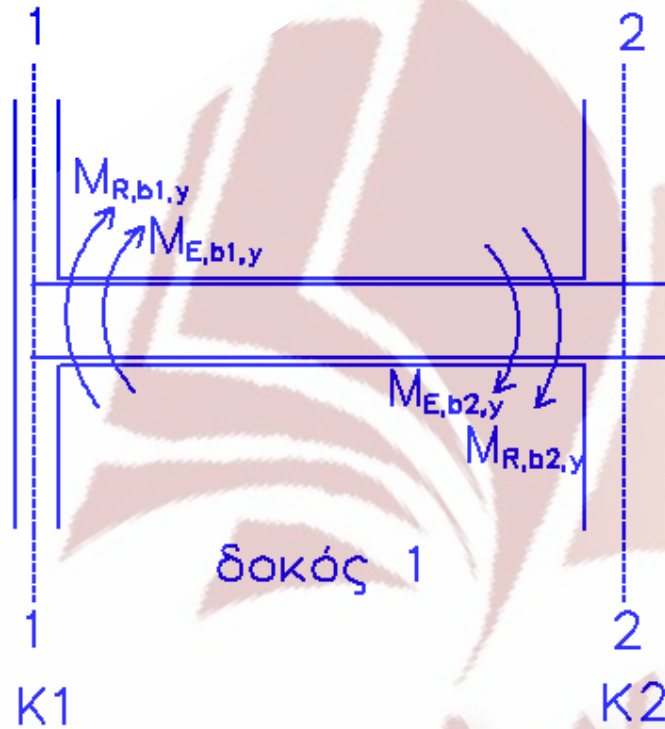
$M_{R,b1}, M_{R,b2}$  είναι οι ροπές αντοχής των άκρων της δοκού, κατά τη φορά που ενεργοποιούνται από την σεισμική δράση

$V_{E,b}$  είναι η σεισμική τέμνουσα της δοκού

$l_b$  είναι το μήκος της δοκού



α) Υπολογισμός ικανοτικής Τέμνουσας σχεδιασμού στην  
Δοκό 1  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 7.32 Δοκός 1 με ροπές για εύρεση τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{0,b1} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\rho\acute{\alpha}) = 39.25kN + 0.3 * 5.31kN = 40.84kN$$

$$V_{0,b2} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\rho\acute{\alpha}) = -37.00kN + 0.3 * (-4.28kN) = -38.28kN$$

$$V_{E,b1,z} = -13.20kN$$

$$V_{E,b2,z} = -11.53kN$$

$$M_{E,b1,y} = 30.00kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -22.93kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 107.45kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 155.97kNm$$

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{107.45kNm + 155.97kNm}{6m} = 52.68kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 13.20kN}{1.2} \right| = 38.50kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 38.50kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 40.84kN - 38.50kN = 2.34kN$$

### Διατομή 2-2

- $1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{107.45kNm + 155.97kNm}{6m} = 52.68kN$   
 $|\frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20}| = |\frac{-3.5 * 11.53kN}{1.2}| = 33.63kN$

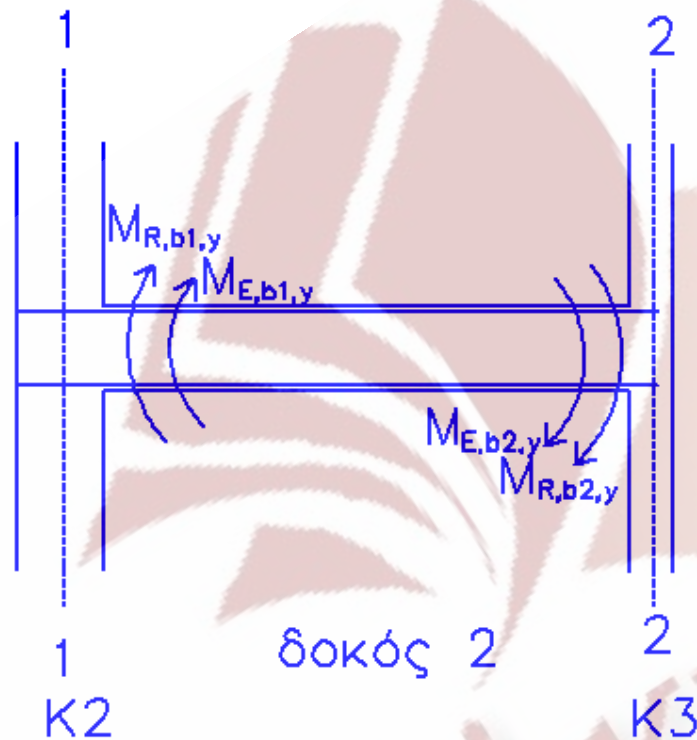
Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 33.63kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -38.28kN - 33.63kN = -71.91kN$$

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού της δοκού 1, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Στοιχείο	Vo,b1z	Vo,b2z	Ve,b1z	Ve,b2z	Me,b1y	Me,b2y	Mtb1y	Mtb2y	Lb	1,20*(Mtb1y+Mtb2y)/Lb	q*Ve,b1z/1,20	q*Ve,b2z/1,20	ΔVcd,b1	ΔVcd,b2	Vcd,b1	Vcd,b2
	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
101	40,84	-38,28	-13,20	-11,53	30,00	-22,93	107,45	155,97	6,00	52,68	38,50	33,63	-38,50	-33,63	2,34	-71,91
102	40,84	-38,28	9,86	10,01	-23,08	20,07	174,12	127,05	6,00	60,23	28,76	29,20	28,76	29,20	69,60	-9,08
103	40,84	-38,28	-38,93	-36,13	89,50	-72,10	107,45	155,97	6,00	52,68	113,55	105,38	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
104	40,84	-38,28	-37,93	-35,67	87,42	-71,24	107,45	155,97	6,00	52,68	110,63	104,04	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
105	40,84	-38,28	13,20	11,53	-30,00	22,93	174,12	127,05	6,00	60,23	38,50	33,63	38,50	33,63	79,34	-4,65
106	40,84	-38,28	-9,86	-10,01	23,08	-20,07	107,45	155,97	6,00	52,68	28,76	29,20	-28,76	-29,20	12,08	-67,48
107	40,84	-38,28	38,93	36,13	-89,50	72,10	174,12	127,05	6,00	60,23	113,55	105,38	60,23	60,23	101,07	21,95
108	40,84	-38,28	37,93	35,67	-87,42	71,24	174,12	127,05	6,00	60,23	110,63	104,04	60,23	60,23	101,07	21,95
201	40,84	-38,28	-10,39	-8,86	23,45	-17,66	107,45	155,97	6,00	52,68	30,30	25,81	-30,30	-25,81	10,54	-64,09
202	40,84	-38,28	12,67	12,69	-29,63	25,34	174,12	127,05	6,00	60,23	36,95	37,01	36,95	37,01	77,79	-1,27
203	40,84	-38,28	-38,09	-35,32	87,53	-70,52	107,45	155,97	6,00	52,68	111,10	103,02	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
204	40,84	-38,28	-38,77	-36,48	89,39	-72,82	107,45	155,97	6,00	52,68	113,08	106,40	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
205	40,84	-38,28	10,39	8,86	-23,45	17,66	174,12	127,05	6,00	60,23	30,30	25,81	30,30	25,81	71,14	-12,47
206	40,84	-38,28	-12,67	-12,69	29,63	-25,34	107,45	155,97	6,00	52,68	36,95	37,01	36,95	37,01	3,89	-75,29
207	40,84	-38,28	38,09	36,32	-87,53	70,52	174,12	127,05	6,00	60,23	111,10	103,02	60,23	60,23	101,07	21,95
208	40,84	-38,28	38,77	36,48	-89,39	72,82	174,12	127,05	6,00	60,23	113,08	106,40	60,23	60,23	101,07	21,95
301	40,84	-38,28	-11,04	-9,47	24,97	-18,89	107,45	155,97	6,00	52,68	32,20	27,62	-32,20	-27,62	8,64	-65,90
302	40,84	-38,28	13,33	13,32	-31,15	26,56	174,12	127,05	6,00	60,23	38,88	38,85	38,88	38,85	79,72	0,57
303	40,84	-38,28	-40,27	-37,40	92,61	-74,60	107,45	155,97	6,00	52,68	117,45	109,08	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
304	40,84	-38,28	-40,96	-38,55	94,47	-76,90	107,45	155,97	6,00	52,68	119,47	112,44	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
305	40,84	-38,28	11,04	9,47	-24,97	18,89	174,12	127,05	6,00	60,23	32,20	27,62	32,20	27,62	73,04	-10,66
306	40,84	-38,28	-13,33	-13,32	31,15	-26,56	107,45	155,97	6,00	52,68	38,88	38,85	-38,88	-38,85	1,96	-77,13
307	40,84	-38,28	40,27	37,40	-92,61	74,60	174,12	127,05	6,00	60,23	117,45	109,08	60,23	60,23	101,07	21,95
308	40,84	-38,28	40,96	38,55	-94,47	76,90	174,12	127,05	6,00	60,23	119,47	112,44	60,23	60,23	101,07	21,95
401	40,84	-38,28	-13,85	-12,15	31,52	-24,15	107,45	155,97	6,00	52,68	40,40	35,44	-40,40	-40,40	0,44	-78,68
402	40,84	-38,28	10,51	10,64	-24,60	21,30	174,12	127,05	6,00	60,23	30,65	31,03	30,65	31,03	71,49	-7,25
403	40,84	-38,28	-41,11	-38,20	94,58	-76,18	107,45	155,97	6,00	52,68	119,90	111,42	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
404	40,84	-38,28	-40,11	-37,75	92,50	-75,32	107,45	155,97	6,00	52,68	116,99	110,10	-52,68	-52,68	-11,84	-90,96
405	40,84	-38,28	13,85	12,15	-31,52	24,15	174,12	127,05	6,00	60,23	40,40	35,44	40,40	40,40	81,24	2,12
406	40,84	-38,28	-10,51	-10,64	24,60	-21,30	107,45	155,97	6,00	52,68	30,65	31,03	-30,65	-31,03	10,19	-69,31
407	40,84	-38,28	41,11	38,20	-94,58	76,18	174,12	127,05	6,00	60,23	119,90	111,42	60,23	60,23	101,07	21,95
408	40,84	-38,28	40,11	37,75	-92,50	75,32	174,12	127,05	6,00	60,23	116,99	110,10	60,23	60,23	101,07	21,95

β) Υπολογισμός ικανοτικής Τέμνουσας σχεδιασμού στην  
Δοκό 2  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 7.33 Δοκός 2 με ροπές για εύρεση τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{0,b1} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\tau\acute{\iota}\alpha) = 53.86kN + 0.3 * 7.79kN = 56.20kN$$

$$V_{0,b2} = (\mu\acute{o}\nu\iota\mu\alpha \_ \phi\acute{o}\rho\tau\iota\alpha) + 0.3(\kappa\iota\eta\eta\acute{\alpha} \_ \phi\omicron\rho\tau\acute{\iota}\alpha) = -46.36kN + 0.3 * (-5.74kN) = -48.08kN$$

$$V_{E,b1,z} = -6.93kN$$

$$V_{E,b2,z} = -7.29kN$$

$$M_{E,b1,y} = 18.13kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -18.72kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 127.05kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 173.76kNm$$

Διατομή 1-1



- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{127.05kNm + 173.76kNm}{6m} = 60.16kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 6.93kN}{1.2} \right| = 20.21kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 20.21kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = 56.20kN - 20.21kN = 35.99kN$$

### Διατομή 2-2

- $$1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{127.05kNm + 173.76kNm}{6m} = 60.16kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 7.29kN}{1.2} \right| = 21.26kN$$

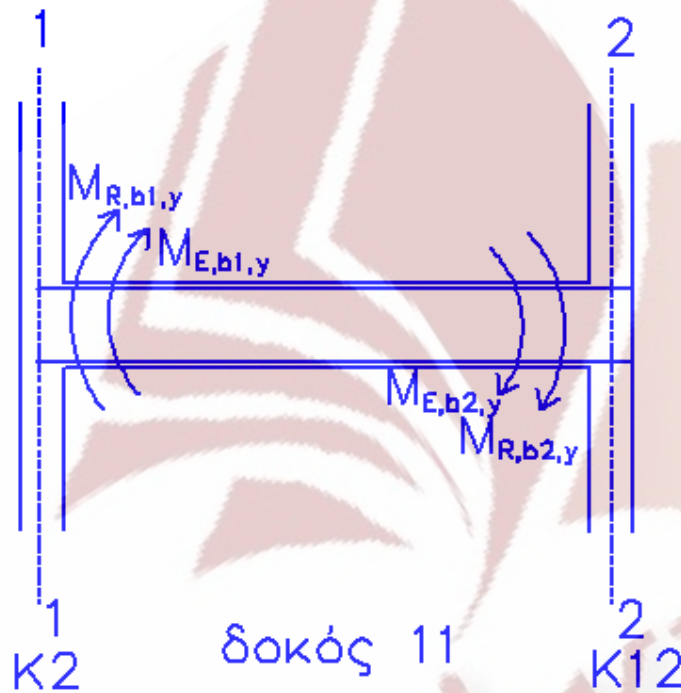
Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 21.26kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -48.08kN - 21.26kN = -69.34kN$$

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού της δοκού 2, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Στοιχος	Vo.b1z	Vo.b2z	Ve.b1z	Ve.b2z	Me.b1y	Me.b2y	Mtb1y	Mtb2y	Lb	1,20*(Mtb1y+Mtb2y)/Lb	q*Ve.b1z/1,20	q*Ve.b2z/1,20	ΔVcd.b1	ΔVcd.b2	Vcd.b1	Vcd.b2
	KN	KN	KN	KN	kNm	kNm	kNm	kNm	m	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
101	56,20	-48,08	-6,93	-7,29	18,13	-18,72	127,05	173,76	6,00	60,16	20,21	21,26	-20,21	-21,26	35,99	-69,34
102	56,20	-48,08	1,74	0,26	-5,14	4,95	155,97	109,63	6,00	53,12	5,08	0,76	5,08	0,76	61,28	-47,32
103	56,20	-48,08	-15,23	-13,63	40,72	-41,52	127,05	173,76	6,00	60,16	44,42	39,75	-44,42	-39,75	11,78	-87,83
104	56,20	-48,08	-13,68	-11,52	36,83	-37,39	127,05	173,76	6,00	60,16	39,90	33,60	-39,90	-33,60	16,30	-81,68
105	56,20	-48,08	6,93	7,29	-18,13	18,72	155,97	109,63	6,00	53,12	20,21	21,26	20,21	21,26	76,41	-26,82
106	56,20	-48,08	-1,74	-0,26	5,14	-4,95	127,05	173,76	6,00	60,16	5,08	0,76	-5,08	-0,76	51,12	-48,84
107	56,20	-48,08	15,23	13,63	-40,72	41,52	155,97	109,63	6,00	53,12	44,42	39,75	44,42	39,75	100,62	-8,33
108	56,20	-48,08	13,68	11,52	-36,83	37,39	155,97	109,63	6,00	53,12	39,90	33,60	39,90	33,60	96,10	-14,48
201	56,20	-48,08	-5,65	-5,97	14,70	-15,41	127,05	173,76	6,00	60,16	16,48	17,41	-16,48	-17,41	39,72	-65,49
202	56,20	-48,08	3,02	1,57	-8,57	8,27	155,97	109,63	6,00	53,12	8,81	4,58	8,81	4,58	65,01	-43,50
203	56,20	-48,08	-14,85	-13,24	39,69	-40,53	127,05	173,76	6,00	60,16	43,31	38,62	-43,31	-38,62	12,89	-86,70
204	56,20	-48,08	-14,06	-11,92	37,86	-38,39	127,05	173,76	6,00	60,16	41,01	34,77	-41,01	-34,77	15,19	-82,85
205	56,20	-48,08	5,65	5,97	-14,70	15,41	155,97	109,63	6,00	53,12	16,48	17,41	16,48	17,41	72,68	-30,67
206	56,20	-48,08	-3,02	-1,57	8,57	-8,27	127,05	173,76	6,00	60,16	8,81	4,58	-8,81	-4,58	47,39	-52,66
207	56,20	-48,08	14,85	13,24	-39,69	40,53	155,97	109,63	6,00	53,12	43,31	38,62	43,31	38,62	99,51	-9,46
208	56,20	-48,08	14,06	11,92	-37,86	38,39	155,97	109,63	6,00	53,12	41,01	34,77	41,01	34,77	97,21	-13,31
301	56,20	-48,08	-5,95	-6,27	15,48	-16,17	127,05	173,76	6,00	60,16	17,35	18,29	-17,35	-18,29	38,85	-66,37
302	56,20	-48,08	3,31	1,87	-9,36	9,03	155,97	109,63	6,00	53,12	9,65	5,45	9,65	5,45	65,85	-42,63
303	56,20	-48,08	-15,83	-14,24	42,32	-43,07	127,05	173,76	6,00	60,16	46,17	41,53	-46,17	-41,53	10,03	-89,61
304	56,20	-48,08	-15,04	-12,92	40,49	-40,93	127,05	173,76	6,00	60,16	43,87	37,68	-43,87	-37,68	12,33	-85,76
305	56,20	-48,08	5,95	6,27	-15,48	16,17	155,97	109,63	6,00	53,12	17,35	18,29	17,35	18,29	73,55	-29,79
306	56,20	-48,08	-3,31	-1,87	9,36	-9,03	127,05	173,76	6,00	60,16	9,65	5,45	-9,65	-5,45	46,55	-53,53
307	56,20	-48,08	15,83	14,24	-42,32	43,07	155,97	109,63	6,00	53,12	46,17	41,53	46,17	41,53	102,37	-6,55
308	56,20	-48,08	15,04	12,92	-40,49	40,93	155,97	109,63	6,00	53,12	43,87	37,68	43,87	37,68	100,07	-10,40
401	56,20	-48,08	-7,22	-7,59	18,92	-19,49	127,05	173,76	6,00	60,16	21,06	22,14	-21,06	-22,14	35,14	-70,22
402	56,20	-48,08	2,04	0,56	-5,93	5,71	155,97	109,63	6,00	53,12	5,95	1,63	5,95	1,63	62,15	-46,45
403	56,20	-48,08	-16,21	-14,63	43,36	-44,07	127,05	173,76	6,00	60,16	47,28	42,67	-47,28	-42,67	8,92	-90,75
404	56,20	-48,08	-14,65	-12,52	39,46	-39,93	127,05	173,76	6,00	60,16	42,73	36,52	-42,73	-36,52	13,47	-84,60
405	56,20	-48,08	7,22	7,59	-18,92	19,49	155,97	109,63	6,00	53,12	21,06	22,14	21,06	22,14	77,26	-25,94
406	56,20	-48,08	-2,04	-0,56	5,93	-5,71	127,05	173,76	6,00	60,16	5,95	1,63	-5,95	-1,63	50,25	-49,71
407	56,20	-48,08	16,21	14,63	-43,36	44,07	155,97	109,63	6,00	53,12	47,28	42,67	47,28	42,67	103,48	-90,75
408	56,20	-48,08	14,65	12,52	-39,46	39,93	155,97	109,63	6,00	53,12	42,73	36,52	42,73	36,52	98,93	-84,60

γ) Υπολογισμός ικανοτικής Τέμνουσας σχεδιασμού στην  
Δοκό 11  
Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 7.34 Δοκός 11 με ροπές για εύρεση τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{0,b1} = (\text{μόνιμα}_\text{φόρτια}) + 0.3(\text{κινητά}_\text{φορτία}) = +27.08kN + 0.3 * 5.94kN = 28.86kN$$

$$V_{0,b2} = (\text{μόνιμα}_\text{φόρτια}) + 0.3(\text{κινητά}_\text{φορτία}) = -34.90kN + 0.3 * (-8.70kN) = -37.51kN$$

$$V_{E,b1,z} = -10.57kN$$

$$V_{E,b2,z} = -11.02kN$$

$$M_{E,b1,y} = +21.16kNm$$

$$M_{E,b2,y} = -10.53kNm$$

$$M_{R,b1,y} = 111.44kNm$$

$$M_{R,b2,y} = 102.61kNm$$

Διατομή 1-1

$$\bullet \quad 1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{111.44kNm + 102.61kNm}{3m} = 85.62kN$$

$$\left| \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} \right| = \left| \frac{-3.5 * 10.57kN}{1.2} \right| = 30.83kN$$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 30.83kN

$$V_{0,b1} + \frac{q * V_{E,b1,z}}{1.20} = +28.86kN - 30.83kN = -1.97kN$$

### Διατομή 2-2

- $1.20 \frac{M_{R,b1,y} + M_{R,b2,y}}{l_b} = 1.20 * \frac{111.44kNm + 102.61kNm}{3m} = 85.62kN$   
 $|\frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20}| = |\frac{-3.5 * 11.02kN}{1.2}| = 32.14kN$

Από την ανίσωση η τιμή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 32.14kN

$$V_{0,b2} + \frac{q * V_{E,b2,z}}{1.20} = -37.51kN - 32.14kN = -69.65kN$$

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού της δοκού 11, και έπειτα επιλέγουμε την μεγαλύτερη από τις τιμές που προέκυψαν. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:



Σταθμός	Vo,b1z	Vo,b2z	Ve,b1z	Ve,b2z	Me,b1y	Me,b2y	Mtb1y	Mtb2y	Lb	1,20*(Mtb1y+Mtb2y)/Lb	q*Ve,b1z/1,20	q*Ve,b2z/1,20	ΔVcd,b2	Vcd,b1	Vcd,b2
	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	m	kN	kN	kN	kN	kN	kN
101	28,86	-37,51	-10,57	-11,02	21,16	-10,53	111,44	102,61	3,00	85,62	30,83	32,14	-30,83	-32,14	-32,14
102	28,86	-37,51	-11,14	-10,97	21,35	-10,57	111,44	102,61	3,00	85,62	32,49	32,00	-32,49	-32,00	-32,00
103	28,86	-37,51	-2,31	-3,39	6,06	-3,11	111,44	102,61	3,00	85,62	6,74	9,89	-6,74	-9,89	-9,89
104	28,86	-37,51	4,20	3,21	-6,70	3,22	99,70	108,54	3,00	83,30	12,25	9,36	12,25	9,36	41,11
105	28,86	-37,51	10,57	11,02	-21,16	10,53	99,70	108,54	3,00	83,30	30,83	32,14	30,83	32,14	59,69
106	28,86	-37,51	11,14	10,97	-21,35	10,57	99,70	108,54	3,00	83,30	32,49	32,00	32,49	32,00	61,35
107	28,86	-37,51	2,31	3,39	-6,06	3,11	99,70	108,54	3,00	83,30	6,74	9,89	6,74	9,89	35,60
108	28,86	-37,51	-4,20	-3,21	6,70	-3,22	111,44	102,61	3,00	85,62	12,25	9,36	-12,25	-9,36	16,61
201	28,86	-37,51	-10,63	-10,92	21,12	-10,49	111,44	102,61	3,00	85,62	31,00	31,85	-31,00	-31,85	-2,14
202	28,86	-37,51	-11,20	-10,87	21,31	-10,52	111,44	102,61	3,00	85,62	32,67	31,70	-32,67	-31,70	-3,81
203	28,86	-37,51	-2,33	-3,36	6,05	-3,09	111,44	102,61	3,00	85,62	6,80	9,80	-6,80	-9,80	22,06
204	28,86	-37,51	4,22	3,18	-6,68	3,21	99,70	108,54	3,00	83,30	12,31	9,28	12,31	9,28	41,17
205	28,86	-37,51	10,63	10,92	-21,12	10,49	99,70	108,54	3,00	83,30	31,00	31,85	31,00	31,85	59,86
206	28,86	-37,51	11,20	10,87	-21,31	10,52	99,70	108,54	3,00	83,30	32,67	31,70	32,67	31,70	61,53
207	28,86	-37,51	2,33	3,36	-6,05	3,09	99,70	108,54	3,00	83,30	6,80	9,80	6,80	9,80	35,66
208	28,86	-37,51	-4,22	-3,18	6,68	-3,21	111,44	102,61	3,00	85,62	12,31	9,28	-12,31	-9,28	16,55
301	28,86	-37,51	-10,62	-10,95	21,13	-10,50	111,44	102,61	3,00	85,62	30,98	31,94	-30,98	-31,94	-2,12
302	28,86	-37,51	-11,21	-10,85	21,31	-10,51	111,44	102,61	3,00	85,62	32,70	31,65	-32,70	-31,65	-3,84
303	28,86	-37,51	-2,28	-3,43	6,07	-3,13	111,44	102,61	3,00	85,62	6,65	10,00	-6,65	-10,00	22,21
304	28,86	-37,51	4,26	3,11	-6,66	3,18	99,70	110,28	3,00	83,99	12,43	9,07	12,43	9,07	41,29
305	28,86	-37,51	10,62	10,95	-21,13	10,50	99,70	108,54	3,00	83,30	30,98	31,94	30,98	31,94	59,84
306	28,86	-37,51	11,21	10,85	-21,31	10,51	99,70	108,54	3,00	83,30	32,70	31,65	32,70	31,65	61,56
307	28,86	-37,51	2,28	3,43	-6,07	3,13	99,70	108,54	3,00	83,30	6,65	10,00	6,65	10,00	35,51
308	28,86	-37,51	-4,26	-3,11	6,66	-3,18	111,44	102,61	3,00	85,62	12,43	9,07	-12,43	-9,07	16,43
401	28,86	-37,51	-10,56	-11,04	21,17	-10,54	111,44	102,61	3,00	85,62	30,80	32,20	-30,80	-32,20	-1,94
402	28,86	-37,51	-11,15	-10,95	21,34	-10,56	111,44	102,61	3,00	85,62	32,52	31,94	-32,52	-31,94	-3,66
403	28,86	-37,51	-2,27	-3,46	6,09	-3,14	111,44	102,61	3,00	85,62	6,62	10,09	-6,62	-10,09	22,24
404	28,86	-37,51	4,25	3,14	-6,67	3,19	99,70	108,54	3,00	83,30	12,40	9,16	12,40	9,16	41,26
405	28,86	-37,51	10,56	11,04	-21,17	10,54	99,70	108,54	3,00	83,30	30,80	32,20	30,80	32,20	59,66
406	28,86	-37,51	11,15	10,95	-21,34	10,56	99,70	108,54	3,00	83,30	32,52	31,94	32,52	31,94	61,38
407	28,86	-37,51	2,27	3,46	-6,09	3,14	99,70	108,54	3,00	83,30	6,62	10,09	6,62	10,09	35,48
408	28,86	-37,51	-4,25	-3,14	6,67	-3,19	111,44	102,61	3,00	85,62	12,40	9,16	-12,40	-9,16	16,46

## Έλεγχος σε διάτμηση Δοκός 1

### α) Διατομή 1-1

$$V_{CD,b1} = 101.07kN$$

$$N_{sd} = +49.30kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1308$$

Κατά ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d1}$$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 \cdot 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3 \cdot \pi \frac{(14 \cdot 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m \cdot 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 2.80 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{49.30kN}{0.60m \cdot 0.30m} = 273.89 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 \cdot 10^3 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.05 (1.20 + 40 \cdot 2.80 \cdot 10^{-3}) + 0.15 \cdot 273.89 \frac{kN}{m^2} \right] \cdot 0.30 \cdot 0.55m^2$$
$$\Rightarrow V_{R,d1} = 65.88kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 65.88kN \geq 101.07kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}16=8.04*10^{-4}m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{49.30kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 8.04 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -1512.78kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 101.07kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

### Υπολογισμος οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:



$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό (ΕΚΩΣ 11.2.3.2β) είναι

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{49.30kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0205 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 101.07kN - 0.30 * 65.88kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 81.31kN$$

Είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{81.31kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.859 * 10^{-3} m = 8.59 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτητο Ø8/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4}}{0.10m} = 10.06 \frac{cm^2}{m} > 8.59 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 10.06 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 10.06 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

15. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε  $\varnothing 8/10 : 8\text{mm} \leq 8\text{mm} \leq 12\text{mm}$  ισχύει

16. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

- Το 1/3 του ύψους της δοκού
- 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
- 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\varnothing_L, 20\varnothing_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600\text{mm}}{3}, 10 \cdot 14\text{mm}, 20 \cdot 8\text{mm}, 200\text{mm} \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 140\text{mm} > 100\text{mm}$  ( $\varnothing 8/10$ ) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

21. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε  $\varnothing 8/10 : 8\text{mm} < 12\text{mm}$

22. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 101.07\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} \cdot 594\text{kN} \geq 101.07\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 101.07\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.80 \cdot 0.55 \cdot 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow \Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$   $\varnothing 8/10$  ισχύει

23. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

$$\text{Αφού } \frac{1}{5}V_{rd2} \geq V_{CD,b1}$$

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

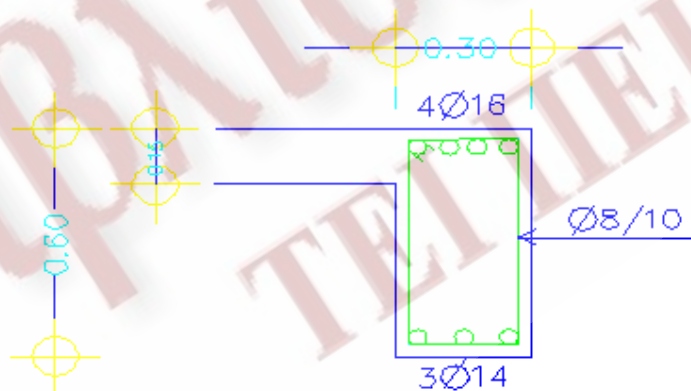
$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 500mm

### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 8) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 232\text{mm} < 500\text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.35 Διατομής 1-1 Δοκού 1 με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό



## β) Διατομή 2-2

$$V_{CD,b2} = -90.96kN$$

$$N_{sd} = +40.10kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού 1308}$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d1}$$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4 * \pi \frac{(16 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 4.87 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{40.10kN}{0.60m * 0.30m} = 222.78 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 4.87 * 10^{-3}) + 0.15 * 222.78 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 68.34kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b2} \Rightarrow 68.34kN \geq 90.96kN$  δεν ισχύει άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\text{Ø}14 = 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400 \text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{MPa}}{1.15} = 434.78 \text{MPa} \geq 400 \text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 \text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{40.10 \text{kN} - 400 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2}{0.60 \text{m} * 0.30 \text{m}} = -803.89 \text{kN} < 0 \text{kN}$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b2} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 90.96 \text{kN} \leq 594 \text{kN}$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{40.10kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0017 \geq -0.10$$

Άρα  $V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$

Οπότε:

$$V_{CD,b} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b2} - 0.30V_{Rd1} = 90.96kN - 0.30 * 68.34kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 70.46kN$$

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{70.46kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} = 0.744 * 10^{-3} m = 7.44 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτμητο Ø8/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4}}{0.10m} = 10.05 \frac{cm^2}{m} > 7.44 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$



## Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού σπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

17. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø8/10 :  $8mm \leq 8mm \leq 12mm$  ισχύει
18. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
- Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm
- Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600\text{mm}}{3}, 10 \cdot 14\text{mm}, 20 \cdot 8\text{mm}, 200\text{mm} \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 140\text{mm} > 100\text{mm}$  ( $\phi 8/10$ ) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

24. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε  $\phi 8/10 : 8\text{mm} < 12\text{mm}$

25. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b2} = 90.96\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} \cdot 594\text{kN} \geq 90.96\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 90.96\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.80 \cdot 0.55 \cdot 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$   $\phi 8/10$  ισχύει

26. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι

μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \geq V_{CD,b2}$  ισχύει από προηγούμενως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

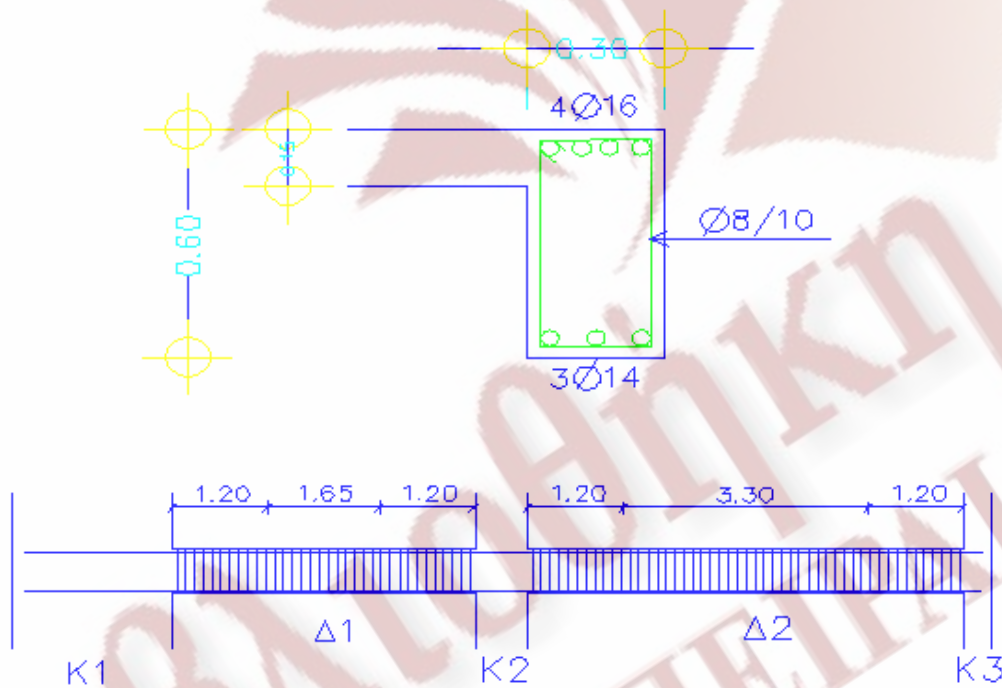
$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 500mm

## Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 8) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 232 \text{mm} < 500 \text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.36 Τομή και Όψη Δοκών 1,2 με καμπτικό και διατμητικό σπλισμό

## Έλεγχος σε διάτμηση της δοκού 2

### α) Διατομή 1-1

$$V_{CD,b1} = 103.48kN$$

$$N_{sd} = -0.60kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1407$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d1}$$

Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$



$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)  
 $A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού  
 $d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4 * \pi \frac{(16 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 4.87 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{-0.60kN}{0.60m * 0.30m} = -3.33 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 4.87 * 10^{-3}) - 0.15 * 3.33 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 62.75kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 62.75kN \geq 103.48kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\text{Ø}14 = 4.62 * 10^{-4} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{-0.60kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 4.62 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -1030.00kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 103.48kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{-0.60kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = -0.00025 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 103.48kN - 0.30 * 62.75kN \Rightarrow \\ \Rightarrow V_{Wd} \geq 84.66kN$$

είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{84.66kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3 kN}{1.15 m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.894 * 10^{-3} m = 8.94 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτητο Ø8/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4}}{0.10m} = 10.05 \frac{cm^2}{m} > 8.94 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$



19. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε  $\text{Ø}8/10 : 8\text{mm} \leq 8\text{mm} \leq 12\text{mm}$  ισχύει

20. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

- Το 1/3 του ύψους της δοκού
- 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
- 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\text{Ø}_L, 20\text{Ø}_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600\text{mm}}{3}, 10 \cdot 14\text{mm}, 20 \cdot 8\text{mm}, 200\text{mm} \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 140\text{mm} > 100\text{mm}$  (Ø8/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

27. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε  $\text{Ø}8/10 : 8\text{mm} < 12\text{mm}$

28. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 103.48\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} \cdot 594\text{kN} \geq 103.48\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 103.48\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.80 \cdot 0.55 \cdot 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$  Ø8/10 ισχύει

29. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \geq V_{CD,b1}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

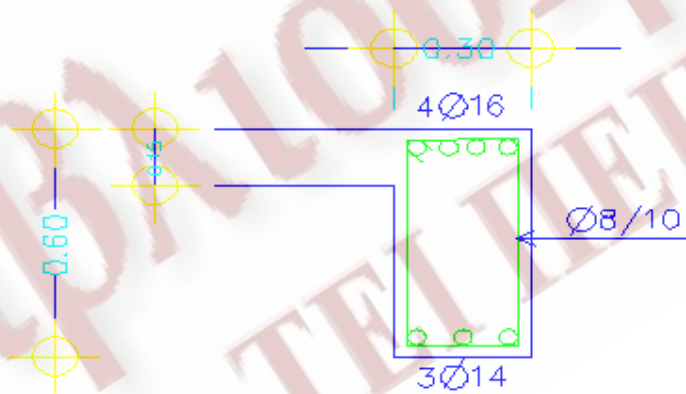
$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 500mm

### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 8) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 232\text{mm} < 500\text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.37 Διατομή 1-1 Δοκού 2 με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

## β) Διατομή 2-2

$$V_{CD,b2} = -90.75kN$$

$$N_{sd} = -3.80kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού 1407}$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d1}$$

Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{3 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 2.80 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{-3.80kN}{0.60m * 0.30m} = -21.11 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 2.80 * 10^{-3}) - 0.15 * 21.11 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{R,d1} = 58.58kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 58.58kN \geq 90.75kN$  δεν ισχύει άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :



$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}16=8.04*10^{-4}\text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400\text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500\text{MPa}}{1.15} = 434.78\text{MPa} \geq 400\text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400\text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{-3.80\text{kN} - 400 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 8.04 * 10^{-4} \text{m}^2}{0.60\text{m} * 0.30\text{m}} = -1807.78\text{kN} < 0\text{kN}$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b2} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 90.75\text{kN} \leq 594\text{kN}$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

### Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{-3.80kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = -0.0016 \geq -0.10$$

Άρα  $V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$

Οπότε:

$$V_{CD,b} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b2} - 0.30V_{Rd1} = 90.75kN - 0.30 * 58.58kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 73.18kN$$

είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{73.18kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3 kN}{1.15 m^2}} = 0.773 * 10^{-3} m = 7.73 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτμητο Ø8/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4}}{0.10m} = 10.05 \frac{cm^2}{m} > 7.73 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

### Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

21. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø8/10 :  $8mm \leq 8mm \leq 12mm$  ισχύει
22. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
  - Το 1/3 του ύψους της δοκού
  - 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
  - 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
  - 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_w, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600mm}{3}, 10 * 14mm, 20 * 8mm, 200mm \right\}$$

Άρα  $s_{\max}=140\text{mm}>100\text{mm}$  (Ø8/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

30. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø8/10 :  $8\text{mm}<12\text{mm}$

31. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b2} = 90.75\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \geq 90.75\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 90.75\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max}=0.80*0.55*10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow s_{\max}=300\text{mm}>100\text{mm}$  Ø8/10 ισχύει

32. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από 500mm, εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \geq V_{CD,b2}$  ισχύει από προηγούμενως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500$$

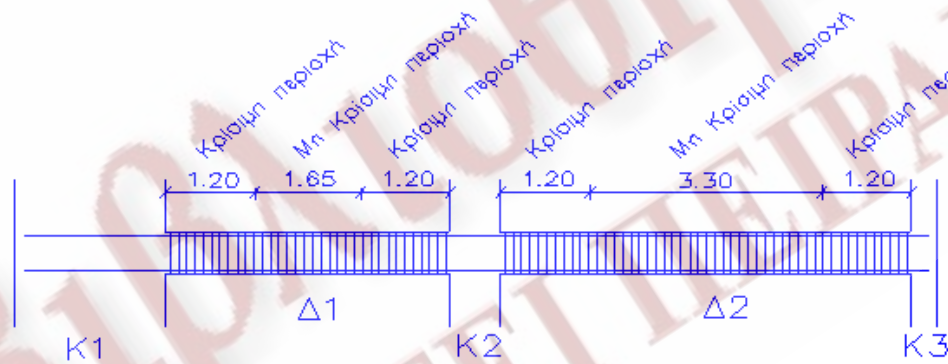
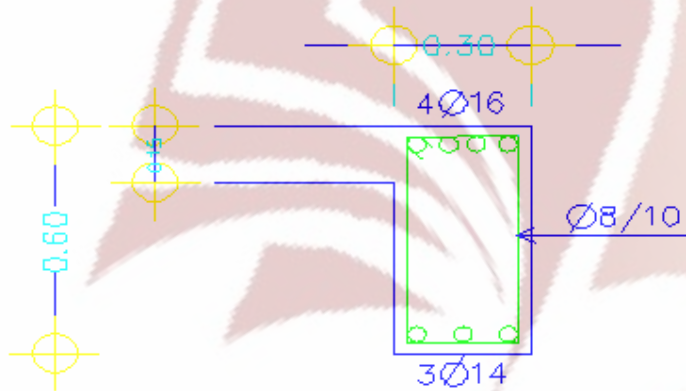
Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι 500mm



## Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 8) \text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 232 \text{mm} < 300 \text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.38 Τομή και όψη των δοκών 1,2 με κάμπτικο και διατμητικό οπλισμό

Έλεγχος σε διάτμηση της δοκού 11  
α) Διατομή 1-1

$$V_{CD,b1} = +61.56kN$$

$$N_{sd} = +9.90kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού 1306}$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d1}$$

Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 \cdot 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3 \cdot \pi \frac{(14 \cdot 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m \cdot 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 2.80 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{9.90kN}{0.60m \cdot 0.30m} = 55.00 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 \cdot 10^3 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.05 (1.20 + 40 \cdot 2.80 \cdot 10^{-3}) + 0.15 \cdot 55.00 \frac{kN}{m^2} \right] \cdot 0.30 \cdot 0.55m^2$$
$$\Rightarrow V_{R,d1} = 60.46kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b1} \Rightarrow 60.46kN \geq 61.56kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\text{Ø}14=4.62*10^{-4}\text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400\text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500\text{MPa}}{1.15} = 434.78\text{MPa} \geq 400\text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400\text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{9.90kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 4.62 * 10^{-4} m^2}{0.60m * 0.30m} = -971.67kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b1} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 61.56kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

### Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός έναντι των τεμνουσών θα υπολογιστεί από την συνθήκη:



$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{9.90kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0041 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b1} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b1} - 0.30V_{Rd1} = 61.56kN - 0.30 * 60.46kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 43.42kN$$

είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{43.42kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3 kN}{1.15 m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.459 * 10^{-3} m = 4.59 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτιμτο Ø8/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4}}{0.10m} = 10.05 \frac{cm^2}{m} > 4.59 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,min} \leq \rho_{πραγμ.} \Rightarrow \rho_{w,min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,min} * b_w \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 0.0016 * 30cm \Rightarrow 10.05 \frac{cm^2}{m} \geq 4.80 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60m = 1.20m$$

23. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø8/10 :  $8\text{mm} \leq 8\text{mm} \leq 12\text{mm}$  ισχύει

24. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

- Το 1/3 του ύψους της δοκού
- 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
- 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600\text{mm}}{3}, 10 \cdot 14\text{mm}, 20 \cdot 8\text{mm}, 200\text{mm} \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 140\text{mm} > 100\text{mm}$  (Ø8/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

33. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø8/10 :  $8\text{mm} < 12\text{mm}$

34. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5}V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3}V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b1} = 61.56\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} \cdot 594\text{kN} \geq 61.56\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 114.36\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.80 \cdot 0.55 \cdot 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow \Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$  Ø8/10 ισχύει

35. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από  $500\text{mm}$ , εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \geq V_{CD,b1}$  ισχύει από προηγούμενως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm}$$

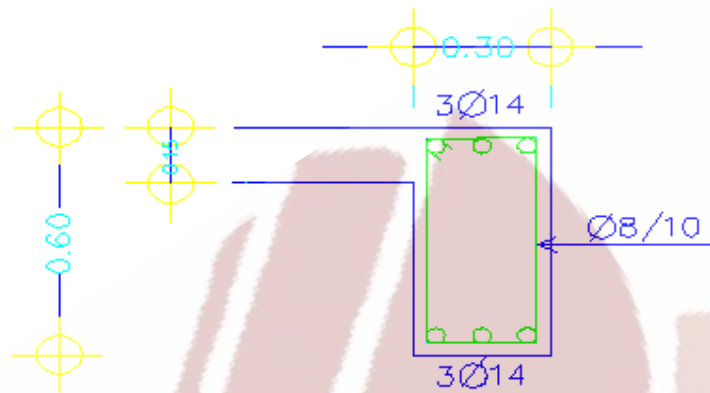
Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι  $500\text{mm}$

### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 * (\text{επικάλυψη}) - 2 * \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 * 30 - 2 * \frac{1}{2} * 8)\text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 232\text{mm} < 500\text{mm} \text{ ισχύει}$$





Σχ. 7.39 Διατομή 1-1 Δοκού 11 με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

### β) Διατομή 2-2

$$V_{CD,b2} = -69.71kN$$

$$N_{sd} = +4.00kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού 1401}$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d1}$$

Προσδιορισμός της  $V_{R,d1}$

$$V_{R,d1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκυόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{4 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 4.62 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{4.00kN}{0.60m * 0.30m} = 22.22 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{R,d1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05 (1.20 + 40 * 4.62 * 10^{-3}) + 0.15 * 22.22 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$
$$\Rightarrow V_{R,d1} = 62.93kN$$

Άρα  $V_{R,d1} \geq V_{CD,b2} \Rightarrow 62.93kN \geq 69.71kN$  δεν ισχύει άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται η σχέση:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d2}$$

Για γραμμικά στοιχεία και τοιχώματα :

$$V_{R,d2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{R,d2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{R,d2} = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{R,d2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $3\text{Ø}14 = 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400 \text{MPa}$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{MPa}}{1.15} = 434.78 \text{MPa} \geq 400 \text{MPa}$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 \text{MPa}$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{4.00kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 4.62 * 10^{-4} \text{m}^2}{0.60m * 0.30m} = -1004.44kN < 0kN$$

άρα δεν θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{R,d2,red}$

άρα  $V_{CD,b2} \leq V_{R,d2} \Rightarrow 69.71kN \leq 594kN$  ισχύει δεν απαιτείται αλλαγή διατομής

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,b2} \leq V_{R,d3}$$

Όπου:

$$V_{R,d3} = V_{Wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{4.00kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = 0.0017 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.30V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,b} \leq V_{R,d3} = V_{Wd} + 0.30V_{Rd1} \Rightarrow V_{Wd} \geq V_{CD,b2} - 0.30V_{Rd1} = 69.71kN - 0.30 * 62.93kN \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Wd} \geq 50.83kN$$

είναι:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης



$s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης  
 $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{50.83kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3 \text{ kN}}{1.15 \text{ m}^2}} = 0.537 * 10^{-3} \text{ m} = 5.37 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Επιλέγω δίτμητο Ø10/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * (0.8\text{cm})^2}{4 * 0.10\text{m}} = 10.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > 5.37 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ ισχύει}$$

## Έλεγχοι

Έλεγχος ελάχιστης τιμής του ποσοστού του διατμητικού οπλισμού ΕΚΩΣ 18.3.4

Για σκυρόδεμα C<sub>20/25</sub> και S<sub>w</sub>220 η τιμή είναι η εξής :

$$\rho_{w,\min} = 0.0016$$

Πρέπει:

$$\rho_{w,\min} \leq \rho_{\text{πραγμ.}} \Rightarrow \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w * \sin a} \xrightarrow{\sin a=1} \rho_{w,\min} \leq \frac{A_{sw}}{s_w * b_w} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho_{w,\min} * b_w \Rightarrow 10.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 0.0016 * 30\text{cm} \Rightarrow 10.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 4.80 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ ισχύει}$$

## Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.3)

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος  $l_{cr}$  από τις παρειές σε υποστυλώματα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψους της δοκού:

$$l_{cr} = 2h = 2 * 0.60\text{m} = 1.20\text{m}$$

25. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8mm και μεγαλύτερη από 12mm. Άρα αφού έχουμε Ø8/10 :  $8\text{mm} \leq 10\text{mm} \leq 12\text{mm}$  ισχύει

26. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

- Το 1/3 του ύψους της δοκού
- 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης ράβδου
- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων
- 200mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \left\{ \frac{h}{3}, 10\phi_L, 20\phi_W, 200 \right\} = \min \left\{ \frac{600\text{mm}}{3}, 10 * 14\text{mm}, 20 * 8\text{mm}, 200\text{mm} \right\}$$

Άρα  $s_{\max} = 140\text{mm} > 100\text{mm}$  (Ø8/10) ισχύει

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.3.4)

36. Η διάμετρος συνδετήρα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 12 mm. Ισχύει αφού έχουμε Ø8/10 :  $8\text{mm} < 12\text{mm}$

37. Η μέγιστη απόσταση  $s_{\max}$  μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\bullet \quad 0.80d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \quad (1)$$

$$\bullet \quad 0.60d \leq 300\text{mm} \quad \text{για } \frac{1}{5} V_{Rd2} \leq V_{CD,b1} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad 0.30d \leq 200\text{mm} \quad \text{για } V_{CD,b1} > \frac{2}{3} V_{Rd2} \quad (3)$$

Άρα αφού  $V_{CD,b2} = 69.71\text{kN}$  και  $V_{Rd2} = 594\text{kN}$  τότε:

$$\frac{1}{5} * 594\text{kN} \geq 69.71\text{kN} \Rightarrow 118.80\text{kN} \geq 69.71\text{kN}$$

Άρα ισχύει η πρώτη περίπτωση άρα :  $s_{\max} = 0.60 * 0.55 * 10^3\text{mm} \leq 300\text{mm} \Rightarrow \Rightarrow s_{\max} = 300\text{mm} > 100\text{mm}$  Ø8/10 ισχύει

38. Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από  $d$  ή από  $500\text{mm}$ , εάν  $V_{CD,b1} < \frac{1}{5}V_{Rd2}$ .

Εάν  $V_{CD,b1} > \frac{1}{5}V_{Rd2}$  τότε ισχύουν τα όρια των σχέσεων (2),(3)

Αφού  $\frac{1}{5}V_{Rd2} \geq V_{CD,b2}$  ισχύει από προηγουμένως

Άρα επομένως η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι:

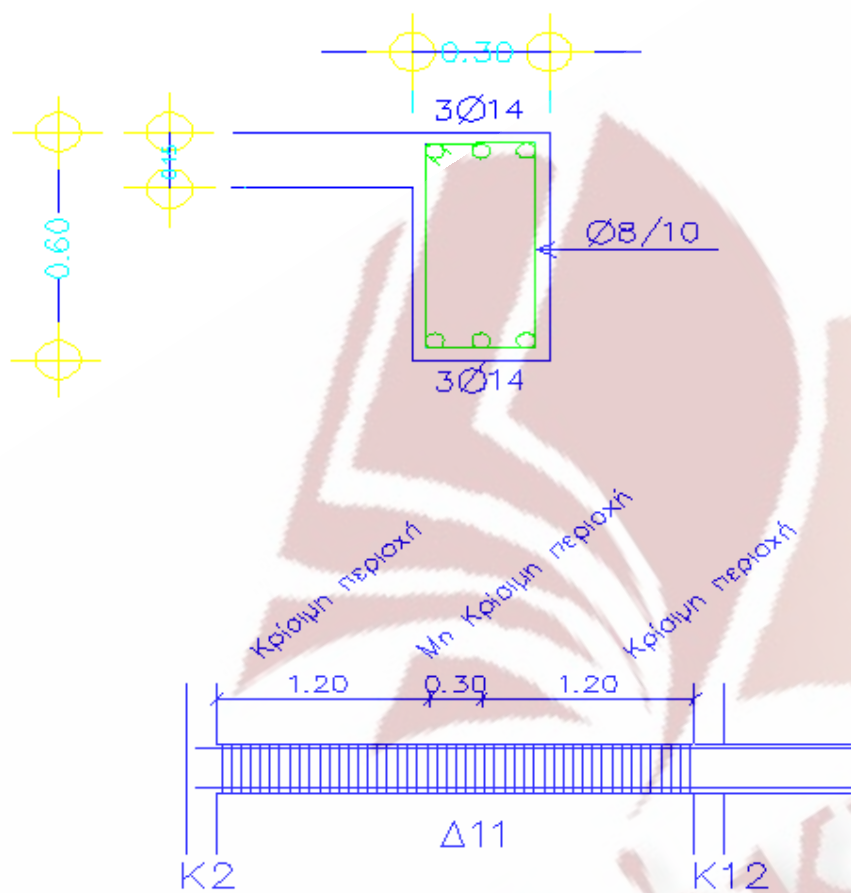
$$d \leq 500\text{mm} \Rightarrow 550\text{mm} \leq 500\text{mm}$$

Άρα η μέγιστη απόσταση μεταξύ των σκελών μπορεί να είναι  $500\text{mm}$

### Υπολογισμός καθαρής απόστασης μεταξύ των σκελών των συνδετήρων

$$\alpha_{\text{πραγμ}} = b_w - 2 \cdot (\text{επικάλυψη}) - 2 \cdot \frac{1}{2} (\text{διάμετρο συνδετήρα}) = (300 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 8)\text{mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_{\text{πραγμ}} = 232\text{mm} < 500\text{mm} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.40 Τομή και Όψη Δοκού 11 με καμπτικό και διατμητικό σπλισμό



## 7.4 Υπολογισμός υποστυλωμάτων σε διάτμηση (ΕΑΚ Β.1.1)

Η σύμφωνα με τον ΕΑΚ (παράρτημα Β.1.1) Τέμνουσα σχεδιασμού στην διεύθυνση κάθε πλαισίου στο οποίο ανήκει το υποστύλωμα είναι:

$$V_{CD,c} = 1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q * V_{E,c}$$

Όπου:

$M_{R,c1}, M_{R,c2}$  : είναι οι υπολογιστικές αντοχές σε κάμψη με αξονική δύναμη στα άκρα του υποστυλώματος, όπως ενεργοποιούνται από την σεισμική δράση. Θα χρησιμοποιηθεί η μέγιστη από τις τιμές που θα προκύψουν από δυο αντίθετες φορές της σεισμικής δράσης.

$V_{E,c}$  : είναι η σεισμική τέμνουσα του υποστυλώματος

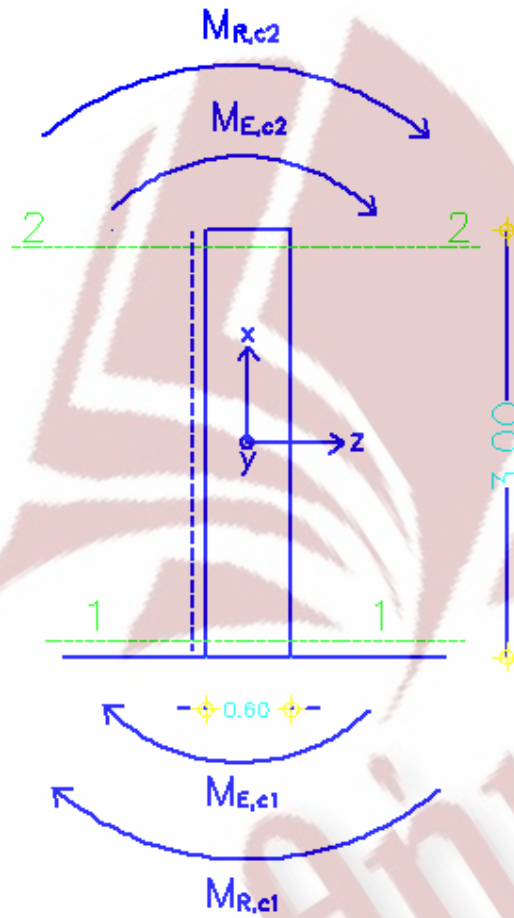
$l_c$  είναι το μήκος του υποστυλώματος.

### Υπολογισμός ικανοτικής τέμνουσας σχεδιασμού στο $K_2$ υποστύλωμα

#### Α) Επίπεδο YOZ

#### Σεισμικός συνδυασμός 1101

## επιπεδο Y-Z



Σχ. 7.41 Υποστύλωμα Κ<sub>2</sub> με τις ροπές για εύρεση της τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{E,c,z} = +12.19 \text{ kN}$$

$$M_{E,c,1} = -21.61 \text{ kNm}$$

$$M_{E,c,2} = +14.98 \text{ kNm}$$

$$M_{R,c,1} = 220.66 \text{ kNm}$$

$$M_{R,c,2} = 219.93 \text{ kNm}$$

$$1.40 \frac{M_{R,c,1} + M_{R,c,2}}{l_c} \leq q * V_{E,c,z}$$

$$1.40 \frac{M_{R,c,1} + M_{R,c,2}}{l_c} = 1.40 * \frac{220.66 \text{ kNm} + 219.93 \text{ kNm}}{3 \text{ m}} = 205.61 \text{ kN}$$

$$q * V_{E,c,z} = 3.50 * 12.19 \text{ kN} = 42.67 \text{ kN}$$

Άρα λόγω της ανίσωσης, για τον συνδυασμό αυτό λαμβάνεται τέμνουσα σχεδιασμού ίση με 42.67kN

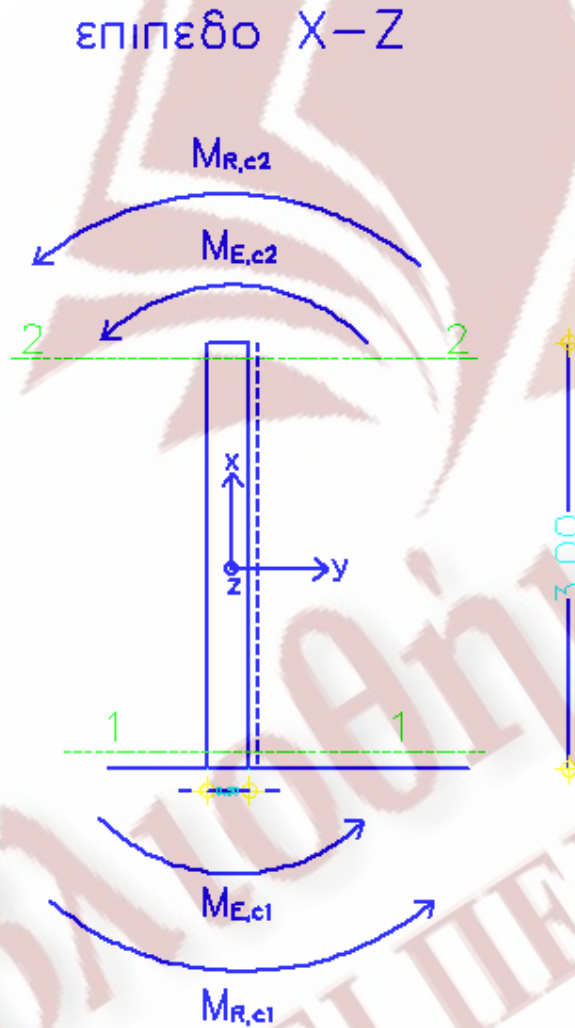
Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος  $K_2$  κατά το επίπεδο Y-Z. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Σεισμος	Vec z kN	Mecy1 kNm	Mecy2 kNm	Mrdy1 kNm	Mrdy2 kNm	Lc m	$1,40*(Mrdy1+Mrdy2)/$ Lc kN	$q*Vec z$ kN	Vcd,c z kN
101	12,19	-21,61	14,98	220,66	219,93	3,00	205,61	42,67	42,67
102	-8,58	16,30	-9,42	220,66	219,93	3,00	205,61	30,03	30,03
103	35,16	-63,98	41,50	220,66	219,93	3,00	205,61	123,06	123,06
104	34,07	-62,39	39,83	220,66	219,93	3,00	205,61	119,25	119,25
105	-12,19	21,61	-14,98	220,66	219,93	3,00	205,61	42,67	42,67
106	8,58	-16,30	9,42	220,66	219,93	3,00	205,61	30,03	30,03
107	-35,16	63,98	-41,50	220,66	219,93	3,00	205,61	123,06	123,06
108	-34,07	62,39	-39,83	220,66	219,93	3,00	205,61	119,25	119,25
201	9,41	-16,67	11,56	220,66	219,93	3,00	205,61	32,94	32,94
202	-11,36	21,24	-12,84	220,66	219,93	3,00	205,61	39,76	39,76
203	34,32	-62,50	40,47	220,66	219,93	3,00	205,61	120,12	120,12
204	34,91	-63,87	40,86	220,66	219,93	3,00	205,61	122,19	122,19
205	-9,41	16,67	-11,56	220,66	219,93	3,00	205,61	32,94	32,94
206	11,36	-21,24	12,84	220,66	219,93	3,00	205,61	39,76	39,76
207	-34,32	62,50	-40,47	220,66	219,93	3,00	205,61	120,12	120,12
208	-34,91	63,87	-40,86	220,66	219,93	3,00	205,61	122,19	122,19
301	10,06	-17,82	12,36	220,66	219,93	3,00	205,61	35,21	35,21
302	-12,01	22,40	-13,64	220,66	219,93	3,00	205,61	42,04	42,04
303	36,50	-66,35	43,14	220,66	219,93	3,00	205,61	127,75	127,75
304	37,08	-67,72	43,52	220,66	219,93	3,00	205,61	129,78	129,78
305	-10,06	17,82	-12,36	220,66	219,93	3,00	205,61	35,21	35,21
306	12,01	-22,40	13,64	220,66	219,93	3,00	205,61	42,04	42,04
307	-36,50	66,35	-43,14	220,66	219,93	3,00	205,61	127,75	127,75
308	-37,08	67,72	-43,52	220,66	219,93	3,00	205,61	129,78	129,78
401	12,85	-22,76	15,78	220,66	219,93	3,00	205,61	44,98	44,98
402	-9,23	17,46	-10,22	220,66	219,93	3,00	205,61	32,31	32,31
403	37,33	-67,83	44,16	220,66	219,93	3,00	205,61	130,66	130,66
404	36,25	-66,24	42,50	220,66	219,93	3,00	205,61	126,88	126,88
405	-12,85	22,76	-15,78	220,66	219,93	3,00	205,61	44,98	44,98
406	9,23	-17,46	10,22	220,66	219,93	3,00	205,61	32,31	32,31
407	-37,33	67,83	-44,16	220,66	219,93	3,00	205,61	130,66	130,66
408	-36,25	66,24	-42,50	220,66	219,93	3,00	205,61	126,88	126,88

Τελικώς η τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος  $K_2$  για το επίπεδο Y-Z είναι:  $V_{CD,c}^z = 130.66kN$

### B) Επίπεδο XOZ

Σεισμικός συνδυασμός 1101



Σχ. 7.42 Υποστώλιωμα  $K_2$  με τις ροπές για εύρεση της τέμνουσας σχεδιασμού

$$V_{Ec,y} = -7.21kN$$

$$M_{Ec,1} = -12.29kNm$$

$$M_{Ec,2} = +9.34kNm$$

$$M_{Rc,1} = 108.28kNm$$

$$M_{Rc,2} = 107.86kNm$$



$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q * V_{E,c,z}$$

$$1.40 \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} = 1.40 * \frac{108.28kNm + 107.86kNm}{3m} = 100.87kN$$

$$q * V_{E,c,z} = 3.50 * 7.21kN = 25.24kN$$

Άρα λόγω της ανίσωσης, για τον συνδυασμό αυτό λαμβάνεται τέμνουσα σχεδιασμού ίση με 25.24kN

Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε για όλους τους σεισμικούς συνδυασμούς την τέμνουσα σχεδιασμού του υποστυλώματος  $K_2$  κατά το επίπεδο X-Z, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Σεισμος	Vec y kN	Mecz1 kNm	Mecz2 kNm	Mrdz1 kNm	Mrdz2 kNm	Lc m	1,40*(Mrdz1+Mrdz2)/Lc kN	q*Vec y kN	Vcd,c y kN
101	- 7,21	- 12,29	9,34	108,28	107,86	3,00	100,87	25,24	25,24
102	- 7,23	- 12,33	9,36	108,28	107,86	3,00	100,87	25,31	25,31
103	- 2,14	- 3,64	2,77	108,28	107,86	3,00	100,87	7,49	7,49
104	2,20	3,75	- 2,84	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
105	7,21	12,29	- 9,34	108,28	107,86	3,00	100,87	25,24	25,24
106	7,23	12,33	- 9,36	108,28	107,86	3,00	100,87	25,31	25,31
107	2,14	3,64	- 2,77	108,28	107,86	3,00	100,87	7,49	7,49
108	- 2,20	- 3,75	2,84	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
201	- 7,22	- 12,30	9,35	108,28	107,86	3,00	100,87	25,27	25,27
202	- 7,23	- 12,33	9,37	108,28	107,86	3,00	100,87	25,31	25,31
203	- 2,14	- 3,64	2,78	108,28	107,86	3,00	100,87	7,49	7,49
204	2,20	3,75	- 2,84	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
205	7,22	12,30	- 9,35	108,28	107,86	3,00	100,87	25,27	25,27
206	7,23	12,33	- 9,37	108,28	107,86	3,00	100,87	25,31	25,31
207	2,14	3,64	- 2,78	108,28	107,86	3,00	100,87	7,49	7,49
208	- 2,20	- 3,75	2,84	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
301	- 7,21	- 12,30	9,35	108,28	107,86	3,00	100,87	25,24	25,24
302	- 7,24	- 12,33	9,37	108,28	107,86	3,00	100,87	25,34	25,34
303	- 2,13	- 3,63	2,77	108,28	107,86	3,00	100,87	7,46	7,46
304	2,20	3,75	- 2,85	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
305	7,21	12,30	- 9,35	108,28	107,86	3,00	100,87	25,24	25,24
306	7,24	12,33	- 9,37	108,28	107,86	3,00	100,87	25,34	25,34
307	2,13	3,63	- 2,77	108,28	107,86	3,00	100,87	7,46	7,46
308	- 2,20	- 3,75	2,85	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
401	- 7,21	- 12,29	9,34	108,28	107,86	3,00	100,87	25,24	25,24
402	- 7,23	- 12,33	9,36	108,28	107,86	3,00	100,87	25,31	25,31
403	- 2,13	- 3,63	2,76	108,28	107,86	3,00	100,87	7,46	7,46

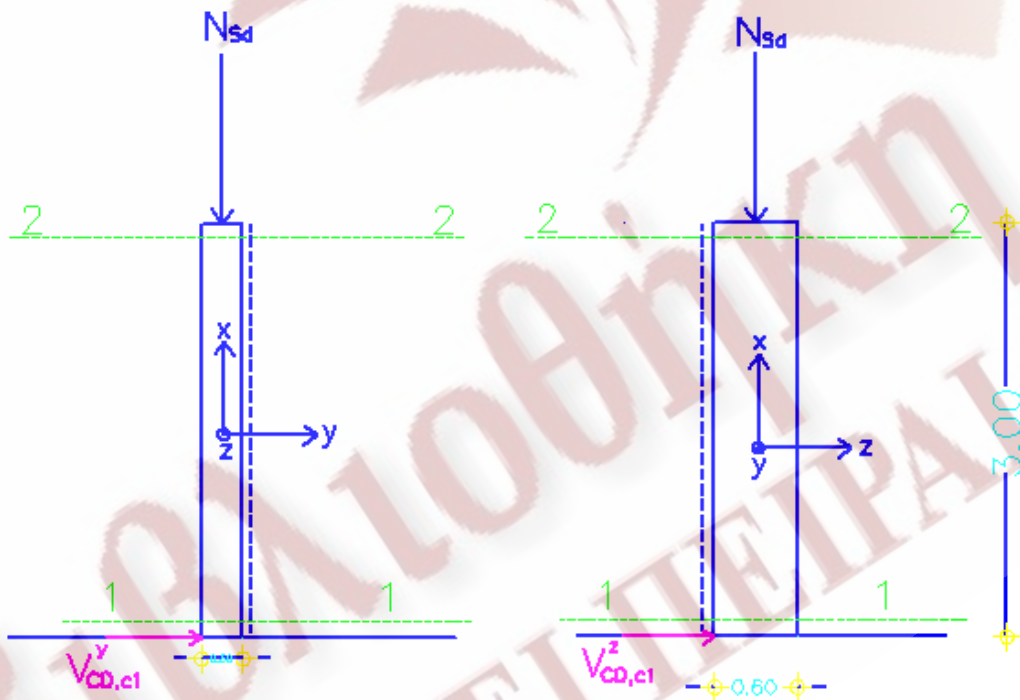
404	2,20	3,75	- 2,84	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70
405	7,21	12,29	- 9,34	108,28	107,86	3,00	100,87	25,24	25,24
406	7,23	12,33	- 9,36	108,28	107,86	3,00	100,87	25,31	25,31
407	2,13	3,63	- 2,76	108,28	107,86	3,00	100,87	7,46	7,46
408	- 2,20	- 3,75	2,84	108,28	107,86	3,00	100,87	7,70	7,70

Τελικώς η τέμνουσα σχεδιασμού του υποστύλωματος  $K_2$  για το επίπεδο X-Z είναι:  $V_{CD,c}^y = 25.34kN$

Έλεγχος σε διάτμηση του υποστύλωματος  $K_2$

επιπεδο X-Z

επιπεδο Y-Z



Σχ. 7.43 Υποστύλωμα  $K_2$  με τις τέμνουσες σχεδιασμού

Διατομή 1-1

$$V_{CD,c1}^z = -130.66kN$$

$$V_{CD,c1}^y = -25.34kN$$

$$N_{sd} = -332.70 \text{ kN} \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1407$$

Έλεγχος ΕΚΩΣ (11.2.1) για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd1}^z$$

$$V_{CD,C1}^y \leq V_{Rd1}^y$$

Προσδιορισμός των  $V_{Rd1}^z$ ,  $V_{Rd1}^y$

- $V_{Rd1}^z = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60 - d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.55 = 1.05 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{8 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.30m * 0.55m} \Rightarrow \rho_l = 7.46 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{332.70kN}{0.60m * 0.30m} = 1848.33 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{Rd1}^z = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.05(1.20 + 40 * 7.46 * 10^{-3}) + 0.15 * 1848.33 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 0.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{Rd1}^z = 113.24kN$$

- $V_{Rd1}^y = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60 - d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l \quad \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} \quad \frac{N_{sd}}{A_c}$$

$N_{sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 0.25 = 1.35 \geq 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{8 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2}{0.60m * 0.25m} \Rightarrow \rho_l = 8.21 * 10^{-3}$$



$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{332.70kN}{0.60m * 0.30m} = 1848.33 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{Rd1}^y = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.35(1.20 + 40 * 8.21 * 10^{-3}) + 0.15 * 1848.33 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.60 * 0.25m^2$$

$$\Rightarrow V_{Rd1}^y = 122.06kN$$

Άρα  $V_{Rd1}^z \geq V_{CD,C1}^z \Rightarrow 113.24kN \geq 130.66kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Άρα  $V_{Rd1}^y \geq V_{CD,C1}^y \Rightarrow 122.06kN \geq 25.34kN$  ισχύει, άρα δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται οι σχέσεις:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd2}^z$$

$$V_{CD,C1}^y \leq V_{Rd2}^y$$

Υπολογισμός της  $V_{Rd2}^z$ :

$$V_{Rd2}^z = \frac{1}{2} * \nu * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$b_w = 0.30m$$

$$d = 0.55m$$

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{Rd2}^z = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 0.55m \Rightarrow V_{Rd2}^z = 594kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{Rd2,red}^z$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}14 = 0.62 * 10^{-3} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού

$$\text{πρέπει } \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa \text{ και επειδή } \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{332.70kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.62 * 10^{-3} m^2}{0.60m * 0.30m} = +470.56kN > 0kN$$

άρα θα χρησιμοποιήσουμε τη  $V_{Rd2,red}^z$

$$V_{Rd2,red}^z = 1.67 * V_{Rd2}^z * \left(1.00 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}\right) = 1.67 * 594kN * \left(1.00 - \frac{470.56kN}{\frac{20 * 10^3 kN}{1.5 m^2}}\right) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2,red}^z = 956.97kN > V_{Rd2}^z = 594kN$$

Άρα τελικά θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2}^z$

$$V_{Rd2}^z = 594kN > V_{CD,C1}^z = 130.66kN \text{ άρα δεν απαιτείται αλλαγή διατομής.}$$

Υπολογισμός της  $V_{Rd2}^y$ :

$$V_{Rd2}^y = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$b_w = 0.60m$$

$$d = 0.25m$$

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{Rd2}^y = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.50} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.60m * 0.90 * 0.25m \Rightarrow V_{Rd2}^y = 540kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{Rd2,red}^y$ :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{Sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $4\text{Ø}14 = 0.62 * 10^{-3} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού

$$\text{πρέπει } \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400MPa \text{ και επειδή } \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1.15} = 434.78MPa \geq 400MPa$$

$$\text{Άρα θα χρησιμοποιήσουμε } \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400MPa$$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{332.70kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.62 * 10^{-3} m^2}{0.60m * 0.30m} = +470.56kN > 0kN$$

άρα θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2,red}^y$

$$V_{Rd2,red}^y = 1.67 * V_{Rd2}^y * (1.00 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}) = 1.67 * 540kN * (1.00 - \frac{470.56kN}{20 * 10^3 \frac{kN}{m^2}}) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2,red}^y = 869.97kN > V_{Rd2}^y = 540kN$$

Άρα τελικά θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2}^y$

$V_{Rd2}^y = 540kN > V_{CD,C1}^y = 25.34kN$  άρα δεν απαιτείται αλλαγή διατομής.

### Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός διάτμησης θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd3}^z$$

Όπου:

$$V_{Rd3}^z = V_{wd}^z + V_{cd}^z$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{-332.70kN}{0.60m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = -0.14 \leq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd}^z = 0.90V_{Rd1}^z$$

Οπότε:

$$V_{CD,C1}^z \leq V_{Rd3}^z = V_{wd}^z + 0.90V_{Rd1}^z \Rightarrow V_{wd}^z \geq V_{CD,C1}^z - 0.90V_{Rd1}^z = 130.66kN - 0.90 * 113.24kN \Rightarrow V_{wd}^z \geq 28.74kN$$



Είναι:

$$V_{wd}^z = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

$A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης  
 $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης  
 $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

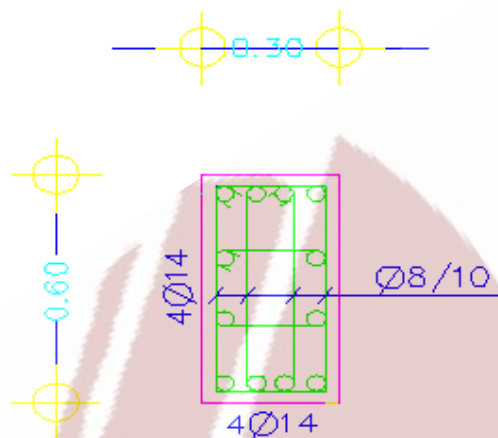
$$V_{wd}^z = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}^z}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{28.74kN}{0.90 * 0.55m * \frac{220 * 10^3}{1.15} \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.303 * 10^{-3} m = 3.03 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω τετράγωνο  $\emptyset 8/10$ :

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{4 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4}}{0.10m} = 20.14 \frac{cm^2}{m} > 3.03 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.44 Διατομή υποστυλώματος K<sub>2</sub> με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

## Έλεγχοι

### Μη κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.4.4.1)

27. Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6mm ή από το  $\frac{1}{4}$  της μέγιστης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων, δηλαδή  $\frac{1}{4} * 14\text{mm} = 3.5\text{mm}$ . Άρα αφού έχουμε Ø8/10:  $8\text{mm} > 6\text{mm}$  ισχύει.
28. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:
- 12 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων
  - Τη μικρή πλευρά του υποστυλώματος
  - 300mm

Δηλαδή:

$$s_{\max} = \min \{ 12 \min \{ \varnothing_L, \min b, 300\text{mm} \} \} = \min \{ 12 * 14\text{mm}, 300\text{mm}, 300\text{mm} \} = 168\text{mm}$$

Άρα  $s_{\max} = 164\text{mm} > 100\text{mm}$  (Ø8/10) ισχύει

### Κρίσιμη περιοχή (ΕΚΩΣ 18.4.4.1)

39. Η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8 mm ή  $\frac{1}{3}$  της μέγιστης διαμέτρου διαμήκους ράβδου, δηλαδή  $\frac{1}{3} * 14\text{mm} = 4.67\text{mm}$ . Ισχύει αφού έχουμε Ø8/10 :  $8\text{mm} \leq 8\text{mm}$
40. Οι αποστάσεις ανάμεσα στους συνδετήρες δεν πρέπει να υπερβαίνουν την

- ελάχιστη από τις εξής τιμές:
- 8 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων
- 50% της μικρότερης πλευράς του υποστυλώματος
- 100mm

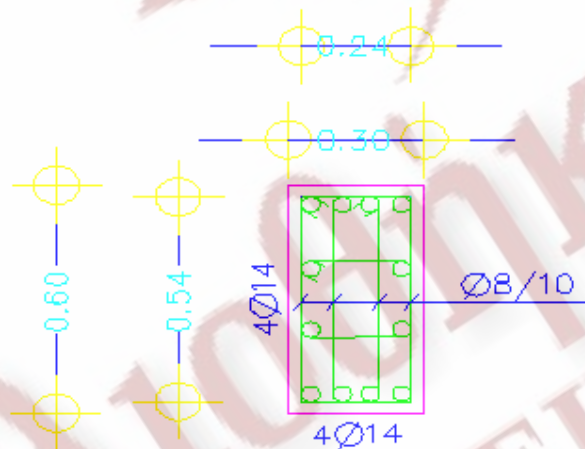
Δηλαδή:  $s_{max} = \min\{8\min\phi_L, 50\%\min b, 100\text{mm}\} = \{8*14\text{mm}, 50\%*300\text{mm}, 100\text{mm}\} \Rightarrow s_{max} = 100\text{mm}$

Ισχύει αφού έχουμε  $\phi 8/10$  άρα έχουμε απόσταση μεταξύ των συνδετήρων  $100\text{mm} \leq 100\text{mm} = s_{max}$

### Προσδιορισμός της κρίσιμης περιοχής του υποστυλώματος $K_2$

Βάσει του ΕΚΩΣ 18.4.5 β) η κρίσιμη περιοχή είναι όλο το ύψος του υποστυλώματος και αυτό επειδή το υποστυλώμα έχει κατά το επίπεδο X-Z μόνο από την μια πλευρά του τοίχου πλήρωσης.

### Έλεγχος οπλισμού περίσφιγξης (ΕΚΩΣ 18.4.4.2)



Σχ. 7.45 Διατομή υποστυλώματος  $K_2$  με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

Στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός οπλισμός περίσφιγξης.

Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιγξης :

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος\_κλειστών\_συνδετήρων}}{\text{όγκος\_σκυροδέματος\_πυρήνα}} * \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{V_w^o}{V_{co}^o} * \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$V_w^o = 2[(24 + 54) + (8 + 54) + (18 + 24)]cm * A_{sw} = 364 * \pi * \frac{(0.8cm)^2}{4} = 182.97cm^3$$

$$V_{co}^o = (22 * 52)cm * s_w = 1144cm^2 * 10cm = 11440cm^3$$

$$\omega_{wd} = \frac{V_w^o}{V_{co}^o} * \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{182.97cm^3}{11440cm^3} * \frac{\frac{220 * 10^3 \text{ kN}}{20 * 10^3 \text{ kN}}}{\frac{1.15 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}^2}} = 0.23$$

Οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\alpha * \omega_{wd,lim} = 0.85 * v_d * \left(0.35 \frac{A_c}{A_o} + 0.15\right) - 0.035 \quad \text{με} \quad \omega_{wd} \geq 0.10$$

Όπου:

$\alpha$  συντελεστής αποδοτικότητας περισφιγξης εξαρτώμενος από τη διάταξη των συνδετήρων,  $\alpha = \alpha_n * \alpha_s$

$A_c$  το εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος του υποστυλώματος

$A_o$  το εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος (πυρήνας)

$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}}$  ανηγμένο αξονικό φορτίο το οποίο σε κάθε περίπτωση οφείλει να

πληροί την συνθήκη  $v_d \leq 0.65$

$N_{Sd}$  η τιμή σχεδιασμού του μέγιστου θλιπτικού φορτίου υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της περισφιγξης εκτιμάται ως εξής:

3. Αναλόγως της διάταξης των συνδετήρων

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^n \frac{b_i^2}{6A_o}$$

Όπου:



n αριθμός «κορυφών» συνδετήρων ή κόμβων με εγκάρσιους συνδέσμους που συγκρατούν διαμήκεις ράβδους

$b_i$  απόσταση μεταξύ διαδοχικών «κορυφών» ή «κόμβων», όχι μεγαλύτερη από 300mm

4. Αναλόγως της απόστασης των συνδετήρων

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2b_o}\right)^2$$

Όπου:

$s'$  η καθαρή ελεύθερη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων ( $s' < b_o / 2$ )

$b_o$  το πλάτος της διατομής του πυρήνα ( $A_o = b_o^2$ )

$$A_o = 22cm * 52cm = 1144cm^2$$

$$\bullet \alpha_n = 1 - \sum_1^n \frac{b_i^2}{6A_o} = 1 - \sum_1^{12} \frac{b_i^2}{6A_o} = 1 - \left(6 * \frac{(8cm)^2}{6 * 1144cm^2} + 6 * \frac{(18cm)^2}{6 * 1144cm^2}\right) \Rightarrow \alpha_n = 0.66$$

$$\bullet \alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2 * b_o}\right)^2 = \left(1 - \frac{9.2cm}{2 * 22cm}\right)^2 \Rightarrow \alpha_s = 0.626$$

$$\bullet \alpha = \alpha_n * \alpha_s = 0.66 * 0.626 \Rightarrow \alpha = 0.4132$$

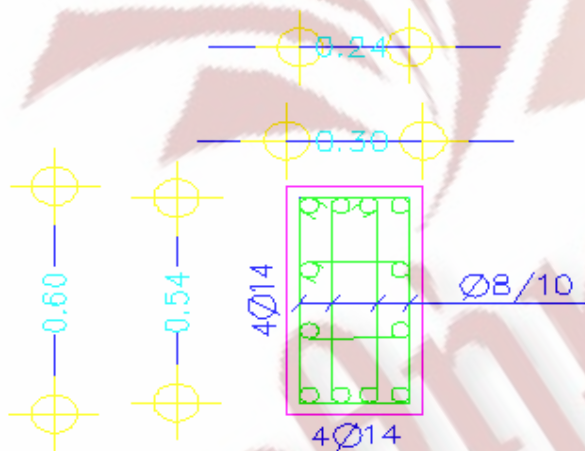
$$\bullet v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{332.70kN}{0.30m * 0.60m * \frac{20 * 10^3 kN}{1.5 m^2}} \Rightarrow v_d = 0.1386$$

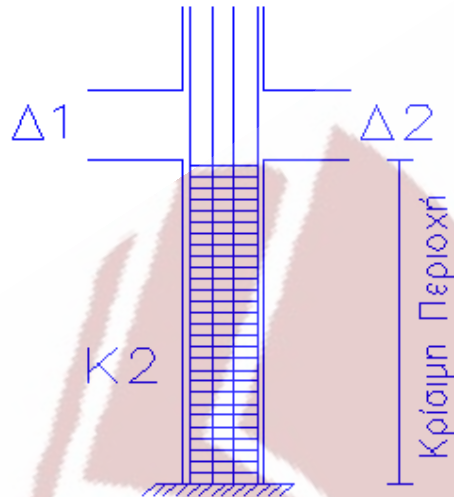
Άρα:

$$\alpha * \omega_{wd,lim} = 0.85 * \nu_d * (0.35 \frac{A_c}{A_o} + 0.15) - 0.035 \Rightarrow$$

$$\omega_{wd,lim} = \frac{0.85}{0.4132} * 0.1386 * (0.35 \frac{0.30 * 0.60m^2}{0.22 * 0.52m^2} + 0.15) - \frac{0.035}{0.4132} \Rightarrow \omega_{wd,lim} = 0.12 > 0.1$$

Άρα πρέπει :  $\omega_{wd} \geq \omega_{wd,lim} \Rightarrow 0.23 \geq 0.12$  ισχύει





Σχ. 7.46 Τομή και Όψη του Υποστυλώματος  $K_2$  με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

### Παρατήρηση:

Το υποστύλωμα  $K_2$  είναι συμμετρικό ως προς την γεωμετρία του και τον οπλισμό του και τα φορτία ως προς τον τοπικό άξονά του  $X$  οπότε δεν χρειάζεται να ελέγξουμε την διατομή του 2-2 ισχύουν τα ίδια με την διατομή 1-1

### Εύρεση τέμνουσας σχεδιασμού του τοιχώματος $K_1$

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ Β1.4[2] :

Η σύμφωνα με τον ΕΑΚ (παράρτημα Β.1.1) τέμνουσα σχεδιασμού της περιοχής πλαστικής άρθρωσης που είναι πιθανό να δημιουργηθεί στην θέση της μέγιστης ροπής, δηλαδή εν γένει στην βάση του τοιχώματος, θα υπολογίζεται από την καμπτική υπεραντοχή της πλαστικής άρθρωσης ως εξής:

$$V_{CD,w1} = a_{CD} * V_{E,w1}$$

με:

$$a_{CD} = \gamma_{Rd} * \frac{M_{R,w1}}{M_{E,w1}} \leq q$$

όπου:

$\gamma_{Rd}$  είναι ο συντελεστής υπεραντοχής που θα λαμβάνεται ίσος με 1.30 για τους χάλυβες που συνήθως χρησιμοποιούνται σήμερα

$M_{E,w1}$  και  $V_{E,w1}$  είναι αντίστοιχα οι μέγιστες ροπή και τέμνουσα που προκύπτουν από την σεισμική δράση στην διατομή πλαστικής άρθρωσης (βάση)

$M_{R,w1}$  είναι η υπολογιστική αντοχή σε κάμψη με αξονική δύναμη της ίδιας διατομής

$$M_{R,w1} = 1583.71kNm$$

$$M_{E,w1} = 924.85kNm$$

$$V_{E,w1} = -275.85kN$$

$$a_{CD} = 1.30 * \frac{1583.71kNm}{924.85kNm} \leq 3.50 \Rightarrow a_{CD} = 2.23 \leq 3.50 \Rightarrow a_{CD} = 2.23$$

$$V_{CD,w1} = 2.23 * 275.85kN \Rightarrow V_{CD,w1} = 615.15kN$$

### Έλεγχος του τοιχώματος $K_1$ σε διάτμηση

$$V_{CD,w1} = 615.15kN$$

$$N_{sd} = -433.80kN \quad \text{λόγω σεισμικού συνδυασμού} \quad 1308$$

### Έλεγχος (ΕΚΩΣ 11.2.1)



Για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η επιβαλλόμενη τέμνουσα σχεδιασμού να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$V_{CD,w1} \leq V_{Rd1}$$

Προσδιορισμός του  $V_{CD,w1}$

- $V_{Rd1} = [\tau_{Rd} * k * (1.20 + 40\rho_l) + 0.15\sigma_{cp}] * b_w * d$

Όπου:

$b_w$  το πλάτος του στοιχείου

$\tau_{Rd}$  τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον πίν. 11.1.1

$k$   $1.60-d \geq 1.00$  (d σε μέτρα)

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c}$$

$N_{Sd}$  ορθή διατομή λόγω φόρτισης (θλίψη θετική)

$A_{sl}$  διατομή διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

$d$  στατικό ύψος

$$\tau_{Rd} = 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2}$$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 1.55 = 0.15 \leq 1 \Rightarrow k = 1$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} = \frac{18 * \pi \frac{(14 * 10^{-3})^2}{4} m^2 + 8 * \pi \frac{(12 * 10^{-3})^2}{4}}{0.30m * 1.55m} \Rightarrow \rho_l = 7.90 * 10^{-3}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{433.80kN}{1.80m * 0.30m} = 803.33 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_{Rd1} = \left[ 0.26 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.00(1.20 + 40 * 7.90 * 10^{-3}) + 0.15 * 803.33 \frac{kN}{m^2} \right] * 0.30 * 1.55m^2$$

$$\Rightarrow V_{Rd1} = 239.32kN$$

Άρα  $V_{Rd1} \geq V_{CD,w1} \Rightarrow 239.32kN \geq 615.15kN$  δεν ισχύει, άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης

### Έλεγχος επάρκειας διατομής (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται οι σχέσεις:

$$V_{CD,w1} \leq V_{Rd2}$$

Υπολογισμός της  $V_{Rd2}$ :

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} * v * f_{cd} * b_w * 0.90d$$

Όπου:

$$b_w = 0.30m$$

$$d = 1.55m$$

$$v = 0.70 - \frac{f_{cd}}{200} = 0.70 - \frac{20}{200} = 0.60 \geq 0.50$$

$$\text{Άρα: } V_{Rd2} = \frac{1}{2} * 0.60 * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.30m * 0.90 * 1.55m \Rightarrow V_{Rd2} = 1674kN$$

Έλεγχος εάν χρειάζεται η  $V_{Rd2,red}$  :

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{N_{sd} - \frac{f_{yk}}{\gamma_s} * A_{s2}}{A_c}$$

Όπου:

$A_{s2}$  η διατομή του οπλισμού στην θλιβόμενη ζώνη, δηλαδή  
 $6\phi 14 = 0.924 * 10^{-3} m^2$

$f_{yk}$  η χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής του θλιβόμενου οπλισμού  
 πρέπει  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} \leq 400 MPa$  και επειδή  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 MPa}{1.15} = 434.78 MPa \geq 400 MPa$

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε  $\frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 400 MPa$

$$\sigma_{cp,eff} = \frac{433.80 kN - 400 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 0.924 * 10^{-3} m^2}{1.80 m * 0.30 m} = +118.89 kN > 0 kN$$

άρα θα χρησιμοποιήσουμε τη  $V_{Rd2,red}$

$$V_{Rd2,red} = 1.67 * V_{Rd2}^z * (1.00 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}) = 1.67 * 1674 kN * (1.00 - \frac{118.89 kN}{20 * 10^3 \frac{kN}{m^2}}) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2,red} = 2770.65 kN > V_{Rd2} = 1674 kN$$

Άρα τελικά θα χρησιμοποιήσουμε την  $V_{Rd2}$

$V_{Rd2} = 1674 kN > V_{CD,w1} = 615.15 kN$  άρα δεν απαιτείται αλλαγή διατομής.

## Υπολογισμός οπλισμού διάτμησης (ΕΚΩΣ 11.2.2)

Ο οπλισμός έναντι των τεμνουσών θα υπολογιστεί από την συνθήκη:

$$V_{CD,w1} \leq V_{Rd3}$$

Όπου:

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd}$$

Για τους συνδυασμούς δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό ΕΚΩΣ 11.2.3.2β

$$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{-433.80kN}{1.80m * 0.30m * \frac{20}{1.5} * 10^3 \frac{kN}{m^2}} \Rightarrow v_d = -0.06 \geq -0.10$$

$$\text{Άρα } V_{cd} = 0.25V_{Rd1}$$

Οπότε:

$$V_{CD,w1} \leq V_{Rd3} = V_{wd} + 0.25V_{Rd1} \Rightarrow V_{wd} \geq V_{CD,w1} - 0.25V_{Rd1} = 615.15kN - 0.25 * 239.32kN \Rightarrow V_{wd} \geq 555.32kN$$

Είναι:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd} * (1 + \cot a) * \sin a$$

Όπου:

- $A_{sw}$  διατομή οπλισμού διάτμησης
- $s$  απόσταση μεταξύ ράβδων οπλισμού διάτμησης
- $a$  γωνία κλίσης οπλισμού διάτμησης.

Επειδή η γωνία του οπλισμού διάτμησης είναι 90 μοίρες η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} * 0.90d * f_{ywd}$$

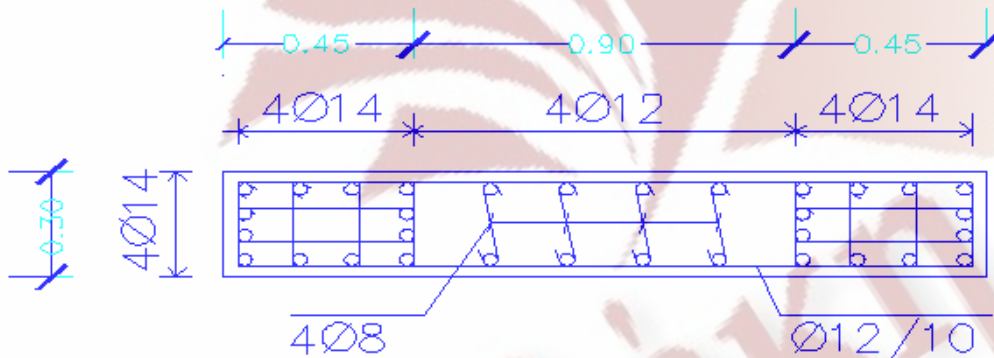


$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0.90 * d * f_{ywd}} = \frac{555.32kN}{0.90 * 1.55m * \frac{220 * 10^3 kN}{1.15 m^2}} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 2.081 * 10^{-3} m = 20.01 \frac{cm^2}{m}$$

Επιλέγω δίτημητο Ø12/10:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{2 * \pi * (1.2cm)^2}{4 * 0.10m} = 22.62 \frac{cm^2}{m} > 20.01 \frac{cm^2}{m} \text{ ισχύει}$$



Σχ. 7.47 Διατομή 1-1 τοιχώματος  $K_1$  με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

### Έλεγχοι

#### Περιοχή κορμού τοιχώματος $K_1$ (ΕΚΩΣ 18.5.6)

- Η διάμετρος του οριζόντιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8 mm. Ισχύει αφού έχουμε διάμετρο 12mm

- Πρέπει η μέγιστη απόσταση μεταξύ των οριζόντιων ράβδων να είναι στην κρίσιμη περιοχή  $s_{\max} \leq 200\text{mm} \Rightarrow 100\text{mm} \leq 200\text{mm}$  ισχύει
- Στον κορμό του τοιχώματος το συνολικό ποσοστό του οριζόντιου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.0025 στις κρίσιμες περιοχές. Δηλαδή

$$\text{πρέπει } \rho = \frac{\sum A_s}{b * h} \geq 0.0025 \Rightarrow \rho = \frac{60 * \pi * (1.2\text{cm})^2}{4 * 30\text{cm} * 300\text{cm}} \Rightarrow \rho = 0.0075 \geq 0.0025$$

### Περιοχή άκρων τοιχώματος K<sub>1</sub> (ΕΚΩΣ 18.5.6)

- Για τον οπλισμό περισφίξεως θα λαμβάνεται υπόψη για κάθε άκρο τοιχώματος ενεργή αξονική δύναμη ίση με:

$$N_{eff} = \frac{2}{3} \left( \frac{N_{sd}}{2} + \frac{M_{sd}}{Z} \right)$$

όπου:

Z η απόσταση των κέντρων των περισφισμένων άκρων

$$\text{Άρα } N_{eff} = \frac{2}{3} \left( \frac{433.80\text{kN}}{2} + \frac{924.85\text{kNm}}{1.35\text{m}} \right) \Rightarrow N_{eff} = 601.32\text{kN}$$

### Έλεγχος οπλισμού περισφίξεως στα άκρα του τοιχώματος K<sub>1</sub> (ΕΚΩΣ 18.4.4.2)

Στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός οπλισμός περισφίξεως.

Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιγξης :

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος\_κλειστών\_συνδετήρων} * f_{yd}}{\text{όγκος\_σκυροδέματος\_πυρήνα} * f_{cd}} = \frac{V_w^o * f_{yd}}{V_{co}^o * f_{cd}}$$

$$V_w^o = 2[(24 + 42) + (8 + 42) + (14 + 24)]cm * A_{sw} = 308 * \pi * \frac{(1.2cm)^2}{4} = 348.34cm^3$$

$$V_{co}^o = (21.60 * 39.6)cm * s_w = 855.36cm^2 * 10cm = 8553.60cm^3$$

$$\omega_{wd} = \frac{V_w^o * f_{yd}}{V_{co}^o * f_{cd}} = \frac{348.34cm^3 * \frac{220 * 10^3 \text{ kN}}{20 * 10^3 \text{ kN}} * \frac{1.15 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}^2}}{8553.60cm^3 * \frac{20 * 10^3 \text{ kN}}{1.5 \text{ m}^2}} = 0.58$$

Οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\alpha * \omega_{wd,lim} = 0.85 * v_d * (0.35 \frac{A_c}{A_o} + 0.15) - 0.035 \quad \text{με} \quad \omega_{wd} \geq 0.10$$

Όπου:

$\alpha$  συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιγξης εξαρτώμενος από τη διάταξη των συνδετήρων,  $\alpha = \alpha_n * \alpha_s$

$A_c$  το εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος του υποστυλώματος

$A_o$  το εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος (πυρήνας)

$v_d = \frac{N_{Sd}}{A_c * f_{cd}}$  ανηγμένο αξονικό φορτίο το οποίο σε κάθε περίπτωση οφείλει να

πληροί την συνθήκη  $v_d \leq 0.65$

$N_{Sd}$  η τιμή σχεδιασμού του μέγιστου θλιπτικού φορτίου υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων

Ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης εκτιμάται ως εξής:

5. Αναλόγως της διάταξης των συνδετήρων

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^n \frac{b_i^2}{6A_o}$$

Όπου:

n αριθμός «κορυφών» συνδετήρων ή κόμβων με εγκάρσιους συνδέσμους που συγκρατούν διαμήκεις ράβδους

$b_i$  απόσταση μεταξύ διαδοχικών «κορυφών» ή «κόμβων», όχι μεγαλύτερη από 300mm

6. Αναλόγως της απόστασης των συνδετήρων

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2b_o}\right)^2$$

Όπου:

$s'$  η καθαρή ελεύθερη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων ( $s' < b_o / 2$ )

$b_o$  το πλάτος της διατομής του πυρήνα ( $A_o = b_o^2$ )

$$A_o = 21.60cm * 39.60cm = 855.36cm^2$$

$$\bullet \alpha_n = 1 - \sum_1^n \frac{b_i^2}{6A_o} = 1 - \sum_1^{12} \frac{b_i^2}{6A_o} = 1 - \left(6 * \frac{(8cm)^2}{6 * 855.36cm^2} + 6 * \frac{(14cm)^2}{6 * 855.36cm^2}\right) \Rightarrow \alpha_n = 0.696$$

$$\bullet \alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2 * b_o}\right)^2 = \left(1 - \frac{8.8cm}{2 * 21.60cm}\right)^2 \Rightarrow \alpha_s = 0.634$$

$$\bullet \alpha = \alpha_n * \alpha_s = 0.696 * 0.634 \Rightarrow \alpha = 0.4413$$



- $$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c * f_{cd}} = \frac{601.32kN}{0.30m * 0.45m * \frac{20 * 10^3 kN}{1.5 m^2}} \Rightarrow v_d = 0.334$$

Άρα:

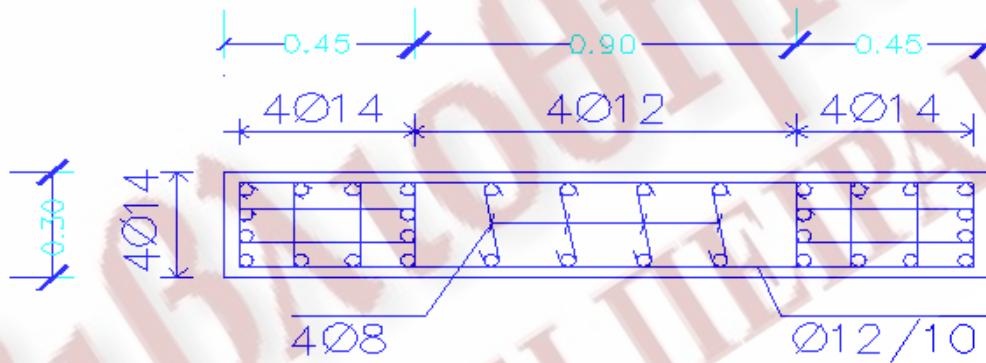
$$\alpha * \omega_{wd,lim} = 0.85 * v_d * (0.35 \frac{A_c}{A_o} + 0.15) - 0.035 \Rightarrow$$

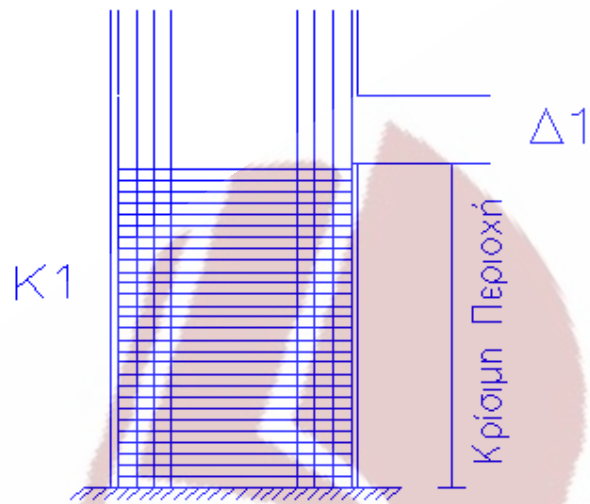
$$\omega_{wd,lim} = \frac{0.85}{0.4413} * 0.334 * (0.35 \frac{0.30 * 0.45m^2}{0.216 * 0.396m^2} + 0.15) - \frac{0.035}{0.4413} \Rightarrow \omega_{wd,lim} = 0.37$$

άρα  $\omega_{wd,lim} = 0.37 \geq 0.10$

Άρα πρέπει :  $\omega_{wd} \geq \omega_{wd,lim} \Rightarrow 0.58 \geq 0.37$  ισχύει

### Τομή και Όψη τοιχώματος K<sub>1</sub>



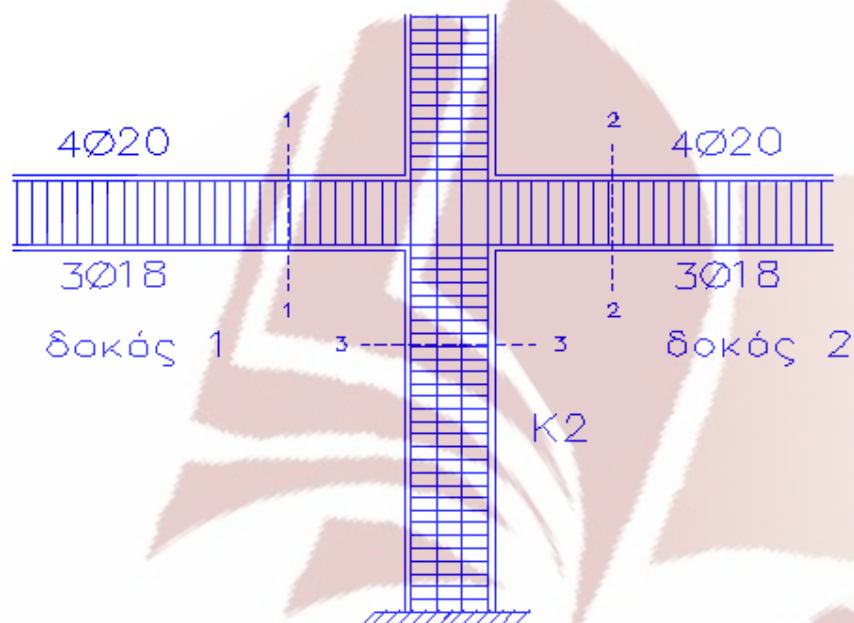


Σχ. 7.48 Τομή και Όψη του τοιχώματος  $K_1$  με καμπτικό και διατμητικό οπλισμό

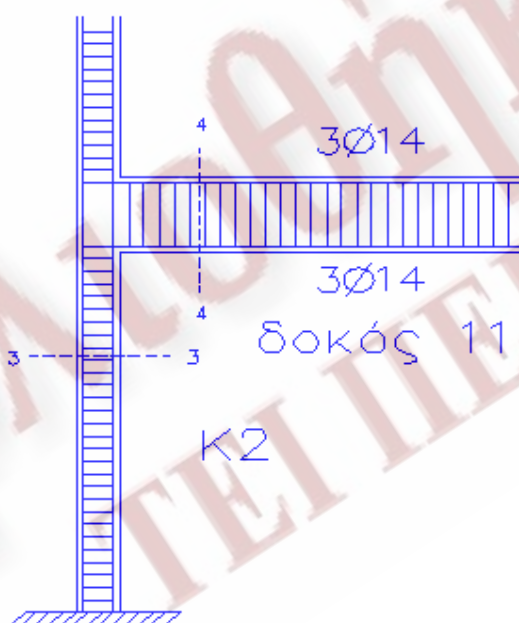
Αποτελέσματα της σύγκρισης των δύο στατικών συστημάτων στον κόμβο του υποστυλώματος  $K_2$

Στατικό σύστημα Α :μόνο με υποστυλώματα

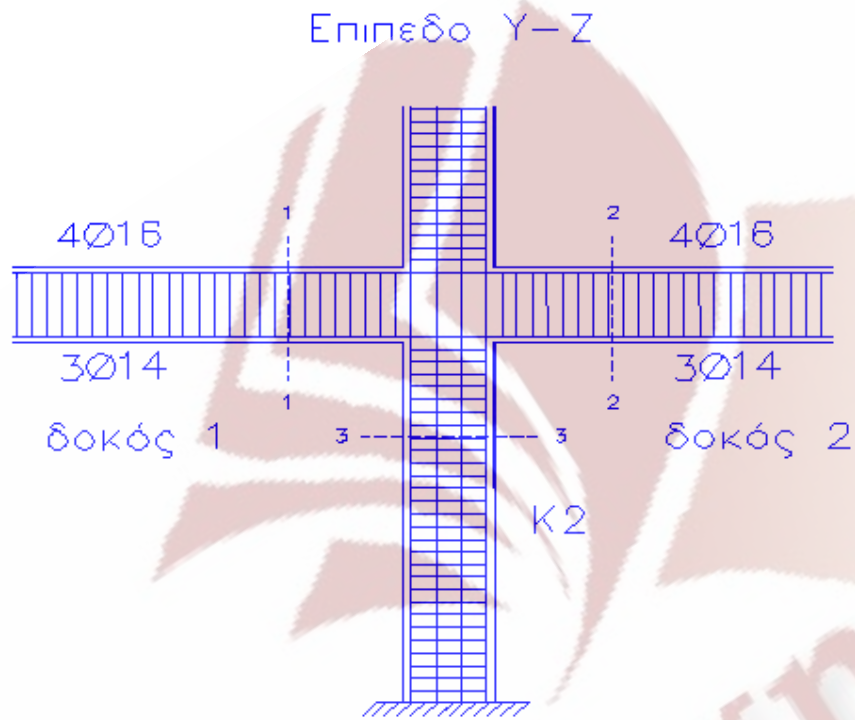
Επίπεδο Υ-Ζ



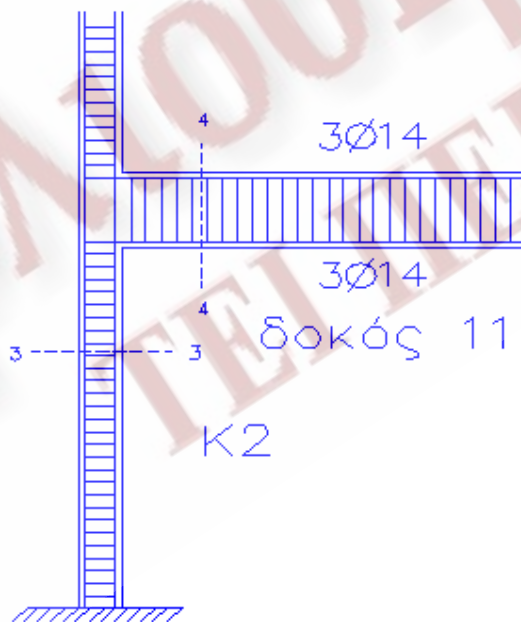
Επίπεδο Χ-Ζ



Στατικό σύστημα Β : με χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων



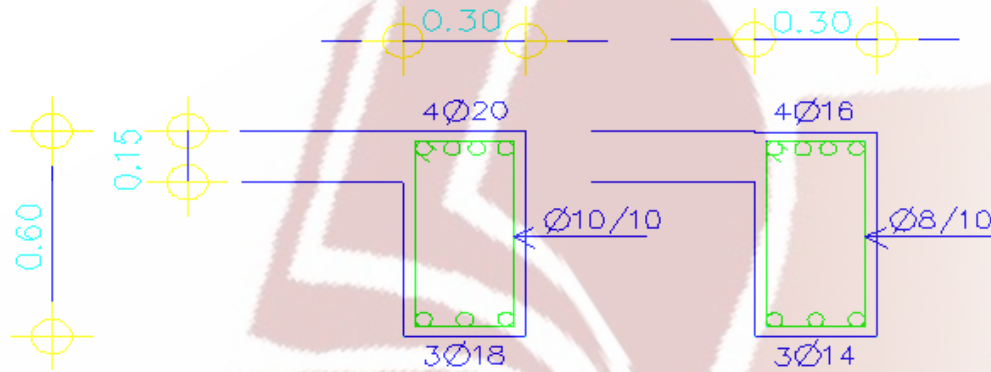
Επίπεδο X-Z





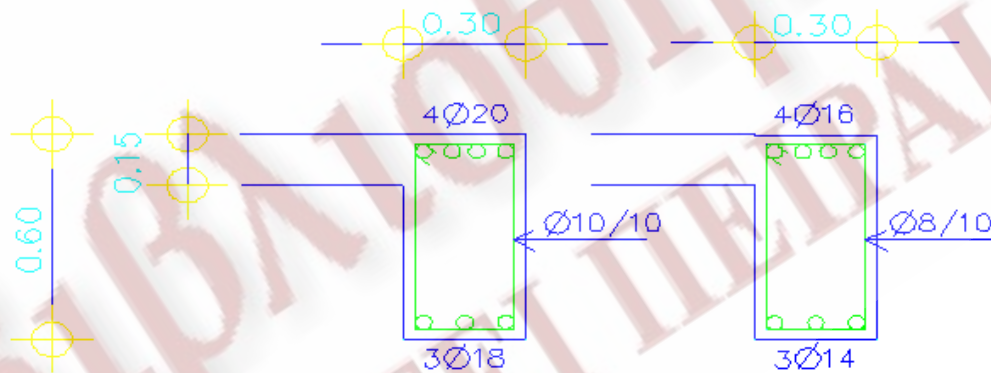
Επίπεδο Y-Z διατομή 1-1

Στατικό σύστημα Α - Στατικό σύστημα Β



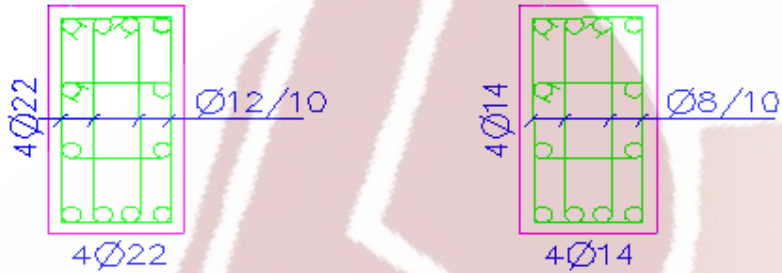
Επίπεδο Y-Z διατομή 2-2

Στατικό σύστημα Α - Στατικό σύστημα Β



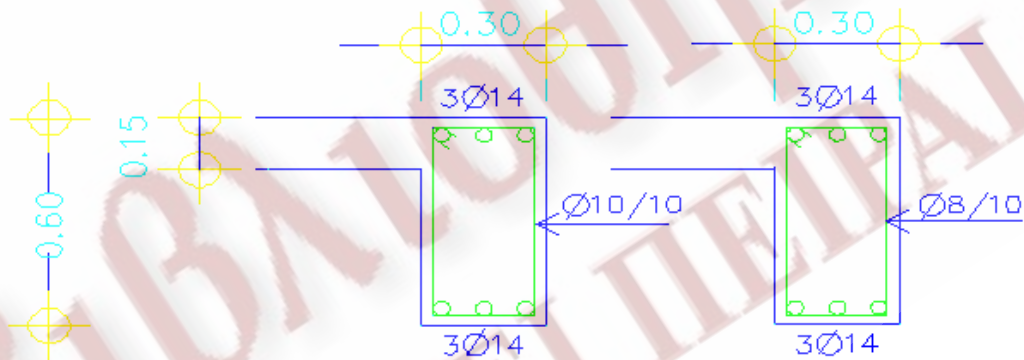
Επίπεδο Y-Z διατομή 3-3

Στατικό σύστημα Α - Στατικό σύστημα Β



Επίπεδο X-Z διατομή 4-4

Στατικό σύστημα Α - Στατικό σύστημα Β



### Συμπέρασμα:

Από την συγκριτική μελέτη των δύο στατικών συστημάτων τα εξής συμπεράσματα:

Στην περίπτωση που το στατικό σύστημα μορφώνεται μόνον με χρήση υποστυλωμάτων η ικανότητα απελευθέρωσης ενέργειας του συστήματος διασφαλίζεται με τον ικανοτικό σχεδιασμό των κόμβων γεγονός που οδηγεί σε σημαντικά ποσοστά οπλισμού έναντι κάμψης και διάτμησης των υποστυλωμάτων. Στην περίπτωση του μικτού συστήματος (τοιχώματα + υποστυλώματα) όπως αναμενόταν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής δύναμης παραλαμβάνεται από τα αντισεισμικά τοιχώματα. Αυτό οδηγεί σε απαίτηση σαφώς μικρότερου οπλισμού στους κόμβους των υποστυλωμάτων όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στα σχήματα για τον κόμβο του υποστυλώματος  $K_2$  του ισογείου. Εντούτοις σε αυτή την περίπτωση η ικανότητα απελευθέρωσης ενέργειας του συστήματος στις μεγάλες μεταλαστικές παραμορφώσεις εξασφαλίζεται με την δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στη βάση των τοιχωμάτων. Επιπλέον απαιτείται κατάλληλη όπλιση των τοιχωμάτων σε κάμψη και διάτμηση (ικανοτικός σχεδιασμός) ώστε να προηγηθεί η πλάστιμη καμπτική αστοχία έναντι της ψαθυρής διατμητικής αστοχίας.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## Βιβλιογραφία

1. Γεωργόπουλος Θ., “Οπλισμένο Σκυρόδεμα” Πάτρα 2004
2. Έκδοση ΤΕΕ , “Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος” , Αθήνα 2000
3. Έκδοση ΤΕΕ , “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός” , Αθήνα 2000
4. Κασρινάκης Α., “Υπολογισμός Κατασκευών 2”, Εκδόσεις “ΙΩΝ” Αθήνα 2002

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ





ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑΣ



# Παράρτημα Α

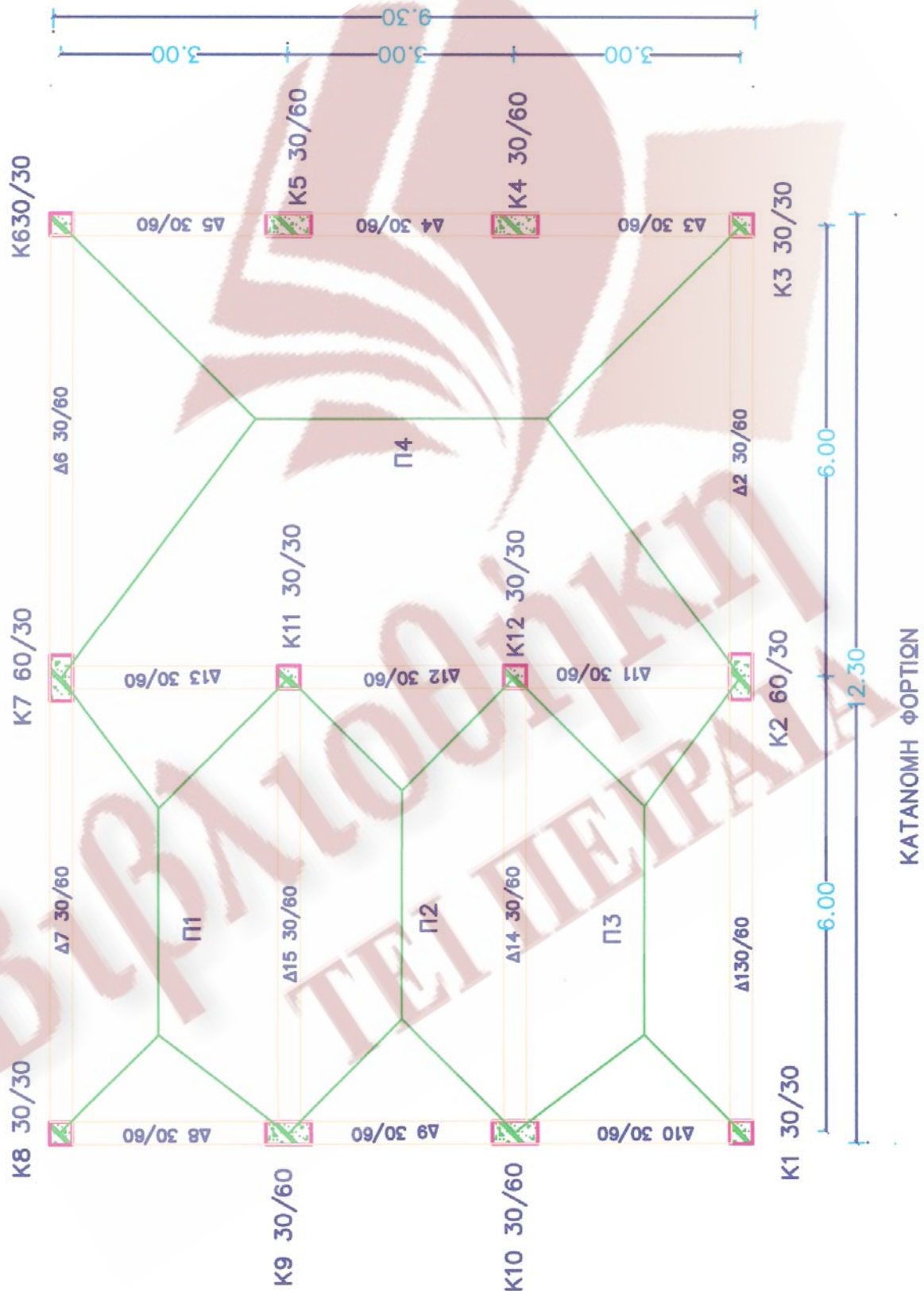
Υπολογισμός φορτίων υποστυλωμάτων

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

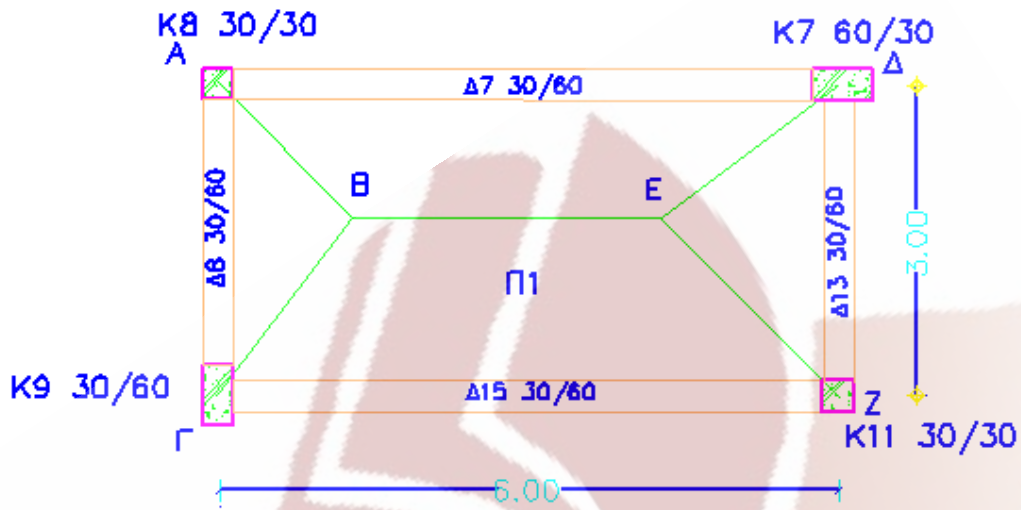


ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

# Απόδοση φορτίων πλάκας στις δοκούς





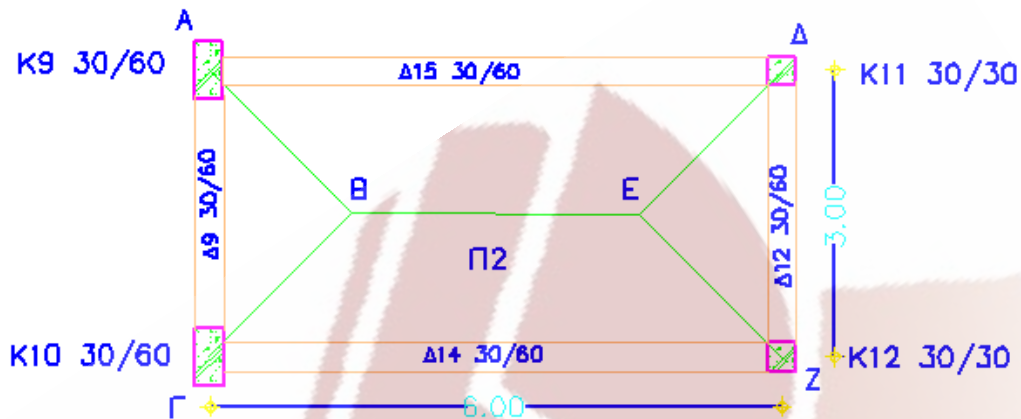


1<sup>η</sup> στάθμη: φορτίο κατανεμημένο πλάκας 5.45kN/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 E_{AB\Gamma} &= 1,65\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_8 &= E_{AB\Gamma} * 5.45\text{kN/m}^2 = 8.99\text{kN} \\
 E_{\Delta EZ} &= 2.85\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_{13} &= E_{\Delta EZ} * 5.45\text{kN/m}^2 = 15.53\text{kN} \\
 E_{ABE\Delta} &= 4.95\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_7 &= E_{ABE\Delta} * 5.45\text{kN/m}^2 = 26.98\text{kN} \\
 E_{B\Gamma ZE} &= 8.55\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_{15} &= E_{B\Gamma ZE} * 5.45\text{kN/m}^2 = 46.60\text{kN}
 \end{aligned}$$

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Απόδοση φορτίων πλάκας Π<sub>2</sub> στις δοκούς



1<sup>η</sup> στάθμη: φορτίο κατανεμημένο πλάκας 5.45KN/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 E_{\Delta 9} &= 1.30\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_9 &= E_{\Delta 9} * 5.45\text{KN/m}^2 = 7.09\text{KN} \\
 E_{\Delta 12} &= 2.25\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_{12} &= E_{\Delta 12} * 5.45\text{KN/m}^2 = 12.26\text{KN} \\
 E_{\Delta 15} &= 7.23\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_{15} &= E_{\Delta 15} * 5.45\text{KN/m}^2 = 39.38\text{KN} \\
 E_{\Delta 14} &= 7.23\text{m}^2 & \Rightarrow \Delta_{14} &= E_{\Delta 14} * 5.45\text{KN/m}^2 = 39.38\text{KN}
 \end{aligned}$$

Η πλάκα Π<sub>3</sub> είναι συμμετρική της Π<sub>1</sub> οπότε θα έχουμε:

$$\begin{aligned}
 \Delta_{10} &= 8.99\text{KN} \\
 \Delta_1 &= 15.53\text{KN} \\
 \Delta_{14} &= 26.98\text{KN} \\
 \Delta_{11} &= 46.60\text{KN}
 \end{aligned}$$



Συνολικά φορτία που παραλαμβάνουν οι δοκοί από τις πλάκες

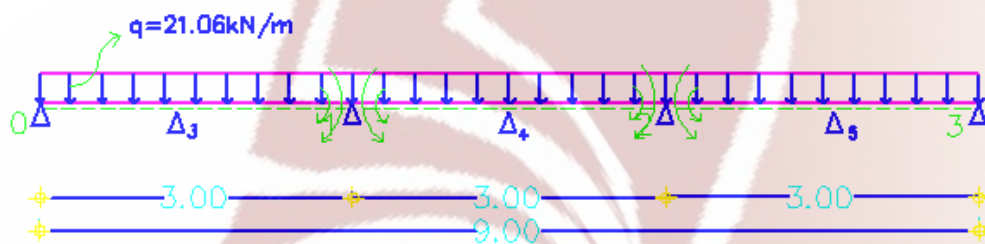
$\Delta_1=26,98\text{KN}$   
 $\Delta_2=35,80\text{KN}$   
 $\Delta_3=27,14\text{KN}$   
 $\Delta_4=27,14\text{KN}$   
 $\Delta_5=27,14\text{KN}$   
 $\Delta_6=35,80\text{KN}$   
 $\Delta_7=26,98\text{KN}$   
 $\Delta_8=8,99\text{KN}$   
 $\Delta_9=7,09\text{KN}$   
 $\Delta_{10}=8,99\text{KN}$   
 $\Delta_{11}=62,55\text{KN}$   
 $\Delta_{12}=59,28\text{KN}$   
 $\Delta_{13}=62,55\text{KN}$   
 $\Delta_{14}=85,98\text{KN}$   
 $\Delta_{15}=85,98\text{KN}$

Βιβλιοθήκη  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ



Εύρεση αξονικής δύναμης που παραλαμβάνουν τα υποστυλώματα από τις δοκούς με την βοήθεια της μεθόδου GROSS

1<sup>η</sup> στάθμη:



$$q_{\Delta 3}=q_{\Delta 4}=q_{\Delta 5}=(\text{φορτίο λόγω πλάκας})+(I.B.\text{δοκόν})+(\text{φορτίο εξωτ.τοιχ})=$$

A	$A_{01}=\frac{3EJ}{l}=\frac{3EJ}{3}=1EJ$	$\frac{1}{2}A_{12}=\frac{1}{2}*\frac{4EJ}{l}=\frac{1}{2}*\frac{4EJ}{3}=\frac{2}{3}*EJ$
K	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+23.69	-15.80
	-4.74	-3.16
	+18.95	-18.95

$$= \frac{81.42KN}{9m} + 3.375 \frac{KN}{m} + 8.64 \frac{KN}{m} = 21.06KN/m$$

$$K_{01}=\frac{A_{01}}{A_{01}+\frac{1}{2}A_{12}}=\frac{1EJ}{1EJ+\frac{2}{3}EJ}=0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

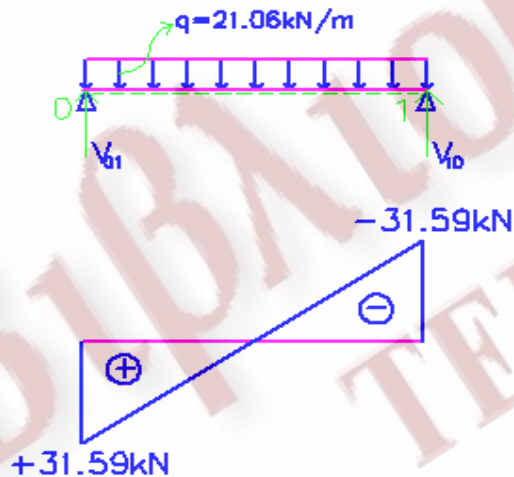
$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{21.06 \text{ kN/m} * (3\text{m})^2}{8} = -23.69 \text{ kNm}$$

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{21.06 \text{ kN/m} * (3\text{m})^2}{12} = -15.80 \text{ kNm}$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01} = M_{32} = 0 \text{ kNm}, \quad M_{10} = M_{12} = M_{21} = M_{23} = -18.95 \text{ kNm}$$

Τμήμα 01

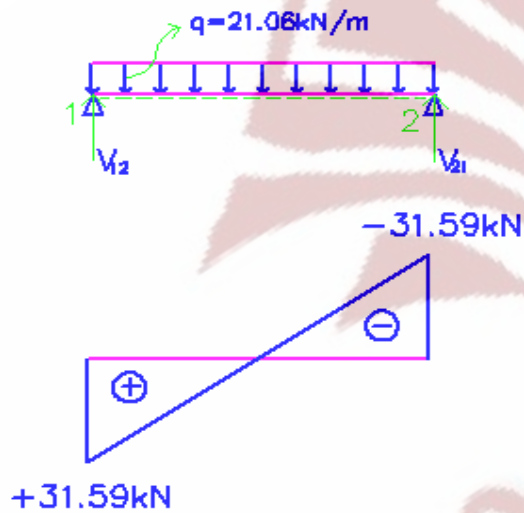


$$V_{01}=V_{10}=\frac{21,06\text{KN}/m \cdot 3m}{2} = 31.59\text{KN}$$

$$Q_{01}=V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = 31.59 + \frac{-23.69-0}{3} = +25.27\text{KN}$$

$$Q_{10}=-V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = -31.59 + \frac{-23.69-0}{3} = -37.91\text{KN}$$

Τμήμα 12

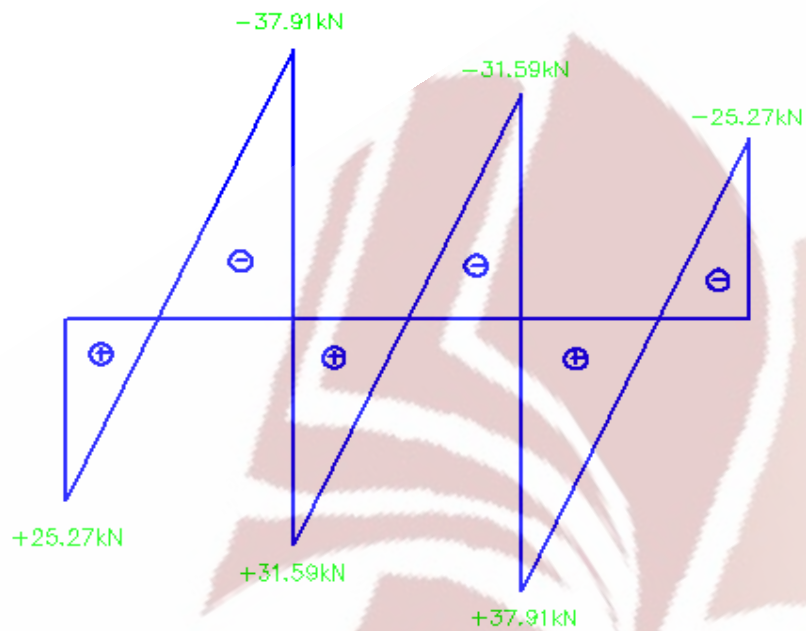


$$V_{12}=V_{21}=\frac{21,06\text{KN}/m \cdot 3m}{2} = 31.59\text{KN}$$

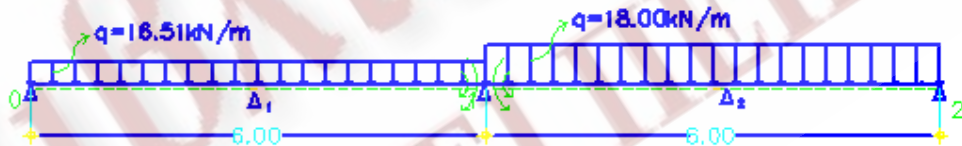
$$Q_{12}=V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L} = 31.59 + \frac{-18.95+18.95}{3} = +31.59\text{KN}$$

$$Q_{21}=-V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L} = -31.59 + \frac{-18.95+18.95}{3} = -31.59\text{KN}$$

## ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



1<sup>η</sup> στάθμη



$$\begin{aligned}
 q_{\Delta 1} &= (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκίων}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) = \\
 &= \frac{26,98 \text{ KN}}{6 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 16.51 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$$q_{\Delta 2} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκίων}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$



$$= \frac{35,90 \text{ KN}}{6 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 18.00 \text{ KN/m}$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{6} = 0.50EJ$	$A_{12} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{6} = 0.50EJ$
K	0.50	0.50
Θ.Ρ.Π.	+74.30	-81.00
	+3.35	-3.35
	+77.65	-77.65

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + A_{12}} = \frac{0.50EJ}{0.50EJ + 0.50EJ} = 0.50$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + A_{12}} = \frac{0.50EJ}{0.50EJ + 0.50EJ} = 0.50$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

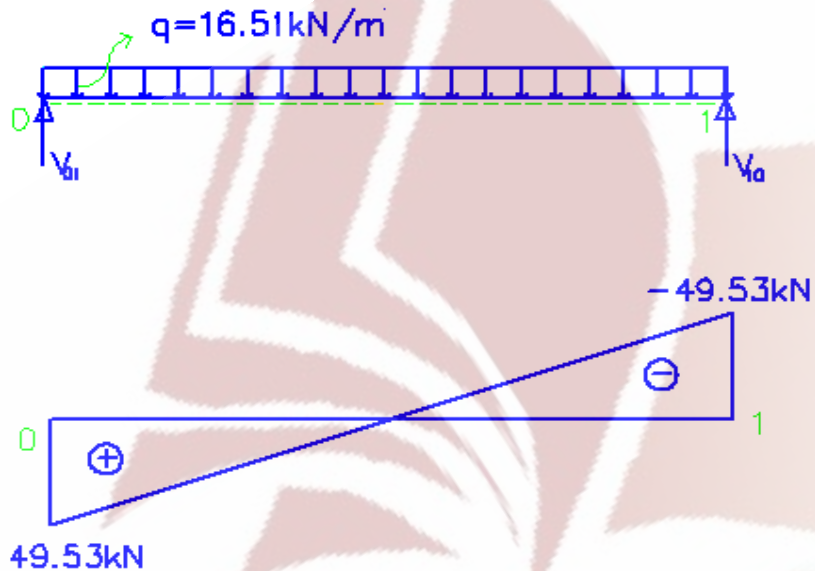
$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{16.51 \text{ KN/m} * (6\text{m})^2}{8} = -74.30 \text{ KNm}$$

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{18 \text{ KN/m} * (6\text{m})^2}{8} = -81.00 \text{ KNm}$$

Άρα οι τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση είναι:

$$M_{01} = M_{21} = 0 \text{ KNm}, \quad M_{10} = M_{12} = -77.65 \text{ KNm}$$

Τμήμα 01

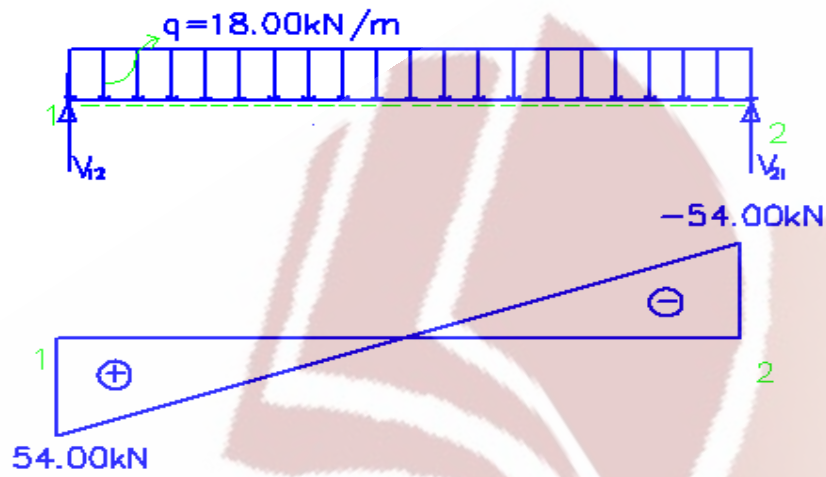


$$V_{01}=V_{10}=\frac{16,51\text{KN}/m * 6m}{2} = 49,53\text{KN}$$

$$Q_{01}=V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = 49.53 + \frac{-77.65-0}{6} = +36.59\text{KN}$$

$$Q_{10}=-V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = -49.53 + \frac{-77.65-0}{3} = -62.47\text{KN}$$

Τμήμα 12

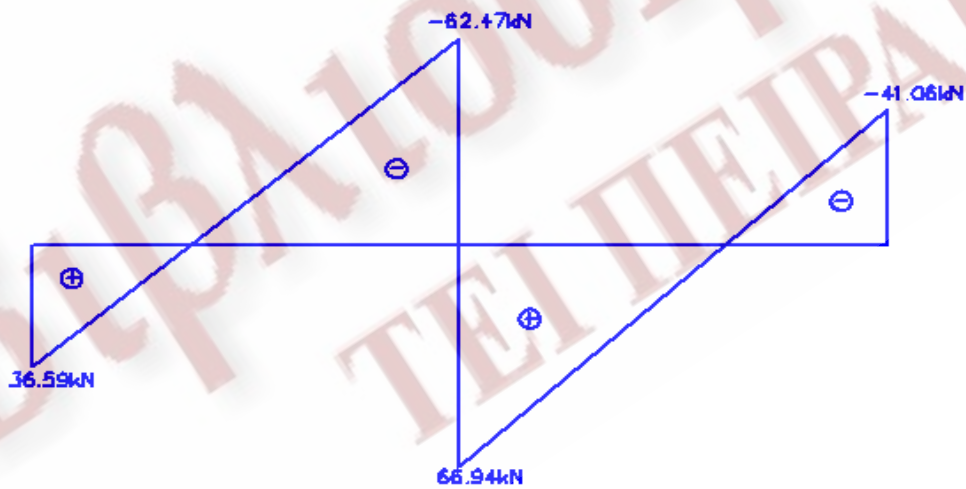


$$V_{12} = V_{21} = \frac{18 \text{ kN/m} \cdot 6 \text{ m}}{2} = 54 \text{ kN}$$

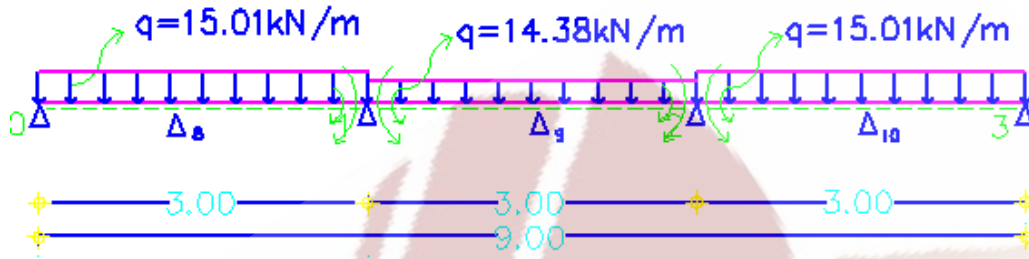
$$Q_{12} = V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 54 + \frac{0 + 77.65}{3} = +66.94 \text{ kN}$$

$$Q_{21} = -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -54 + \frac{0 + 77.65}{3} = -41.06 \text{ kN}$$

ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



## 1<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 8} = q_{\Delta 10} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκῶν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$

$$= \frac{8.99 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 15.01 \text{ KN/m}$$

$$q_{\Delta 9} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκῶν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ})$$

$$= \frac{7.09 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 14.38 \text{ KN/m}$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2}A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{2EJ}{3} = \frac{2}{3}EJ$
K	0.60	0.40
Θ.P.Π.	+16.89	-10.79
	+3.66	-2.44
	+13.23	-13.23

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2}A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3}EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2}A_{12}} = \frac{\frac{2}{3}EJ}{1EJ + \frac{2}{3}EJ} = 0.40$$



Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

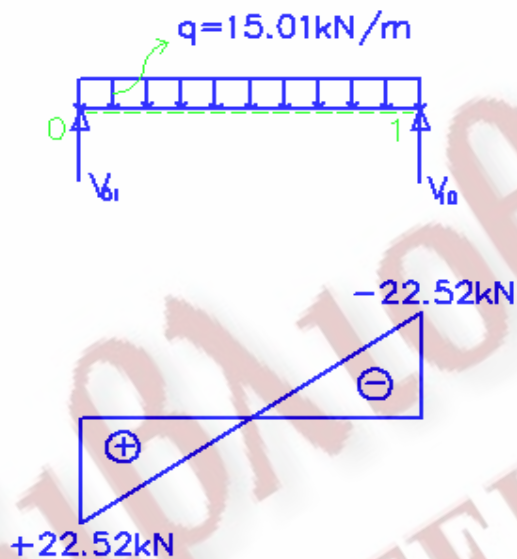
$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{15.01\text{KN/m} * (3\text{m})^2}{8} = -16.89\text{KNm}$$

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{14.38\text{KN/m} * (3\text{m})^2}{12} = -10.79\text{KNm}$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01}=M_{32}=0\text{KNm}, M_{10}=M_{12}=M_{21}=M_{23}=-13.23\text{KNm}$$

Τμήμα 01

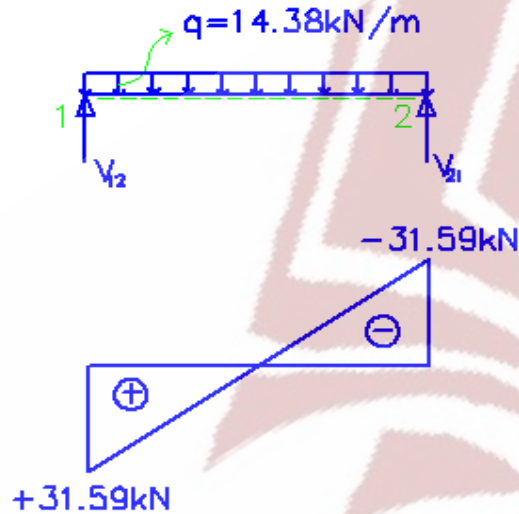


$$V_{01}=V_{10}=\frac{15.01\text{KN/m} * 3\text{m}}{2} = 22.52\text{KN}$$

$$Q_{01} = V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = 22.52 + \frac{-13.23 - 0}{3} = +18.11\text{KN}$$

$$Q_{10} = -V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = -22.52 + \frac{-13.23 - 0}{3} = -26.92 \text{ KN}$$

Τμήμα 12

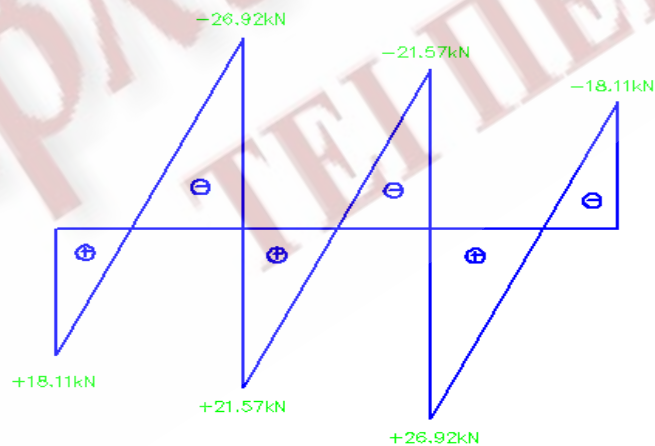


$$V_{12} = V_{21} = \frac{14.38 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}}{2} = 21.57 \text{ KN}$$

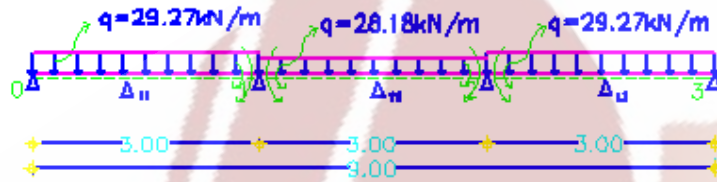
$$Q_{12} = V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 21.57 + \frac{-13.23 + 13.23}{3} = +21.57 \text{ KN}$$

$$Q_{21} = -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -21.57 + \frac{-13.23 + 13.23}{3} = -21.57 \text{ KN}$$

ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



## 1<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 11} = q_{\Delta 13} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκόν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$

$$= \frac{62.55 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 55.04 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 29.27 \text{ KN/m}$$

$$q_{\Delta 12} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκόν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ})$$

$$= \frac{59.28 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 28.27 \text{ KN/m}$$

Α	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2} A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{2EJ}{3} = \frac{2}{3} EJ$
Κ	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+32.93	-21.14
	-7.07	-4.72
	+25.86	-25.86

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

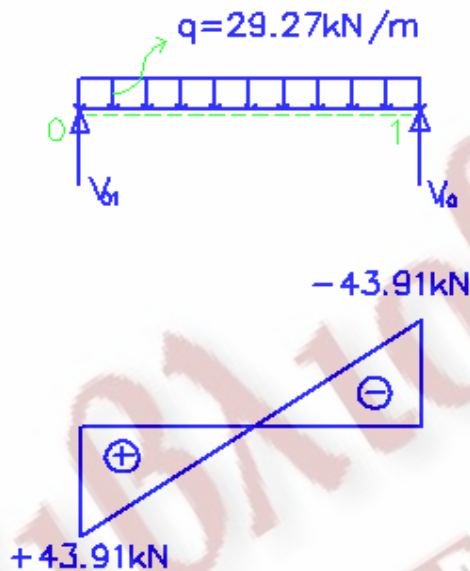
$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{29.27 \text{ KN/m} * (3\text{m})^2}{8} = -32.93 \text{ KNm}$$

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{28.18 \text{ KN/m} * (3\text{m})^2}{12} = -21.14 \text{ KNm}$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01}=M_{32}=0 \text{ KNm}, M_{10}=M_{12}=M_{21}=M_{23}=-25.86 \text{ KNm}$$

Τμήμα 01



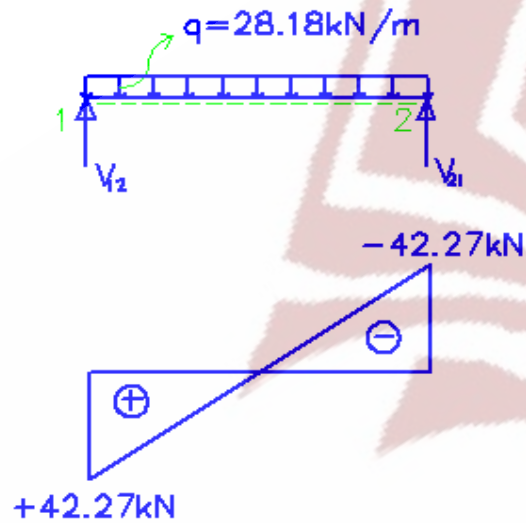
$$V_{01}=V_{10} = \frac{29.27 \text{ KN/m} * 3\text{m}}{2} = 43.91 \text{ KN}$$



$$Q_{01} = V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = 43.91 + \frac{-25.86 - 0}{3} = +35.29 \text{ KN}$$

$$Q_{10} = -V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = -43.91 + \frac{-25.86 - 0}{3} = -52.53 \text{ KN}$$

Τμήμα 12

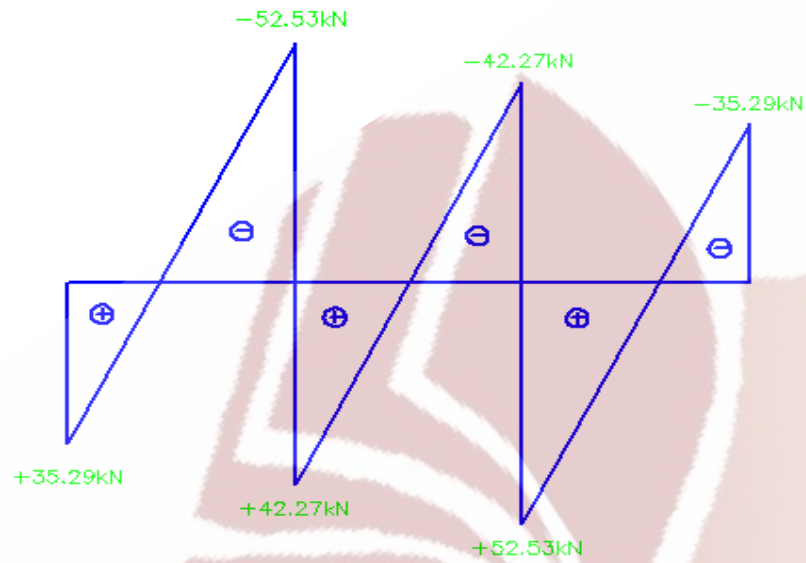


$$V_{12} = V_{21} = \frac{28.18\text{ kN/m} \cdot 3\text{m}}{2} = 42.27\text{ KN}$$

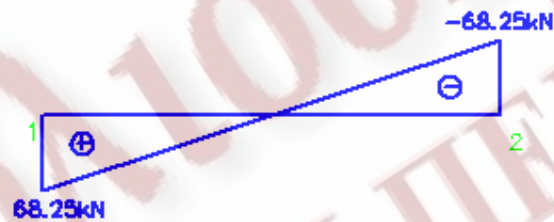
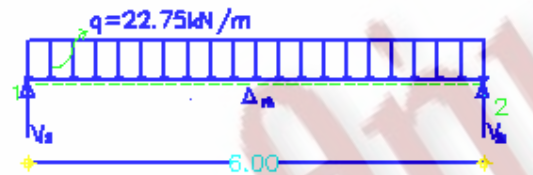
$$Q_{12} = V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 42.27 + \frac{-25.86 + 25.86}{3} = +42.27\text{ KN}$$

$$Q_{21} = -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -42.27 + \frac{-25.86 + 25.86}{3} = -42.27\text{ KN}$$

## ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



1<sup>η</sup> στάθμη



$$\begin{aligned}
 q_{\Delta 15} &= (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκόν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) = \\
 &= \frac{85.98 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{ KN}}{\text{ m}} + 5.04 \frac{\text{ KN}}{\text{ m}} = 22.75 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

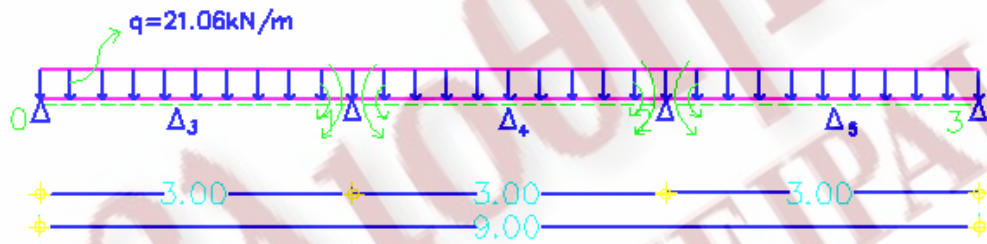
$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow V_{10} = 68.25 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_{01} = 68.25 \text{ KN}$$

$$Q_{01} = V_{01} = 68.25 \text{ KN}$$

$$Q_{10} = V_{10} = -68.25 \text{ KN}$$

2<sup>η</sup> στάθμη:



$$q_{\Delta 3} = q_{\Delta 4} = q_{\Delta 5} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκόν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$

$$= \frac{81.42 \text{ KN}}{9 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 21.06 \text{ KN/m}$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2} A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{3} = \frac{2}{3} * EJ$
K	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+23.69	-15.80
	-4.74	-3.16
	+18.95	-18.95

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{21.06KN/m * (3m)^2}{8} = -23.69KNm$$

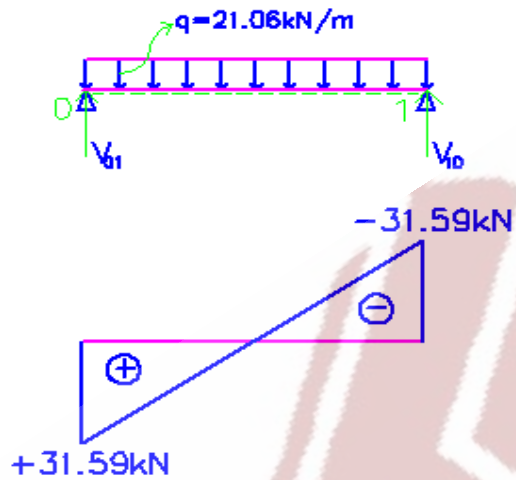
$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{21.06KN/m * (3m)^2}{12} = -15.80KNm$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01} = M_{32} = 0KNm, M_{10} = M_{12} = M_{21} = M_{23} = -18.95KNm$$

Τμήμα 01



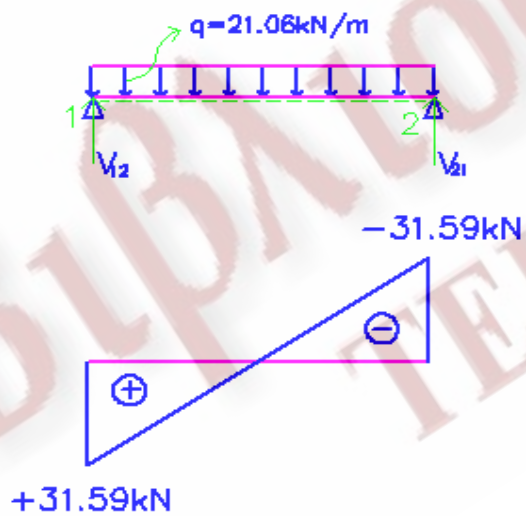


$$V_{01} = V_{10} = \frac{21,06 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}}{2} = 31.59 \text{ kN}$$

$$Q_{01} = V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = 31.59 + \frac{-23.69 - 0}{3} = +25.27 \text{ kN}$$

$$Q_{10} = -V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = -31.59 + \frac{-23.69 - 0}{3} = -37.91 \text{ kN}$$

Τμήμα 12



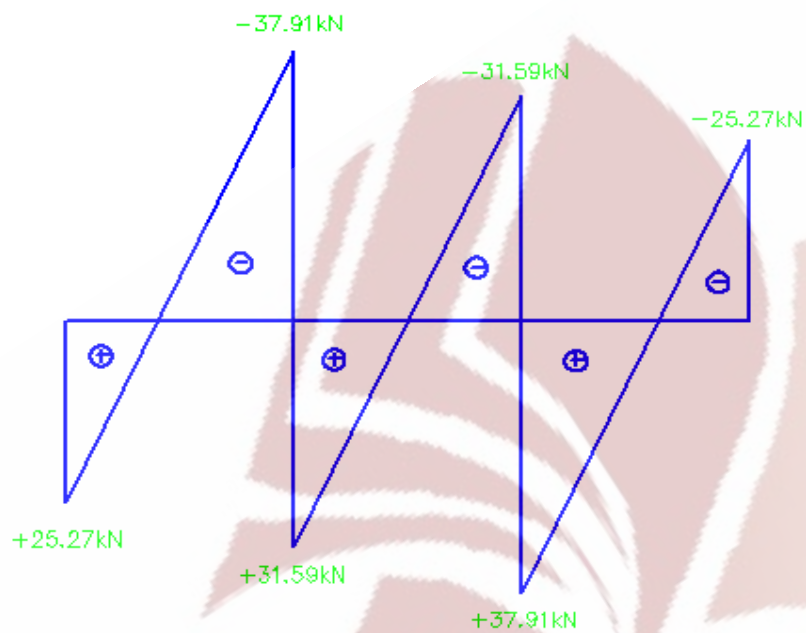
$$V_{12}=V_{21}=\frac{21,06\text{KN}/m*3m}{2}=31.59\text{KN}$$

$$Q_{12}=V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L}=31.59+\frac{-18.95+18.95}{3}=+31.59\text{KN}$$

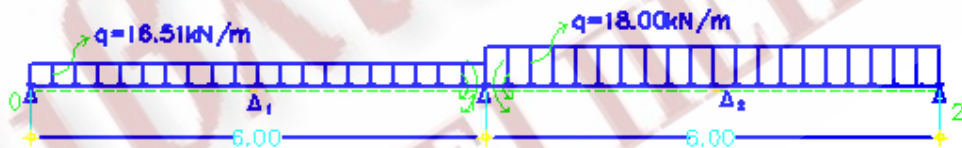
$$Q_{21}=-V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L}=-31.59+\frac{-18.95+18.95}{3}=-31.59\text{KN}$$

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



2<sup>η</sup> στάθμη



$$\begin{aligned}
 q_{\Delta 1} &= (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκίων}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) = \\
 &= \frac{26,98 \text{ KN}}{6 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 16.51 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$$q_{\Delta 2} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκίων}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{6} = 0.50EJ$	$A_{12} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{6} = 0.50EJ$
K	0.50	0.50
Θ.Ρ.Π.	+74.30	-81.00
	+3.35	-3.35
	+77.65	-77.65

$$= \frac{35,90KN}{6m} + 3.375 \frac{KN}{m} + 8.64 \frac{KN}{m} = 18.00KN / m$$

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + A_{12}} = \frac{0.50EJ}{0.50EJ + 0.50EJ} = 0.50$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + A_{12}} = \frac{0.50EJ}{0.50EJ + 0.50EJ} = 0.50$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{16.51KN / m * (6m)^2}{8} = -74.30KNm$$

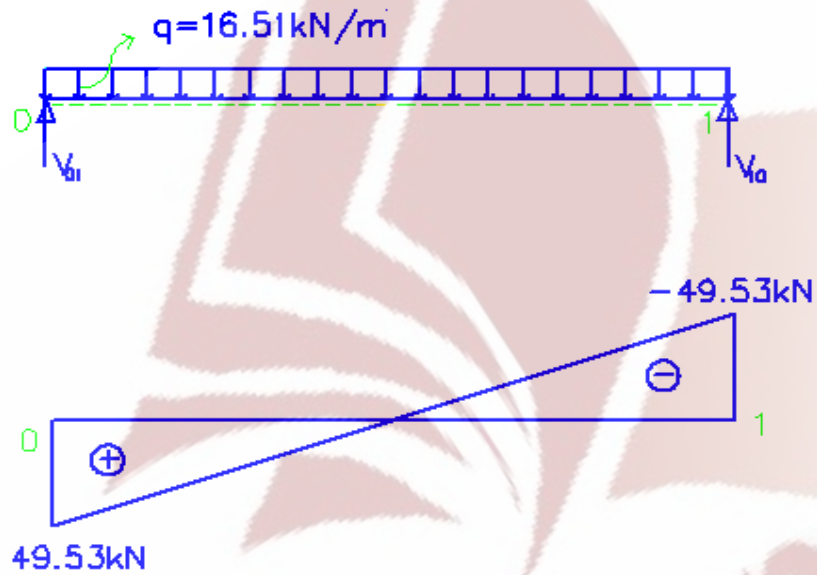
$$M_{12} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{18KN / m * (6m)^2}{8} = -81.00KNm$$

Άρα οι τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση είναι:

$$M_{01}=M_{21}=0KNm , M_{10}=M_{12}=-77.65KNm$$



Τμήμα 01

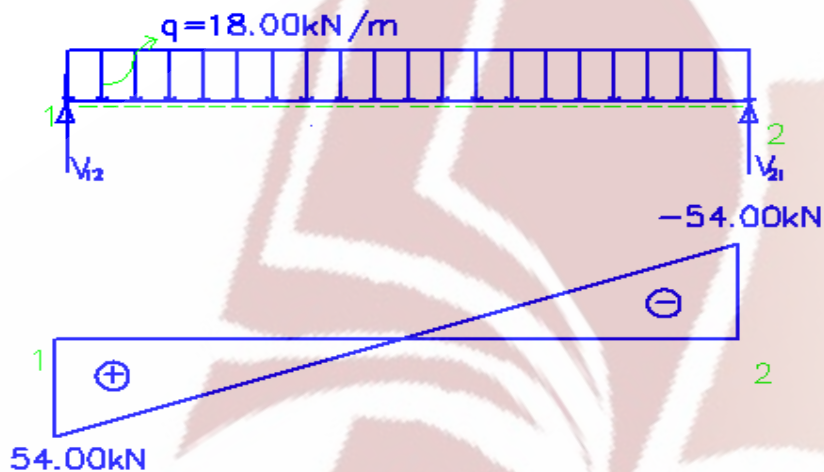


$$V_{01} = V_{10} = \frac{16,51 \text{ kN/m} * 6 \text{ m}}{2} = 49,53 \text{ kN}$$

$$Q_{01} = V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = 49.53 + \frac{-77.65 - 0}{6} = +36.59 \text{ kN}$$

$$Q_{10} = -V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = -49.53 + \frac{-77.65 - 0}{3} = -62.47 \text{ kN}$$

Τμήμα 12

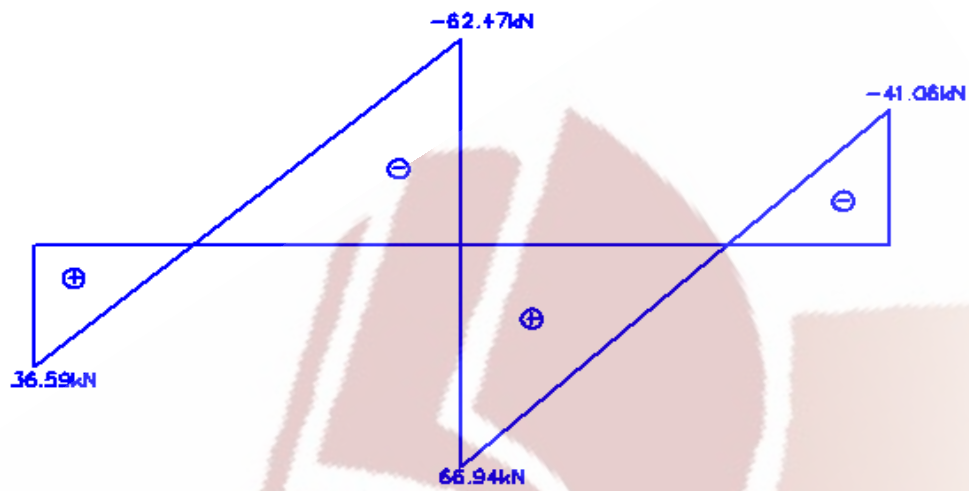


$$V_{12} = V_{21} = \frac{18 \text{ kN/m} \cdot 6 \text{ m}}{2} = 54 \text{ kN}$$

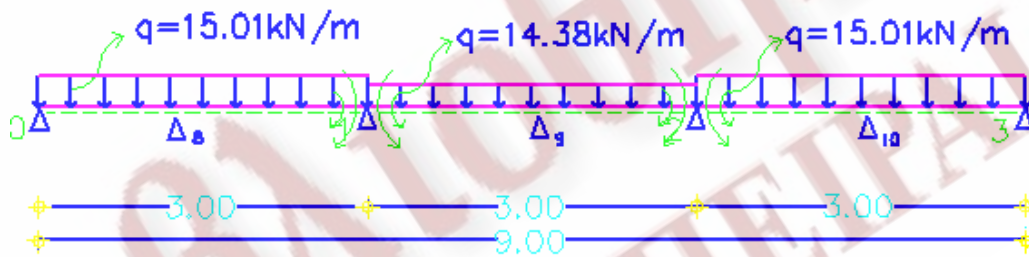
$$Q_{12} = V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 54 + \frac{0 + 77.65}{3} = +66.94 \text{ kN}$$

$$Q_{21} = -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -54 + \frac{0 + 77.65}{3} = -41.06 \text{ kN}$$

ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



## 2<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 8} = q_{\Delta 10} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκόν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$

$$= \frac{8.99KN}{3m} + 3.375 \frac{KN}{m} + 8.64 \frac{KN}{m} = 15.01KN / m$$

$$q_{\Delta 9} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκίων}) + (\text{φορτίο εξωτ.τοιχ})$$

$$= \frac{7.09KN}{3m} + 3.375 \frac{KN}{m} + 8.64 \frac{KN}{m} = 14.38KN / m$$

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2} A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{2EJ}{3} = \frac{2}{3} EJ$
K	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+16.89	-10.79
	+3.66	-2.44
	+13.23	-13.23

$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{15.01KN / m * (3m)^2}{8} = -16.89KNm$$

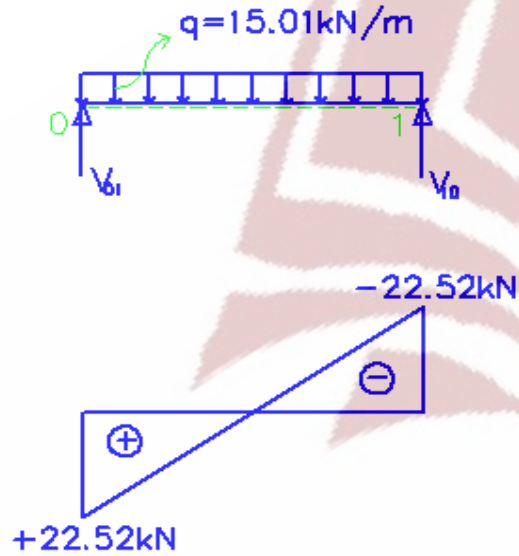
$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{14.38KN / m * (3m)^2}{12} = -10.79KNm$$



Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01}=M_{32}=0\text{KNm} , M_{10}=M_{12}=M_{21}=M_{23}=-13.23\text{KNm}$$

Τμήμα 01

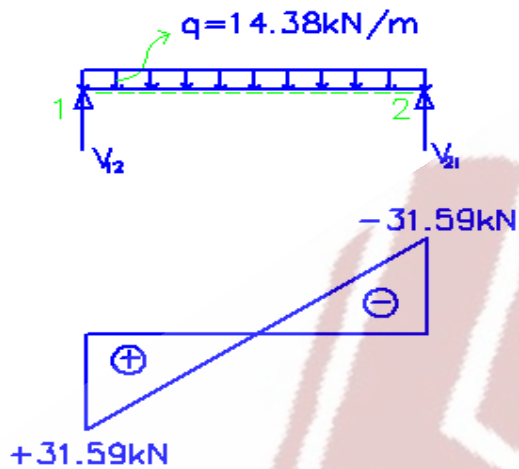


$$V_{01}=V_{10}=\frac{15.01\text{KN}/m * 3m}{2} = 22.52\text{KN}$$

$$Q_{01}=V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = 22.52 + \frac{-13.23-0}{3} = +18.11\text{KN}$$

$$Q_{10}=-V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = -22.52 + \frac{-13.23-0}{3} = -26.92\text{KN}$$

Τμήμα 12



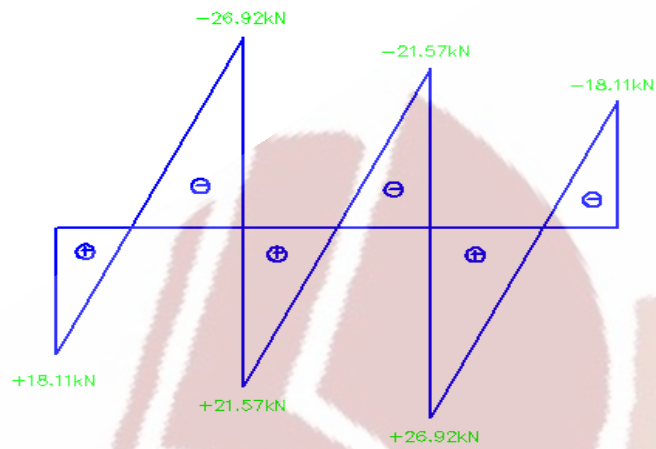
$$V_{12}=V_{21}=\frac{14.38\text{KN}/\text{m} \cdot 3\text{m}}{2} = 21.57\text{KN}$$

$$Q_{12}=V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L} = 21.57 + \frac{-13.23+13.23}{3} = +21.57\text{KN}$$

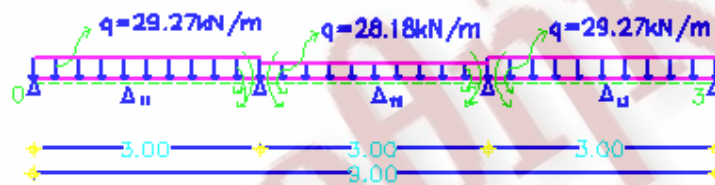
$$Q_{21}=-V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L} = -21.57 + \frac{-13.23+13.23}{3} = -21.57\text{KN}$$

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

## ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



2<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 11} = q_{\Delta 13} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκῶν}) + (\text{φορτίο εξωτ.τοιχ}) =$$

$$= \frac{62.55 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 55.04 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 29.27 \text{ KN/m}$$

$$q_{\Delta 12} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκῶν}) + (\text{φορτίο εξωτ.τοιχ})$$

$$= \frac{59.28 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 8.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 28.27 \text{ KN/m}$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2} A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{2EJ}{3} = \frac{2}{3} EJ$
K	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+32.93	-21.14
	-7.07	-4.72
	+25.86	-25.86

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{29.27KN/m * (3m)^2}{8} = -32.93KNm$$

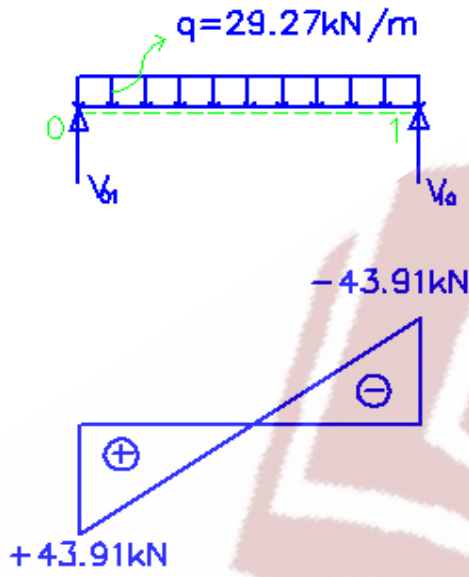
$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{28.18KN/m * (3m)^2}{12} = -21.14KNm$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01}=M_{32}=0KNm, \quad M_{10}=M_{12}=M_{21}=M_{23}=-25.86KNm$$

Τμήμα 01



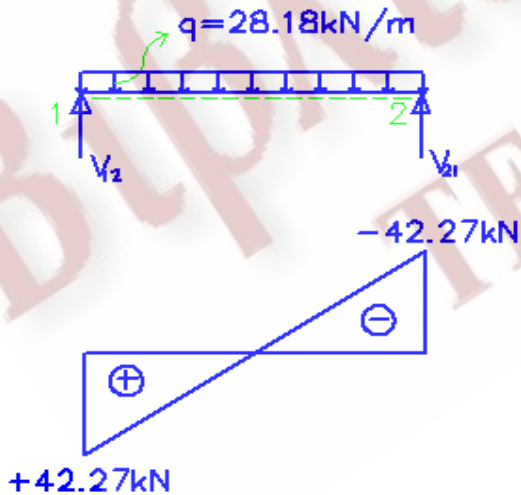


$$V_{01} = V_{10} = \frac{29.27 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}}{2} = 43.91 \text{ kN}$$

$$Q_{01} = V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = 43.91 + \frac{-25.86 - 0}{3} = +35.29 \text{ kN}$$

$$Q_{10} = -V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = -43.91 + \frac{-25.86 - 0}{3} = -52.53 \text{ kN}$$

Τμήμα 12

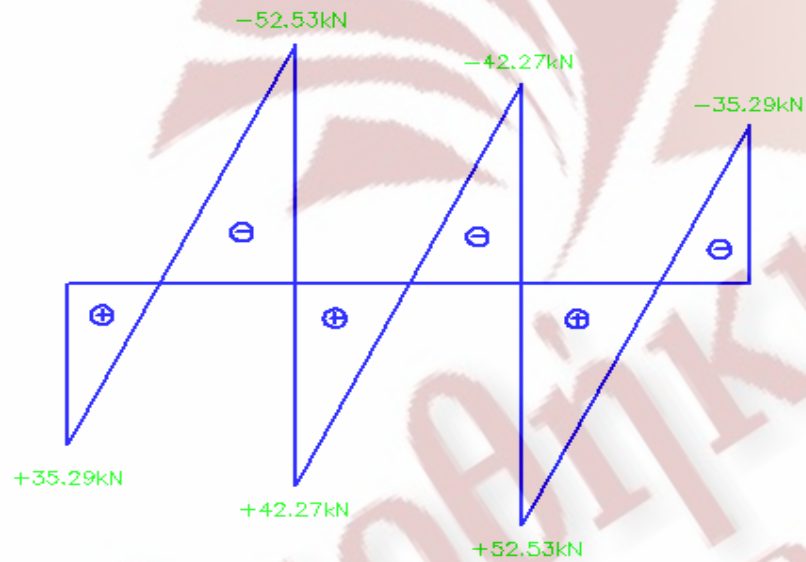


$$V_{12}=V_{21}=\frac{28.18\text{KN}/m \cdot 3m}{2} = 42.27\text{KN}$$

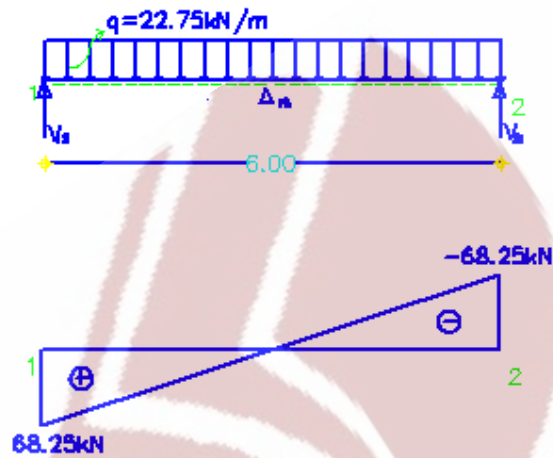
$$Q_{12}=V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L} = 42.27 + \frac{-25.86+25.86}{3} = +42.27\text{KN}$$

$$Q_{21}=-V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L} = -42.27 + \frac{-25.86+25.86}{3} = -42.27\text{KN}$$

### ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



## 2<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 15} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκόν}) + (\text{φορτίο εξωτ. τοιχ}) =$$
$$= \frac{85.98 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 5.04 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 22.75 \text{ KN/m}$$

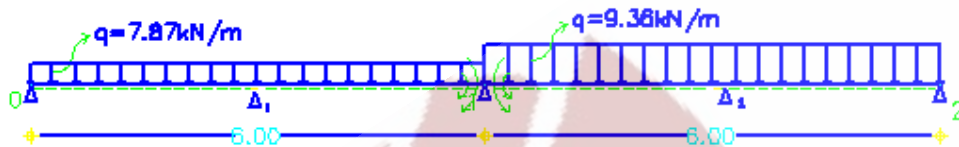
$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow V_{10} = 68.25 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_{01} = 68.25 \text{ KN}$$

$$Q_{01} = V_{01} = 68.25 \text{ KN}$$

$$Q_{10} = V_{10} = -68.25 \text{ KN}$$

### 3<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 1} = (\text{φορτίο λόγω πλάκαας}) + (\text{I.B. δοκίων}) =$$

$$= \frac{26.98 \text{ KN}}{6 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 7.87 \text{ KN/m}$$

$$q_{\Delta 2} = (\text{φορτίο λόγω πλάκαας}) + (\text{I.B. δοκίων}) =$$

$$= \frac{35.90 \text{ KN}}{6 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 9.36 \text{ KN/m}$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{6} = 0.50EJ$	$A_{12} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{6} = 0.50EJ$
K	0.50	0.50
Θ.Ρ.Π.	+34.42	-42.12
	+3.35	-3.35
	+38.77	-38.77

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + A_{12}} = \frac{0.50EJ}{0.50EJ + 0.50EJ} = 0.50$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + A_{12}} = \frac{0.50EJ}{0.50EJ + 0.50EJ} = 0.50$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{7.87 \text{ KN/m} * (6\text{m})^2}{8} = -35.42 \text{ KNm}$$

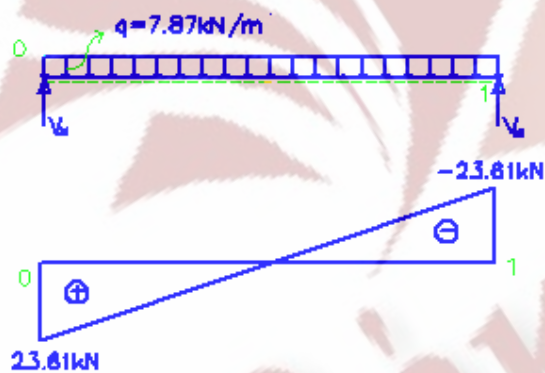
$$M_{12} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{9.36 \text{ KN/m} * (6\text{m})^2}{8} = -42.12 \text{ KNm}$$



Άρα οι τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση είναι:

$$M_{01}=M_{21}=0\text{KNm} , M_{10}=M_{12}=-38.77\text{KNm}$$

Τμήμα 01

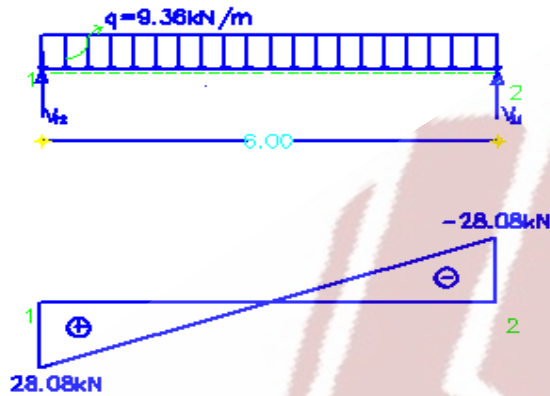


$$V_{01}=V_{10}=\frac{7.87\text{KN}/\text{m} * 6\text{m}}{2} = 23.61\text{KN}$$

$$Q_{01}=V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = 23.61 + \frac{-38.77-0}{6} = +17.15\text{KN}$$

$$Q_{10}=-V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = -23.61 + \frac{-38.77-0}{3} = -30.07\text{KN}$$

Τμήμα 12

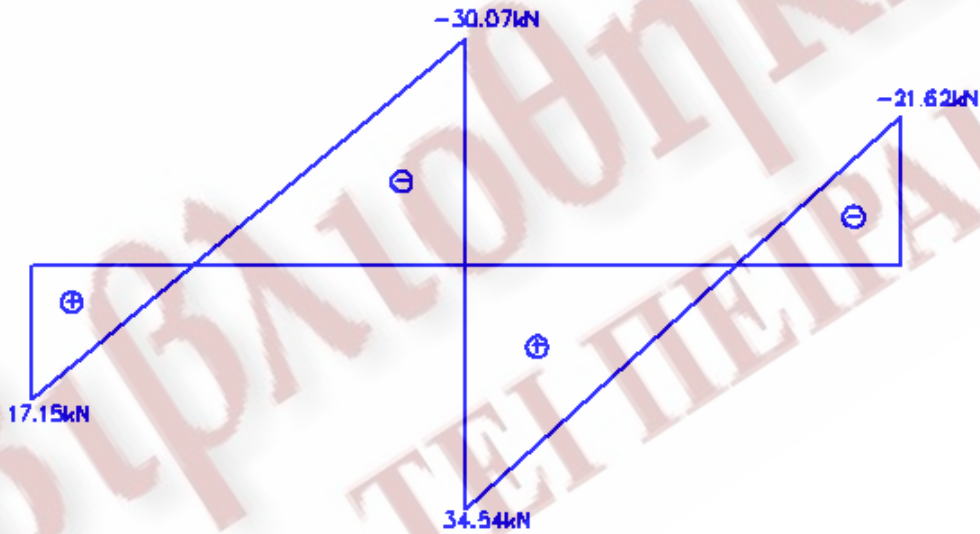


$$V_{12}=V_{21}=\frac{9.36\text{KN}/m * 6m}{2} = 28.08\text{KN}$$

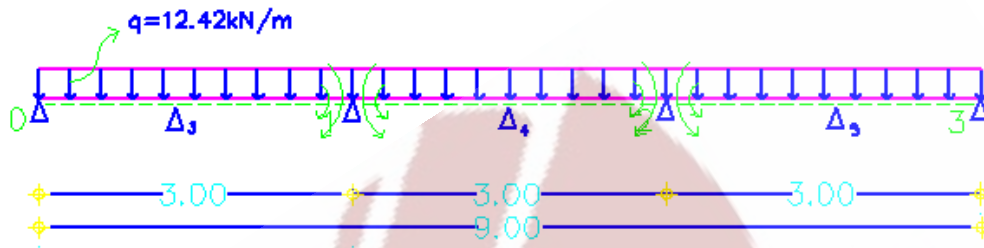
$$Q_{12}= V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 28.08 + \frac{0 + 38.77}{3} = +34.54\text{KN}$$

$$Q_{21}= -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -28.08 + \frac{0 + 38.77}{3} = -21.62\text{KN}$$

ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



### 3<sup>η</sup> στάθμη:



$$q_{\Delta 3}=q_{\Delta 4}=q_{\Delta 5}=(\text{φορτίο λόγω πλάκας})+(I.B.\text{δοκών})=$$

$$= \frac{81.42 \text{ KN}}{9 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 12.42 \text{ KN} / \text{m}$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2} A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{3} = \frac{2}{3} * EJ$
K	0.60	0.40
Θ.P.Π.	+13.97	-9.32
	-2.79	-1.86
	+11.18	-11.18

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.P.Π) κατά κλασική σήμανση

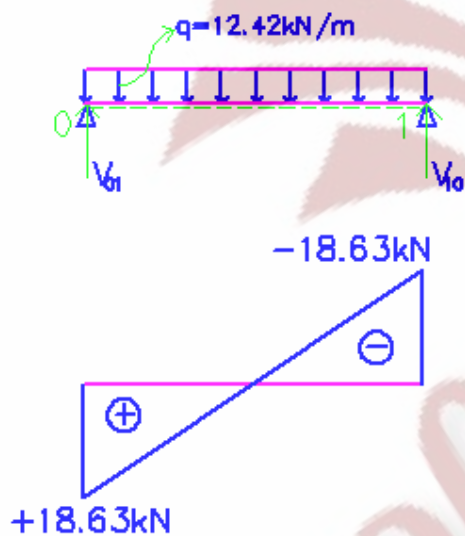
$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{12.42 \text{ KN} / \text{m} * (3\text{m})^2}{8} = -13.97 \text{ KNm}$$

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{12.42\text{KN/m} * (3\text{m})^2}{12} = -9.32\text{KNm}$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01}=M_{32}=0\text{KNm}, M_{10}=M_{12}=M_{21}=M_{23}=-11.18\text{KNm}$$

Τμήμα 01



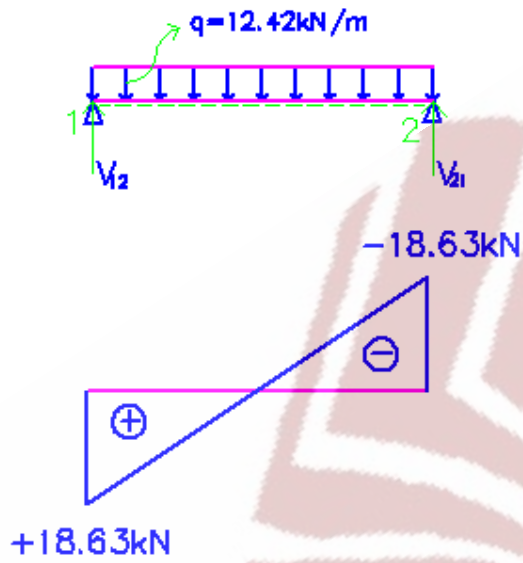
$$V_{01}=V_{10}=\frac{12.42\text{KN/m} * 3\text{m}}{2} = 18.63\text{KN}$$

$$Q_{01}=V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = 18.63 + \frac{-11.18-0}{3} = +14.91\text{KN}$$

$$Q_{10}=-V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = -18.63 + \frac{-11.18-0}{3} = -22.35\text{KN}$$



Τμήμα 12

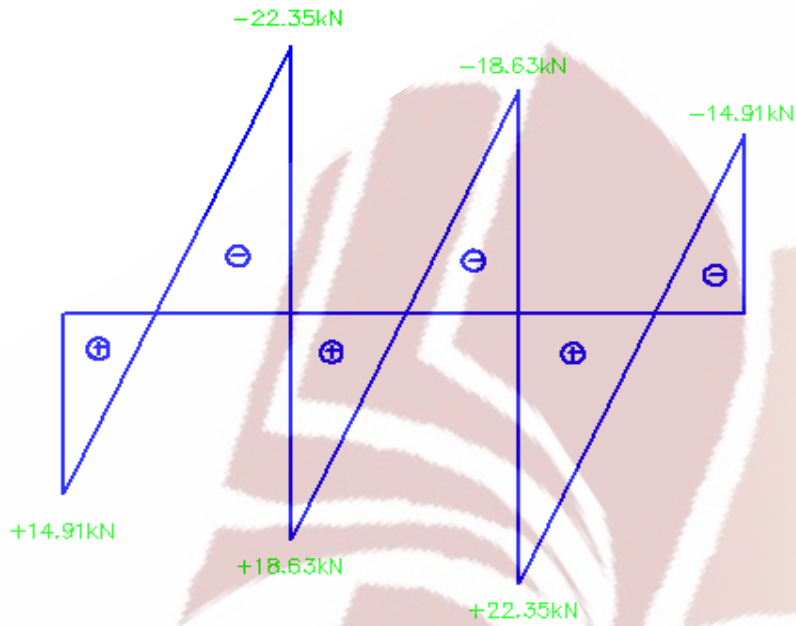


$$V_{12}=V_{21}=\frac{12.42\text{KN}/\text{m}\cdot 3\text{m}}{2}=18.63\text{KN}$$

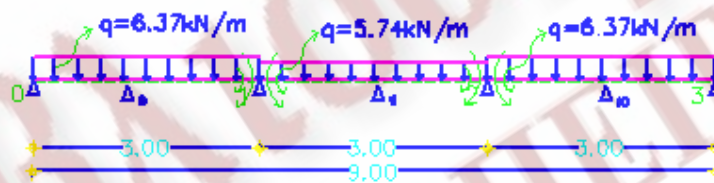
$$Q_{12}=V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L}=18.63+\frac{-11.18+11.18}{3}=+18.63\text{KN}$$

$$Q_{21}=-V_{12}+\frac{M_{21}-M_{12}}{L}=-18.63+\frac{-11.18+11.18}{3}=-18.63\text{KN}$$

## ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



### 3<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 8} = q_{\Delta 10} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκών}) = \frac{8.99 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 6.37 \text{ KN/m}$$

$$q_{\Delta 9} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκών}) = \frac{7.09 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = 5.74 \text{ KN/m}$$

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2}A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3}EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2}A_{12}} = \frac{\frac{2}{3}EJ}{1EJ + \frac{2}{3}EJ} = 0.40$$

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{6.37KN/m * (3m)^2}{8} = -7.17KNm$$

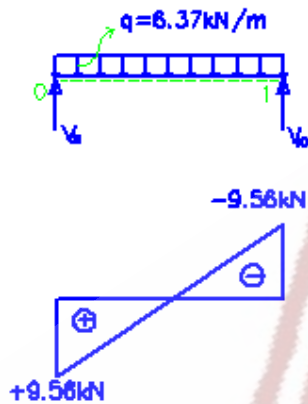
A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2}A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{2EJ}{3} = \frac{2}{3}EJ$
K	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+7.17	-4.31
	+1.72	-1.14
	+5.45	-5.45

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{5.74KN/m * (3m)^2}{12} = -4.31KNm$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01} = M_{32} = 0KNm, M_{10} = M_{12} = M_{21} = M_{23} = -5.45KNm$$

Τμήμα 01

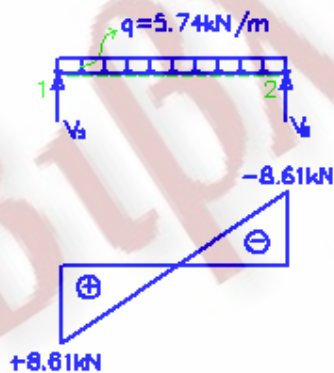


$$V_{01} = V_{10} = \frac{6.37 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}}{2} = 9.56 \text{ kN}$$

$$Q_{01} = V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = 9.56 + \frac{-5.45 - 0}{3} = +7.74 \text{ kN}$$

$$Q_{10} = -V_{01} + \frac{M_{10} - M_{01}}{L} = -9.56 + \frac{-5.45 - 0}{3} = -11.38 \text{ kN}$$

Τμήμα 12



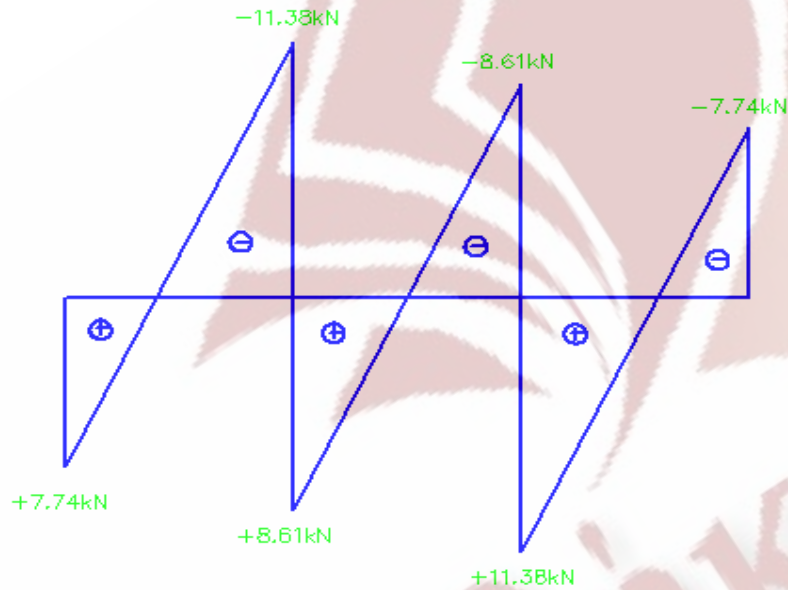
$$V_{12} = V_{21} = \frac{5.74 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}}{2} = 8.61 \text{ kN}$$



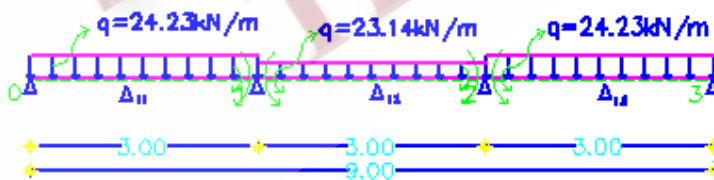
$$Q_{12} = V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 8.61 + \frac{-5.45 + 5.45}{3} = +8.61 \text{ kN}$$

$$Q_{21} = -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -8.61 + \frac{-5.45 + 5.45}{3} = -8.61 \text{ kN}$$

### ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ



3<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 11} = q_{\Delta 13} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκίων}) =$$

$$= \frac{62.55 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{ KN}}{\text{ m}} = 24.23 \text{ KN / m}$$

$$q_{\Delta 12} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (I.B. \text{δοκίων}) =$$

$$= \frac{59.28 \text{ KN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{ KN}}{\text{ m}} = 23.14 \text{ KN / m}$$

$$K_{01} = \frac{A_{01}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{1EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.60$$

$$K_{12} = \frac{A_{12}}{A_{01} + \frac{1}{2} A_{12}} = \frac{\frac{2}{3} EJ}{1EJ + \frac{2}{3} EJ} = 0.40$$

A	$A_{01} = \frac{3EJ}{l} = \frac{3EJ}{3} = 1EJ$	$\frac{1}{2} A_{12} = \frac{1}{2} * \frac{4EJ}{l} = \frac{2EJ}{3} = \frac{2}{3} EJ$
K	0.60	0.40
Θ.Ρ.Π.	+27.26	-17.34
	-5.95	-3.97
	+21.31	-21.31

Θεμελιώσεις Ροπές Πάκτωσης (Θ.Ρ.Π) κατά κλασική σήμανση

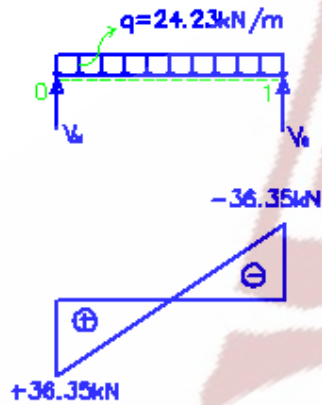
$$M_{10} = -\frac{ql^2}{8} = -\frac{24.23 \text{ KN / m} * (3 \text{ m})^2}{8} = -27.26 \text{ KNm}$$

$$M_{12} = -\frac{ql^2}{12} = -\frac{23.14 \text{ KN / m} * (3 \text{ m})^2}{12} = -17.34 \text{ KNm}$$

Τελικές ροπές κατά κλασική σήμανση

$$M_{01}=M_{32}=0\text{KNm} , M_{10}=M_{12}=M_{21}=M_{23}=-21.31\text{KNm}$$

Τμήμα 01

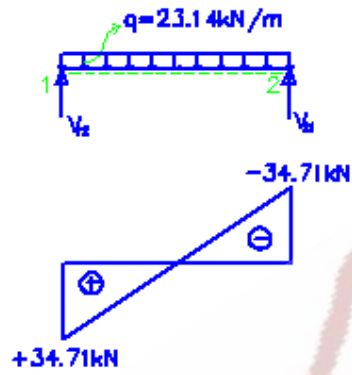


$$V_{01}=V_{10}=\frac{24.23\text{KN}/m \cdot 3m}{2} = 36.35\text{KN}$$

$$Q_{01}=V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = 36.35 + \frac{-21.31-0}{3} = +29.25\text{KN}$$

$$Q_{10}=-V_{01}+\frac{M_{10}-M_{01}}{L} = -36.35 + \frac{-21.31-0}{3} = -43.45\text{KN}$$

Τμήμα 12

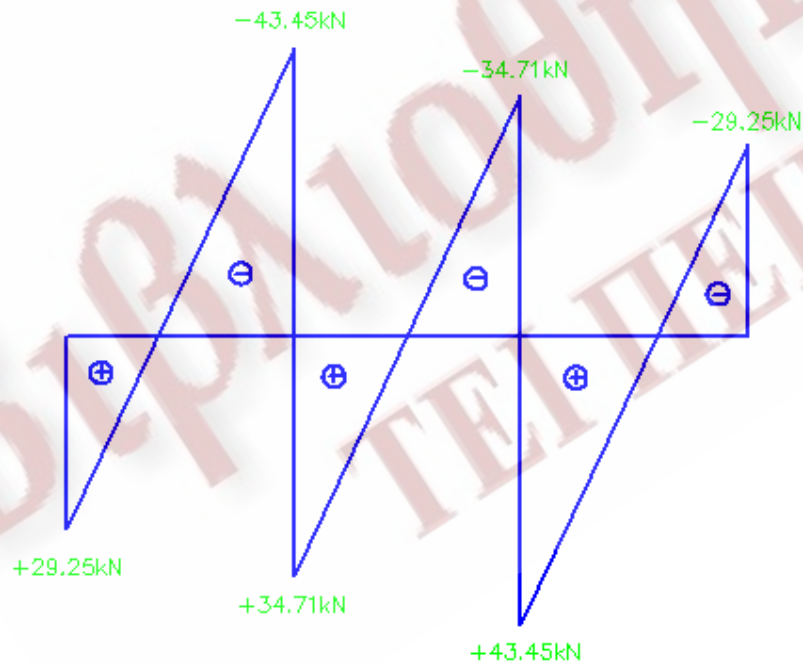


$$V_{12} = V_{21} = \frac{23.14 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}}{2} = 34.71 \text{ kN}$$

$$Q_{12} = V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = 34.71 + \frac{-21.31 + 21.31}{3} = +34.71 \text{ kN}$$

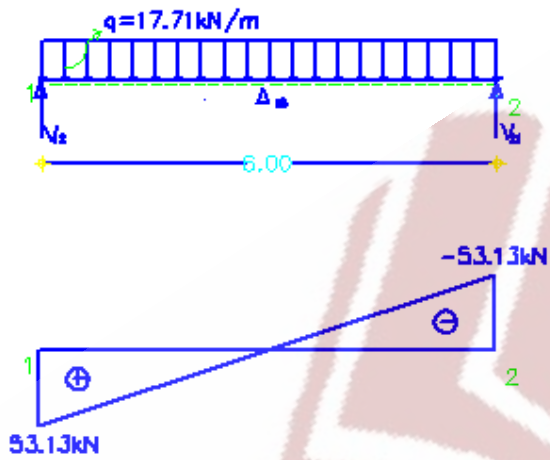
$$Q_{21} = -V_{12} + \frac{M_{21} - M_{12}}{L} = -34.71 + \frac{-21.31 + 21.31}{3} = -34.71 \text{ kN}$$

### ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ





### 3<sup>η</sup> στάθμη



$$q_{\Delta 15} = (\text{φορτίο λόγω πλάκας}) + (\text{I.B. δοκόν}) =$$
$$= \frac{85.98 \text{ kN}}{3 \text{ m}} + 3.375 \frac{\text{ kN}}{\text{ m}} = 17.71 \text{ kN / m}$$

$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow V_{10} = 53.13 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_{01} = 53.13 \text{ kN}$$

$$Q_{01} = V_{01} = 53.13 \text{ kN}$$

$$Q_{10} = V_{10} = -53.13 \text{ kN}$$

## Κεφάλαιο 8

### Φορτία που παραλαμβάνουν τα υποστυλώματα λόγω φορτίων από την πλάκα τους τοίχους και τις δοκούς

#### 1<sup>η</sup> στάθμη:

- $K_1=54.70\text{KN}$
- $K_2=164.70\text{KN}$
- $K_3=66.33\text{KN}$
- $K_4=69.50\text{KN}$
- $K_5=69.50\text{KN}$
- $K_6=66.33\text{KN}$
- $K_7=164.70\text{KN}$
- $K_8=54.70\text{KN}$
- $K_9=116.74\text{KN}$
- $K_{10}=116.74\text{KN}$
- $K_{11}=163.05\text{KN}$
- $K_{12}=163.05\text{KN}$

#### 2<sup>η</sup> στάθμη:

- $K_1=54.70\text{KN}$
- $K_2=164.70\text{KN}$
- $K_3=66.33\text{KN}$
- $K_4=69.50\text{KN}$
- $K_5=69.50\text{KN}$
- $K_6=66.33\text{KN}$
- $K_7=164.70\text{KN}$
- $K_8=54.70\text{KN}$
- $K_9=116.74\text{KN}$
- $K_{10}=116.74\text{KN}$
- $K_{11}=163.05\text{KN}$
- $K_{12}=163.05\text{KN}$

3<sup>η</sup> στάθμη:

- $K_1=24.46\text{KN}$
- $K_2=93.86\text{KN}$
- $K_3=36.53\text{KN}$
- $K_4=40.98\text{KN}$
- $K_5=40.98\text{KN}$
- $K_6=36.53\text{KN}$
- $K_7=93.86\text{KN}$
- $K_8=24.46\text{KN}$
- $K_9=73.12\text{KN}$
- $K_{10}=73.12\text{KN}$
- $K_{11}=131.29\text{KN}$
- $K_{12}=131.29\text{KN}$

Φορτίο ίδιου βάρους υποστυλωμάτων

Διατομές (30\*30) cm<sup>2</sup>:

- Βάρος άνω μισού υποστυλώματος:

$$\begin{aligned} & (\text{όγκος υποστυλώματος}) * (\text{I.B. σκυρ}) = \\ & = (0.30 * 0.30 * 0.90 \text{m}^3) * 25 \text{KN/m}^3 = 2.03 \text{KN} \end{aligned}$$

- Βάρος κάτω μισού υποστυλώματος:

$$\begin{aligned} & (\text{όγκος υποστυλώματος}) * (\text{I.B. σκυρ}) = \\ & = (0.30 * 0.30 * 1.50 \text{m}^3) * 25 \text{KN/m}^3 = 3.38 \text{KN} \end{aligned}$$

Διατομές (30\*60) cm<sup>2</sup>:

- Βάρος άνω μισού υποστυλώματος:

$$\begin{aligned} & (\text{όγκος υποστυλώματος}) * (\text{I.B. σκυρ}) = \\ & = (0.30 * 0.60 * 0.90 \text{m}^3) * 25 \text{KN/m}^3 = 4.05 \text{KN} \end{aligned}$$

- Βάρος κάτω μισού υποστυλώματος:

$$\begin{aligned} & (\text{όγκος υποστυλώματος}) * (\text{I.B. σκυρ}) = \\ & = (0.30 * 0.60 * 1.50 \text{m}^3) * 25 \text{KN/m}^3 = 6.75 \text{KN} \end{aligned}$$

Συνολικά φορτία υποστυλωμάτων

3<sup>η</sup> στάθμη:

- K<sub>1</sub>=26.92KN
- K<sub>2</sub>=97.91KN
- K<sub>3</sub>=38.56KN
- K<sub>4</sub>=45.03KN
- K<sub>5</sub>=45.03KN
- K<sub>6</sub>=38.56KN
- K<sub>7</sub>=97.91KN
- K<sub>8</sub>=26.92KN
- K<sub>9</sub>=77.17KN
- K<sub>10</sub>=77.17KN
- K<sub>11</sub>=133.32KN
- K<sub>12</sub>=133.32KN



2<sup>η</sup> στάθμη:

- $K_1=87.03\text{KN}$
- $K_2=273.41\text{KN}$
- $K_3=110.30\text{KN}$
- $K_4=125.33\text{KN}$
- $K_5=125.33\text{KN}$
- $K_6=110.30\text{KN}$
- $K_7=273.41\text{KN}$
- $K_8=87.03\text{KN}$
- $K_9=204.71\text{KN}$
- $K_{10}=204.71\text{KN}$
- $K_{11}=301.78\text{KN}$
- $K_{12}=301.78\text{KN}$

1<sup>η</sup> στάθμη:

- $K_1=147.14\text{KN}$
- $K_2=448.91\text{KN}$
- $K_3=182.04\text{KN}$
- $K_4=205.63\text{KN}$
- $K_5=205.63\text{KN}$
- $K_6=182.04\text{KN}$
- $K_7=448.91\text{KN}$
- $K_8=147.14\text{KN}$
- $K_9=332.28\text{KN}$
- $K_{10}=332.28\text{KN}$
- $K_{11}=470.24\text{KN}$
- $K_{12}=470.24\text{KN}$