

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**"Αντισεισμική και Ενεργειακή Αναβάθμιση Κατασκευών και Αειφόρος Ανάπτυξη"**

**ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**«ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ  
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ»**

**Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας**

**Αικατερίνης Μουστακάτου**

**Επιβλέπων καθηγητής**

**Δρ. Αντώνιος Κυριαζόπουλος,**

**καθηγητής του τμήματος πολιτικών μηχανικών**

**του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής,**

## *Ευχαριστίες*

Θα ήταν μεγάλη παράληψη να μην αναφερθώ στην πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Αντώνη Κυριαζόπουλο, πολιτικό μηχανικό, αναπληρωτή καθηγητή στο τμήμα πολιτικών μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής τόσο για την επιλογή του θέματος όσο και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερος τον συνάδελφο και συμφοιτητή, Ιωάννη Ντόντο, Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π. για την στήριξή του, την επιστημονική βοήθειά του και την θεωρητική τεκμηρίωση, στο χειρισμό του προγράμματος Fesra της εταιρείας LH-Λογισμική, σύμφωνα με το οποίο έγιναν όλοι οι υπολογισμοί και η προσομοίωση του φέροντα οργανισμού του υπό εξέταση κτιρίου.

Τέλος θα ήθελα να αναφερθώ στην αμέριστη ηθική στήριξη, την παρότρυνση και την επιστημονική συνδρομή της συναδέλφου και φίλης Κωνσταντίνας Λυρούδια, Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π.

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

Αικατερίνη Μουστακάτου

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Δρ. Αντώνιος Κυριαζόπουλος, Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών

### *Περίληψη*

Στην εργασία αυτή, ελέγχεται η συμπεριφορά μιας νέας κατασκευής που τηρεί τους πρόσφατους κανονισμούς, αλλά υπάρχει η απαίτηση της αλλαγής χρήσης της, από κατοικία σε φροντιστήριο, δηλαδή σε χώρο συνάθροισης κοινού. Το θέμα αυτό επιλέχτηκε ως έναυσμα, καθώς πολλές περιπτώσεις κτιρίων εκπαίδευσης στην Ελλάδα, όπως φροντιστήρια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, φροντιστήρια ξένων γλωσσών, ωδεία και γενικώς εκπαιδευτήρια, στη πλειονότητά τους, στεγάζονται σε κτίρια των οποίων η αρχική χρήση ήταν κατοικία ή γραφεία. Για την λειτουργία τους, αρκούσε μια βεβαίωση στατικής επάρκειας από μηχανικό, χωρίς να επισημαίνεται η αναβάθμιση της σπουδαιότητας του κτιρίου λόγω αλλαγής χρήσης. Αυτή η εργασία σκοπεύει να δείξει την αναγκαιότητα ελέγχου κτιρίων, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ή χρησιμοποιούνται ήδη ως εκπαιδευτήρια, χωρίς αυτά να έχουν σχεδιαστεί εξ αρχής για την εν λόγω χρήση.

Το κτίριο που εξετάστηκε σε αυτή την εργασία, παρόλο ότι είναι πρόσφατη κατασκευή και έχει δομηθεί σύμφωνα με τα τρέχοντα επίπεδα τεχνολογίας και τεχνογνωσίας, αυτά φαίνεται να μην επαρκούν για να καλύψουν τα νέα δεδομένα της νέας χρήσης, για τη στάθμη επιτελεστικότητας A2, όπως την ορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. Για την εν λόγω στάθμη, το κτίριο φαίνεται να εμφανίζει μεμονωμένες και σποραδικές βλάβες (δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων) σε σεισμούς μεσαίου μεγέθους (μη επιτρεπτή απόκριση) αλλά για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1, εμφανίζει μεγάλα περιθώρια κατανάλωσης της σεισμικής ενέργειας (πλάστιμη περιοχή απόκρισης) χωρίς κατάρρευση, ακόμα και για πιο σπάνιους και άρα ισχυρότερους σεισμούς (επιτρεπτή απόκριση).

Πιο συγκεκριμένα, το κτίριο επιλύθηκε με τη μέθοδο Pushover, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Fespa της εταιρείας LH-Λογισμικής, αφού επιβεβαιώθηκαν οι προϋποθέσεις εφαρμογής της. Διαπιστώθηκαν οι πραγματικές αντοχές των υλικών, μετά από στατιστική επεξεργασία καθώς και η γεωμετρία - διατομές του φορέα. Μετά την επίλυση του φορέα, έγινε σύγκριση της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου με τα διαγράμματα των φασμάτων απαίτησης και φάνηκε ότι το κτίριο έχει ακόμα μεγάλο απόθεμα πλάστιμης συμπεριφοράς και μπορεί να ανταποκριθεί σε ακόμα μεγαλύτερη εδαφική επιτάχυνση (δηλαδή μεγαλύτερο σεισμό) από αυτό που απαιτείται να ικανοποιεί (στάθμη επιτελεστικότητας B1). Για μικρότερο σεισμό, (στάθμη επιτελεστικότητας A2 - περιορισμένες βλάβες), το κτίριο οριακά ξεπερνά την ελαστική περιοχή συμπεριφοράς και χρειάζεται κάποιες μεμονωμένες ενισχύσεις σε δοκούς που έχουν αστοχήσει σε κάμψη. Στη συνέχεια έγινε επανέλεγχος της κατασκευής μετά την προτεινόμενη ενίσχυση και πιστοποιήθηκε η επάρκεια του κτιρίου για τις δεδομένες στάθμες επιτελεστικότητας.

# Περιεχόμενα

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1 Εισαγωγή στο Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) – Περιορισμοί .....	6
--	---

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΣΤΟΧΟΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ, ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ**

2.1 Στόχος Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού Κατασκευής από Ο/Σ .....	7
2.2 Διερεύνηση, Τεκμηρίωση Στοιχείων Φ.Ο. και Στάθ. Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) .....	10
2.3 Ανίσωση Ασφαλείας .....	12
2.4 Μέθοδοι Ανάλυσης .....	13

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ**

3.1 Είδη Επεμβάσεων .....	15
3.2 Στρατηγικές Επεμβάσεων .....	15
3.3 Συστήματα επεμβάσεων .....	17

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

4.1 Ιστορικά Στοιχεία Υφιστάμενου Κτιρίου .....	19
4.2 Γεωμετρικά Στοιχεία Υφιστάμενου Κτιρίου .....	23
4.3 Ποιότητες Υλικών Υφιστάμενου κτιρίου .....	26
4.4 Φορτία και Προδιαγραφές Αρχικού Σχεδιασμού – Ξυλότυποι Υφιστάμενου κτιρίου .....	26
4.5 Ζητούμενος Ανασχεδιασμός .....	27

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ – ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

5.1 Εφαρμογή της Ανελαστικής Στατικής Μεθόδου (Pushover) – Προϋποθέσεις .....	29
---	----

5.2 Εισαγωγή Δεδομένων – Προσομοίωση στο υπολογιστικό πρόγραμμα Fespa.....	31
5.3 Διαδικασία Εκτέλεσης Υπολογισμών σύμφωνα με το Fespa .....	32
5.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων	

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

6.1 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων και Προτάσεις Ενίσχυσης .....	71
6.2 Επαναυπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Κτιρίου μετά τις Επεμβάσεις .....	72

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

<b><u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u></b> .....	74
----------------------------------	----

<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b> .....	75
----------------------------------	----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### **1.1 Εισαγωγή στο Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) – Περιορισμοί**

Ο Κανονισμός Επεμβάσεων -ΚΑΝ.ΕΠΕ.- (ΦΕΚ 42/Β/20-1-2012) έρχεται για πρώτη φορά το 2012 να καλύψει ένα μεγάλο κενό στο νομοθετικό πλαίσιο της χώρας που αφορά στην θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας ενός κτιρίου πριν ή μετά κάποιου σεισμικού συμβάντος ή στον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών.

Λέγοντας «ανασχεδιασμό», εννοείται η αλλαγή του αρχικού σχεδιασμού μίας κατασκευής προκειμένου αυτή να ικανοποιήσει τις νέες απαιτήσεις του κυρίου του έργου. Για παράδειγμα ως ανασχεδιασμός, θα μπορούσε να αναφερθεί η αλλαγή χρήσης του κτιρίου ή η προθήκη νέου ορόφου ή η αναβάθμιση του επιπέδου ασφαλείας μίας κατασκευής.

Έως το 2012 οι μηχανικοί βασιζόνταν σε Τεχνικές Οδηγίες που εξέδιδε το ΤΕΕ ή στο Παράρτημα Ε του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ-2003), το οποίο αφορούσε «Ειδικούς Κανόνες για Προσθήκες σε Υφιστάμενα Κτίρια».

Σήμερα ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. με τη δεύτερη αναθεώρησή του (ΦΕΚ 2984/Β/30-8-2017) έρχεται να καλύψει τον κυριότερο όγκο του υφιστάμενου κτιριακού δυναμικού, που έχει κατασκευαστεί στην Ελλάδα, κυρίως μεταπολεμικά, με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιία πλήρωσης από οπτοπλινθοδομές.

Όμως, οι βασικές αρχές και τα κριτήρια (στάθμες επιτελεστικότητας, στόχοι αποτίμησης, στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων κτλ.) που θέτει ο κανονισμός αυτός, βρίσκουν πεδίο εφαρμογής και σε κτίρια με φέροντα οργανισμό από άλλα υλικά (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ, παρ. 1.2)

Ο κανονισμός αυτός δεν καλύπτει έργα «υψηλής διακινδύνευσης» για τον πληθυσμό (π.χ. φράγματα, πυρηνικούς σταθμούς).

Επιπλέον, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια χωρίς μελέτη ή με μη εγκεκριμένη μελέτη (αυθαίρετα), σε κτίρια χωρίς εφαρμογή Αντισεισμικού Κανονισμού, σε κτίρια με αυξημένη τρωτότητα (pilotis, κοντά υποστυλώματα κτλ) ή σε κτίρια που βρίσκονται σε περιοχή στην οποία εκ των υστέρων καθορίστηκε υψηλότερη σεισμικότητα.

Επίσης καθορίζει τον έλεγχο, την επισκευή ή την ενίσχυση και τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό υφιστάμενων κτιρίων που έχουν υποστεί βλάβες. (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ, παρ. 1.2.3)

Στην παρούσα εργασία μελετάται ένα τριώροφο κτίριο με pilotis και υπόγειο κατασκευής του 2012 στο οποίο ο κύριος του έργου ζητά την αλλαγή χρήσης από κατοικία σε φροντιστήριο και προσθήκη ενός ορόφου με χρήση επίσης φροντιστηρίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΣΤΟΧΟΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ, ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

#### **2.1 Στόχος Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού Κατασκευής από Ο/Σ**

Η αποτίμηση μιας υφιστάμενης κατασκευής, είναι η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας, η οποία φέρουσα ικανότητα, βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με το εκάστοτε φορτίο που απαιτείται να φέρει, με ένα συγκεκριμένο επίπεδο ασφάλειας.

Τα ελάχιστα αυτά φορτία, τα οποία οφείλει να φέρει μια κατασκευή, καθορίζονται είτε από τον Ελληνικό Κανονισμό Φορτίσεων και τον Ευρωκώδικα 1 (EC1) σε συνδυασμό με τα σεισμικά «φορτία» που επιβάλλει ο Αντισεισμικός Κανονισμός, αν πρόκειται για νέα κτίρια ή από τον Ελληνικό Κανονισμό Φορτίσεων σε συνδυασμό με τα «σεισμικά φορτία» - «αναμενόμενη συμπεριφορά» που καθορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. για υφιστάμενες κατασκευές.

Επίσης θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι ο πρώτος Ελληνικός Κανονισμός, ο οποίος εισάγει την λογική του Σχεδιασμού με βάση την επιτελεστικότητα, δηλαδή μια «αναμενόμενη» και «γνωστή» απόκριση της κατασκευής μετά από ένα συγκεκριμένο σεισμικό συμβάν με γνωστό χρόνο επαναφοράς.

Είναι σαφές ότι όσο αυξάνουμε το επίπεδο ασφάλειας μιας κατασκευής, τόσο αυξάνεται και το κόστος κατασκευής της. Έτσι η πολιτεία έρχεται να θεσπίσει κάποια κατώτατα όρια καθορισμένων και δεδομένων σεισμικών φορτίων για τα οποία η κατασκευή, μαζί με τα φορτία βαρύτητας, οφείλει να διαθέτει επαρκείς αντοχές. Το μέγεθος των σεισμικών φορτίων καθορίζεται από κοινωνικο-οικονομικά κριτήρια και θεσπίζεται από τους εκάστοτε Αντισεισμικούς Κανονισμούς καθώς και από τον Κανονισμό Επεμβάσεων.

Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. ως «σεισμικό φορτίο» ορίζονται δύο κατηγορίες «σεισμών σχεδιασμού» με πιθανότητα υπέρβασης 10% και 50% αντίστοιχα, οι οποίες δημιουργούν εδαφικές επιταχύνσεις, για τις οποίες οι κατασκευές οφείλουν να αποκριθούν – συμπεριφερθούν κατ' ελάχιστο με ένα, εκ τριών συγκεκριμένων επιπέδων βλαβών. Τα τρία αυτά «επίπεδα – καταστάσεις» βλαβών ή αλλιώς οι τρεις στάθμες «επιτελεστικότητας» είναι η ακόλουθη σύμφωνα με την 2<sup>η</sup> Αναθέωση ΚΑΝΕΠΕ ΦΕΚ 2984/Β/2017. :

*α. «Περιορισμένες βλάβες» (Α) :* Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά τοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει σε σημαντικό βαθμό και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες.

*β. «Σημαντικές βλάβες» (Β):* Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένουσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι

μετρίου μεγέθους. Ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμούς μέτριας έντασης.

γ. «Οιονεί κατάρρευση» (Γ): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές (μή- επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία (κατά, και για ένα διάστημα μετά, τον σεισμό), χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμούς μέτριας έντασης.

Έτσι λοιπόν δημιουργούνται έξι διακριτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού μίας κατασκευής όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίν. 2.1 Στόχοι αποτίμησης

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεσματικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ), αλλά και ο ΚΑΝ.ΕΠΕ στο Παράρτημα 2.1 στο τέλος του κεφαλαίου 2, κατατάσσει τα κτίρια σε τέσσερις κατηγορίες ( I, II, III και IV) ανάλογα με την σπουδαιότητά τους, με κριτήριο την ανάγκη λειτουργίας τους μετά από το σεισμό σχεδιασμού, αλλά και τη ασφάλεια που χρειάζεται να παρέχουν λόγω συγκέντρωσης μεγάλου αριθμού προσώπων (συγκέντρωση κοινού).

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. ανάλογα με την σπουδαιότητα του κτιρίου καθορίζει ποια από τις παραπάνω έξι στόχους - επιτελεσματικότητες απαιτείται να ικανοποιεί η κατασκευή. Παρακάτω δίδεται ο πίνακας κατάταξης της σπουδαιότητας των κτιρίων και στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας που καθορίζει τις στάθμες επιτελεσματικότητας – στόχους, ανάλογα με την σπουδαιότητα του κτιρίου.

Πίνακας 2.2 : Κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων



<b>Κατηγορία Σπουδαιότητας</b>	<b>Κτίρια</b>
<b>I</b>	<b>Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, όπως:</b> αγροτικά οικήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστεγα, στάβλοι, βουστάσια, χοιροστάσια, ορνιθοτροφεία, κλπ.
<b>II</b>	<b>Συνήθη κτίρια, όπως:</b> κατοικίες και γραφεία, βιομηχανικά - βιοτεχνικά κτίρια, ξενοδοχεία (τα οποία δεν περιλαμβάνουν χώρους συνεδρίων), ξενώνες, οικοτροφεία, χώροι εκθέσεων, χώροι εστίασεως και ψυχαγωγίας (ζαχαροπλαστεία, καφενεία, μπόουλινγκ, μπιλιάρδου, ηλεκτρονικών παιχνιδιών, εστιατόρια, μπαρ, κλπ), τράπεζες, ιατρεία, αγορές, υπεραγορές, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, φαρμακεία, κουρέια, κομμωτήρια, ινστιτούτα γυμναστικής, βιβλιοθήκες, εργοστάσια, συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφεία, ξυλουργεία, εργαστήρια ερευνών, παρασκευαστήρια τροφίμων, καθαριστήρια, κέντρα μηχανογράφησης, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, ανεμογεννήτριες, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών
<b>III</b>	<b>Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας, καθώς και κτίρια δημόσιων συναθροίσεων και γενικώς κτίρια στα οποία ενδέχεται να βρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου, όπως:</b> αίθουσες αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες, εκπαιδευτικά κτίρια, αίθουσες διδασκαλίας, φροντιστήρια, νηπιαγωγεία, χώροι συναυλιών, αίθουσες δικαστηρίων, ναοί, χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, αίθουσες αναμονής επιβατών, ψυχιατρεία, ιδρύματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ιδρύματα χρονίως πασχόντων, οίκοι ευγηρίας, βρεφοκομεία, βρεφικοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί, παιδότοποι, αναμορφωτήρια, φυλακές, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και αποβλήτων, κλπ.
<b>IV</b>	<b>Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως:</b> κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, κλινικές, αγροτικά ιατρεία, υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, διωλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από σεισμό. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας, όπως: <b>μουσεία, αποθήκες μουσείων, κλπ.</b>

Πίνακας 2.3 : Πίνακας στόχων – στάθμης επιτελεστικότητας

<b>Κατηγορία Σπουδαιότητας</b>	<b>Στόχοι</b>
<b>I</b>	<b>Γ2</b>
<b>II</b>	<b>Γ1</b>
<b>III</b>	<b>B1</b>
<b>IV</b>	<b>B1 και A2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)</b>

Επίσης, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ιεραρχία των στόχων – στάθμης επιτελεστικότητας ξεκινώντας από την ασφαλέστερη στάθμη προς την λιγότερο ασφαλή είναι:

**A1>A2, B1>B2, Γ1>Γ2, A1>B1>Γ1 και A2>B2>Γ2**

Σε αυτό το σημείο, όταν ο κύριος του έργου ζητήσει τον επανέλεγχο (αποτίμηση) της κατασκευής, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό από μέρος του, ότι η αποτίμηση θα γίνει για δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας και βάσει αυτής θα εξαχθούν τα αποτελέσματα. Ο

κύριος του έργου, δύναται να ζητήσει την αποτίμηση της κατασκευής μόνο για στάθμη επιτελεστικότητας ίσης με αυτή που ορίζει ο κανονισμός ή ασφαλέστερης.

Αφού λοιπόν προσδιοριστεί η σπουδαιότητα της κατασκευής και στη συνέχεια ο κύριος του έργου ορίσει την αποτίμηση της κατασκευής για μια συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας ή και την ενίσχυση αυτής για λόγους μεγαλύτερης ασφάλειας ή προσθήκη ορόφου ή την αλλαγή χρήσης αυτής, ακολουθεί το επόμενο στάδιο εργασιών που αφορά την διερεύνηση και την τεκμηρίωση του φέροντα οργανισμού του υφιστάμενου κτιρίου. Το θέμα αυτό αναλύεται στην επόμενη παράγραφο.

## **2.2 Διερεύνηση, Τεκμηρίωση Στοιχείων Φ.Ο. και Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.)**

Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων του Φέροντος οργανισμού, εννοούμε τις εργασίες εκείνες που θα επιτρέψουν στον εκάστοτε μελετητή να θέσει στη γνώση του τον τρόπο με τον οποίο τελικά κατασκευάστηκε το προς έλεγχο κτίριο. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να προσδιοριστεί η γεωμετρία του φορέα, να καταγραφούν πιθανές ζημιές, να ληφθεί το ιστορικό του κτιρίου σχετικά με άλλες καταπονήσεις που πιθανόν έχει δεχθεί ή επεμβάσεις αποκατάστασης βλαβών ή ενισχύσεων καθώς επίσης να προσδιοριστούν οι αντοχές των υλικών.

Επίσης με διερευνητικές εργασίες θα πρέπει να αποφανθεί για το είδος της θεμελίωσης, την ποιότητα του εδάφους, την αντοχή του σκυροδέματος καθώς και του οπλισμού. Σήμερα πολλές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της αντοχής των υλικών αλλά και της θέσης των οπλισμών και των διαμέτρων αυτών. Στο κεφάλαιο 3 του ΚΑΝΕΠΕ προσδιορίζεται το πλήθος και η θέση των δοκιμών που απαιτούνται προκειμένου να προσδιοριστεί η αντοχή για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Κριτήριο του αριθμού και της θέσης των δοκιμών αλλά και άλλων μη καταστρεπτικών μεθόδων προσδιορισμού των αντοχών είναι η στατιστική επεξεργασία τους και η εξαγωγή ενός ασφαλούς συμπεράσματος.

Είναι σαφές ότι όσο καλύτερη και τεκμηριωμένη γνώση έχει αποκτηθεί από τον μελετητή για το υφιστάμενο κτίριο τόσο ευμενέστερους συντελεστές ασφαλείας μπορεί να χρησιμοποιήσει. Για το λόγο αυτό ο ΚΑΝΕΠΕ θέτει κριτήρια βάσει των οποίων κατατάσσει το επίπεδο αξιοπιστίας των δεδομένων της κατασκευής. Έτσι λοιπόν καθορίζονται τρεις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) και αυτές είναι : η «Υψηλή» , ή «Ικανοποιητική» και η «Ανεκτή»

Η δεύτερη αναθεώρηση του ΚΑΝΕΠΕ προβλέπει για τον προσδιορισμό της αντοχής των υλικών την περίπτωση αδυναμίας προσδιορισμού των τιμών της αντοχής των υλικών και επιτρέπει την χρησιμοποίηση τιμών αντοχής σκυροδέματος και οπλισμού ανάλογα την εποχή κατασκευής αλλά με «Ανεκτή» Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ). Οι τιμές αυτές των αντοχών χαρακτηρίζονται ως «Ερήμην» *Αντιπροσωπευτικές Τιμές Αντοχών*. Παρακάτω φαίνεται οι αντίστοιχοι πίνακες 1 και 2 του Παραρτήματος 3.1 του ΚΑΝΕΠΕ.

**Πίνακας 1.** «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{cm}$ (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{ck}$ (MPa)
...<1954	10	6
1954<...<1985	12	8
1985<...<1995	16	12
1995<...	20	16

**Πίνακας 2.** «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Διαρροής Χάλυβα Οπλισμού.

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{ym}$ (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{yk}$ (MPa)
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

Για την γεωμετρική τεκμηρίωση του φορέα και τον χαρακτηρισμό των δεδομένων του με κάποια από τις Σ.Α.Δ. ακολουθείται ο πίνακας 3.2 της παραγράφου 3.7.4 του ΚΑΝΕΠΕ.

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ								
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ		
ΥΠΑΡΧΟΥΝ	ΑΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ			Ανεκτή	Ικανοποιητή	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητή	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητή	Υψηλή
✓		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί, χωρίς τροποποιήσεις	(1)			✓			✓		✓
✓		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)			✓			✓	✓	
✓		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	✓			✓			✓	
	✓	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	(4)		✓		✓			✓	
	✓	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο	(5)	✓	✓		✓	✓		✓	✓
	✓	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	✓	✓		✓	✓		✓	✓

### 2.3 Ανίσωση Ασφαλείας

Η ανίσωση ασφαλείας έχει την ίδια γενική μορφή που προβλέπεται στους Ευρωκώδικες (EC) και εκφράζει το γεγονός ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο μέγεθος (εντατικό ή και παραμορφωσιακό) είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα:

$$S_d < R_d$$

$$\text{Με } S_d = \gamma_{sd} S(S_k \gamma_f)$$

$$\text{Και } R_d = (1/\gamma_{Rd}) R(R_k \gamma_f)$$

Όπου:

- $S_d$  -> οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις
- $S_k$  -> οι αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων, για τις οποίες υπάρχει ορισμένη πιθανότητα υπερβάσεως σε 50 έτη

Όπου:

- $R_d$  οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιδράσεων (εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών)
- $R_k$  -> οι αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις και έχουν ορισμένη πιθανότητα υποσκελίσεως.
- $\gamma_f, \gamma_m$  -> επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τις δράσεις και τις ιδιότητες των υλικών, με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές
- $\gamma_{sd}, \gamma_{Rd}$  -> επιμέρους συντελεστές ασφαλείας με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω των οποίων εκτιμώνται οι συνέπειες των δράσεων και οι κάθε είδους αντιστάσεις.

Η ανίσωση ασφαλείας μπορεί να εφαρμόζεται για τον γενικό έλεγχο μιας κατασκευής ως σύνολο (π.χ. έλεγχος ανατροπής ή ολίσθησης, έλεγχος της κατασκευής σε μηχανισμό) ή και για τοπικούς ελέγχους όπως τον έλεγχο του εύρους μια ρωγμής ή του βέλους κάμψης κτλ.

Χωρίς να γίνεται ιδιαίτερη ανάλυση στους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας και εξαιτίας του γεγονότος ότι οι τελικές τιμές των δεδομένων (αντοχές υλικών κτλ) που χρησιμοποιούνται, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η αποτίμηση ή και ο ανασχεδιασμός μιας υφιστάμενης κατασκευής, υπόκειται σε σφάλματα σημαντικότερα σε σχέση με αυτά μιας νέας κατασκευής, αναφέρονται οι παρακάτω γενικές παρατηρήσεις που προβλέπει ο ΚΑΝΕΠΕ:

Ανάλογα με την αξιοπιστία των δεδομένων:

- Επιλέγεται η κατάλληλη μέθοδος ανάλυσης και επανελέγχου
- Επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_f$  για ορισμένες δράσεις με ιδιαίτερα αβέβαιες τιμές, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους  $\gamma_{Sd}$
- Επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$  για τα δεδομένα των υφιστάμενων υλικών σε συνδυασμό με τους κατάλληλους  $\gamma_{Rd}$

## 2.4 Μέθοδοι Ανάλυσης – Σύνομη Περιγραφή της Pushover

Οι μέθοδοι ανάλυσης που προβλέπει ο ΚΑΝΕΠΕ για την ανάλυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι εξής:

- Ελαστική στατική
- Ελαστική δυναμική
- Ανελαστική στατική (Pushover)
- Ανελαστική δυναμική

Οι ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης δίνουν γραμμική σχέση έντασης - παραμόρφωσης για τα δομικά μέλη της κατασκευής και στη συνέχεια τροποποιούν τις μετακινήσεις κατάλληλα και τα κριτήρια επιτελεσματικότητας ώστε να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή εκδήλωση μη γραμμικής συμπεριφοράς για το σεισμό σχεδιασμού.

Η ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας) θεωρείται η πιο πλήρης και ρεαλιστική μέθοδος ανάλυσης για μια κατασκευή, όμως απαιτεί κριτική ικανότητα και εμπειρία από το μηχανικό που διενεργεί τον έλεγχο αποτίμησης και ανασχεδιασμού της υφιστάμενης κατασκευής, καθώς και αξιόπιστη γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών. Για τους λόγους αυτούς δεν θεωρείται πρακτική για γενική χρήση. Όσον αφορά την ανελαστική στατική μέθοδο (Pushover) έχει καθιερωθεί ως η κατεξοχήν χρησιμοποιούμενη μέθοδος, σε περιπτώσεις αποτίμησης και ανασχεδιασμού. Χρησιμοποιεί μια σειρά από διαδοχικές ελαστικές αναλύσεις για να προσεγγίσει την ελαστοπλαστική συμπεριφορά της κατασκευής. Κάθε ελαστική ανάλυση αποτελεί ξεχωριστό υπολογιστικό βήμα. Τα αποτελέσματα κάθε βήματος προστίθενται στα αποτελέσματα του προηγούμενου έτσι ώστε να προσεγγιστεί το συνολικό διάγραμμα τέμνουσας βάσης ( $V$ ) - μετακίνησης στη κορυφή της κατασκευής ( $\delta$ ) η οποία ονομάζεται καμπύλη ικανότητας. Μετά από κάθε ανάλυση το προσομοίωμα του φορέα τροποποιείται (δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων) καθώς επίσης λαμβάνονται υπόψη και φαινόμενα 2ας τάξεως, ώστε να ληφθεί υπόψη η

πραγματική εντατική κατάσταση (ανακατανομή έντασης) και η μείωση της δυσκαμψίας των στοιχείων που έχουν διαρρεύσει.

Στη συνέχεια εφαρμόζεται μια νέα κατανομή μονοτονικά αυξημένων πλευρικών φορτίων και η ελαστική ανάλυση επαναλαμβάνεται μέχρι να διαρρεύσει μια νέα ομάδα δομικών στοιχείων. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου η κατασκευή γίνει ασταθής ή η συνολική μετακίνηση της κατασκευής γίνει ίση με μια προκαθορισμένη οριακή τιμή (Σπυράκος, 2004). Οι παραμορφώσεις που προκύπτουν μετά από κάθε ανάλυση συγκρίνονται με τα όρια που θέτουν οι στάθμες επιτελεστικότητας.

Οι στόχοι της μεθόδου είναι:

- Η δημιουργία της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης κορυφής. Η καμπύλη αυτή αποτελεί τη βάση για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας.
- Η τεκμηρίωση της ύπαρξης επαρκούς υπεραντοχής στο κτίριο (λόγος  $\lambda = \alpha_1 / \alpha_u$ ).
- Η εποπτεία της συμπεριφοράς των στοιχείων της κατασκευής ως προς τη σειρά και τα σημεία δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων. Με αυτό το τρόπο αποτυπώνεται η κατανομή των ζημιών στη κατασκευή και γίνεται κατανοητός ο μηχανισμός απορρόφησης της ενέργειας καθώς και ο έλεγχος των επί μέρους σχεδιαστικών απαιτήσεων, όπως η δημιουργία ισχυρού υποστυλώματος έναντι ασθενούς δοκού.

Η μέθοδος Pushover προτείνεται έναντι των ελαστικών μεθόδων ανάλυσης καθώς έχει ορισμένα πλεονεκτήματα τα οποία την ισχυροποιούν και είναι τα εξής:

- Σαν μέθοδος είναι πιο ακριβής διότι εκτός από την δυσκαμψία των μελών χρησιμοποιεί και την αντοχή τους. Επίσης, καθιστά δυνατό τον έλεγχο της δυνατότητας παραμόρφωσης όπως αυτή διαμορφώνεται με βάση π.χ τη περίσφιξη και τη λεπτομέρεια όπλισης.
- Εξασφαλίζει οπτικά την κατανομή των βλαβών στο φορέα.
- Απαλλάσσει από ικανοτικά προσομιώματα.
- Μπορεί ο υπεύθυνος μηχανικός να ελέγξει ταυτόχρονα την επάρκεια του φορέα για πολλές διαφορετικές στάθμες επιτελεστικότητας.
- Παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ανεπάρκεια του μέλους και καθοδηγεί προς την ενίσχυση του μέλους είτε με αύξηση της αντοχής είτε με αύξηση της πλαστιμότητας ή με συνδυασμό τους. (LH Λογισμική, 2013)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ**

#### **3.1 Είδη Επεμβάσεων**

Αφού ο μελετητής οφείλει να προβεί στις παρακάτω εργασίες πριν προχωρήσει σε οποιαδήποτε επέμβαση:

- Εκτίμηση της αντοχής των υφιστάμενων υλικών με πιστοποιημένους ελέγχους
- Την επιλογή της επιθυμητής συμπεριφοράς - στάθμης επιτελεστικότητας με ελάχιστο στόχο αυτόν που θέτει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.
- Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του υφιστάμενου κτιρίου με χρήση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης Pushover ή οποιασδήποτε άλλης μεθόδου, σύμφωνα με της απαιτήσεις του ΚΑΝΕΠΕ
- Τον εντοπισμό των σημείων – μελών καθώς και το πλήθος αυτών, τα οποία διέρρευσαν ή αστόχησαν

Μόλις λάβει γνώση των παραπάνω στοιχείων τότε είναι σε θέση να επιλέξει την καταλληλότερη από τα παρακάτω είδη επεμβάσεων :

- Επισκευή των βλαβών
- Ενίσχυση των μελών ή και όλης της κατασκευής
- Κατεδάφιση και ανακατασκευή

Είναι σαφές ότι το μέγεθος και η έκταση των βλαβών θα πρέπει να προσδιοριστούν οικονομικά και να αποφασιστεί σε κάποιες ακραίες περιπτώσεις αν απαιτείται η κατεδάφιση και στη συνέχεια η κατασκευή εκ νέου.

Η τελική απόφαση είναι μια συνάρτηση του κόστους της κάθε λύσης, της γνώμης του Κύριου του έργου και φυσικά της γνώσης του εκάστοτε μελετητή. (Σπυράκος 2004)

#### **3.2 Στρατηγικές επέμβασης**

Σε παγκόσμιο επίπεδο ένας μεγάλος αριθμός κατασκευών, με ή χωρίς βλάβες, πλησιάζουν τη συμβατική διάρκεια ζωής τους με αποτέλεσμα να χρειάζονται έλεγχο και ενδεχομένως επέμβαση για αποκατάσταση της στατικής τους επάρκειας. Η αλλαγή χρήσης μίας κατασκευής, καθώς και η αύξηση της σεισμικής απαίτησης που επιβάλλεται από τους νέους αντισεισμικούς κανονισμούς είναι ένας άλλος παράγοντας που προϋποθέτει τον έλεγχο της κατασκευής. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα που είναι μια χώρα με μεγάλη σεισμική δραστηριότητα και πολλά παλιά υφιστάμενα κτίρια, αλλά και λόγω της οικονομικής δυσμένειας των τελευταίων ετών, ο έλεγχος της στατικής επάρκειας και πιθανή επέμβαση, είναι πιο επίκαιρη από ποτέ.

Σύμφωνα με τον Σπυράκο (Σπυράκος - ΤΕΕ 2004), για τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς μιας κατασκευής ή διαφορετικά για την μείωση της σεισμικής διακινδύνευση μπορούν να εφαρμοστούν δύο ειδών στρατηγικές :

- Στρατηγική καθαρά τεχνικής φύσης και
- Στρατηγική διαχειριστικής φύσης

Οι στρατηγικές **τεχνικής φύσης** στοχεύουν στη μεταβολή των βασικών παραμέτρων τόσο της σεισμικής απαίτησης όσο και της συμπεριφοράς του κτιρίου για το σεισμό σχεδιασμού. Αυτές μπορεί να είναι:

- Αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του κτιρίου
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης
- Μείωση της σεισμικής απαίτησης

Διεθνώς έχει επικρατήσει η φιλοσοφία επιλογής των επεμβάσεων με βασικό κριτήριο το περιορισμό των βλαβών που υφίστανται τα πρωτεύοντα καθώς και τα δευτερεύοντα μέλη της κατασκευής σε ανεκτά επίπεδα για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας. Ως πρωτεύοντα ορίζονται τα στοιχεία και οι φορείς που συμβάλλουν ουσιαστικά στην αντοχή του κτιρίου έναντι κατάρρευσης υπό σεισμική δράση.

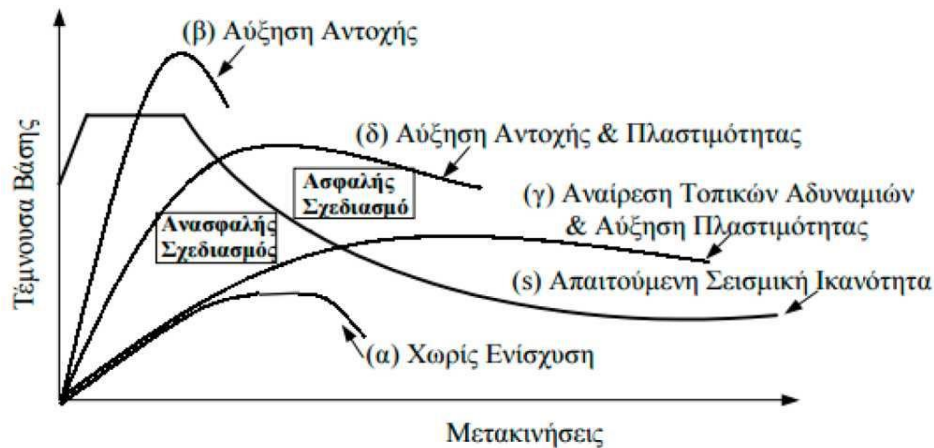
Οι στρατηγικές **διαχειριστικής φύσης** περιλαμβάνουν θέματα όπως:

- Πιθανή αλλαγή χρήσης του κτιρίου ώστε να είναι αποδεκτή η σεισμική διακινδύνευσή του χωρίς επεμβάσεις
- Προοδευτική εφαρμογή των επεμβάσεων σε μεγάλης διάρκειας χρονικό περιθώριο ή λήψη προσωρινών μέτρων ενίσχυσης έως ότου αντικατασταθεί η κατασκευή
- Να υλοποιηθούν οι επεμβάσεις ενώ το κτίριο παραμένει σε χρήση ή να εκκενωθεί το κτίριο έως ότου γίνουν οι εργασίες ενίσχυσης
- Να κατεδαφιστεί το κτίριο και να αντικατασταθεί από άλλο
- Απόφαση τέλεσης επεμβάσεων στο εξωτερικό του κτιρίου ώστε να μειωθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στους ενοίκους του κτιρίου ή τέλεση επεμβάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου ώστε να μην τροποποιηθεί η εξωτερική όψη του κτιρίου.

Γενικότερα αν και οι στρατηγικές διαχειριστικής φύσης δεν έχουν να κάνουν τόσο με υπολογιστικά ζητήματα εν τέλει μπορούν να αποδειχθούν πολύ σημαντικοί παράμετροι τόσο στην εφαρμοσιμότητα όσο και στο κόστος της προτεινόμενης τεχνικής στρατηγικής των επεμβάσεων. (Σπυράκος, 2004)

Παρακάτω δίνεται ένα ποιοτικό διάγραμμα για κάθε στρατηγική επέμβασης (Δρίτσος 2003)





Σχήμα 3.2-1: Ποιοτικό διάγραμμα τέμνουσας βάσης - μετακίνησης για κάθε στρατηγική ενίσχυσης (Δρίτσος, 2003)

### 3.3 Συστήματα επεμβάσεων

Σύμφωνα με τον Σπυράκο (Σπυράκος 2004) το σύστημα των επεμβάσεων είναι η μέθοδος επεμβάσεων που έχει επιλεγεί και χρησιμοποιείται για την επίτευξη της στρατηγικής που έχει αποφασιστεί. Μια κατασκευή για να μπορέσει να έχει αξιόπιστη σεισμική συμπεριφορά πρέπει να διαθέτει ένα πλήρες σύστημα ανάληψης των σεισμικών φορτίων, το οποίο να μπορεί να περιορίζει τις μετακινήσεις σε αποδεκτά όρια που εξαρτώνται από την αντίστοιχη στάθμη επιτελεστικότητας. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την αποδοτικότητα του συστήματος ανάληψης σεισμικών φορτίων είναι:

- Η μάζα, η δυσκαμψία, η απόσβεση και η διαμόρφωση του φέροντος και μη φέροντος οργανισμού
- Η ικανότητα παραμόρφωσης του φέροντος και μη φέροντος οργανισμού
- Η ενέργεια και το είδος της σεισμικής διέγερσης στην οποία υποβάλλεται η κατασκευή (Σπυράκος, 2004)

Διακρίνουμε τέσσερις στρατηγικές αντισεισμικής ενίσχυσης (Σπυράκος 2004) ανάλογα με τη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής που θέλουμε να έχουμε:

- Αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής με ενίσχυση υφιστάμενων μελών ή με προσθήκη νέων στοιχείων στη κατασκευή
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης της κατασκευής και της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας με ενίσχυση υφιστάμενων μελών
- Μείωση της σεισμικής απαίτησης του δομήματος με προσθήκη για παράδειγμα σεισμικής μόνωσης
- Τοπικές επεμβάσεις στο φορέα

Γενικότερα, όπως είδαμε, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις για την επέμβαση σε έναν φορέα:

- Τοπικές επεμβάσεις σε μεμονωμένα μέλη του δομήματος που παρουσίασαν βλάβες
- Συνολική ενίσχυση του κτιρίου (παράγραφος 3.2.2)  
(Σπυράκος, 2004)

### **3.3.1 Τοπικές επεμβάσεις σε μεμονωμένα μέλη**

Οι τοπικές επεμβάσεις εφαρμόζονται σε φορείς που μπορεί μεν να διαθέτουν τα βασικά στοιχεία ενός επαρκούς συστήματος ανάληψης σεισμικών φορτίων αλλά στερούνται ορισμένων κατασκευαστικών λεπτομερειών που είναι απαραίτητες για τη βελτιστοποίηση του συστήματος και την εξασφάλιση της επιθυμητής συμπεριφοράς. Αυτές οι κατασκευές μπορεί να εμφανίζουν ικανότητα μετακίνησης που ικανοποιεί τη σεισμική απαίτηση αλλά πριν εμφανίσουν τη στοχευόμενη μετακίνηση παρατηρούνται τοπικές αστοχίες σε διάφορα μέλη της. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες που στερούνται αυτές οι κατασκευές μπορεί να είναι:

- Ανεπαρκές μήκος έδρασης στις θέσεις των στηρίξεων προκατασκευασμένων στοιχείων
- Ανεπαρκής αγκύρωση ή σύνδεση των στοιχείων του φέροντος οργανισμού τόσο μεταξύ τους όσο και με τα στοιχεία του μη φέροντος οργανισμού

Οι τοπικές επεμβάσεις για τη διόρθωση αυτών των κατασκευαστικών ατελειών θα επέτρεπε στη κατασκευή να συμπεριφερθεί με τον επιθυμητό τρόπο. (Σπυράκος, 2004)

### **3.3.2 Συνολική ενίσχυση του κτιρίου**

Η συνολική ενίσχυση της κατασκευής είναι η μόνη λύση όταν εμφανίζονται βλάβες σε πολλά μέλη της κατασκευής διότι θα πρέπει να αλλάξουν τα συνολικά χαρακτηριστικά της για να επέλθει βελτίωση. Ανάλογα με το στόχο που έχει τεθεί για τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την επέμβαση καταλήγουμε σε συγκεκριμένες μορφές επέμβασης (Σπυράκος 2004):

**A) Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων** του φέροντα οργανισμού της κατασκευής. Η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής

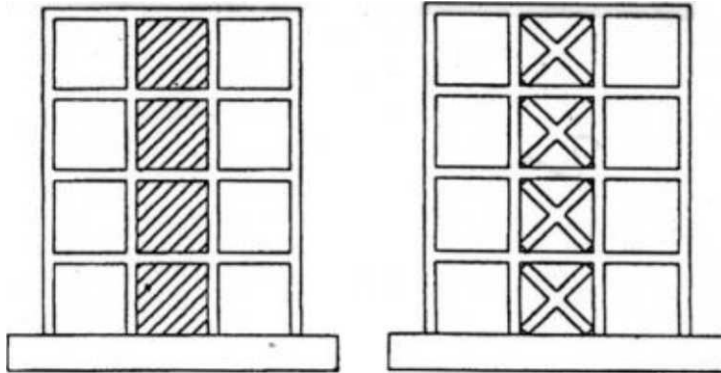
**B) Κατασκευή δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων** του φέροντα οργανισμού της κατασκευής. Η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα τη μέτρια αύξηση της αντοχής και κυρίως την αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας του δομήματος.

**Γ) Κατασκευή τοιχωμάτων - πτερυγίων** από οπλισμένο σκυρόδεμα σε συνέχεια των ήδη υφιστάμενων υποστυλωμάτων της κατασκευής. Η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα τη μέτρια αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας και τη βελτίωση της πλαστιμότητας της

κατασκευής.

Δ) **Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων** στη κατασκευή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας, της αντοχής και της πλαστιμότητας της κατασκευής.

Ε) **Επιλεκτική ενίσχυση αδύναμων στοιχείων** του φορέα με στόχο την αποφυγή πρόωρων αστοχιών και την αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής. Τέτοιες ενισχύσεις μπορεί να είναι η κατασκευή μανδύα από ινοπλισμένα πολυμερή ή από χαλύβδινα στοιχεία σε κατακόρυφα μέλη. Σε περίπτωση που χρειάζεται και μικρή αύξηση της αντοχής κατασκευάζονται μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 3.3.3-1: Κατασκευή τοιχωμάτων και δικτυωτών συνδέσμων εντός πλαισίων του φέροντα οργανισμού (Δρίτσος, 2003)

ΣΤ) **Ενσωμάτωση στη κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας**, ιξώδους ή υστερητικής συμπεριφοράς που έχει ως στόχο τη μείωση της εισαγόμενης σεισμικής έντασης της κατασκευής. (Δρίτσος, 2003)

Γενικότερα παρατηρούμε ότι υπάρχει μια πληθώρα στρατηγικών ενίσχυσης που έχει να κάνει είτε με την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας είτε με την αύξηση της ικανότητας της κατασκευής για μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις είτε με τη μείωση της εισαγόμενης σεισμικής δράσης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

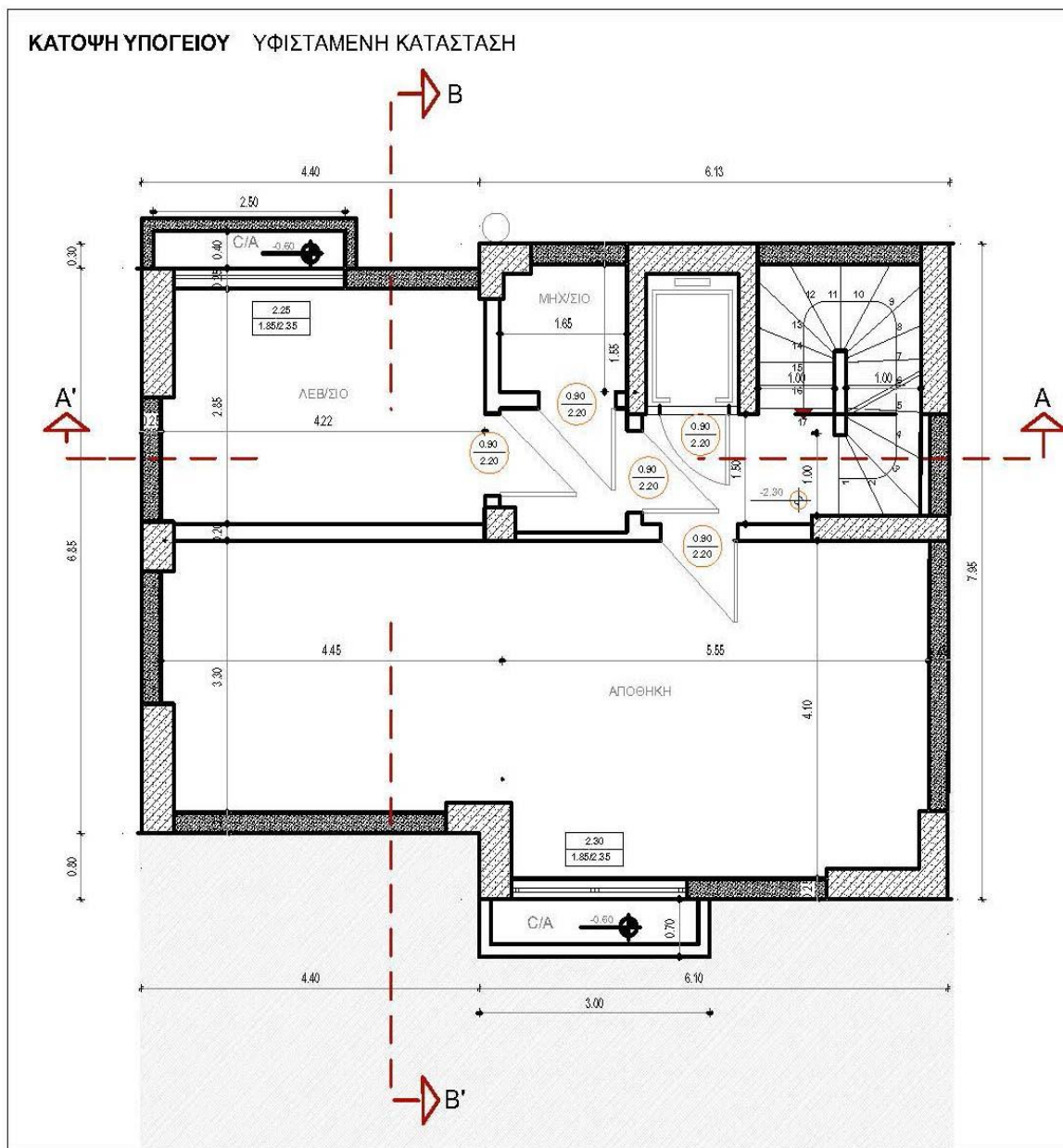
### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

#### **4.1 Ιστορικά Στοιχεία Υφιστάμενου Κτιρίου**

Το κτίριο που πρόκειται να εξεταστεί στην παρούσα εργασία βρίσκεται στον Δήμο της Πεύκης στην Αττική και έχει χρήση κατοικίας. Ο φέροντας οργανισμός είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι τοιχοποιίες πλήρωσης από οπτοπλινθοδομές. Πρόκειται για τριώροφο κτίριο με pilotis και υπόγειο του οποίου η οικοδομική άδεια εκδόθηκε το 2012, δηλαδή είναι κατασκευής 2012-2014.

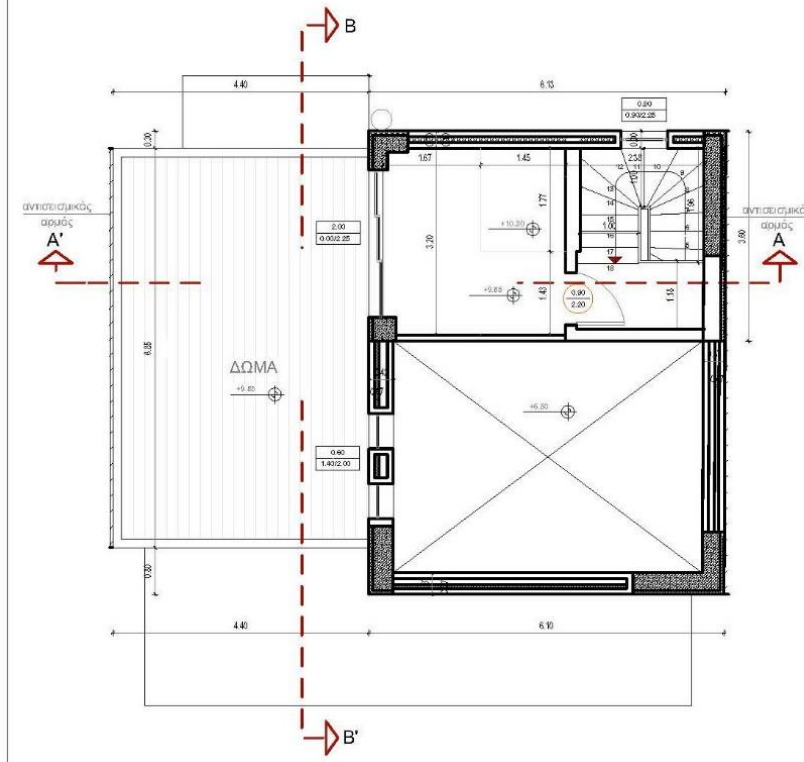
Το κτίριο καθώς είναι «πρόσφατα» κατασκευασμένο και αποτελεί νέα κατασκευή, δεν έχει δεχθεί έντονες σεισμικές καταπονήσεις και γενικά δεν παρατηρούνται κακοτεχνίες ή ελλειπής συντήρηση.

Παρακάτω φαίνονται οι κατόψεις του προς εξέταση κτιρίου :

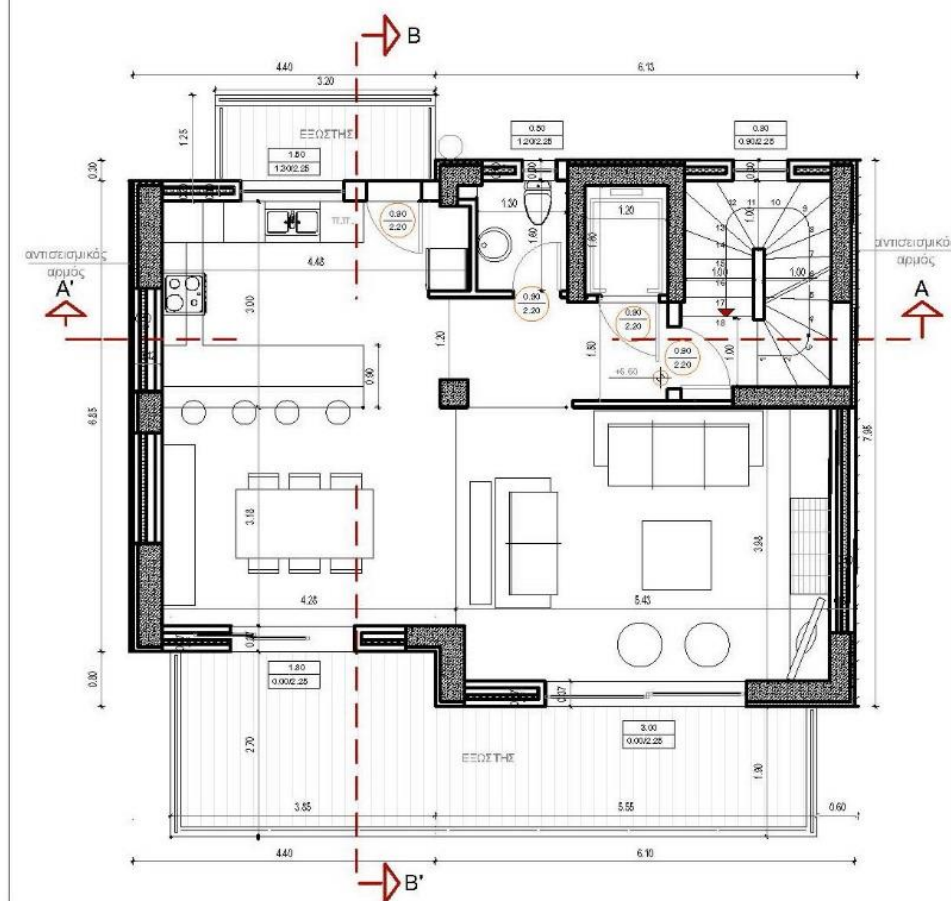




ΚΑΤΩΦΗ Γ' ΟΡΟΦΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



ΚΑΤΩΦΗ Β' ΟΡΟΦΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



## 4.2 Γεωμετρικά Στοιχεία Υφιστάμενου Κτιρίου

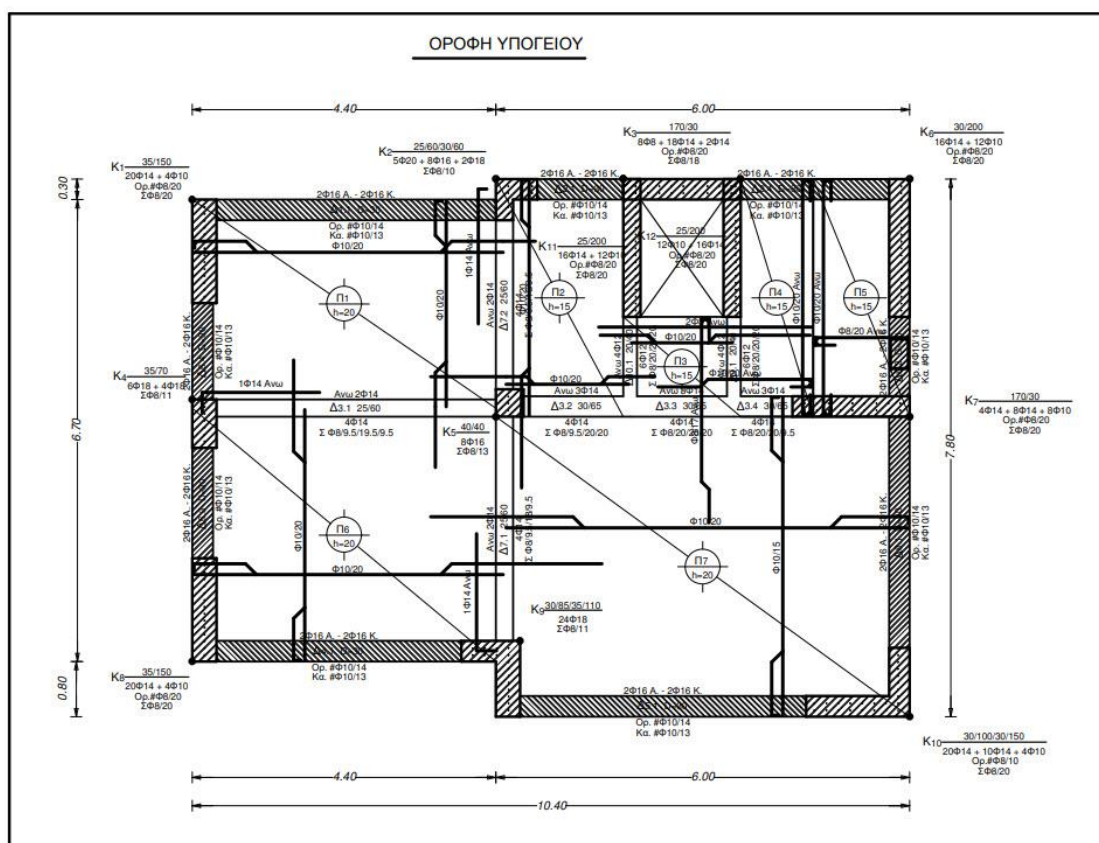
Σχετικά με την γεωμετρία του φορέα θα πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω του γεγονότος ότι η οικοδομική άδεια είναι πρόσφατη, η αρχιτεκτονική και η στατική μελέτη είναι διαθέσιμες. Επίσης καθώς ο ισόγειος όροφος είναι pilotis, υπάρχει μεγάλη ευχέρεια στην επιμέτρηση των διατομών των περισσότερων κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλωμάτων – τοιχείων ) αλλά και στις δοκούς καθώς αυτά τα μέλη είναι εμφανή.

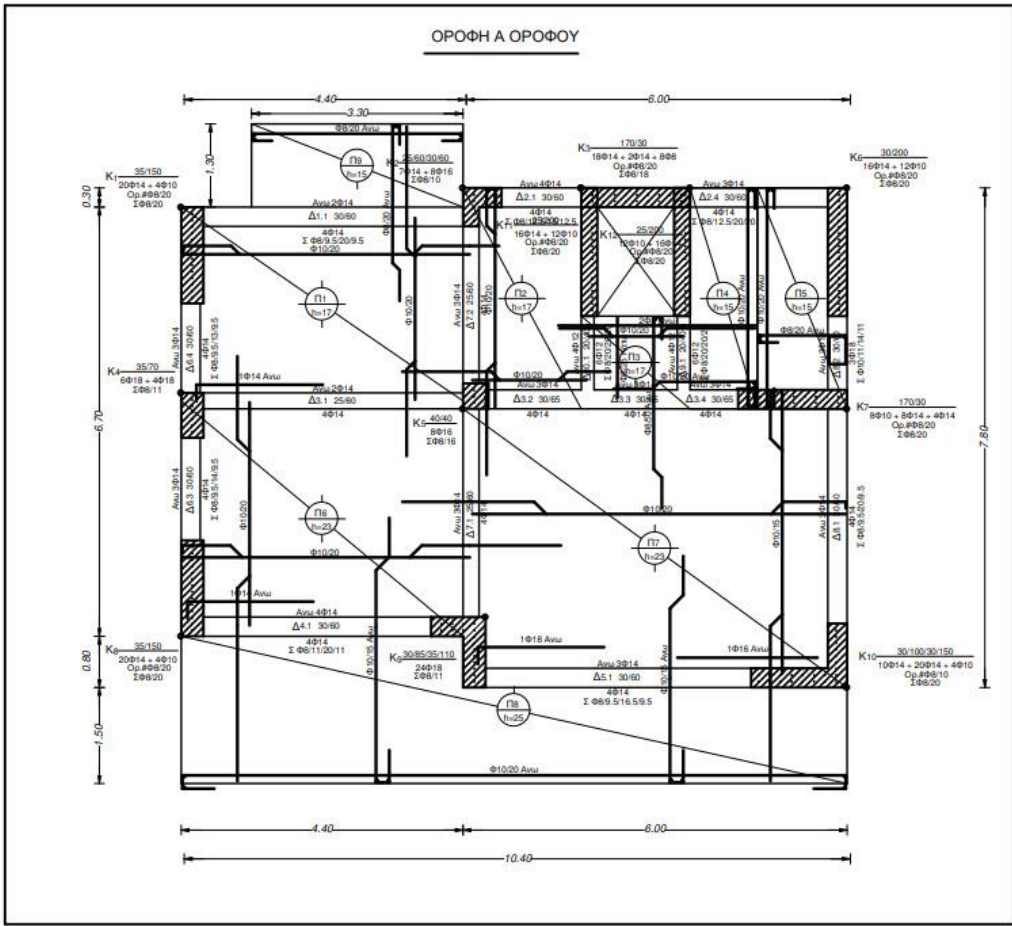
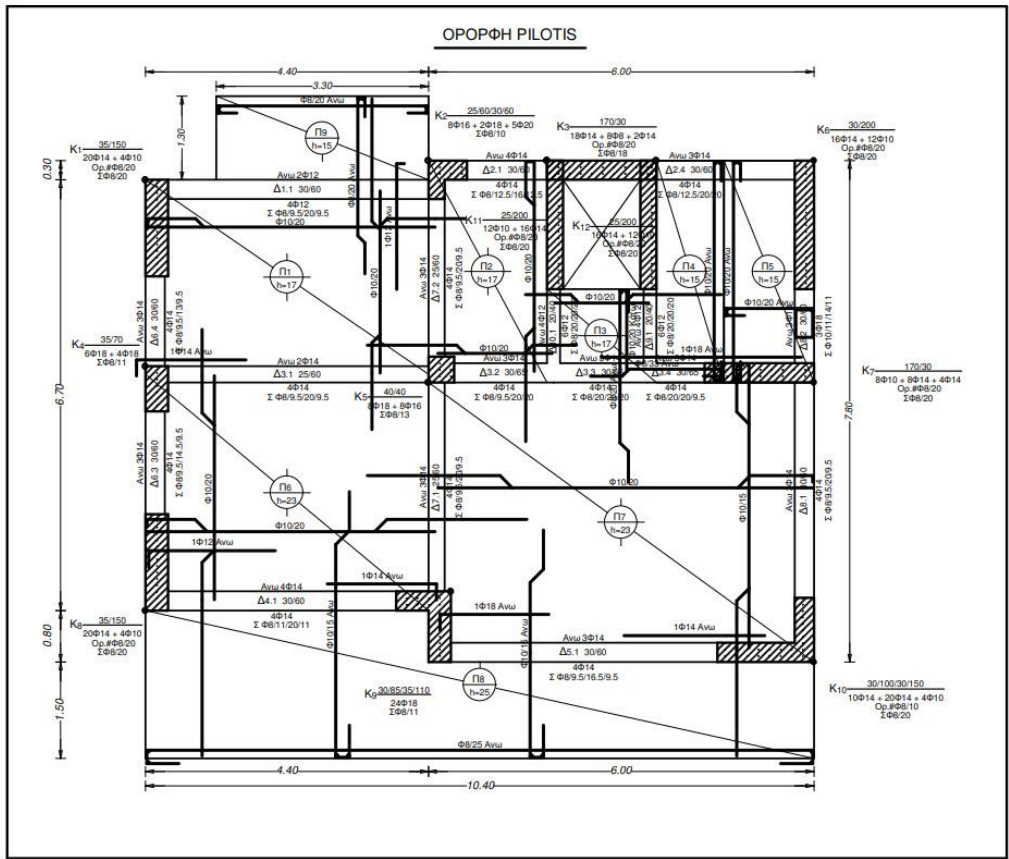
Όμως και στη περιοχή της εισόδου του κτιρίου, στην οποία κάποια κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία καλύπτονται εν μέρει, εν τούτοις με έμμεσες μετρήσεις μπορεί να επιβεβαιωθεί η διατομή και γενικά η γεωμετρία των στοιχείων αυτών, του φέροντα οργανισμού.

Με έμμεσες μετρήσεις, διαπιστώνουμε την γεωμετρία του φέροντα οργανισμού και στους άλλους ορόφους. Συγκρίνοντας τα μετρήσιμα στοιχεία του φέροντα οργανισμού με αυτά των σχεδίων των ξυλοτύπων σε συνδυασμό με τα σχέδια των αρχιτεκτονικών καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όσον αφορά με την γεωμετρία έχουν τηρηθεί τα σχέδια των ξυλοτύπων. Στη συνέχεια με ενδεικτικές διερευνητικές τομές στο έδαφος διαπιστώνεται το είδος της θεμελίωσης και η γεωμετρία αυτής.

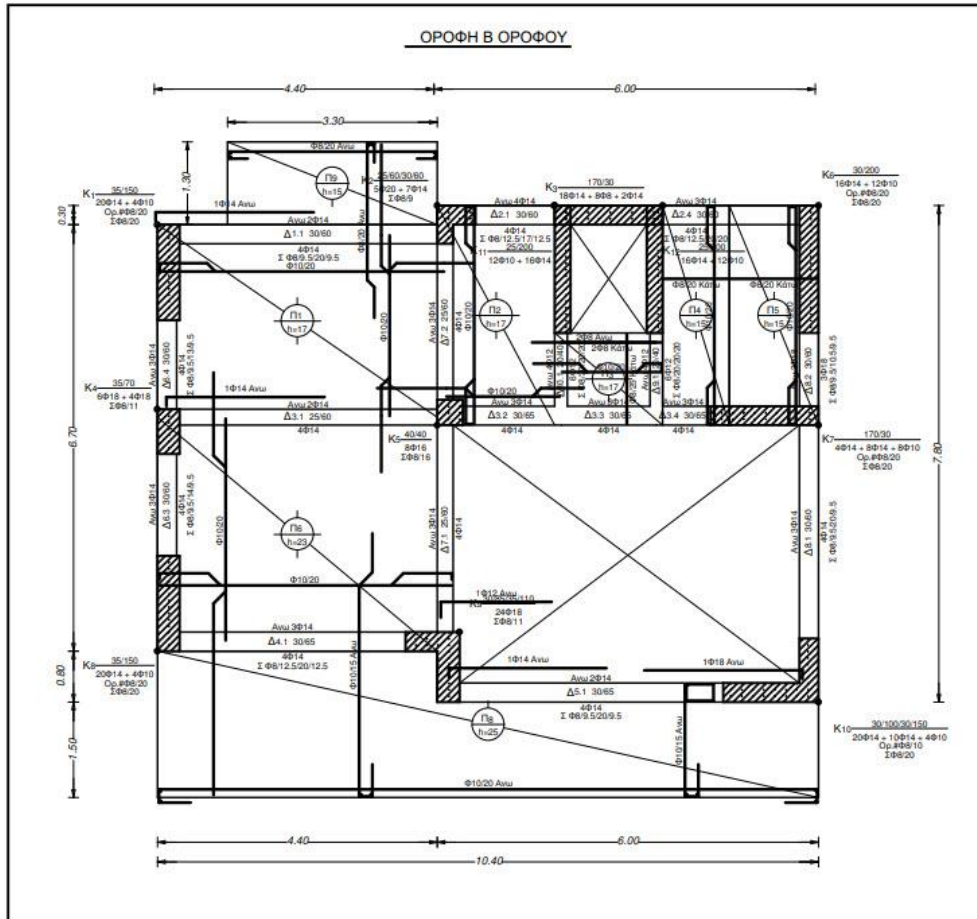
Κατά συνέπεια μετά από αυτό τον έλεγχο και αφού έχουμε διαπιστώσει ότι γενικά τηρείται η γεωμετρία του φορέα σύμφωνα με τα σχέδια, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η Σ.Α.Δ. της γεωμετρίας του φορέα είναι Υψηλή.

Παρακάτω φαίνονται οι ξυλότυποι από την στατική μελέτη του κτιρίου:









### 4.3 Ποιότητες Υλικών Υφιστάμενου κτιρίου

Μετά τον έλεγχο της γεωμετρίας του φορέα, έρχεται ο προσδιορισμός της πραγματικής αντοχής του σκυροδέματος και του οπλισμού του κτιρίου.

Για την αντοχή του σκυροδέματος λαμβάνονται συνολικά 3 δοκίμια στην οροφή του Α και Β ορόφου σε σημεία που δεν επιβαρύνουν ιδιαίτερα τον φέροντα οργανισμό, όπως είναι το πέρας των εξωστών. Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα και με την δοκιμή της εξόλκευσης ήλου, εξάγεται η μέση χαρακτηριστική τιμή αντοχής του σκυροδέματος.

Αντίστοιχα για τον οπλισμό, από αναμονές ράβδων που έχουν παραμείνει στο δώμα διαπιστώνουμε την αντοχή του οπλισμού από τις ραβδώσεις και τη σήμανση αυτού. Επίσης διαπιστώνουμε τρόπο της τοποθέτησης των οπλισμών με κατάλληλες απεικονιστικές μεθόδους. Μετά από όλες αυτές τις εργασίες μπορούμε να έχουμε τις μέσες χαρακτηριστικές αντοχές τόσο του σκυροδέματος όσο και του οπλισμού με Ικανοποιητική Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.).

Σύμφωνα με την μελέτη η ποιότητα του σκυροδέματος ήταν C20/25 και του χάλυβα B500c. Μετά από τις διερευνητικές εργασίες και την στατιστική τους επεξεργασία καταλήγουμε στις παρακάτω μέσες τιμές : Για το σκυρόδεμα 22,5 MPa και για το χάλυβα 460 MPa. Επίσης θέτουμε ως οριακή ανηγμένη παραμόρφωση του χάλυβα 6%

### 4.4 Φορτία και Προδιαγραφές Αρχικού Σχεδιασμού

Στο υφιστάμενο κτίριο με χρήση κατοικίας, σύμφωνα με τα σχέδια του ξυλότυπου, προβλέπονταν τα εξής φορτία :

- **Ίδια βάρη :**
  - Οπλισμένο Σκυρόδεμα ..... **25 kN/m<sup>3</sup>**
  - Μπατικοί τοίχοι ..... **3.6 kN/m<sup>2</sup>**
  - Δρομικοί τοίχοι ..... **2.1 kN/m<sup>2</sup>**
  - Επικάλυψη δαπέδων και κλιμακοστασίων ..... **3.5 kN/m<sup>2</sup>**
  - Επικάλυψη - μόνωση Δώματος ..... **1,5kN/m<sup>2</sup>**
- **Κινητά φορτία**
  - Ωφέλιμο δαπέδων (χρήση κατοικίας) ..... **2 kN/m<sup>2</sup>**
  - Ωφέλιμο κλιμακοστασίων ..... **3.5 kN/m<sup>2</sup>**
  - Ωφέλιμο εξωστών/ χώρων στάθμ./ραμπών ..... **5 kN/m<sup>2</sup>**
  - Ωφέλιμο βατών δωμάτων ..... **2 kN/m<sup>2</sup>**
  - Ωφέλιμο μη βατών δωμάτων ..... **1.5 kN/m<sup>2</sup>**
- **Σεισμικότητα**
  - Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ..... **I**
  - Σεισμική επιτάχυνση εδάφους ..... **a = 0.16**
  - Κατηγορία Σπουδαιότητας ..... **Σ2**
  - Συντελεστής Θεμελίωσης ..... **θ=1**
  - Συντελεστής Σεισμικής Συμπεριφοράς... **q=3.5**
- **Έδαφος**
  - Κατηγορία εδάφους ..... **B**

Επιτρεπόμενη τάση εδάφους ..... **200 kN/m<sup>2</sup>**  
 Δείκτης εδάφους ..... **13000 kN/m<sup>3</sup>**

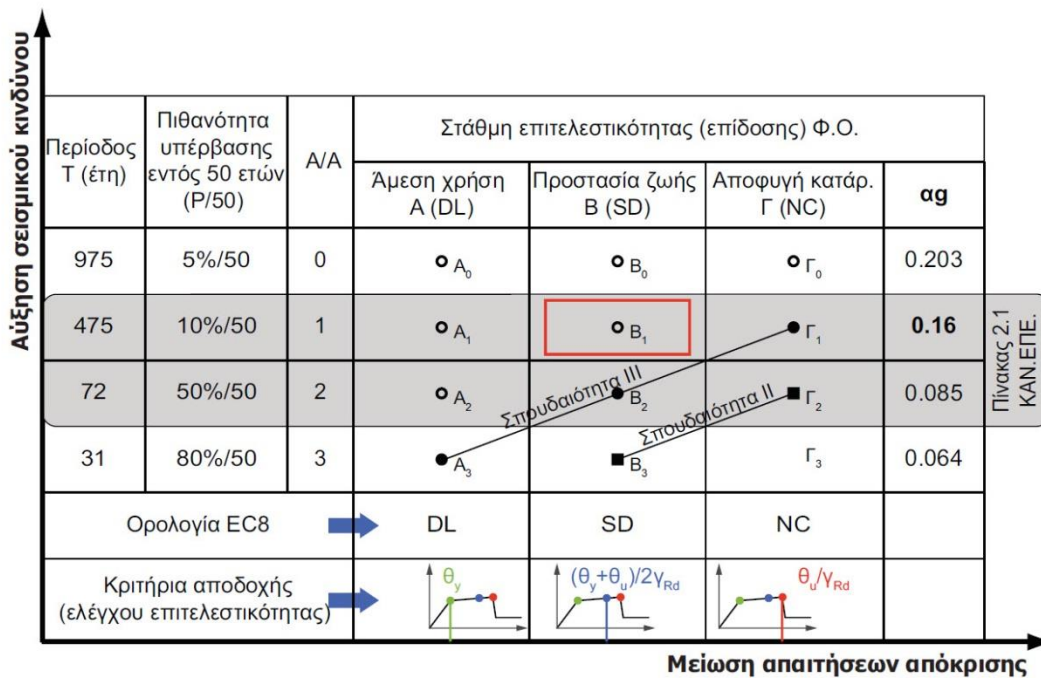
- **Ποιότητα Υλικών**  
 Σκυρόδεμα ..... **C20/25**  
 Χάλυβας Σκυροδέματος...**B500c**

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ποιότητα των υλικών επαναπροσδιορίζεται «ως κατασκευάστηκαν» (as built) με επιτόπιους ελέγχους και λήψη δοκιμών.

#### 4.5 Ζητούμενος Ανασχεδιασμός

Σήμερα ζητείται από τον κύριο του έργου η αλλαγή χρήσης του κτιρίου από κατοικία σε φροντιστήριο και η προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου. Ο ισόγειος όροφος θα παραμείνει «ανοιχτός» ως χώρος ριολις καθώς επίσης και το υπόγειο θα παραμείνει να εξυπηρετεί βοηθητικές χρήσεις. Η αλλαγή χρήσης επιφέρει αλλαγή στα ωφέλημα φορτία των δαπέδων από 2 kN/m<sup>2</sup> σε 5 kN/m<sup>2</sup> καθώς επίσης και στο φορτίο των κλιμακοστασίων από 3,5 kN/m<sup>2</sup> σε 5 kN/m<sup>2</sup>. Πέραν αυτού αλλάζει η Σπουδαιότητα του κτιρίου σε Σ3 καθώς πρόκειται για αίθουσες συνάθροισης κοινού.

Κατά τον ΚΑΝΕΠΕ για την Σπουδαιότητα Σ3, απαιτείται η κατασκευή να ικανοποιεί τη Στάθμη Επιτελεστικότητας B1. Σε αυτή την εργασία για εποπτικούς λόγους θα διερευνηθεί και η Στάθμη Επιτελεστικότητας A2. Ενδεικτικά, στο παρακάτω πίνακα φαίνονται και άλλοι στόχοι – Επιτελεστικότητες που χρησιμοποιούνται από Κανονισμούς άλλων χωρών καθώς και οι στόχοι που προέβλεπε η 1<sup>η</sup> Αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ.



Πίνακας 1.11

«Pushover – Θεωρητικά Στοιχεία» Έκδοσης LH-Λογισμικής, Οκτώβριος 2013, Version 1.0.28, (σελ. 63)

Στον παραπάνω πίνακα ορίζεται ο συμβολισμός κάθε στάθμης επιτελεστικότητας έτσι όπως περιγράφεται και στον EC8:

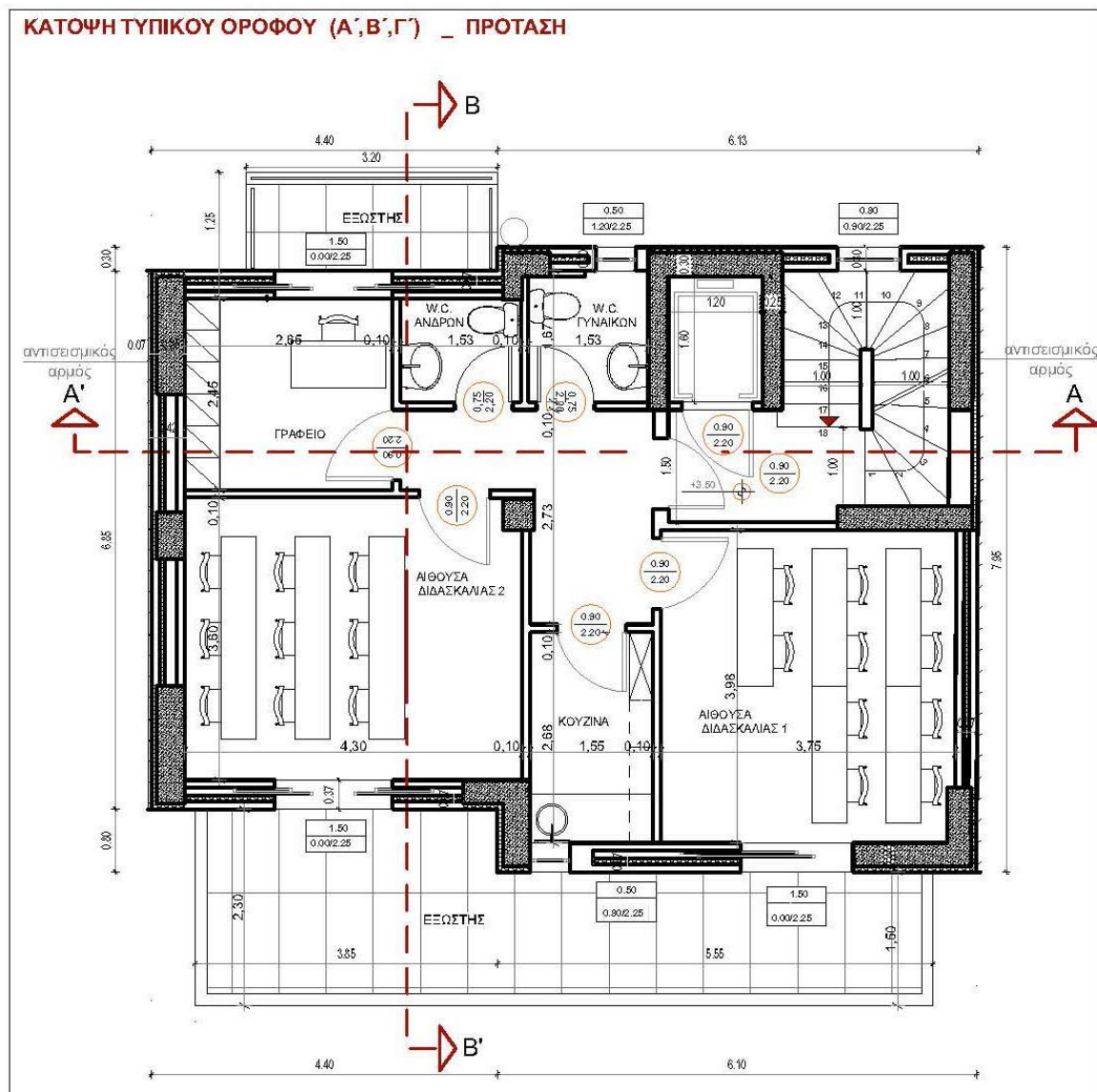
Στην Επιτελεστικότητα Α αντιστοιχεί ο συμβολισμός DL

Στην Επιτελεστικότητα Β αντιστοιχεί ο συμβολισμός SD

Στην Επιτελεστικότητα Γ αντιστοιχεί ο συμβολισμός NC

Το θέμα αυτό επιλέχτηκε κυρίως για να επισημάνει την αναβάθμιση της σπουδαιότητας ενός κτιρίου και συγκεκριμένα κτιρίων που χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς λόγους ενώ έχουν σχεδιαστεί για χρήση κατοικίας ή γραφείου. Για την λειτουργία αυτών των κτιρίων, σε πολλές περιπτώσεις, αρκούσε μια βεβαίωση στατικής επάρκειας. Αυτή η εργασία σκοπεύει να δείξει την αναγκαιότητα ελέγχου κτιρίων, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ή χρησιμοποιούνται ήδη ως εκπαιδευτήρια, επισημαίνοντας τον κοινωνικά ευαίσθητο χαρακτήρα της χρήσης αυτής.

Παρακάτω φαίνεται η νέα κάτοψη (πρόταση) των ορόφων με τις αίθουσες διδασκαλίας όπως ζητήθηκε από τον κύριο του έργου.

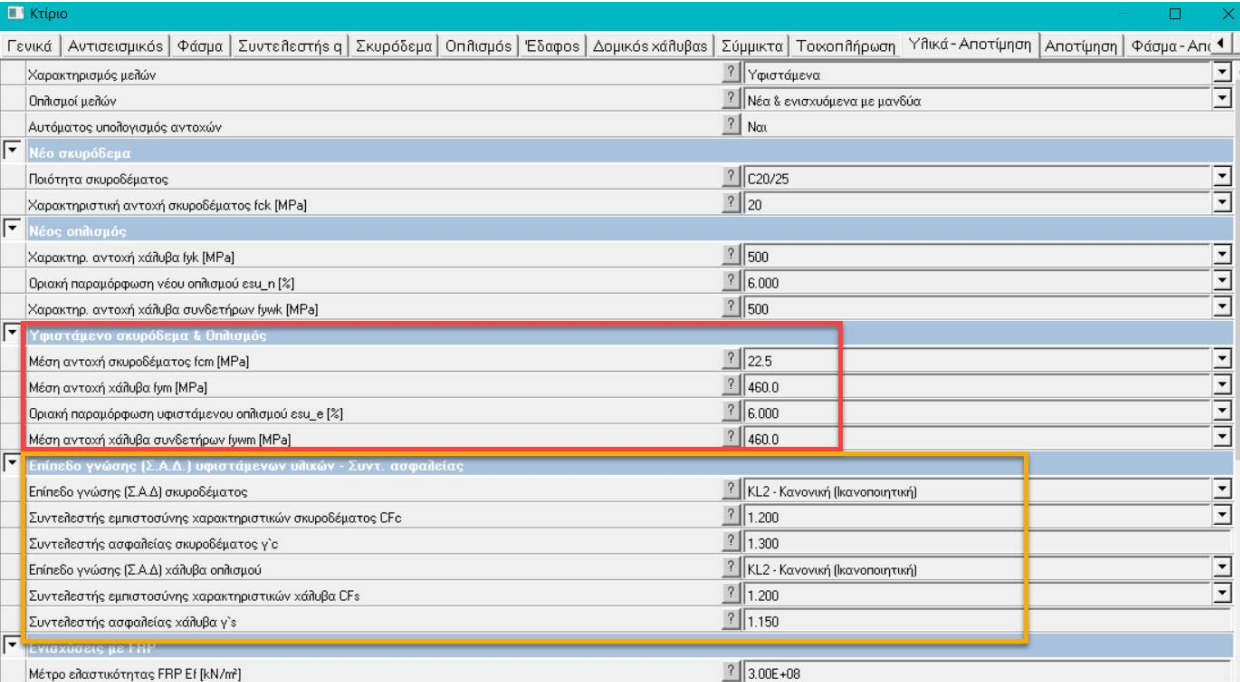


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ – ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

#### 5.1 Εισαγωγή Δεδομένων – Προσομοίωση στο υπολογιστικό πρόγραμμα Fespa

Για την επίλυση του εν λόγω φορέα χρησιμοποιείται το υπολογιστικό πρόγραμμα Fespa της εταιρείας LH-Λογισμική. Η εισαγωγή δεδομένων ξεκινά με την περιγραφή του φορέα. Για το εν λόγω κτίριο που ζητείται να ελεγχθεί εισάγονται οι διατομές υποστυλωμάτων δοκών και πλακών όπως φαίνεται στους παραπάνω ξυλότυπους. Στη συνέχεια εισάγονται, οι μέσες τιμές του σκυροδέματος 22,5 MPa και του χάλυβα 460 MPa οποίες προέκυψαν μετά από τις διερευνητικές εργασίες και την στατιστική τους επεξεργασία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όπως φαίνεται στο κόκκινο πλαίσιο. Στη συνέχεια στο κίτρινο πλαίσιο καθορίζονται οι ΣΑΔ των υλικών και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφαλείας.



Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Τοκοπή/ήρωση	Υλικά - Αποτίμηση	Αποτίμηση	Φάσμα - Ανι
Χαρακτηρισμός μελών										Υφιστάμενα		
Οπλισμοί μελών										Νέα & ενισχυόμενα με μανδύα		
Αυτόματος υπολογισμός αντοχών										Ναι		
<b>Νέο σκυρόδεμα</b>												
Ποιότητα σκυροδέματος										C20/25		
Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f <sub>ck</sub> [MPa]										20		
<b>Νέος οπλισμός</b>												
Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f <sub>yk</sub> [MPa]										500		
Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ε <sub>su,n</sub> [%]										6.000		
Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα συνδετήρων f <sub>yk</sub> [MPa]										500		
<b>Υφιστάμενο σκυρόδεμα &amp; Οπλισμός</b>												
Μέση αντοχή σκυροδέματος f <sub>cm</sub> [MPa]										22.5		
Μέση αντοχή χάλυβα f <sub>m</sub> [MPa]										460.0		
Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού ε <sub>su,e</sub> [%]										6.000		
Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων f <sub>yk</sub> [MPa]										460.0		
<b>Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) υφιστάμενων υλικών - Συντ. ασφαλείας</b>												
Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) σκυροδέματος										K1.2 - Κανονική (Κανοποιητική)		
Συντελεστής εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών σκυροδέματος C <sub>Fc</sub>										1.200		
Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος γ <sub>c</sub>										1.300		
Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) χάλυβα οπλισμού										K1.2 - Κανονική (Κανοποιητική)		
Συντελεστής εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών χάλυβα C <sub>Fs</sub>										1.200		
Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα γ <sub>s</sub>										1.150		
<b>Ενισχύσεις με FRP</b>												
Μέτρο ελαστικότητας FRP E <sub>f</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]										3.00E+08		

Το πρόγραμμα υπολογίζει κατά την εισαγωγή των γεωμετρικών δεδομένων τα ίδια βάρη του φορέα και προβλέπει την εισαγωγή νεκρών (επικαλύψεις) και ωφέλιμων (κινητών) φορτίων. Εδώ επισημαίνεται, ότι εισάγεται η αυξημένη τιμή των κινητών φορτίων 5kN/m<sup>2</sup>, η οποία προβλέπεται για κτίρια με χρήση συνάθροισης κοινού, από αυτή με την οποία είχε αρχικά σχεδιαστεί το κτίριο με χρήση κατοικίας, δηλαδή με 2kN/m<sup>2</sup>

Επίσης εισάγονται τα γεωμετρικά δεδομένα της προσθήκης ώστε να ολοκληρωθεί η γεωμετρία του φορέα.

Στη συνέχεια εισάγονται οι Στάθμες Επιτελεστικότητας A2 και B1, τις οποίες ζητείται να ικανοποιεί η κατασκευή.

Έδαφος	Δομικός κάλυβος	Σύμμικτα	Τοκοπήρωση	Υλικά - Αποτίμηση	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοκοποιία	Αποτίμηση Φέρουσας τοκοποιίας	Δράσεις
<b>Χαρακτηριστικά φάσματος</b>									
	Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $a_{gR}$ [g]						0.160		
	Συντελεστής απομειωτικότητας $\gamma$						1.000		
<b>Παράμετροι φάσματος - Τιμές αναφοράς (Σπουδαιότητα II)</b>									
	Συμβατικός χρόνος ζωής $T_L$ [έτη]						50		
	Υπολογισμός φάσματος απαιτήσης βάσει...						Πιθανότητας υπέρβασης PR		
	Πιθανότητα υπέρβασης PLR [%]						3.99		
	Περίοδος επαναφοράς TLR [έτη]						475.0		
	Εκθέτης k						3.000		
<b>DL - Περιορισμός βλαβών</b>									
	Στάθμη επιτελεστικότητας DL						1η διαρροή δοκού ή υποστ./τος*		
	DL - Περίοδος επαναφοράς $T_{DLR}$ [Ετη]						72.1		
	DL - Πιθανότητα υπέρβασης $P_{DLR}$ [%]						50.00		
	Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma \cdot a_{gR})_{DL}$						0.085		
<b>SD - Σημαντικές βλάβες</b>									
	Στάθμη επιτελεστικότητας SD						1η υπέρβαση ορίου σε υποστ./μα ή κύρια δοκό*		
	SD - Περίοδος επαναφοράς $T_{SDR}$ [Ετη]						474.6		
	SD - Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR}$ [%]						10.00		
	Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma \cdot a_{gR})_{SD}$						0.160		
<b>NC - Οικονομική κατάρρευση</b>									
	Στάθμη επιτελεστικότητας NC						Όχι		
	NC - Περίοδος επαναφοράς $T_{NCR}$ [Ετη]						474.6		
	NC - Πιθανότητα υπέρβασης $P_{NCR}$ [%]						10.00		
	Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma \cdot a_{gR})_{NC}$						0.160		

Στην συνέχεια εισάγεται η κατανομή των οριζόντιων επιβεβλημένων φορτίων σύμφωνα με την pushover, και στη συνέχεια ρυθμίζεται να υπολογίζονται φαινόμενα 2ας τάξης στα βήματα των φορτίσεων κατά τα οποία ο φορέας είναι παραμορφωμένος.

Έδαφος	Δομικός κάλυβος	Σύμμικτα	Τοκοπήρωση	Υλικά - Αποτίμηση	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα τοκοποιία	Αποτίμηση Φέρουσας τοκοποιίας	Δράσεις
<b>Κτίριο</b>									
<b>Γενικά</b>									
	Τυχμητική εκκεντρότητα						Όχι		
	Φαινόμενα 2ας τάξης (P-Δ)						Ναι		
	Πλήθος αξονικών (Αλληλεπίδραση N-M <sub>y</sub> -M <sub>z</sub> )						5		
	Γωνία στροφής κορδής $\theta_u$ για ορθογώνιες διατομές						Εμπειρικό μοντέλο (EC8-3 (A.1))		
	$\gamma_{ef}$ για VR (KANEPΕ ΠΑΡ. 7Γ, ή EC8 A3.3.1)						1.000		
	Επιρροή περίσφιξης στα διαγράμματα αντοχής						Ναι		
	Γωνία στροφής κορδής BSD (BB) βάσει						EC8		
	Έλεγχος διάτμησης κόμβου						Ναι		
<b>Pushover</b>									
	A' Κατανομή φόρτισης						Ομοιόμορφη		
	B' Κατανομή φόρτισης						Ιδιομορφική		
	Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]						30.0		
	Άσπλες τοκοπηρώσεις ενεργές						Ναι		
	Ενισχυμένες τοκοπηρώσεις ενεργές						Ναι		
	Τοχοματοποιήσεις πλαισίων ενεργές						Ναι		
	Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης						Ναι		
	Έλεγχος VRSLS, VRSquat						Ναι		

Επίσης καθορίζεται ως κόμβος ελέγχου μετακίνησης ο κόμβος 5 στην πλάκα της προσθήκης.

## 5.2 Εφαρμογή της Ανελαστικής Στατικής Μεθόδου (Pushover) – Προϋποθέσεις

Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή δεδομένων και ξεκινήσει η διαδικασία των επιλύσεων το πρόγραμμα υπολογίζει και ελέγχει αν η πρώτη ιδιομορφή είναι η δεσπίζουσα και αν ορθά ο φορέας επιλύεται με την μέθοδο pushover. Παρακάτω φαίνεται ο έλεγχος αυτός σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ και ο οποίος ικανοποιείται.

Έργο / Μη γραμμική ανάλυση (PushOver)

### Προϋπόθεση εφαρμογής ανάλυσης Pushover

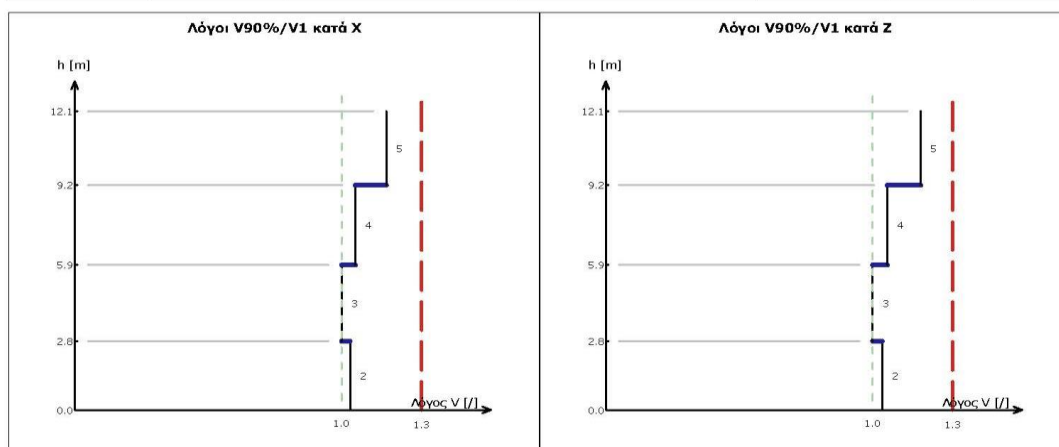
(Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών, ΚΑΝΕΠΕ §5.7.2)

#### Κατεύθυνση X

Όροφος I	Υψόμετρο	VI για ιδιομορφές με ΣM>90% [kN]	VI της δεσπίζουσας ιδιομορφής [kN]	Λόγος V90%/V1		Όριο
[/]	[m]			[/]	[/]	[/]
5	12.15	0.49147E+03	0.42095E+03	1.17	<	1.3
4	9.15	0.88557E+03	0.84228E+03	1.05	<	1.3
3	5.90	0.11392E+04	0.11389E+04	1.00	<	1.3
2	2.80	0.13370E+04	0.12960E+04	1.03	<	1.3

#### Κατεύθυνση Z

Όροφος I	Υψόμετρο	VI για ιδιομορφές με ΣM>90% [kN]	VI της δεσπίζουσας ιδιομορφής [kN]	Λόγος V90%/V1		Όριο
[/]	[m]			[/]	[/]	[/]
5	12.15	0.48756E+03	0.41319E+03	1.18	<	1.3
4	9.15	0.85751E+03	0.81281E+03	1.05	<	1.3
3	5.90	0.10947E+04	0.10944E+04	1.00	<	1.3
2	2.80	0.12970E+04	0.12531E+04	1.04	<	1.3



### Μη Γραμμική Υπερωθητική Ανάλυση (Pushover) (M=0)

#### Ελαστικό Φάσμα Ευρωκώδικα Se(T) (EN1998-1)

Σεισμική ζώνη	Πιθανότητα υπέρβασης στα 50 έτη P [%]	Περίοδος επαναφοράς TL [έτη]	ag [/]
I	10.0%	475.0	0.16
DL (A)	50.0%	72.1	0.09
SD (B)	10.0%	474.6	0.16

$$a_g = a_{gR} \left( \frac{T}{T_R} \right)^{1/k} = a_{gR} \left( \frac{T}{475} \right)^{1/3.0}$$

Συντελεστής τοπογραφικής ενίσχυσης St : 1.00 Εδαφικός τύπος : B Συντελεστής εδάφους S = 1.20

Συνιστώσα φάσματος	TB [sec]	TC [sec]	TD [sec]
[/]			
Οριζόντια	0.15	0.50	2.50

### 5.3 Διαδικασία Εκτέλεσης Υπολογισμών σύμφωνα με το Fespa

Το πρόγραμμα βασίζεται στο θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου N2 που προβλέπεται στο παράρτημα Β του EC8 και εναλλακτικά στην μέθοδο των συντελεστών όπως περιγράφεται στον ΚΑΝΕΠΕ.

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του Fespa και συγκεκριμένα στο εγχειρίδιο «Pushover – Θεωρητικά Στοιχεία» Έκδοσης LH-Λογισμικής, Οκτώβριος 2013, Version 1.0.28 αναφέρεται ότι :

*«Αρχικά το Fespa, πραγματοποιεί μια ελαστική δυναμική ανάλυση για τον προσδιορισμό των ιδιομορφών και του ποσοστού συμμετοχής της κάθε μιας. Έπειτα ακολουθείται είτε η διαδικασία του EC8-1- Παράρτημα Β ... για τον προσδιορισμό της στοχευόμενης μετακίνησης πραγματοποιώντας τον απαραίτητο αριθμό επαναλήψεων για τη σύγκλιση της μεθόδου, είτε η μέθοδος των συντελεστών βάσει των οδηγιών που εμπεριέχονται στον ΚΑΝΕΠΕ»*

Αρχικά έχει εκτελεστεί η μέθοδος pushover, για τον αρχικό φορέα χωρίς την προσθήκη και την αλλαγή χρήσης (αύξηση κινητών φορτίων) και για Στάθμες Επιτελεστικότητας A2 και B1, ώστε να διαπιστωθεί η αρχική απόκριση του κτιρίου. Σε αυτή την εκτέλεση δεν προέκυψαν αστοχίες.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε η pushover, για τον φορέα με τον οποίο προβλέπονταν τα αυξημένα κατακόρυφα φορτία, λόγω αλλαγής χρήσης και η προσθήκη ορόφου. Καθορίστηκε ο κόμβος ελέγχου (K5) στην ανώτερη στάθμη του κτιρίου καθώς και ο αριθμός επαναλήψεων (βήματα φορτίσεων). Στη συνέχεια καθορίστηκαν οι στάθμες επιτελεστικότητας τις οποίες απαιτείτε να ικανοποιεί η κατασκευή. Τα αποτελέσματα της εκτέλεσης αυτής αναλύονται στη επόμενη παράγραφο 5.4

Κατά τη διαδικασία επίλυσης, το πρόγραμμα δημιουργεί τα διαγράμματα αντοχής δοκών – υποστυλωμάτων σύμφωνα με τις διατομές που έχουν δοθεί καθώς και με τον σπλισμό που αυτές φέρουν. Είναι σαφές ότι τα διαγράμματα αυτά δεν εξαρτώνται από την φόρτιση του φορέα αλλά μόνο από τα χαρακτηριστικά των υλικών.

Μετά την δημιουργία των διαγραμμάτων αντοχής δοκών – υποστυλωμάτων και για κάθε είδος φόρτισης (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), αλλά και σε κάθε κατεύθυνση Χ-Ζ με καθορισμένη εκκεντρότητα γίνονται συνολικά 16 επιλύσεις και δημιουργείται καμπύλη ικανότητας για κάθε μία, η οποία συγκρίνεται με τα διαγράμματα φάσματος – απαίτησης, ώστε να προκύψει η στοχευόμενη επιτάχυνση σε κάθε περίπτωση.

Στις επόμενες σελίδες φαίνονται, ενδεικτικά, τα διαγράμματα αντοχών δοκών υποστυλωμάτων μόνο του Α ορόφου.



## Διαγράμματα αντοχής δοκών

### Δοκός: Δ3.1, Όροφος -1

#### Γενικά δεδομένα δοκού

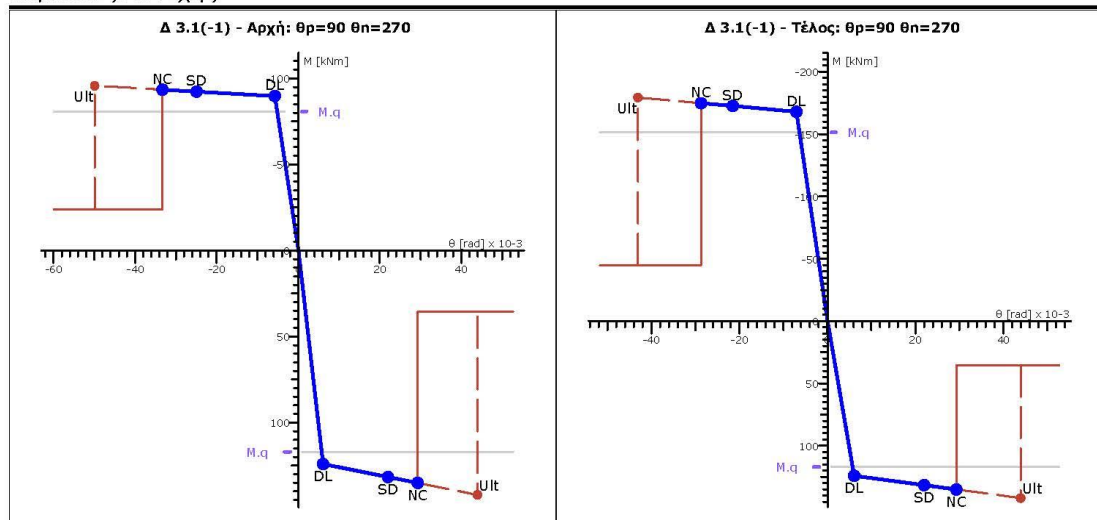
Κόμβοι	Αρχή: 4	Τέλος: 5	Μέλος: 101	ΣΠΕΜ = 1,00
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις
Διαστάσεις	25/60/140/20/5.2 [cm]		Μήκος  cl =4.05m	Bl=0.18m Br=0.20m
Μέσος Αντοχές	f <sub>ct</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων	
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cc</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rd <sub>γ</sub> =θ <sub>γ</sub> */θ <sub>γ</sub> =1.00	L <sub>v</sub> :2.03[m]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00		r <sub>du</sub> =θ <sub>u</sub> */θ <sub>u</sub> =1.00	γ <sub>el</sub> :1.50 r <sub>V</sub> = VR*/VR=1.00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

#### Ράβδοι οπλισμού

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	2Φ14+1Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	2Φ14+1Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	0.00 cm <sup>2</sup>	4.26 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

#### Καμπύλες Αντοχής



#### Διατμητική Αντοχή

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθ <sub>y</sub> [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	7.69	144.5	-
Τέλος	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	5.09	144.5	-

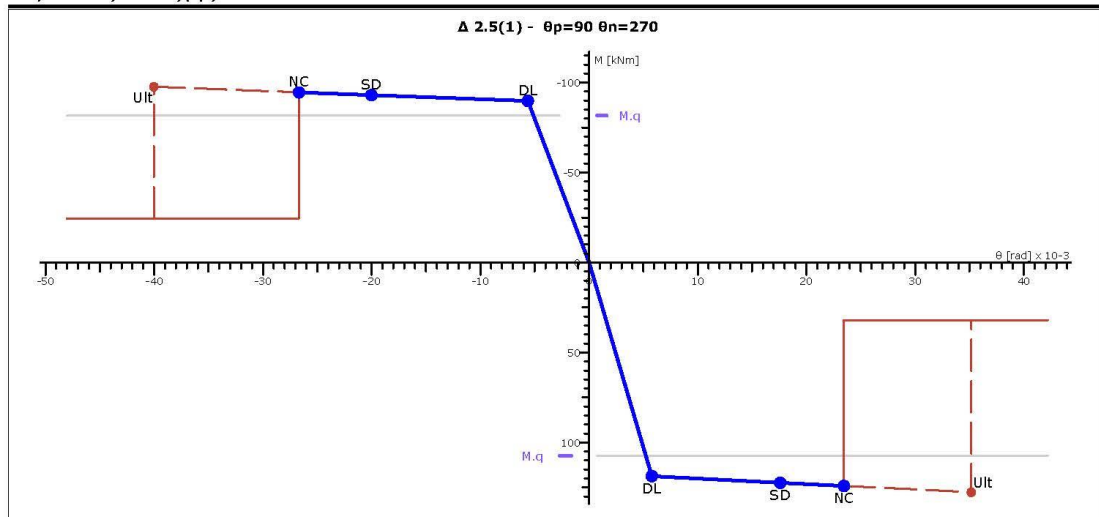
**Δοκός: Δ2.5, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 27	Τέλος: 21	Μέλος: 168	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Ορθογωνική		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/5.2 [cm]		Μήκος lcl=1.10m	Bl=0.00m	Bt=0.15m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	
	Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων	
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	ε <sub>su</sub> :60.0‰	L <sub>v</sub> :1.08[m]	γ <sub>el</sub> :1.00	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>γ</sub> = θγ*/θγ = 1.00	r <sub>du</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.00 VR: γ<sub>el</sub>=0.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	-	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	-	-
Διαμήκης Κάτω	-	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	-	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	-	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRf <sub>y</sub> [kN]
			cotθ <sub>y</sub> [ / ]	VRs <sub>y</sub> [kN]	VRm <sub>ax</sub> <sub>y</sub> [kN]		μΔ,ρ <sub>l</sub> [ / ]	VR [kN]	
Τέλος	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	6.10	155.9	-

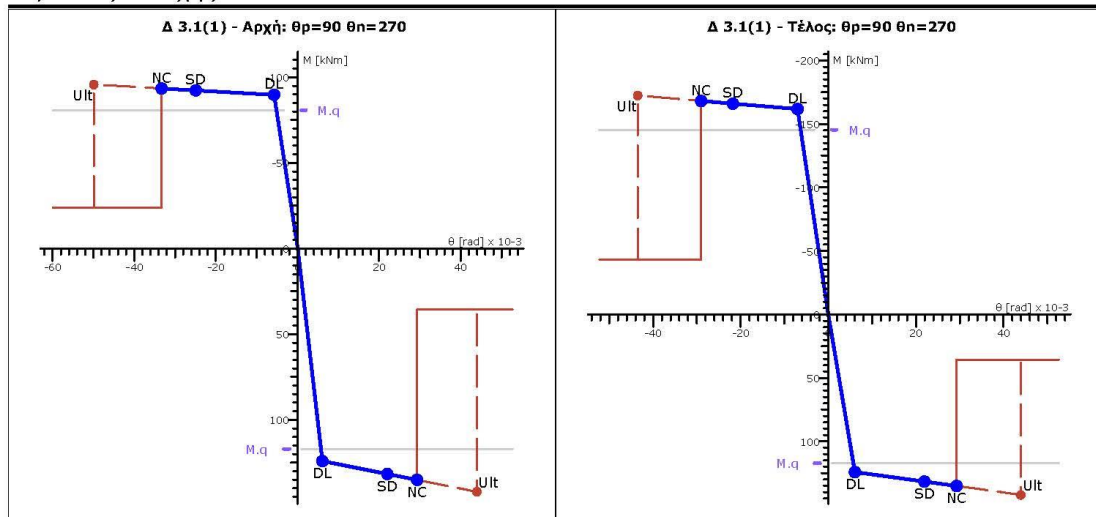
**Δοκός: Δ3.1, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 4	Τέλος: 5	Μέλος: 169	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομήζ	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	25/60/140/21/5.2 [cm]		Μήκος lcl=4.05m	Bl=0.18m	Br=0.20m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>yt</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο	
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rdγ=θγ*/θγ=1.00	L <sub>v</sub> :2.03[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>D</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>Du</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	2Φ14+1Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	2Φ14+1Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	0.00 cm <sup>2</sup>	3.91 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	7.69	144.5	-
Τέλος	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	5.18	144.5	-

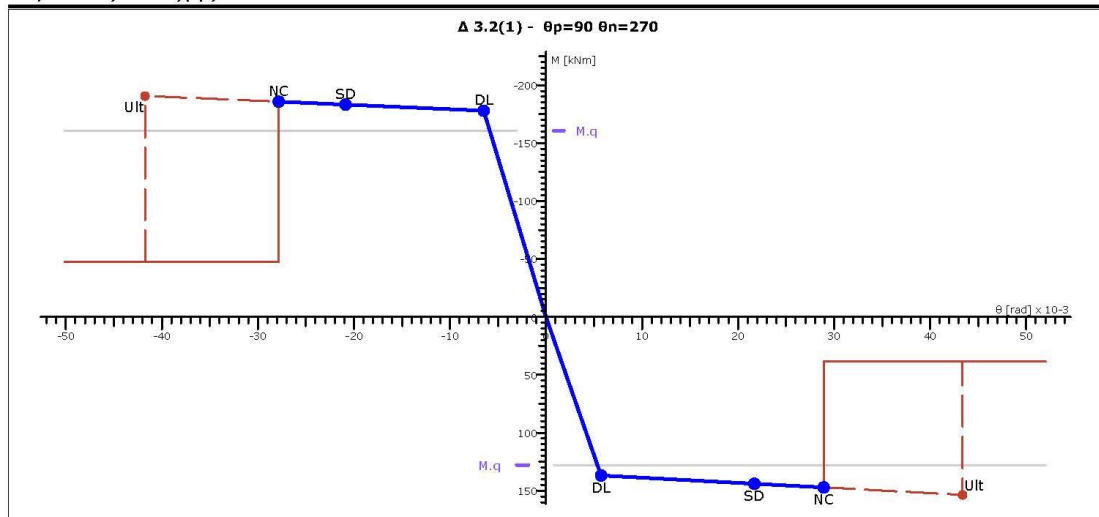
**Δοκός: Δ3.2, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 5	Τέλος: 28	Μέλος: 170	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/65/165/21/5.2 [cm]		Μήκος  cl =1.55m	Bl=0.20m	Bt=0.00m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο	
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	L <sub>v</sub> :1.95[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>D</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	r <sub>D</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR=1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	-
Από πλάκα	3.91 cm <sup>2</sup>	-
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	-
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	-
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	-

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή	Μετά την καμπτική διαρροή	FRP
	N [kN]	VRc [kN]	cotθ <sub>y</sub> [ / ]	VR [kN]	μΔ,ρl [ / ]	
Αρχή	0.0	57.4	2.48	447.8	5.45	-
				447.8	158.7	-

## Δοκός: Δ3.4, Όροφος 1

## Γενικά δεδομένα δοκού

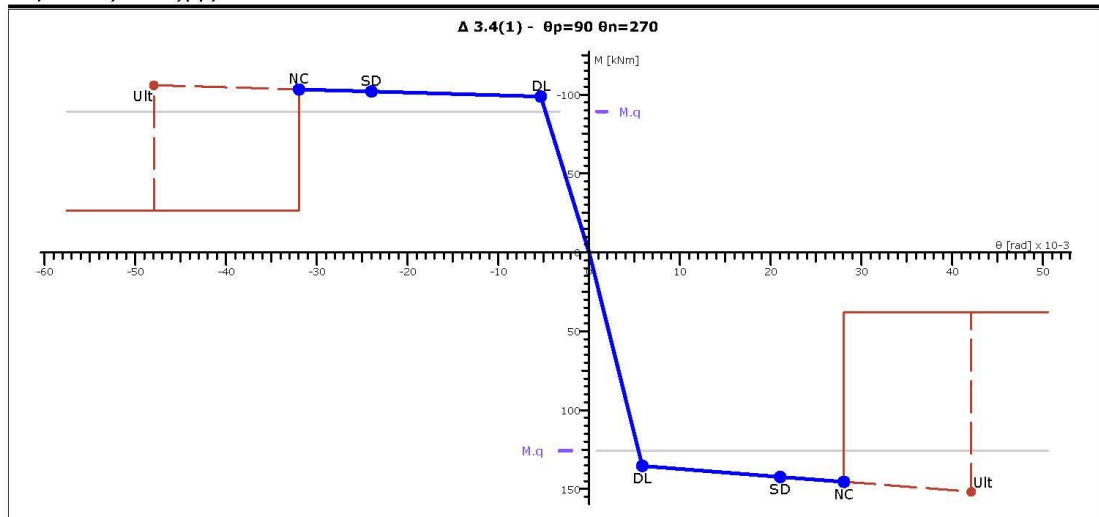
Κόμβοι	Αρχή: 29	Τέλος: 19	Μέλος: 172	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανώδομη	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/65/95/23/5.2 [cm]		Μήκος  cl =0.85m	Bl=0.00m	Br=0.00m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	
	Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων	
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	ε <sub>su</sub> :60.0‰	L <sub>v</sub> :1.95[m]	γ <sub>el</sub> :1.00	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>γ</sub> = θ <sub>γ</sub> */θ <sub>γ</sub> = 1.00	r <sub>du</sub> = θ <sub>u</sub> */θ <sub>u</sub> = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.00 VR: γ<sub>el</sub>=0.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

## Ράβδοι οπλισμού

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	-	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	-	-
Διαμήκης Κάτω	-	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	-	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	-	0.00 cm <sup>2</sup>

## Καμπύλες Αντοχής



## Διατμητική Αντοχή

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRf <sub>y</sub> [kN]
			cotθ <sub>y</sub> [ / ]	VR <sub>sy</sub> [kN]	VR <sub>maxy</sub> [kN]		μΔ,ρ <sub>l</sub> [ / ]	VR [kN]	
Τέλος	0.0	57.4	2.48	447.8	447.8	447.8	8.01	158.7	-

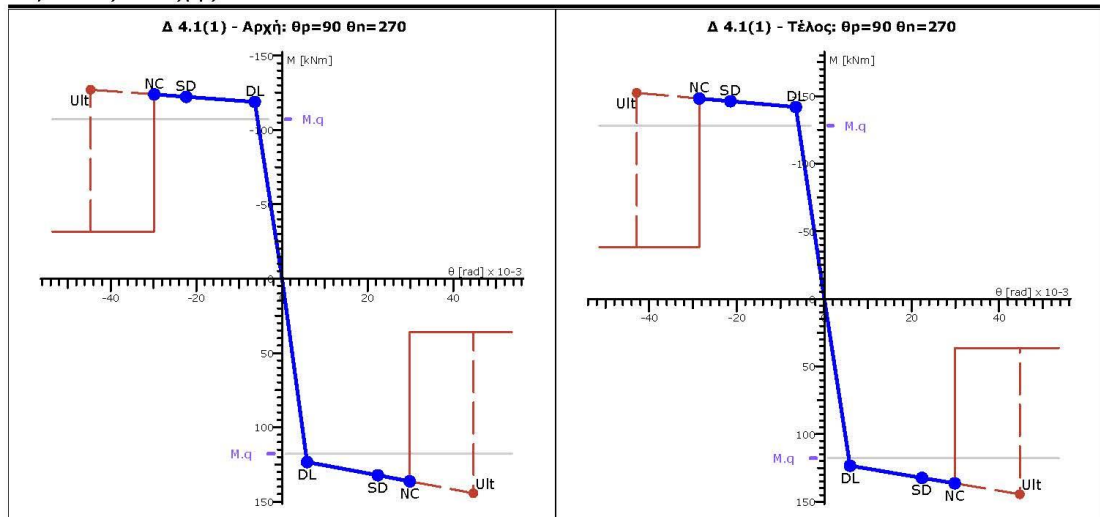
**Δοκός: Δ4.1, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 16	Τέλος: 9	Μέλος: 175	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/115/24/5.2 [cm]		Μήκος lcl=3.55m	Bl=0.18m	Br=0.56m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	Κύριο
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	L <sub>v</sub> :1.78[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	r <sub>du</sub> =θ <sub>u</sub> */θ <sub>u</sub> =1.00	r <sub>V</sub> =VR*/VR=1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	0.00 cm <sup>2</sup>	1.27 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθ <sub>y</sub> [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	60.6	2.48	410.4	410.4	410.4	6.02	150.9	-
Τέλος	0.0	60.6	2.48	410.4	410.4	410.4	5.61	150.9	-

## Δοκός: Δ5.1, Όροφος 1

## Γενικά δεδομένα δοκού

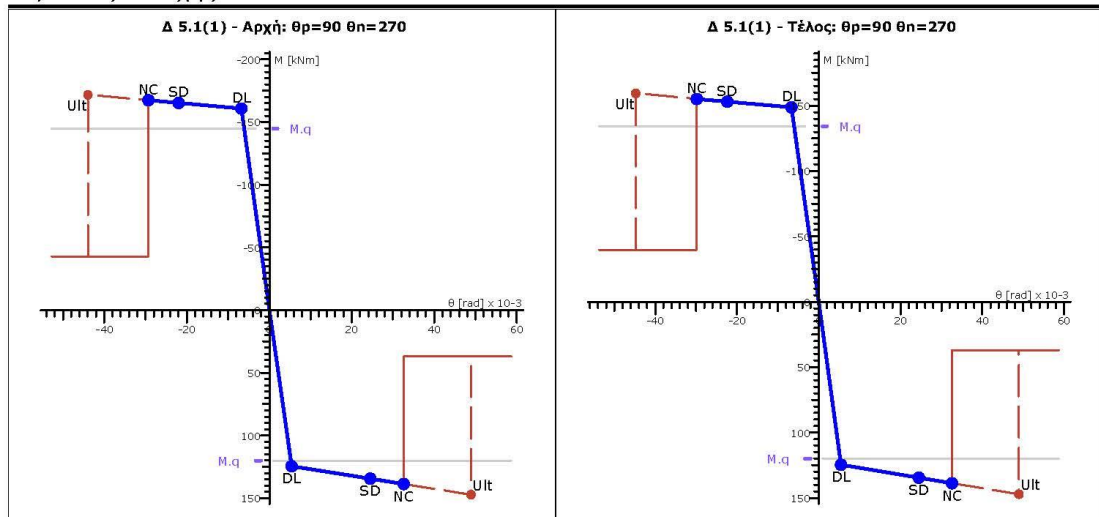
Κόμβοι	Αρχή: 9	Τέλος: 18	Μέλος: 176	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/145/24/5.2 [cm]		Μήκος  cl =4.15m	Bl=0.29m	Br=0.00m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο	
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	ε <sub>su</sub> :60.0‰	L <sub>v</sub> :2.07[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>D</sub> = θγ*/θγ = 1.00	r <sub>D</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

## Ράβδοι οπλισμού

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14+1Φ18 (7.16 cm <sup>2</sup> )	3Φ14+1Φ18 (7.16 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	1.27 cm <sup>2</sup>	0.63 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

## Καμπύλες Αντοχής



## Διατμητική Αντοχή

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRf <sub>y</sub> [kN]
			cotθ <sub>y</sub> [ / ]	VR <sub>sy</sub> [kN]	VR <sub>maxy</sub> [kN]		μΔ,ρ <sub>l</sub> [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	63.7	2.48	410.4	410.4	410.4	5.52	148.7	-
Τέλος	0.0	63.7	2.48	410.4	410.4	410.4	5.70	148.7	-

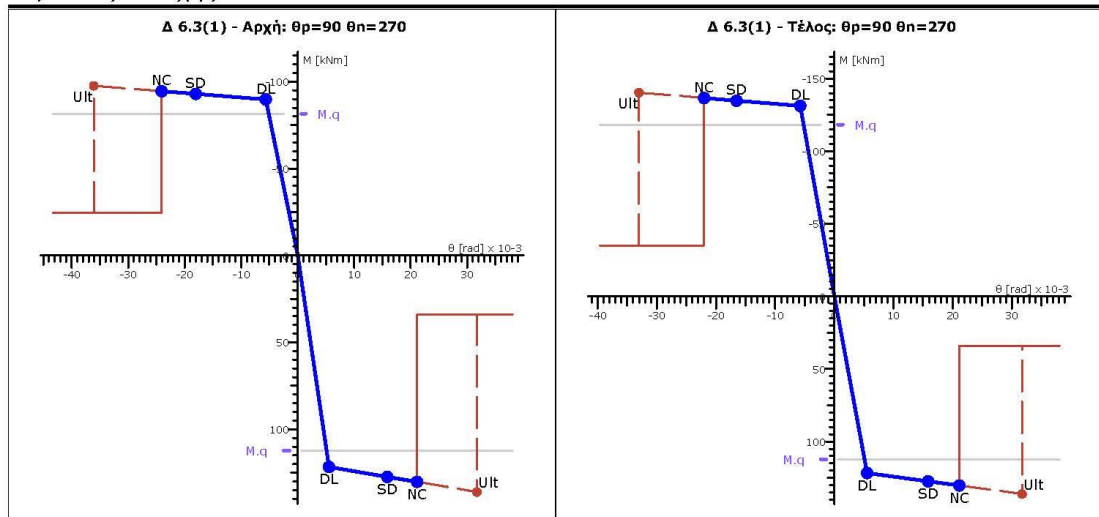
**Δοκός: Δ6.3, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 15	Τέλος: 4	Μέλος: 181	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομή	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/65/23/5.2 [cm]		Μήκος lcl=1.60m	Bl=0.00m	Br=0.35m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>yt</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	
	Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων	
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rdγ=θγ*/θγ=1.00	L <sub>v</sub> :0.80[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M =1.00	rdγ=θγ*/θγ=1.00	r <sub>du</sub> =θ <sub>u</sub> */θ <sub>u</sub> =1.00	r <sub>V</sub> =VR*/VR=1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	-	2.21 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	5.40	159.1	-
Τέλος	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	4.72	162.2	-



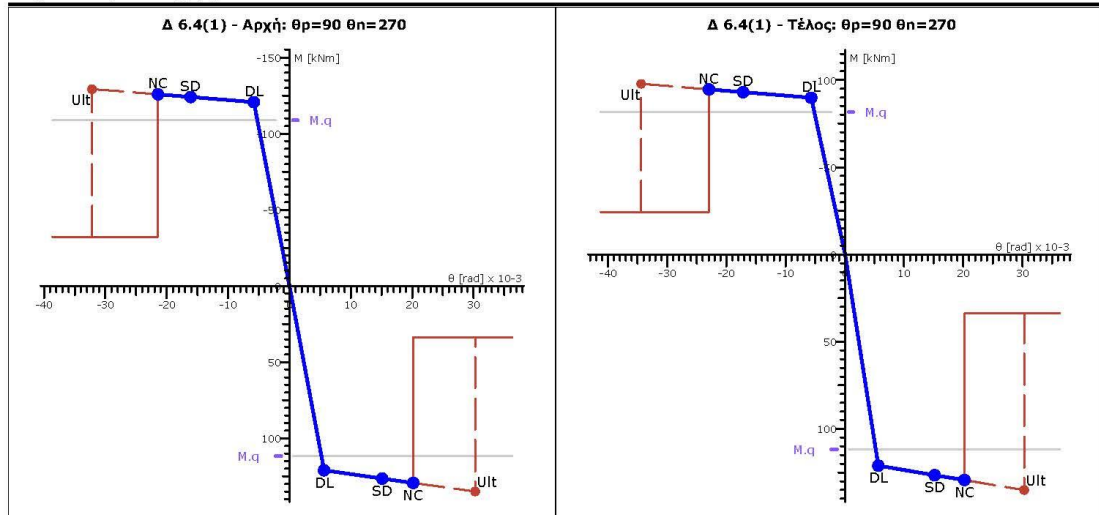
**Δοκός: Δ6.4, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 4	Τέλος: 14	Μέλος: 182	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/60/17/5.2 [cm]		Μήκος lcl=1.40m	Bl=0.35m	Br=0.00m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>yt</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	
	Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων	
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	ε <sub>su</sub> :60.0‰	L <sub>v</sub> :0.70[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>D</sub> = θγ*/θγ = 1.00	r <sub>du</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	1.63 cm <sup>2</sup>	-
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	4.53	165.4	-
Τέλος	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	5.03	160.3	-

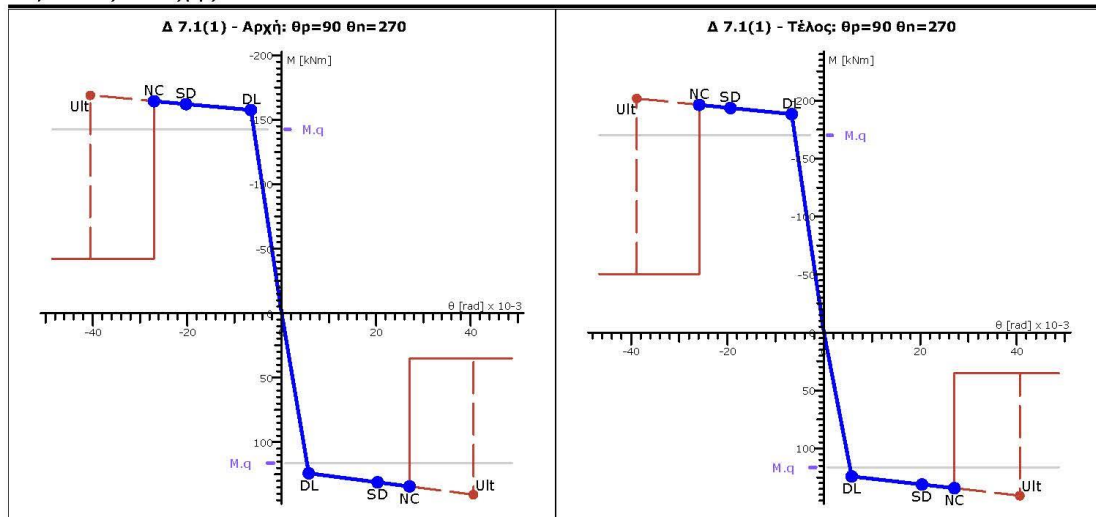
**Δοκός: Δ7.1, Όροφος 1***Γενικά δεδομένα δοκού*

Κόμβοι	Αρχή: 9	Τέλος: 5	Μέλος: 185	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	25/60/115/23/5.2 [cm]		Μήκος  cl =3.25m	Bl=0.44m	Bt=0.20m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο	
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	L <sub>v</sub> :1.62[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M =1.00	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	rd <sub>u</sub> =θ <sub>u</sub> */θ <sub>u</sub> =1.00	r <sub>V</sub> =VR*/VR=1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	3.73 cm <sup>2</sup>	5.40 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής**Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	FRP VRfy [kN]
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]				
Αρχή	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	5.22	149.3	-
Τέλος	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	4.81	151.1	-

**Δοκός: Δ7.2, Όροφος 1**

*Γενικά δεδομένα δοκού*

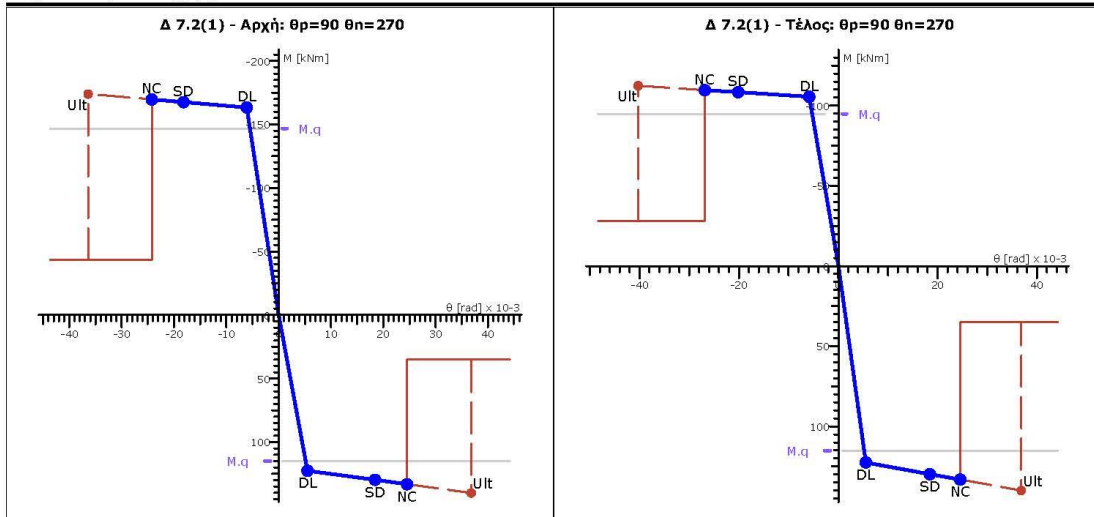
Κόμβοι	Αρχή: 5	Τέλος: 2	Μέλος: 186	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομής	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	25/60/90/17/5.2 [cm]		Μήκος lcl=2.45m	Bl=0.20m	Br=0.36m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>yt</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο	
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	L <sub>v</sub> :1.22[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M =1.00	rd <sub>y</sub> =θ <sub>y</sub> */θ <sub>y</sub> =1.00	r <sub>du</sub> =θ <sub>u</sub> */θ <sub>u</sub> =1.00	r <sub>V</sub> =VR*/VR=1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	3.99 cm <sup>2</sup>	0.86 cm <sup>2</sup>
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής*



*Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	4.94	154.7	-
Τέλος	0.0	48.7	2.23	368.5	368.5	368.5	5.88	154.1	-

**Δοκός: Δ8.1, Όροφος 1**

*Γενικά δεδομένα δοκού*

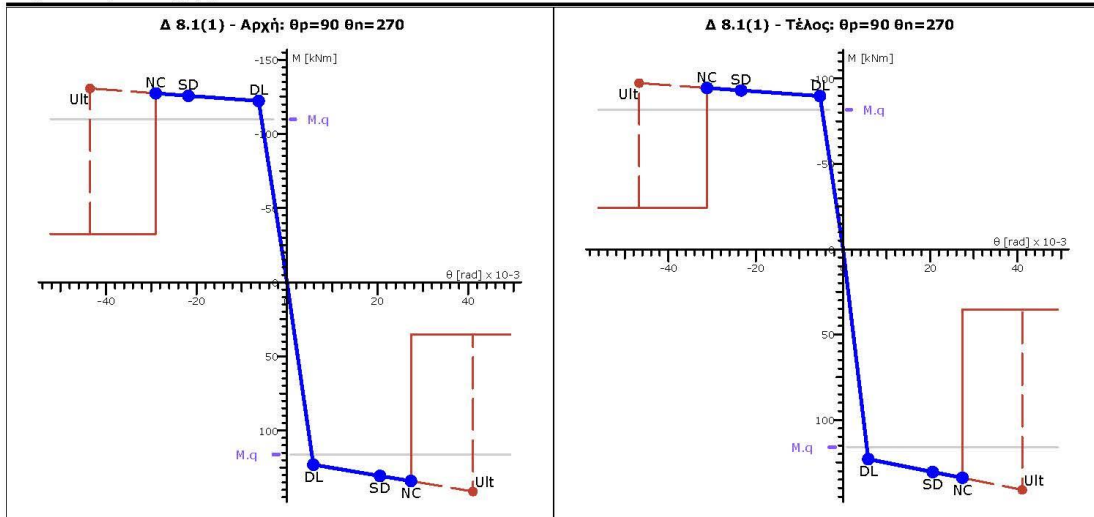
Κόμβοι	Αρχή: 17	Τέλος: 20	Μέλος: 187	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομή	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/105/23/5.2 [cm]		Μήκος lcl=3.35m	Bl=0.82m	Bt=0.15m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>yt</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	ε <sub>su</sub> :60.0‰	L <sub>v</sub> :1.68[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>γ</sub> = θγ*/θγ = 1.00	r <sub>du</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )	3Φ14 (4.61 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	1.72 cm <sup>2</sup>	-
Διαμήκης Κάτω	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )	4Φ14 (6.15 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	10.05 cm <sup>2</sup> /m	10.05 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής*



*Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]	VR [kN]	μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	VRfy [kN]
Αρχή	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	5.94	148.7	-
Τέλος	0.0	55.0	2.48	410.4	410.4	410.4	7.83	148.7	-

**Δοκός: Δ8.2, Όροφος 1**

*Γενικά δεδομένα δοκού*

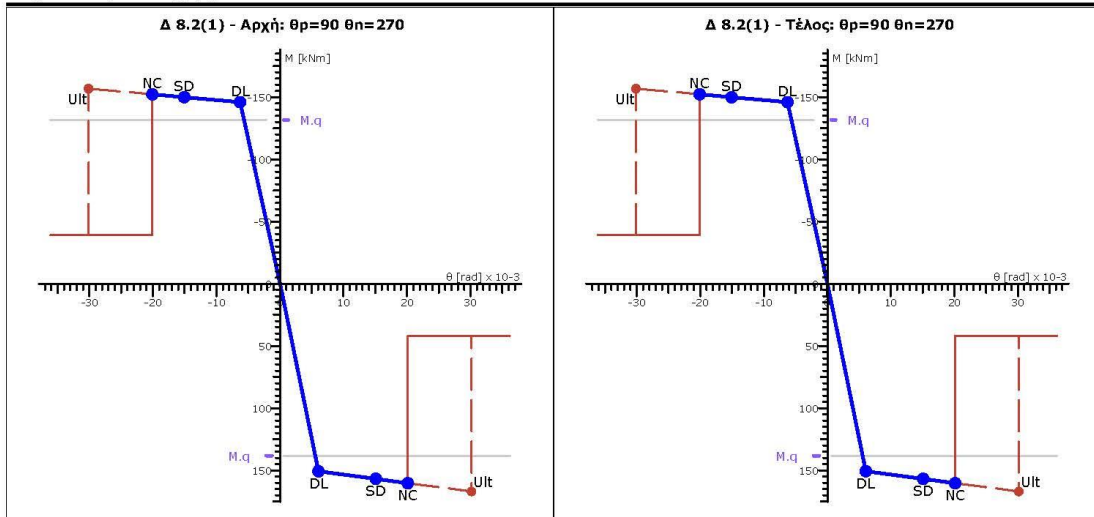
Κόμβοι	Αρχή: 20	Τέλος: 22	Μέλος: 188	ΣΠΕΜ = 1.00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομή	Ακαμπτες απολήξεις	
Διαστάσεις	30/60/70/15/5.2 [cm]		Μήκος lcl=1.15m	Bl=0.15m	Br=0.00m
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>yt</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	Κύριο
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων			Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
ε <sub>cs</sub> :-2.0‰	ε <sub>cu</sub> :-3.5‰	ε <sub>su</sub> :60.0‰	L <sub>v</sub> :0.58[m]	γ <sub>el</sub> :1.50	
Συντ. μηχ. χαρακ. r	r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>D</sub> = θγ*/θγ = 1.00	r <sub>Du</sub> = θu*/θu = 1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR = 1.00	

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ<sub>u</sub>: γ<sub>el</sub>=1.50 VR: γ<sub>el</sub>=1.00 - L<sub>v</sub>=L<sub>s</sub>: Μήκος διάτμησης

**Ράβδοι οπλισμού**

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	3Φ18 (7.63 cm <sup>2</sup> )	3Φ18 (7.63 cm <sup>2</sup> )
Από πλάκα	-	-
Διαμήκης Κάτω	3Φ18 (7.63 cm <sup>2</sup> )	3Φ18 (7.63 cm <sup>2</sup> )
Συνδετήρες	15.70 cm <sup>2</sup> /m	15.70 cm <sup>2</sup> /m
Λοξός Οπλισμός	0.00 cm <sup>2</sup>	0.00 cm <sup>2</sup>

*Καμπύλες Αντοχής*



*Διατμητική Αντοχή*

Θέση [ / ]	N [kN]	VRc [kN]	Αντοχές EC2-1-1 §6.2.3			Πριν την καμπτική διαρροή VR [kN]	Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRfy [kN]
			cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]		μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	
Αρχή	0.0	65.1	1.89	489.0	489.0	489.0	3.80	267.2	-
Τέλος	0.0	65.1	1.89	489.0	489.0	489.0	3.80	267.2	-

**Υποστύλωμα : K1(0)**

Γενικά δεδομένα

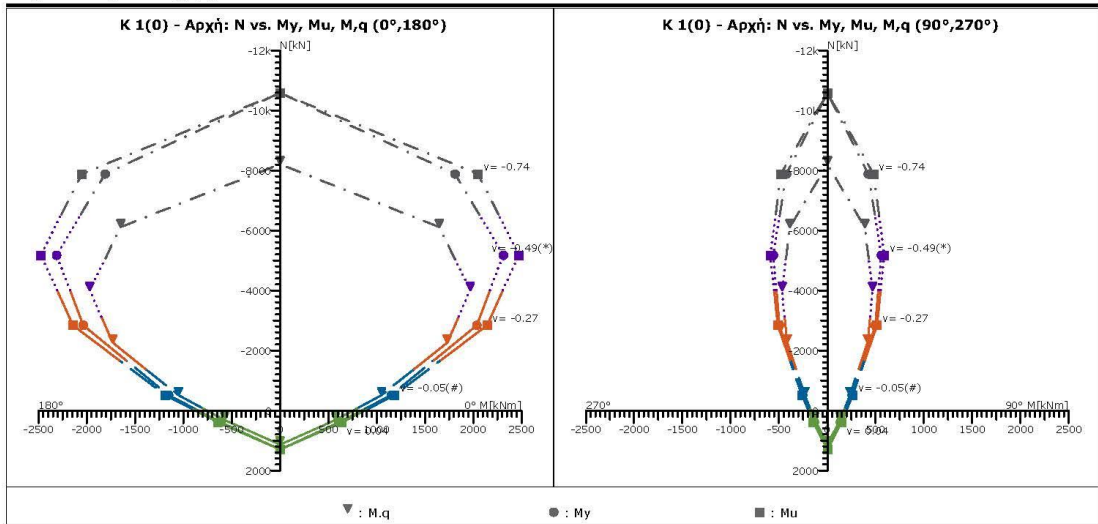
<b>Διατομή</b>	Ορθογωνική: 35/150 /d'=5.5	Μήκος=2.80 [m]	Lv γ:1.49[m]	Lv z:1.99 [m]	Μέλος: 2
<b>Μέσες Αντοχές</b>	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]		Υφιστάμενο μέλος: Κύριο
<b>Περιοχή μάτισης</b>	l <sub>o</sub> : 2.00 [m]	l <sub>oym</sub> : 0.37 [m]	f <sub>yl</sub> : 383.3 [MPa]		k=ff/f <sub>y</sub> : 1.00
<b>Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων</b>					
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
<b>Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων</b>					
<b>Περίσφιξη:Ναι</b>	f <sub>cc</sub> :20.16 [MPa]	f <sub>ccV</sub> :14.42 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	ε <sub>cc</sub> : -2.8‰	ε <sub>cu</sub> : -9.0‰
<b>Συντ. μηχ. χαράκ. r</b>		r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>dy</sub> =θy*/θy=1.00	r <sub>du</sub> =θu*/θu=1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR=1.00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θu: γελ=1.70 VR: γελ=1.00 - Lv=Ls: Μήκος διάτμησης

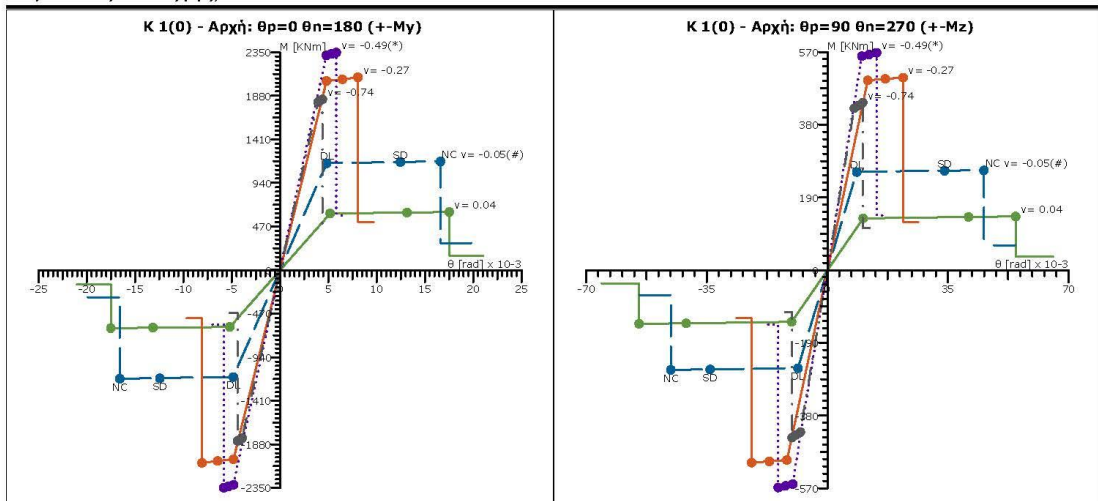
Ράβδοι οπλισμού

Διαμήκης 20Φ14+4Φ10 (33.93 cm <sup>2</sup> )	Εγκάρσιος ενισχυμένος άκρων, l <sub>c</sub> =54cm // στη μεγάλη πλ. (Vz): 2τμ.Φ8/20.0 // στη μικρή πλ. (Vy): 4τμ.Φ8/20.0	Εσχάρες Ορ. #Φ8/20.0 Κατ. #Φ10/12.2
--	--	---

Καμπύλες Αντοχής, N-M



Καμπύλες Αντοχής, M-θ



## Αρχή: Διατμητική Αντοχή EC2-1-1 §6.2.3

cotθz [/]	VRsz [kN]	VRmaxz [kN]	cotθy [/]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]
2.50	544.8	1256.4	-	-	-

## Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	VR,squat [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή			μΔ,pl [/]	Μετά την καμπτική διαρροή		
			VR [kN]	VRmax [kN]	VR,SLS [kN]		VR [kN]	VRmax [kN]	VR,SLS [kN]
393.79	94.9	388.6	544.8	1432.1	698.7	4.75	272.6	1024.0	528.2
-513.04(#)	225.9	399.5	544.8	1613.4	1063.2	4.85	385.3	1144.0	702.9
-2844.95	370.6	432.3	544.8	1818.8	1498.4	1.86	544.8	1616.1	1151.0
-5176.86(*)	370.6	416.2	544.8	1818.8	1920.2	1.06	544.8	1703.4	1596.3
-7881.09	370.6	364.3	544.8	1818.8	2648.0	0.89	544.8	1722.1	2114.2

**Υποστύλωμα : K2(0)**

Γενικά δεδομένα

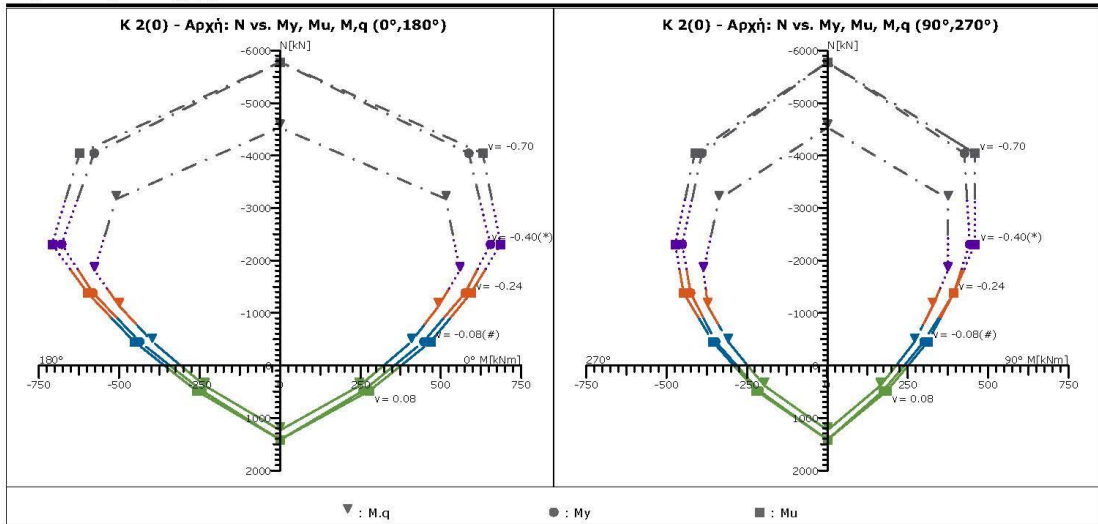
Διατομή	Γάμα 1: 25/60/30/60 /d'=5.5	Μήκος=2.80 [m]	Lv γ:1.17[m]	Lv z:1.21 [m]	Μέλος: 7
Μέσες Αντοχές	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]		Υφιστάμενο μέλος: Κύριο
Περιοχή μάτισης	l <sub>o</sub> : 2.00 [m]	l <sub>oym</sub> : 0.53 [m]	f <sub>yl</sub> : 383.3 [MPa]		k=ff/f <sub>y</sub> : 1.00
<b>Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων</b>					
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
Περίσφιξη:Ναι	f <sub>cc</sub> :22.65 [MPa]	f <sub>ccV</sub> :17.76 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	ε <sub>cc</sub> : -4.1‰	ε <sub>cu</sub> : -18.6‰
Συντ. μηχ. χαράκ. r		r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>dy</sub> =θy*/θy=1.00	r <sub>du</sub> =θu*/θu=1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR=1.00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θu: γελ=1.70 VR: γελ=1.00 - Lv=Ls: Μήκος διάτμησης

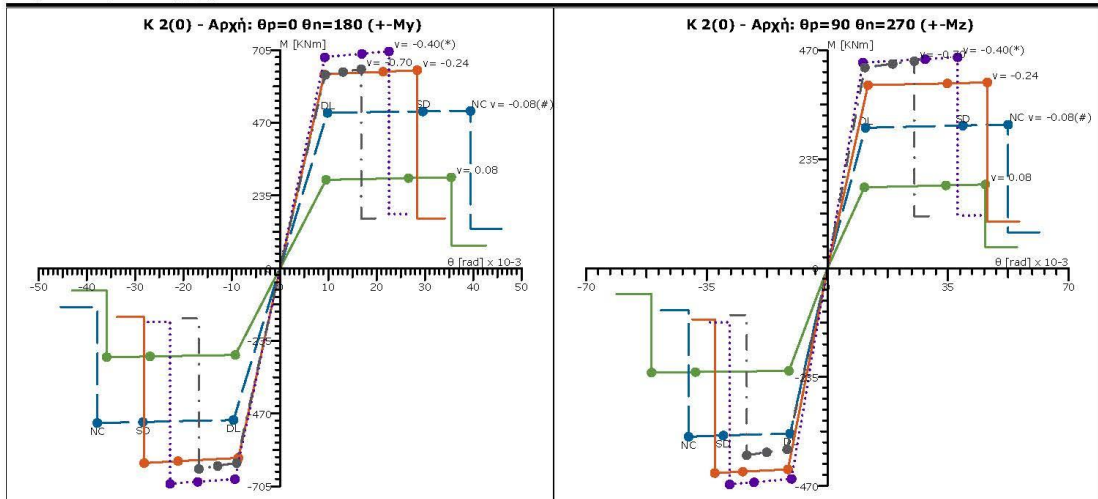
Ράβδοι οπλισμού

Διαμήκης	Εγκάρσιος
5Φ20+8Φ16+2Φ18 (36.88 cm <sup>2</sup> )	// στη μεγάλη πλ. (Vz): 2τμ.Φ8/10.0 // στη μικρή πλ. (Vy): 5τμ.Φ8/10.0

Καμπύλες Αντοχής, N-M



Καμπύλες Αντοχής, M-θ





## Αρχή: Διατμητική Αντοχή EC2-1-1 §6.2.3

cotθz [ / ]	VRsz [kN]	VRmaxz [kN]	cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]
2.50	784.1	867.6	2.46	787.2	868.8

## Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	VRmax [kN]
479.47	24.0	784.1	-	5.33	343.5	-
-454.88(#)	255.9	784.1	-	5.83	477.9	-
-1382.65	264.3	784.1	-	4.27	760.1	-
-2310.42(*)	264.3	784.1	-	3.13	784.1	-
-4043.23	264.3	784.1	-	2.05	784.1	-

## Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Y

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	VRmax [kN]
479.47	24.5	787.2	-	6.28	345.2	-
-454.88(#)	256.2	787.2	-	7.05	480.5	-
-1382.65	264.5	787.2	-	5.70	765.7	-
-2310.42(*)	264.5	787.2	-	5.23	787.2	-
-4043.23	264.5	787.2	-	2.95	787.2	-

**Υποστύλωμα : Κ3(0)**

Γενικά δεδομένα

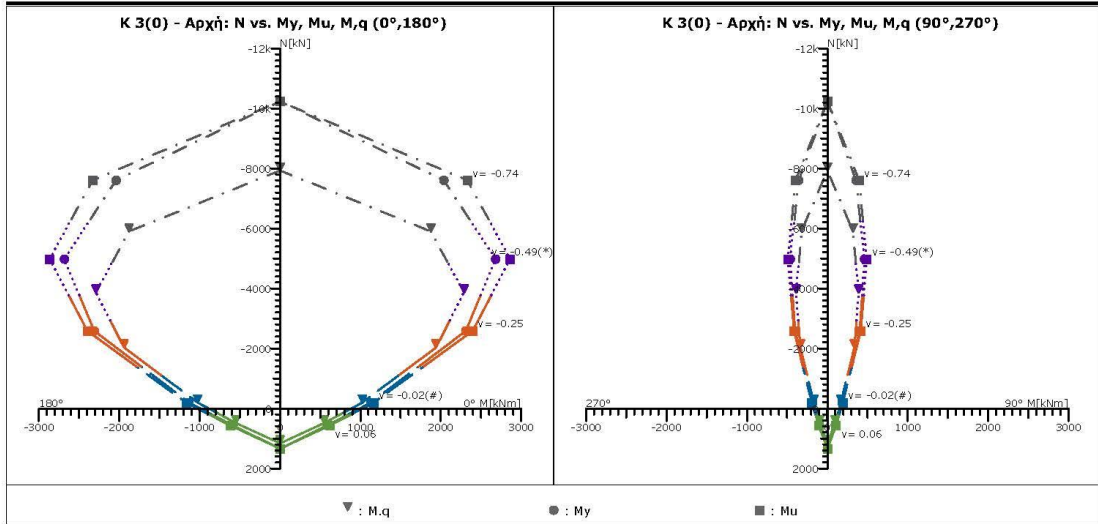
<b>Διατομή</b>	Ορθογωνική: 170/30 /d'=5.5	Μήκος=2.80 [m]	Lv γ:1.93[m]	Lv z:1.90 [m]	Μέλος: 12
<b>Μέσες Αντοχές</b>	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]		Υφιστάμενο μέλος: Κύριο
<b>Περιοχή μάτισης</b>	l <sub>o</sub> : 2.00 [m]	l <sub>oym</sub> : 0.37 [m]	f <sub>yl</sub> : 383.3 [MPa]		k=ff/f <sub>y</sub> : 1.00
<b>Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων</b>					
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
<b>Περίσφιξη:Ναι</b>	f <sub>cc</sub> :20.07 [MPa]	f <sub>ccV</sub> :14.42 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	ε <sub>cc</sub> :-2.7‰	ε <sub>cu</sub> :-8.7‰
<b>Συντ. μηχ. χαράκ. r</b>		r <sub>M</sub> = M*/M = 1.00	r <sub>dy</sub> =θy*/θy=1.00	r <sub>du</sub> =θu*/θu=1.00	r <sub>V</sub> = VR*/VR=1.00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θu: γελ=1.70 VR: γελ=1.00 - Lv=Ls: Μήκος διάτμησης

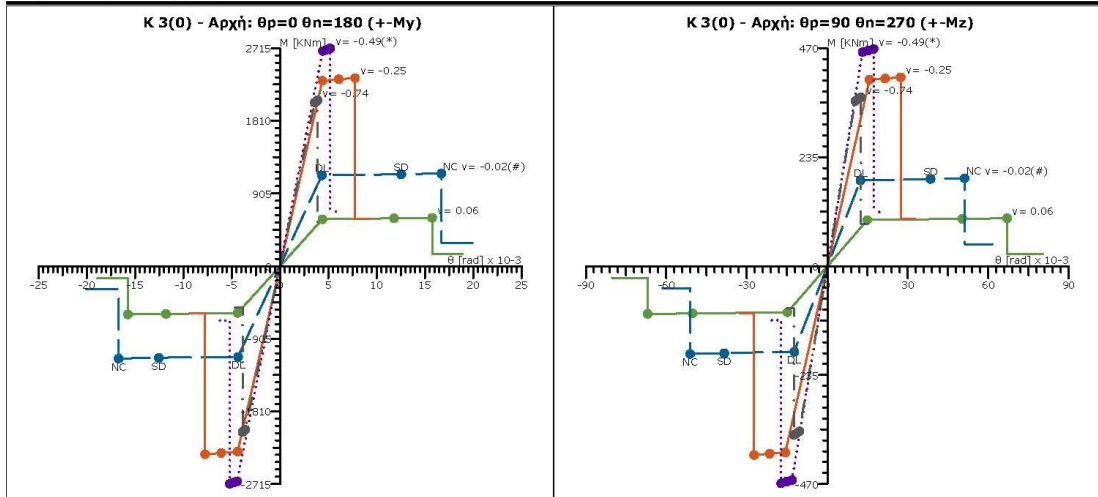
Ράβδοι οπλισμού

Διαμήκης 20Φ14+8Φ8 (34.81 cm <sup>2</sup> )	Εγκάρσιος ενισχυμένων άκρων v, l <sub>c</sub> =43cm // στη μεγάλη πλ. (Vz): 2τμ.Φ8/18.0 // στη μικρή πλ. (Vy): 2τμ.Φ8/18.0	Εσχάρες Ορ. #Φ8/18.0 Κατ. #Φ8/15.5
---	--	--

Καμπύλες Αντοχής, N-M



Καμπύλες Αντοχής, M-θ



## Αρχή: Διατμητική Αντοχή EC2-1-1 §6.2.3

cotθz [/]	VRsz [kN]	VRmaxz [kN]	cotθy [/]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]
2.50	689.1	1226.0	-	-	-

## Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	VR,squat [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή			μΔ,pl [/]	Μετά την καμπτική διαρροή		
			VR [kN]	VRmax [kN]	VR,SLS [kN]		VR [kN]	VRmax [kN]	VR,SLS [kN]
567.89	65.9	525.5	689.1	1470.7	574.2	5.12	316.0	1029.5	510.3
-198.56(#)	177.1	522.7	689.1	1544.5	968.1	5.56	367.7	1081.2	640.6
-2590.88	361.8	605.5	689.1	1867.8	1452.2	2.01	689.1	1642.8	1068.5
-4983.19(*)	361.8	577.0	689.1	1867.8	1877.7	0.99	689.1	1757.1	1581.7
-7608.99	361.8	504.4	689.1	1867.8	2592.9	0.83	689.1	1774.2	2102.4

**Υποστύλωμα : K4(1)**

Γενικά δεδομένα

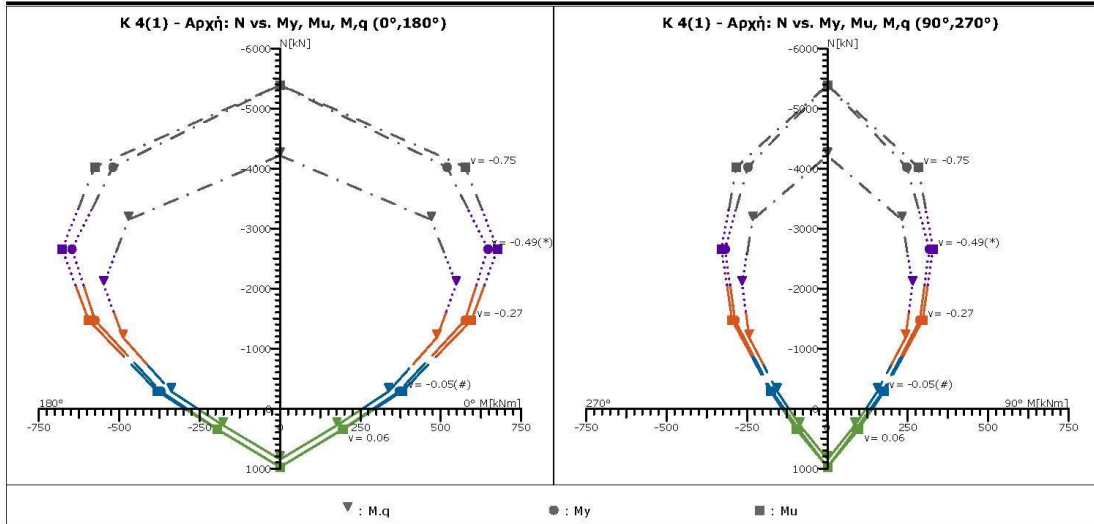
<b>Διατομή</b>	Ορθογωνική: 35/70 /d'=5,5	Μήκος=3.10 [m]	Lv γ:1.26[m]	Lv z:1.26 [m]	Μέλος: 18
<b>Μέσες Αντοχές</b>	f <sub>cm</sub> :22.50 [MPa]	f <sub>ym</sub> :460.0 [MPa]	f <sub>ywm</sub> :460.0 [MPa]		Υφιστάμενο μέλος: Κύριο
<b>Περιοχή μάτισης</b>	l <sub>o</sub> : 2.00 [m]	l <sub>oym</sub> : 0.48 [m]	f <sub>yl</sub> : 383.3 [MPa]		k=ff/f <sub>y</sub> : 1.00
<b>Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων</b>					
f <sub>c</sub> :18.75 [MPa]	f <sub>y</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :383.3 [MPa]	f <sub>c</sub> :14.42 [MPa]	f <sub>y</sub> :333.3 [MPa]	f <sub>yw</sub> :333.3 [MPa]
<b>Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων</b>					
<b>Περίσφιξη:Ναι</b>	f <sub>cc</sub> :22.00 [MPa]	f <sub>ccV</sub> :17.20 [MPa]	ε <sub>su</sub> :60.0‰	ε <sub>cc</sub> :-3.7‰	ε <sub>cu</sub> :-16.1‰
<b>Συντ. μηχ. χαρακ. r</b>		r <sub>M</sub> = M*/M =1.00	r <sub>γ</sub> =θγ*/θγ=1.00	r <sub>du</sub> =θu*/θu=1.00	r <sub>V</sub> =VR*/VR=1.00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θu: γελ=1.70 VR: γελ=1.00 - Lv=Ls: Μήκος διάτμησης

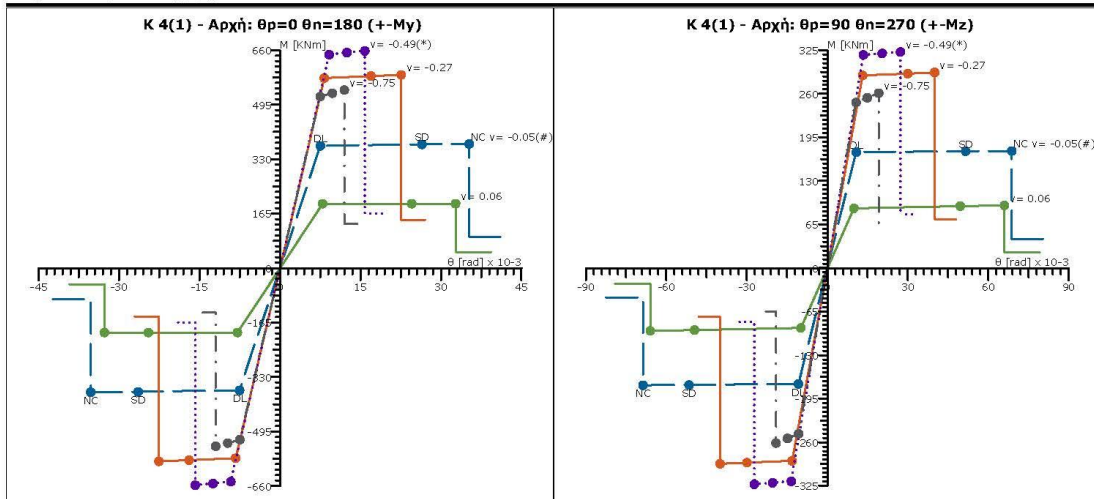
Ράβδοι οπλισμού

Διαμήκης 10Φ18 (25.45 cm <sup>2</sup> )	Εγκάρσιος // στη μεγάλη πλ. (Vz): 3τμ.Φ8/11.0 // στη μικρή πλ. (Vy): 4τμ.Φ8/11.0
---	--

Καμπύλες Αντοχής, N-M



Καμπύλες Αντοχής, M-θ



## Αρχή: Διατμητική Αντοχή EC2-1-1 §6.2.3

cotθz [ / ]	VRsz [kN]	VRmaxz [kN]	cotθy [ / ]	VRsy [kN]	VRmaxy [kN]
2.50	663.2	668.9	2.50	404.4	611.8

## Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	VRmax [kN]
343.66	42.6	663.2	-	6.03	282.2	329.1
-288.15(#)	129.9	663.2	-	6.96	344.0	362.1
-1472.08	187.7	663.2	-	3.66	512.3	512.3
-2656.00(*)	187.7	663.2	-	1.93	663.2	676.2
-4023.10	187.7	663.2	-	1.72	663.2	846.9

## Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Y

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μΔ,ρl [ / ]	VR [kN]	VRmax [kN]
343.66	53.0	404.4	-	10.36	158.8	158.8
-288.15(#)	132.9	404.4	-	9.81	176.2	176.2
-1472.08	185.8	404.4	-	4.17	252.2	252.2
-2656.00(*)	185.8	404.4	-	2.45	337.2	337.2
-4023.10	185.8	404.4	-	2.05	404.4	427.9

## 5.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Μετά την επίλυση του φορέα με την προσθήκη, εξάγονται τα παρακάτω αποτελέσματα και όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα έχει προκύψει αστοχία στη δοκό Δ 3.4 στην pilotis, στον Α και Β όροφο, καθώς και στη δοκό Δ5.1 στον Α όροφο σε κάμψη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι λόγοι επάρκειας  $\lambda$ , οι οποίοι είναι μεγαλύτεροι της μονάδας.

Οι λόγοι επάρκειας  $\lambda$  (απαίτηση / ικανότητα) μας δείχνουν την πιθανότητα ένα μέλος του φέροντος οργανισμού να έχει ξεπεράσει την οριακή τιμή γωνίας στροφής χορδής  $\theta$  ( $\lambda = \theta / \theta_{lim}$ ) ή της τέμνουσας δύναμης ( $\lambda = V / V_R$ ) όπως αυτοί αντιστοιχούν στην κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.

Για τις στάθμες DL, SD, NC και για μετατόπιση ίση με την αντίστοιχη στοχευόμενη υπολογίζονται οι λόγοι  $\lambda = \theta / \theta_{lim}$  ενώ για τη στάθμη NC υπολογίζεται και ο λόγος  $\lambda = V / V_R$ . Αναγκαία προϋπόθεση για να ικανοποιείται το κριτήριο είναι η τιμή του  $\lambda$  να είναι μικρότερη της μονάδας διαφορετικά το μέλος δεν επαρκεί για την αντίστοιχη στάθμη επιτελεστικότητας.

Επίσης από τον πίνακα φαίνεται ότι όλες οι αστοχίες προέκυψαν μόνο για την στάθμη Επιτελεστικότητας A2 – (DL), δηλαδή για περιορισμένες ζημιές και άμεση χρήση του κτιρίου, για σεισμό ο οποίος δίνει εδαφική επιτάχυνση  $a_g$  στη θεμελίωση του κτιρίου, με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργου.

Για Στάθμη Επιτελεστικότητας B1 – (SD), έχουμε δημιουργία αρθρώσεων, δηλαδή επισκευάσιμες βλάβες χωρίς κατάρρευση. Δηλαδή ικανοποιείται η Επιτελεστικότητα B1.

Όπως φαίνεται και στους πίνακες παρακάτω η δοκός 3.4 αστοχεί σε κάμψη στην pilotis (0), στον Α (1) και Β (2) όροφο με αντίστοιχα  $\lambda$ :  $\lambda(0) = 1.36$ ,  $\lambda(1) = 1,73$  και  $\lambda(2) = 1,17$ . Από τους λόγους βλέπουμε ότι η απαίτηση είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την αντοχή και συγκεκριμένα κατά 36%, 73% και 17% αντίστοιχα. Για τη δοκό 5,1 στον Α όροφο το  $\lambda = 1,08$  δηλαδή μόλις έχει ξεπεραστεί την αντοχή του κατά 8%

Για να υπάρχει μια καλύτερη εποπτεία, μετά τον πίνακα με τους λόγους επάρκειας, ακολουθούν σχέδια ξυλοτύπων με τον εντοπισμό δοκών που αστόχισαν.

Στους πίνακες καταγράφονται οι συντελεστές  $\lambda$  όχι μόνο των δοκών αλλά και των υποστυλωμάτων, τα οποία παρατηρούμε ότι δεν αστοχούν αφού το  $\lambda < 1$ .

Επίσης παρατηρούμε ότι οι αστοχίες στις δοκούς έχουν συμβεί μόνο για την Επιτελεστικότητα A2 (DL) καθώς παρατηρούμε ότι όλα τα  $\lambda > 1$  βρίσκονται στην στήλη DL.

## Pushover - Λόγοι επάρκειας μελών (Απαιτήση / Ικανότητα)

### Πίνακες δοκών

#### Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Δοκών

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL Λ	SD Λ	DL AVy	SD
Δ3.1(-1), 4(-1), κ	0.26	0.08	0.16	0.19
Δ3.1(-1), 5(-1), κ	0.47	0.09	0.24	0.26
Δ3.2(-1), 5(-1), κ	0.52	0.09	0.22	0.26
Δ3.4(-1), Λ 19(-1), κ	0.65	0.09	0.19	0.25
Δ7.1(-1), 9(-1), κ	0.32	0.19	0.15	0.20
Δ7.1(-1), 5(-1), κ	0.41	0.13	0.25	0.30
Δ7.2(-1), 5(-1), κ	0.29	0.03	0.17	0.19
Δ7.2(-1), 2(-1), κ	0.23	0.08	0.03	0.04
Δ9.1(-1), Λ 29(-1), κ	0.10	0.06	0.13	0.28
Δ9.1(-1), Λ 24(-1), κ	0.40	0.17	0.29	0.39
Δ10.1(-1), Λ 28(-1), κ	0.07	0.03	0.11	0.21
Δ10.1(-1), Λ 26(-1), κ	0.37	0.16	0.25	0.35
Δ1.1(0), Λ 13(0), κ	0.84	0.19	0.17	0.19
Δ1.1(0), 2(0), κ	0.93	0.15	0.19	0.21
Δ2.1(0), 2(0), κ	0.33	0.26	0.17	0.32
Δ2.1(0), Λ 25(0), κ	0.47	0.25	0.21	0.37
Δ2.4(0), Λ 23(0), κ	0.34	0.12	0.09	0.14
Δ2.5(0), Λ 21(0), κ	0.27	0.15	0.07	0.13
Δ3.1(0), 4(0), κ	0.71	0.18	0.20	0.24
Δ3.1(0), 5(0), κ	0.76	0.15	0.21	0.25
Δ3.2(0), 5(0), κ	0.48	0.16	0.21	0.30
Δ3.4(0), Λ 19(0), κ	1.36!	0.31	0.29	0.42
Δ4.1(0), Λ 16(0), κ	0.74	0.29	0.25	0.32
Δ4.1(0), 9(0), κ	0.68	0.37	0.25	0.34
Δ5.1(0), 9(0), κ	0.94	0.37	0.32	0.39
Δ5.1(0), Λ 18(0), κ	0.89	0.39	0.28	0.35
Δ6.3(0), Λ 15(0), κ	0.62	0.37	0.18	0.31
Δ6.3(0), 4(0), κ	0.36	0.28	0.17	0.34
Δ6.4(0), 4(0), κ	0.44	0.32	0.18	0.32
Δ6.4(0), Λ 14(0), κ	0.70	0.42	0.23	0.36
Δ7.1(0), 9(0), κ	0.40	0.21	0.19	0.25
Δ7.1(0), 5(0), κ	0.34	0.16	0.20	0.27
Δ7.2(0), 5(0), κ	0.19	0.06	0.12	0.16
Δ7.2(0), 2(0), κ	0.32	0.14	0.11	0.16
Δ8.1(0), Λ 17(0), κ	0.25	0.20	0.09	0.12
Δ8.1(0), Λ 20(0), κ	0.44	0.03	0.12	0.15
Δ8.2(0), Λ 20(0), κ	0.29	0.15	0.17	0.30
Δ8.2(0), Λ 22(0), κ	0.36	0.33	0.15	0.27
Δ1.1(1), Λ 13(1), κ	0.62	0.15	0.17	0.21
Δ1.1(1), 2(1), κ	0.85	0.14	0.18	0.21
Δ2.1(1), 2(1), κ	0.37	0.26	0.19	0.35
Δ2.1(1), Λ 25(1), κ	0.52	0.27	0.23	0.39
Δ2.4(1), Λ 23(1), κ	0.37	0.13	0.10	0.14
Δ2.5(1), Λ 21(1), κ	0.28	0.16	0.08	0.14
Δ3.1(1), 4(1), κ	0.81	0.21	0.21	0.25
Δ3.1(1), 5(1), κ	0.38	0.16	0.21	0.26
Δ3.2(1), 5(1), κ	0.45	0.16	0.21	0.30
Δ3.4(1), Λ 19(1), κ	1.73!	0.36	0.30	0.44
Δ4.1(1), Λ 16(1), κ	0.80	0.32	0.26	0.34
Δ4.1(1), 9(1), κ	0.67	0.40	0.25	0.34
Δ5.1(1), 9(1), κ	1.08!	0.43	0.34	0.40
Δ5.1(1), Λ 18(1), κ	0.83	0.43	0.29	0.37
Δ6.3(1), Λ 15(1), κ	0.72	0.39	0.21	0.33
Δ6.3(1), 4(1), κ	0.41	0.30	0.17	0.35
Δ6.4(1), 4(1), κ	0.48	0.35	0.19	0.35
Δ6.4(1), Λ 14(1), κ	0.74	0.45	0.24	0.38
Δ7.1(1), 9(1), κ	0.52	0.26	0.22	0.29
Δ7.1(1), 5(1), κ	0.29	0.14	0.19	0.27
Δ7.2(1), 5(1), κ	0.14	0.04	0.11	0.15
Δ7.2(1), 2(1), κ	0.41	0.18	0.13	0.18
Δ8.1(1), Λ 17(1), κ	0.29	0.20	0.10	0.13
Δ8.1(1), Λ 20(1), κ	0.38	0.04	0.11	0.14
Δ8.2(1), Λ 20(1), κ	0.31	0.18	0.18	0.34
Δ8.2(1), Λ 22(1), κ	0.37	0.35	0.16	0.32
Δ1.1(2), Λ 13(2), κ	0.59	0.12	0.17	0.20
Δ1.1(2), 2(2), κ	0.71	0.11	0.17	0.20
Δ2.1(2), 2(2), κ	0.36	0.19	0.18	0.30
Δ2.1(2), Λ 25(2), κ	0.51	0.22	0.23	0.34
Δ2.4(2), Λ 23(2), κ	0.43	0.10	0.12	0.16
Δ2.5(2), Λ 21(2), κ	0.18	0.10	0.06	0.11
Δ3.1(2), 4(2), κ	0.81	0.17	0.21	0.24
Δ3.1(2), 5(2), κ	0.34	0.10	0.18	0.22
Δ3.2(2), 5(2), κ	0.36	0.11	0.19	0.28
Δ3.4(2), Λ 19(2), κ	1.17!	0.24	0.29	0.42
Δ4.1(2), Λ 16(2), κ	0.90	0.27	0.24	0.29
Δ4.1(2), 9(2), κ	0.60	0.29	0.21	0.28
Δ5.1(2), 9(2), κ	0.98	0.34	0.30	0.35
Δ5.1(2), Λ 18(2), κ	0.60	0.29	0.24	0.32
Δ6.3(2), Λ 15(2), κ	0.64	0.27	0.19	0.30
Δ6.3(2), 4(2), κ	0.36	0.22	0.12	0.25
Δ6.4(2), 4(2), κ	0.38	0.27	0.14	0.28
Δ6.4(2), Λ 14(2), κ	0.57	0.32	0.20	0.34

Έργο / Pushover

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL λ	SD λ	DL AVγ	SD
Δ7.1(2), 9(2), κ	0.54	0.22	0.23	0.29
Δ7.1(2), 5(2), κ	0.26	0.12	0.16	0.22
Δ7.2(2), 5(2), κ	0.11	0.03	0.07	0.11
Δ7.2(2), 2(2), κ	0.43	0.14	0.14	0.17
Δ8.1(2), λ 17(2), κ	0.33	0.18	0.10	0.14
Δ8.1(2), λ 20(2), κ	0.18	0.03	0.11	0.14
Δ8.2(2), λ 20(2), κ	0.22	0.13	0.13	0.25
Δ8.2(2), λ 22(2), κ	0.29	0.28	0.12	0.23
Δ1.1(3), λ 13(3), κ	0.29	0.05	0.13	0.14
Δ1.1(3), 2(3), κ	0.31	0.06	0.13	0.15
Δ2.1(3), 2(3), κ	0.16	0.09	0.09	0.15
Δ2.1(3), λ 25(3), κ	0.39	0.15	0.13	0.19
Δ2.4(3), λ 23(3), κ	0.27	0.06	0.09	0.11
Δ2.5(3), λ 21(3), κ	0.10	0.05	0.04	0.06
Δ3.1(3), 4(3), κ	0.43	0.10	0.16	0.17
Δ3.1(3), 5(3), κ	0.16	0.04	0.14	0.16
Δ3.2(3), 5(3), κ	0.32	0.05	0.17	0.23
Δ3.4(3), λ 19(3), κ	0.78	0.13	0.22	0.34
Δ4.1(3), λ 16(3), κ	0.38	0.08	0.17	0.19
Δ4.1(3), 9(3), κ	0.36	0.18	0.17	0.20
Δ5.1(3), 9(3), κ	0.67	0.18	0.22	0.26
Δ5.1(3), λ 18(3), κ	0.37	0.17	0.16	0.20
Δ6.3(3), λ 15(3), κ	0.40	0.15	0.12	0.18
Δ6.3(3), 4(3), κ	0.12	0.09	0.07	0.13
Δ6.4(3), 4(3), κ	0.13	0.10	0.08	0.16
Δ6.4(3), λ 14(3), κ	0.34	0.17	0.13	0.21
Δ7.1(3), 9(3), κ	0.44	0.18	0.17	0.21
Δ7.1(3), 5(3), κ	0.12	0.07	0.11	0.15
Δ7.2(3), 5(3), κ	0.02	0.02	0.05	0.06
Δ7.2(3), 2(3), κ	0.27	0.09	0.10	0.11
Δ8.1(3), λ 17(3), κ	0.23	0.14	0.07	0.10
Δ8.1(3), λ 20(3), κ	0.10	0.03	0.08	0.10
Δ8.2(3), λ 20(3), κ	0.15	0.04	0.08	0.14
Δ8.2(3), λ 22(3), κ	0.28	0.22	0.07	0.12

**Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος Ροπή**

Στάθμη Επιπεδοστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
DL	Δ3.4(1)	Κύριο	1.73!
SD	Δ6.4(1)	Κύριο	0.45

**Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης**

Στάθμη Επιπεδοστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
DL	Δ5.1(1)	Κύριο	0.34
SD	Δ3.4(1)	Κύριο	0.44

**Πίνακες θεμελίωσης**

**Έλεγχοι Εκκεντροτήτων και τάσεων πεδλιοδοκών**

Στοιχείο [l]	e/L	?	σmax [kPa]	<	1.2*3*σση [kPa]	σση [kPa]	<	3*σση [kPa]
ΠΔ 1(-2)	0.216	<1/3	257.2	<	720.0	234.4	<	600.0
ΠΔ 2(-2)	0.318	<1/3	237.2	<	720.0	219.4	<	600.0
ΠΔ 3(-2)	0.107	<1/6	210.6	<	720.0	132.2	<	600.0
ΠΔ 4(-2)	0.081	<1/6	285.9	<	720.0	266.1	<	600.0
ΠΔ 5(-2)	0.075	<1/6	273.4	<	720.0	252.4	<	600.0
ΠΔ 6(-2)	0.213	<1/3	285.9	<	720.0	205.6	<	600.0
ΠΔ 7(-2)	0.145	<1/6	249.5	<	720.0	146.7	<	600.0
ΠΔ 8(-2)	0.275	<1/3	273.3	<	720.0	214.2	<	600.0
ΠΔ 9(-2)	0.189	<1/3	222.1	<	720.0	157.4	<	600.0
ΠΔ 10(-2)	0.165	<1/6	213.0	<	720.0	145.1	<	600.0

Όριο εμφάνισης χάλινοτος αρμού: e/L < 1/6  
 Όριο υπερβολικής εκκεντρότητας: e/L < 1/3  
 Όριο ανασηκώματος e/L < 1/2.5

**Έλεγχοι Φέρουσας Ικανότητας Εδάφους [EC7 §6.5.2]**

Στοιχείο [l]	Vd [kN]	<	VRd [kN]	A' [m2]
ΠΔ 1(-2)	1483.7	<	2456.4	6.14
ΠΔ 2(-2)	1721.0	<	3051.2	7.63
ΠΔ 3(-2)	1821.0	<	4670.7	11.68
ΠΔ 4(-2)	1598.5	<	2347.3	5.87
ΠΔ 5(-2)	2069.2	<	3160.8	7.90
ΠΔ 6(-2)	1831.6	<	3312.0	8.28
ΠΔ 7(-2)	1361.5	<	2827.7	7.07
ΠΔ 8(-2)	2239.3	<	3882.9	9.71
ΠΔ 9(-2)	705.1	<	1548.4	3.87
ΠΔ 10(-2)	650.1	<	1517.3	3.79

Σημείωση: Οι γεωτεχνικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται στη στάθμη: SD



## Πίνακες υποστυλωμάτων

## Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL λ	SD λ		DL		SD
				AV		
K1(-1), κάτω, κ	0.21	0.14	sls:	-	-	-
K1(-1), άνω, κ	0.20	0.13	z:	0.11	0.24	-
K1(0), κάτω, κ	0.20	0.23	sls:	-	-	-
K1(0), άνω, κ	0.12	0.07	z:	0.19	0.36	-
K1(1), κάτω, κ	0.16	0.11	sls:	-	-	-
K1(1), άνω, κ	0.15	0.09	z:	0.09	0.17	-
K1(2), κάτω, κ	0.15	0.03	sls:	-	-	-
K1(2), άνω, κ	0.16	0.10	z:	0.07	0.15	-
K1(3), κάτω, κ	0.13	0.05	sls:	-	-	-
K1(3), άνω, κ	0.17	0.09	z:	0.03	0.06	-
K2(-1), κάτω, κ	0.16	0.10	γ:	0.04	0.07	-
K2(-1), άνω, κ	0.17	0.09	z:	0.06	0.12	-
K2(0), κάτω, κ	0.15	0.11	γ:	0.03	0.05	-
K2(0), άνω, κ	0.17	0.02	z:	0.07	0.11	-
K2(1), κάτω, κ	0.18	0.10	γ:	0.03	0.05	-
K2(1), άνω, κ	0.29	0.10	z:	0.07	0.10	-
K2(2), κάτω, κ	0.17	0.07	γ:	0.02	0.04	-
K2(2), άνω, κ	0.27	0.09	z:	0.06	0.08	-
K2(3), κάτω, κ	0.15	0.04	γ:	0.01	0.02	-
K2(3), άνω, κ	0.25	0.07	z:	0.06	0.07	-
K3(-1), κάτω, κ	0.23	0.14	sls:	-	-	-
K3(-1), άνω, κ	0.25	0.13	z:	0.25	0.44	-
K3(0), κάτω, κ	0.34	0.26	sls:	-	-	-
K3(0), άνω, κ	0.25	0.15	z:	0.42s	0.83s	-
K3(1), κάτω, κ	0.31	0.25	sls:	-	-	-
K3(1), άνω, κ	0.29	0.23	z:	0.30	0.64	-
K3(2), κάτω, κ	0.19	0.14	sls:	-	-	-
K3(2), άνω, κ	0.22	0.16	z:	0.20	0.41	-
K3(3), κάτω, κ	0.05	0.03	sls:	-	-	-
K3(3), άνω, κ	0.06	0.05	z:	0.05	0.11	-
K4(-1), κάτω, κ	0.28	0.10	γ:	0.06	0.09	-
K4(-1), άνω, κ	0.14	0.08	z:	0.06	0.12	-
K4(0), κάτω, κ	0.21	0.12	γ:	0.07	0.10	-
K4(0), άνω, κ	0.15	0.05	z:	0.07	0.14	-
K4(1), κάτω, κ	0.23	0.12	γ:	0.07	0.10	-
K4(1), άνω, κ	0.23	0.11	z:	0.08	0.16	-
K4(2), κάτω, κ	0.23	0.09	γ:	0.07	0.08	-
K4(2), άνω, κ	0.25	0.11	z:	0.06	0.12	-
K4(3), κάτω, κ	0.20	0.05	γ:	0.06	0.08	-
K4(3), άνω, κ	0.24	0.10	z:	0.05	0.09	-
K5(-1), κάτω, κ	0.11	0.14	γ:	0.05	0.10	-
K5(-1), άνω, κ	0.11	0.07	z:	0.05	0.08	-
K5(0), κάτω, κ	0.16	0.12	γ:	0.09	0.17	-
K5(0), άνω, κ	0.16	0.11	z:	0.11	0.19	-
K5(1), κάτω, κ	0.28	0.21	γ:	0.13	0.24	-
K5(1), άνω, κ	0.29	0.23	z:	0.13	0.24	-
K5(2), κάτω, κ	0.27	0.20	γ:	0.10	0.19	-
K5(2), άνω, κ	0.28	0.20	z:	0.10	0.18	-
K5(3), κάτω, κ	0.21	0.14	γ:	0.07	0.13	-
K5(3), άνω, κ	0.22	0.17	z:	0.08	0.13	-
K6(-1), κάτω, κ	0.22	0.14	sls:	-	-	-
K6(-1), άνω, κ	0.22	0.11	z:	0.30	0.52	-
K6(0), κάτω, κ	0.20	0.18	sls:	-	-	-
K6(0), άνω, κ	0.10	0.05	z:	0.18	0.34	-
K6(1), κάτω, κ	0.16	0.08	sls:	-	-	-
K6(1), άνω, κ	0.12	0.05	z:	0.06	0.13	-
K6(2), κάτω, κ	0.11	0.05	sls:	-	-	-
K6(2), άνω, κ	0.10	0.07	z:	0.05	0.11	-
K6(3), κάτω, κ	0.04	0.01	sls:	-	-	-
K6(3), άνω, κ	0.06	0.04	z:	0.03	0.06	-
K7(-1), κάτω, κ	0.29	0.18	sls:	-	-	-
K7(-1), άνω, κ	0.15	0.06	z:	0.24	0.40	-
K7(0), κάτω, κ	0.24	0.13	sls:	-	-	-
K7(0), άνω, κ	0.24	0.10	z:	0.14s	0.26s	-
K7(1), κάτω, κ	0.29	0.16	sls:	-	-	-
K7(1), άνω, κ	0.31	0.12	z:	0.15	0.28	-
K7(2), κάτω, κ	0.26	0.11	sls:	-	-	-
K7(2), άνω, κ	0.29	0.16	z:	0.11	0.18	-
K7(3), κάτω, κ	0.20	0.09	sls:	-	-	-
K7(3), άνω, κ	0.23	0.10	z:	0.07	0.10	-
K8(-1), κάτω, κ	0.21	0.13	sls:	-	-	-
K8(-1), άνω, κ	0.19	0.12	z:	0.13	0.24	-
K8(0), κάτω, κ	0.27	0.23	sls:	-	-	-
K8(0), άνω, κ	0.17	0.10	z:	0.13	0.24	-
K8(1), κάτω, κ	0.27	0.10	sls:	-	-	-
K8(1), άνω, κ	0.27	0.09	z:	0.07	0.13	-
K8(2), κάτω, κ	0.24	0.04	sls:	-	-	-
K8(2), άνω, κ	0.27	0.13	z:	0.05	0.10	-
K8(3), κάτω, κ	0.19	0.05	sls:	-	-	-
K8(3), άνω, κ	0.25	0.10	z:	0.02	0.04	-
K9(-1), κάτω, κ	0.30	0.22	γ:	0.13	0.23	-
K9(-1), άνω, κ	0.16	0.17	z:	0.17	0.25	-
K9(0), κάτω, κ	0.19	0.23	γ:	0.09	0.14	-
K9(0), άνω, κ	0.04	0.05	z:	0.07	0.13	-
K9(1), κάτω, κ	0.10	0.10	γ:	0.06	0.09	-
K9(1), άνω, κ	0.11	0.07	z:	0.05	0.11	-
K9(2), κάτω, κ	0.10	0.03	γ:	0.06	0.08	-

Έργο / Pushover

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL	SD		DL	SD
	λ	λ		λV	λ
K9(2), άνω, κ	0.14	0.11	z:	0.04	0.08
K9(3), κάτω, κ	0.06	0.03	γ:	0.05	0.07
K9(3), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.02	0.04
K10(-1), κάτω, κ	0.24	0.19	sls:	-	-
K10(-1), άνω, κ	0.35	0.20	z:	0.23	0.45
K10(0), κάτω, κ	0.39	0.32	sls:	-	-
K10(0), άνω, κ	0.09	0.12	z:	0.18	0.34
K10(1), κάτω, κ	0.15	0.10	sls:	-	-
K10(1), άνω, κ	0.09	0.07	z:	0.10	0.16
K10(2), κάτω, κ	0.08	0.05	sls:	-	-
K10(2), άνω, κ	0.10	0.12	z:	0.08	0.12
K10(3), κάτω, κ	0.07	0.05	sls:	-	-
K10(3), άνω, κ	0.09	0.07	z:	0.04	0.05
K11(-1), κάτω, κ	0.25	0.06	sls:	-	-
K11(-1), άνω, κ	0.17	0.07	z:	0.20	0.32
K11(0), κάτω, κ	0.16	0.10	sls:	-	-
K11(0), άνω, κ	0.14	0.09	z:	0.14	0.33
K11(1), κάτω, κ	0.28	0.21	sls:	-	-
K11(1), άνω, κ	0.22	0.16	z:	0.23	0.40
K11(2), κάτω, κ	0.17	0.11	sls:	-	-
K11(2), άνω, κ	0.15	0.10	z:	0.17	0.31
K11(3), κάτω, κ	0.04	0.02	sls:	-	-
K11(3), άνω, κ	0.04	0.02	z:	0.04	0.06
K12(-1), κάτω, κ	0.13	0.05	sls:	-	-
K12(-1), άνω, κ	0.07	0.03	z:	0.12	0.17
K12(0), κάτω, κ	0.12	0.09	sls:	-	-
K12(0), άνω, κ	0.16	0.11	z:	0.12	0.25
K12(1), κάτω, κ	0.18	0.15	sls:	-	-
K12(1), άνω, κ	0.17	0.12	z:	0.18	0.34
K12(2), κάτω, κ	0.13	0.09	sls:	-	-
K12(2), άνω, κ	0.12	0.08	z:	0.13	0.26
K12(3), κάτω, κ	0.05	0.04	sls:	-	-
K12(3), άνω, κ	0.05	0.02	z:	0.04	0.07

sls: Διατμητική ολίσθηση VR,SLS [KAN.ΕΠ.Ε. ΠΑΡ. 7Γ (Γ.6)].

s: Κοντά τοιχώματα VR,squat [KAN.ΕΠ.Ε. ΠΑΡ. 7Γ (Γ.15)].

#### Μέγιστα λόγω επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος Ροπής

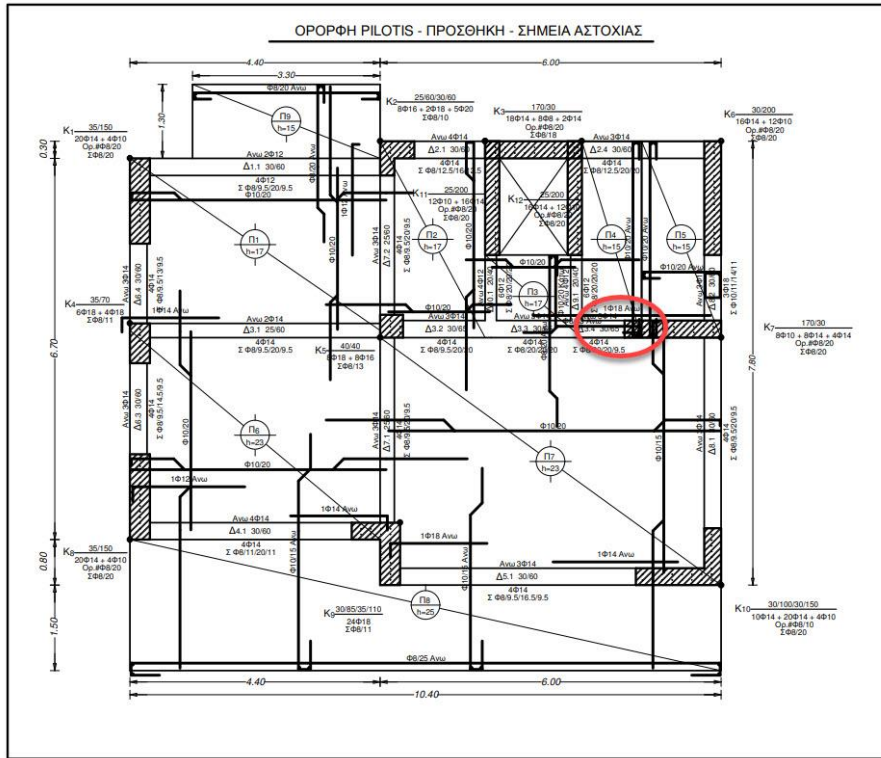
Στάθμη Επιπέδοστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
DL	K10(0)	Κύριο	0.39
SD	K10(0)	Κύριο	0.32

#### Μέγιστα λόγω επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης

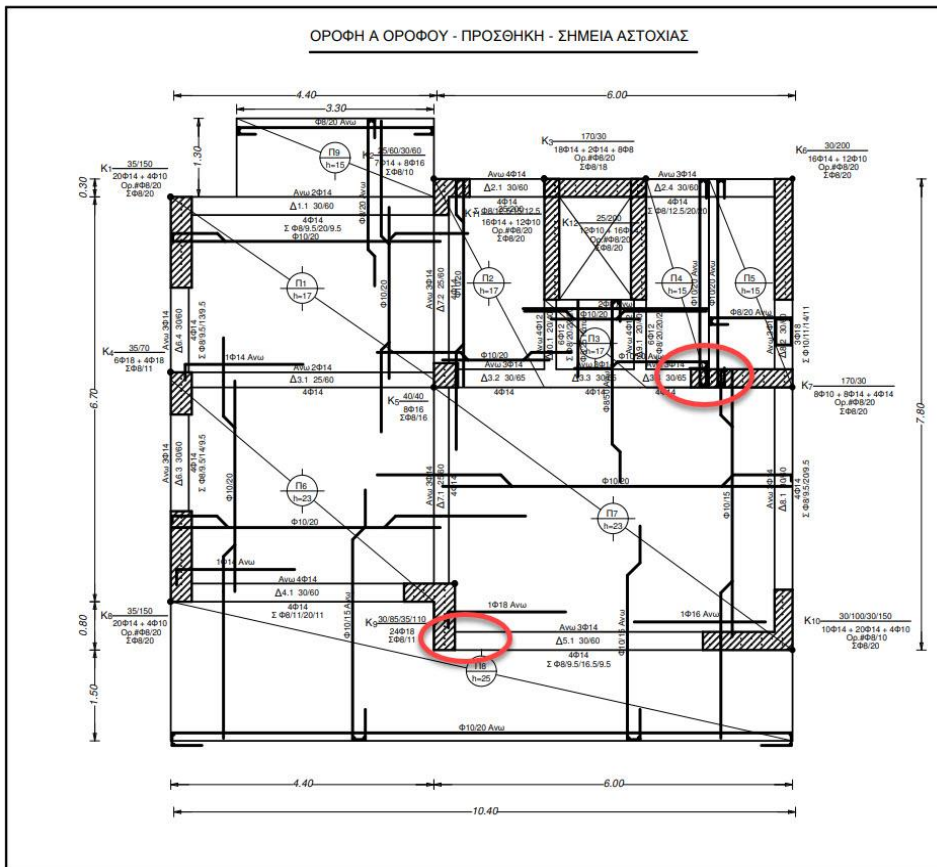
Στάθμη Επιπέδοστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
DL	K3(0)	Κύριο	0.42 (squat)
SD	K3(0)	Κύριο	0.83 (squat)

# Ξυλότυποι – Εντοπισμός Αστοχιών

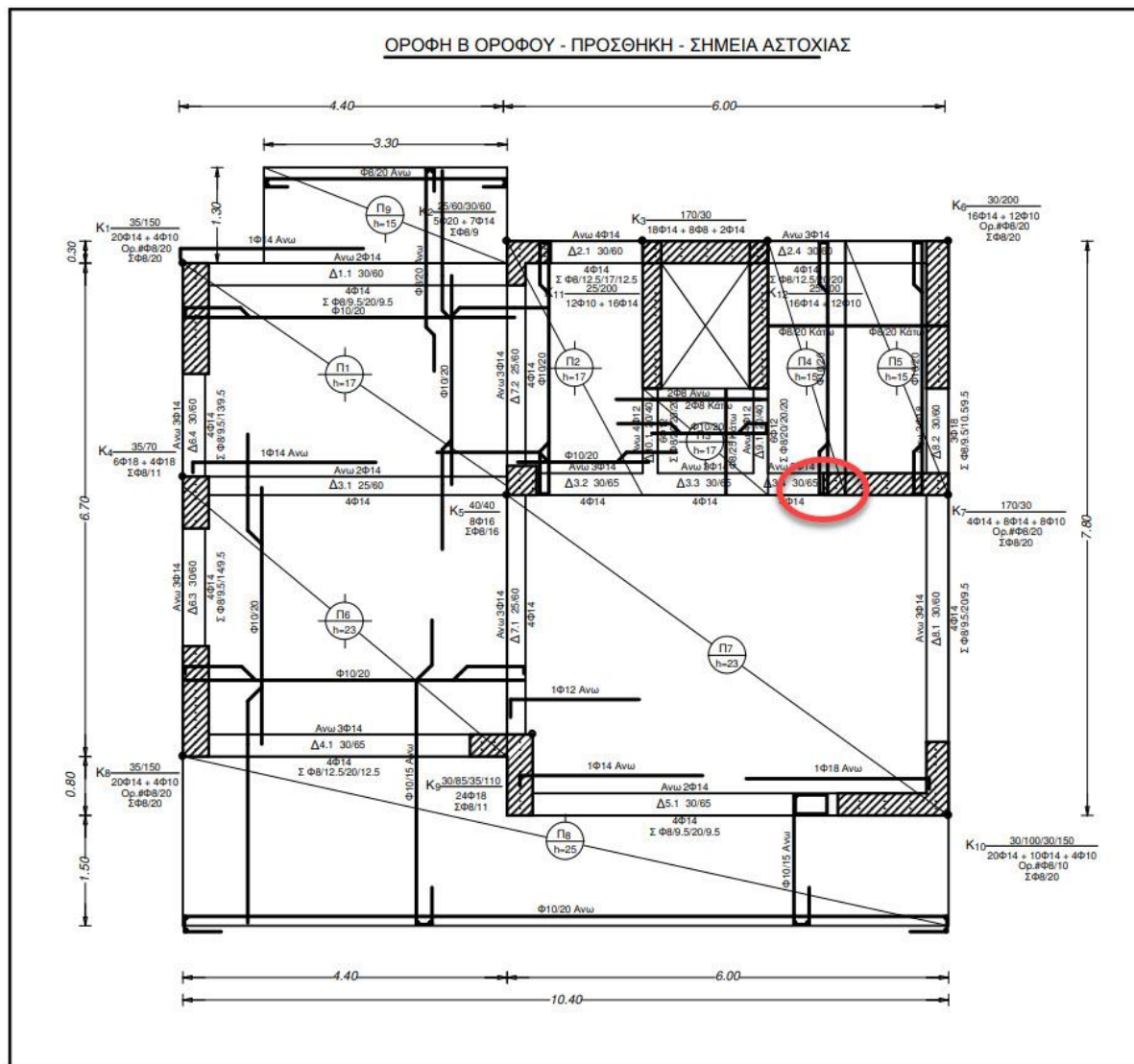
## Ξυλότυπος Pilotis Εντοπισμός Αστοχίας – Δοκός 3.4



## Ξυλότυπος Α ορόφου - Εντοπισμός Αστοχιών - Δοκός 3.4 και Δοκός 5.1



## Ξυλότυπος Β ορόφου – Εντοπισμός Αστοχίας



Παρακάτω φαίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα τις καμπύλης ικανότητας της κατασκευής για ορθογωνική κατανομή οριζόντιου φορτίου και για ιδιομορφική.

Επίσης φαίνονται τα διαγράμματα απαίτησης – ικανότητας για κάθε περίπτωση φόρτισης και για κάθε επιτελεστικότητα, καθώς και η στοχευόμενη μετακίνηση.

Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι για ιδιομορφική φόρτιση κατά τον άξονα +X και -X προκύπτει αντίστοιχα, μετακίνηση του κόμβου K5, στο επίπεδο της πλάκας της προσθήκης : +4cm και -4,2cm.

Αντίστοιχα για ιδιομορφική φόρτιση κατά τον άξονα +Z και -Z προκύπτει μετακίνηση +4,8cm και -3,9cm.

## Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 16 αναλύσεων

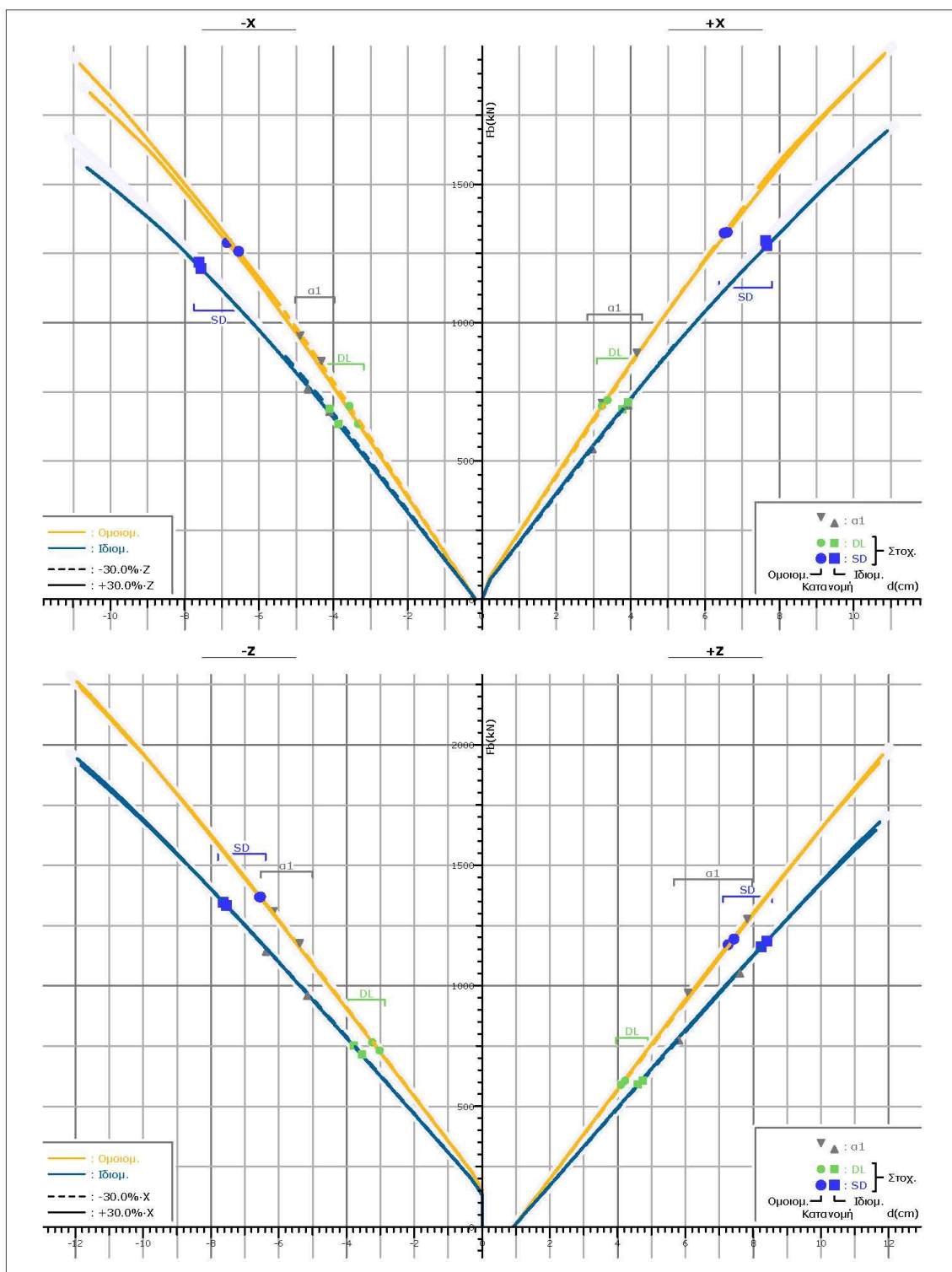
### Στάθμη επιτελεστικότητας DL

<b>1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt</b>			
<b>X:</b>	<b>+4.0cm</b> -4.2cm	<i>0°-30%-270°, Ιδιομορφική</i> <i>180°+30%-90°, Ιδιομορφική</i>	<b>Z:</b>
			<b>+4.8cm</b> -3.9cm
			<i>90°-30%-180°, Ιδιομορφική</i> <i>270°-30%-180°, Ιδιομορφική</i>
<b>2. Στοιχειώμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)</b>			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	0.93	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (=q_n) =$	1.00	
Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.00	<i>270°-30%-180°, Ιδιομορφική</i>
<b>3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)</b>			
Πλαστιμότητας $q_u (=q_n)$ και υπεραντοχής $q_s (=q_u)$	$q_u =$	1.00	$q_s =$ 1.00
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_u \cdot q_s =$	1.00
			<i>0°+30%-90°, Ομοιόμορφη</i>
<b>4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]</b>			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_s =$	$\mu_d / q_u =$	1.00
	$= 1.00 / 1.00 =$		<i>270°-30%-180°, Ιδιομορφική</i>
<b>5. Ικανότητα επιτάχυνσης για <math>\lambda_{max} = 1</math></b>			
	$\max a_g (DL) =$	0.064	<i>0°+30%-90°, Ιδιομορφική</i>
<b>6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]</b>			
	$\max a_g / a_{gr} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \cdot \max T_R = (\max a_g / a_{gr})^k \cdot T_{LR}$		<i>[EC8-2 (A.3)]</i>
Περίοδος επαναφοράς DL	$\max T_R (DL) = (0.064/0.160)^{3.0} \cdot 475 =$	30 έτη	$< 72 !$
	$p = 1 - e^{-T_i / \max T_R}$		<i>[EC8-1§2.1(1)]</i>
Πιθανότητα υπέρβασης DL σε 50 έτη	$P(DL) = 1 - e^{-50/30} =$	81.09%	$> 50% !$
Δεν ικανοποιείται κανένας στόχος του Πίνακα 2.1 του ΚΑΝΕΠΕ.			

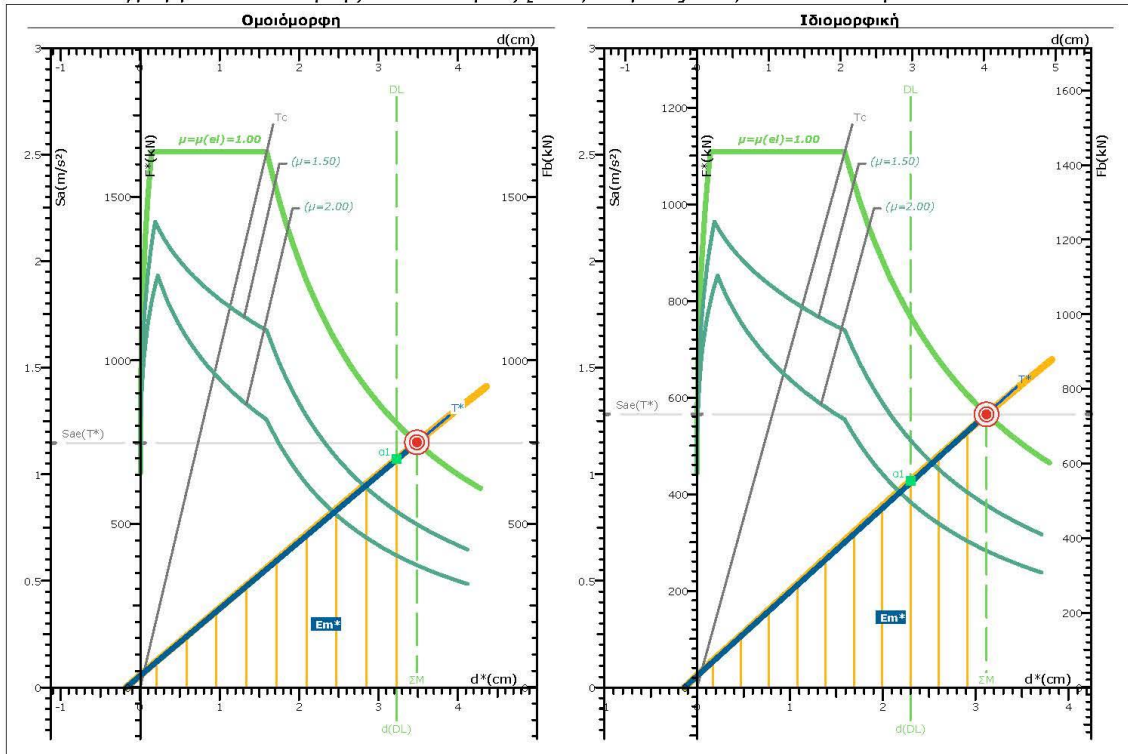
### Στάθμη επιτελεστικότητας SD

<b>1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt</b>			
<b>X:</b>	<b>+7.7cm</b> -8.0cm	<i>0°+30%-90°, Ιδιομορφική</i> <i>180°+30%-90°, Ιδιομορφική</i>	<b>Z:</b>
			<b>+8.6cm</b> -7.8cm
			<i>90°-30%-180°, Ιδιομορφική</i> <i>270°-30%-180°, Ιδιομορφική</i>
<b>2. Στοιχειώμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)</b>			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	1.00	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (=q_n) =$	1.05	
Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.05	<i>0°+30%-90°, Ιδιομορφική</i>
<b>3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)</b>			
Πλαστιμότητας $q_u (=q_n)$ και υπεραντοχής $q_s (=q_u)$	$q_u =$	1.08	$q_s =$ 2.04
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_u \cdot q_s =$	2.21
			<i>270°+30%-0°, Ιδιομορφική</i>
<b>4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]</b>			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_s =$	$\mu_d / q_u =$	1.00
	$= 1.00 / 1.00 =$		<i>270°-30%-180°, Ιδιομορφική</i>
<b>5. Ικανότητα επιτάχυνσης για <math>\lambda_{max} = 1</math></b>			
	$\max a_g (SD) =$	0.276	<i>270°-30%-180°, Ιδιομορφική</i>
	$\max a_g (VR) =$	0.193	<i>0°-30%-270°, Ομοιόμορφη</i>
<b>6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]</b>			
	$\max a_g / a_{gr} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \cdot \max T_R = (\max a_g / a_{gr})^k \cdot T_{LR}$		<i>[EC8-2 (A.3)]</i>
Περίοδος επαναφοράς SD	$\max T_R (SD) = (0.276/0.160)^{3.0} \cdot 475 =$	2444 έτη	$> 475 (ok)$
Περίοδος επαναφοράς VR	$\max T_R (VR) = (0.193/0.160)^{3.0} \cdot 475 =$	829 έτη	$> 475 (ok)$
	$p = 1 - e^{-T_i / \max T_R}$		<i>[EC8-1§2.1(1)]</i>
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	$P(SD) = 1 - e^{-50/2444} =$	2.02%	$< 10% (ok)$
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	$P(VR) = 1 - e^{-50/829} =$	5.85%	$< 10% (ok)$
Στόχοι που ικανοποιούνται:	<b>B1</b> : $P(SD), P(VR) < 10\%$	και	<b>B2</b> : $P(SD), P(VR) < 50\%$ <span style="float: right;"><i>[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]</i></span>

Συγκεντρωτικά διαγράμματα F-d των 16 αναλύσεων



Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. DL, κατεύθυνση 0°+30%-90°.

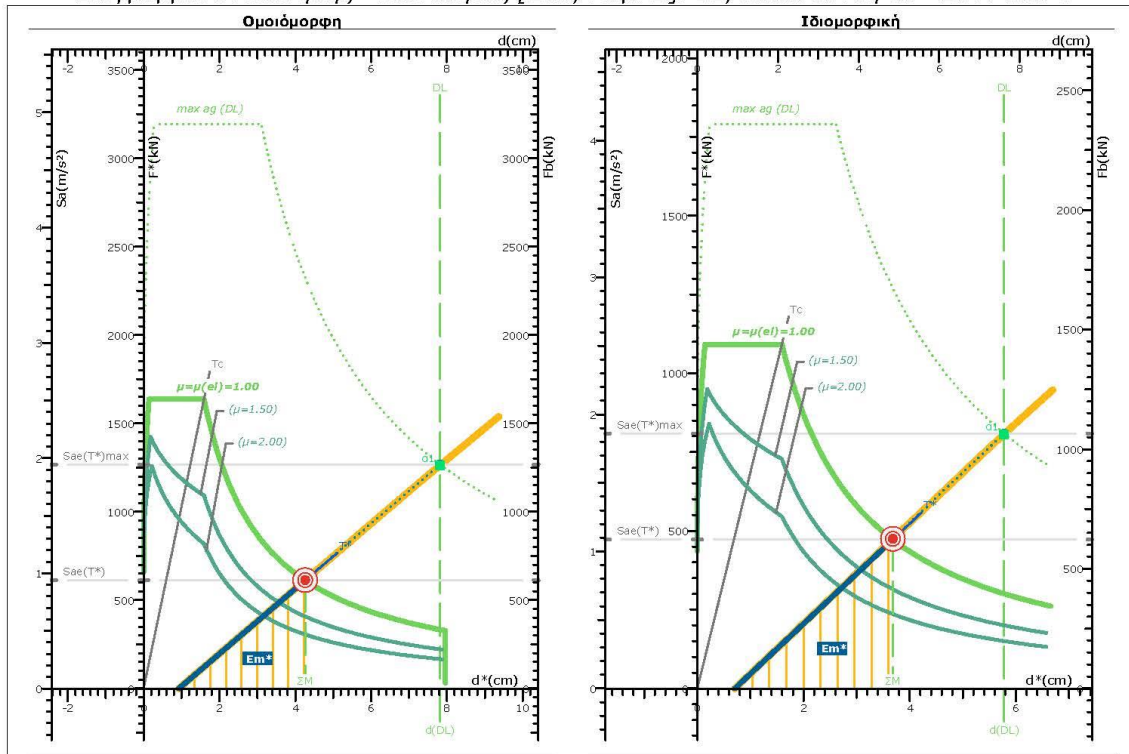


**Καυχή pushover και η αντίστοιχη δυναμική καυχή ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάσης  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα.

<b>1.</b>	<b>Μάζα <math>m^*</math> και περίοδος <math>T^*</math> μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας <math>\mu</math>.</b>	
$m^* = 652.2 \text{tn}, \Gamma = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$	$m^* = 441.3 \text{tn}, \Gamma = 1.29$
$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{3.48 \text{cm}}{1.15 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.10 \text{s}$	$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$	$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{3.12 \text{cm}}{1.28 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.98 \text{s}$
$q_u = 1.00$	$S_{ay} > S_{an}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$	$q_u = 1.00$
<b>2.</b>	<b>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας <math>\mu_d</math>.</b>	
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
<b>3.</b>	<b>Στοχευόμενη μετατόπιση <math>dt</math>.</b>	
$dy^* = 2 \left( 3.48 \text{cm} - \frac{1303.2 \text{cm} \cdot \text{kN}}{748.08 \text{kN}} \right) = 3.48 \text{cm}$	$dy^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$	$dy^* = 2 \left( 3.12 \text{cm} - \frac{881.9 \text{cm} \cdot \text{kN}}{565.61 \text{kN}} \right) = 3.12 \text{cm}$
$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$	$C_1 = \mu_d / q_u$	$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$
$d_{et}^* = 1.15 \text{m/s}^2 \cdot \left[ \frac{1.10 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 3.48 \text{cm}$	$d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[ \frac{T^*}{2\pi} \right]^2$	$d_{et}^* = 1.28 \text{m/s}^2 \cdot \left[ \frac{0.98 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 3.12 \text{cm}$
$dt^* = 1.00 \cdot 3.48 \text{cm} = 3.48 \text{cm}$	$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$	$dt^* = 1.00 \cdot 3.12 \text{cm} = 3.12 \text{cm}$
$dy = 3.48 \text{cm}, dt = 3.48 \text{cm}$	$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy = 4.04 \text{cm}, dt = 4.04 \text{cm}$
<b>4.</b> $\max a_g = 0.079 < 0.085$ (I)	<b>Μέγιστη επιτάχυνση <math>\max a_g</math> για <math>\lambda_{\max} = 1</math> και επιτελεστικότητα DL.</b>	$\max a_g = 0.064 < 0.085$ (I)
<b>5.</b>	<b>Παράγοντας υπεραντοχής <math>q_s</math>.</b>	
$q_s = \frac{1.15 \text{m/s}^2}{1.07 \text{m/s}^2} = 1.07$	$q_s = q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{1.28 \text{m/s}^2}{0.97 \text{m/s}^2} = 1.32$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. DL, κατεύθυνση 90°-30%-180°.



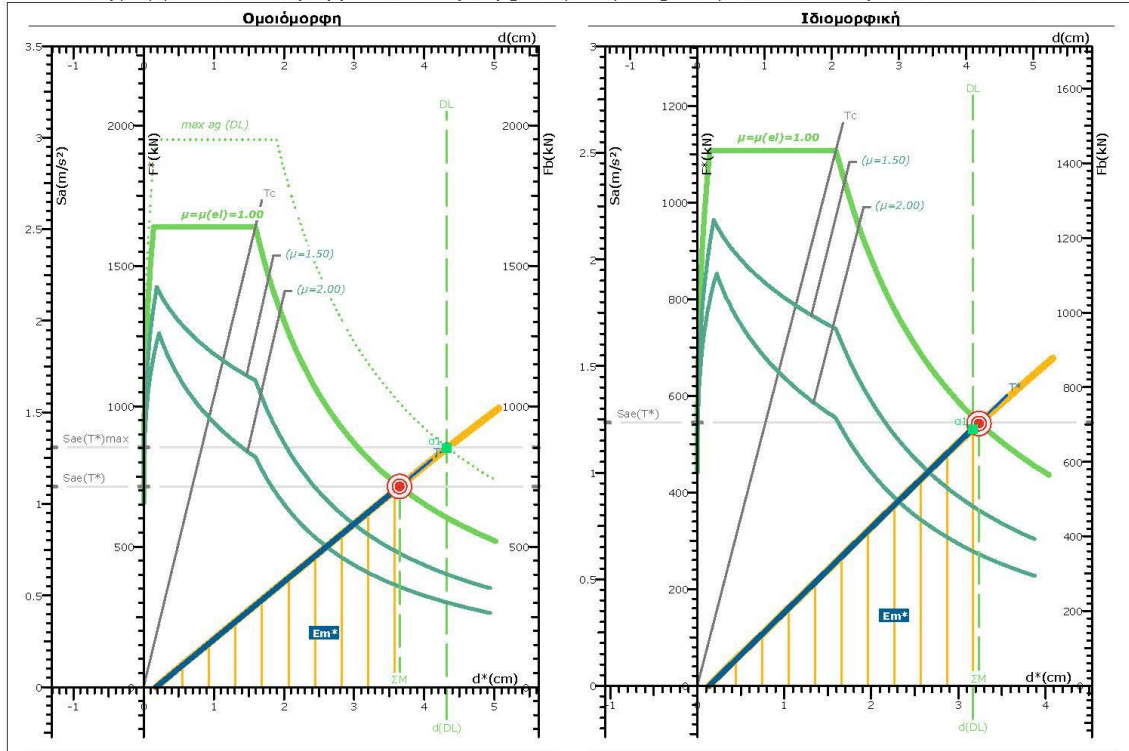
**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη διγραμμική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάση  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα.

<p><b>1.</b> Μάζα <math>m^*</math> και περίοδος <math>T^*</math> μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας <math>q_u</math>.</p> <p><math>m^* = 652.2tn, \Gamma = 1.00</math></p> <p><math>T^* = 2n \sqrt{\frac{4.26cm}{0.94 \cdot 10^{-2}cm/s^2}} = 1.34s</math></p> <p><math>q_u = 1.00</math></p>	<p><math display="block">\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}</math></p> <p><math display="block">T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}</math></p> <p><math>S_{ay} &gt; S_{as}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1</math></p>	<p><math>m^* = 434.7tn, \Gamma = 1.32</math></p> <p><math>T^* = 2n \sqrt{\frac{3.68cm}{1.09 \cdot 10^{-2}cm/s^2}} = 1.16s</math></p> <p><math>q_u = 1.00</math></p>
<p><b>2.</b> Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας <math>\mu_d</math>.</p> <p><math>\mu_d = 1.00</math></p>	<p><math>T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u</math></p>	<p><math>\mu_d = 1.00</math></p>
<p><b>3.</b> Στοχευόμενη μετατόπιση <math>dt</math>.</p> <p><math>dy^* = 2 \left( 4.26cm - \frac{1303.2cm \cdot kN}{612.06kN} \right) = 4.26cm</math></p> <p><math>C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</math></p> <p><math>d_{et}^* = 0.94m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.34s}{2n} \right]^2 = 4.26cm</math></p> <p><math>dt^* = 1.00 \cdot 4.26cm = 4.26cm</math></p> <p><math>dy = 4.26cm, dt = 4.26cm</math></p>	<p><math display="block">dy^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)</math></p> <p><math display="block">C_1 = \mu_d/q_u</math></p> <p><math display="block">d_{et}^* = S_e(T^*) \left[ \frac{T^*}{2n} \right]^2</math></p> <p><math display="block">dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*</math></p> <p><math display="block">dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*</math></p>	<p><math>dy^* = 2 \left( 3.68cm - \frac{868.7cm \cdot kN}{472.32kN} \right) = 3.68cm</math></p> <p><math>C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</math></p> <p><math>d_{et}^* = 1.09m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.16s}{2n} \right]^2 = 3.68cm</math></p> <p><math>dt^* = 1.00 \cdot 3.68cm = 3.68cm</math></p> <p><math>dy = 4.85cm, dt = 4.85cm</math></p>
<p><b>4.</b> Μέγιστη επιτάχυνση <math>max a_g</math> για <math>\lambda_{max} = 1</math> και επιτελεστικότητα DL.</p> <p><math>max a_g = 0.166 \geq 0.085</math> (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση <math>max a_g</math> για <math>\lambda_{max} = 1</math> και επιτελεστικότητα DL.</p>	<p><math>max a_g = 0.140 \geq 0.085</math> (ok)</p>
<p><b>5.</b> Παράγοντας υπεραντοχής <math>q_s</math>.</p> <p><math>q_s = 1.0</math></p>	<p><math display="block">q_s = q_u = \frac{S_{a_y}}{S_{a_1}} \geq 1.0</math></p>	<p><math>q_s = 1.0</math></p>



Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. DL, κατεύθυνση 180°-30%·270°.

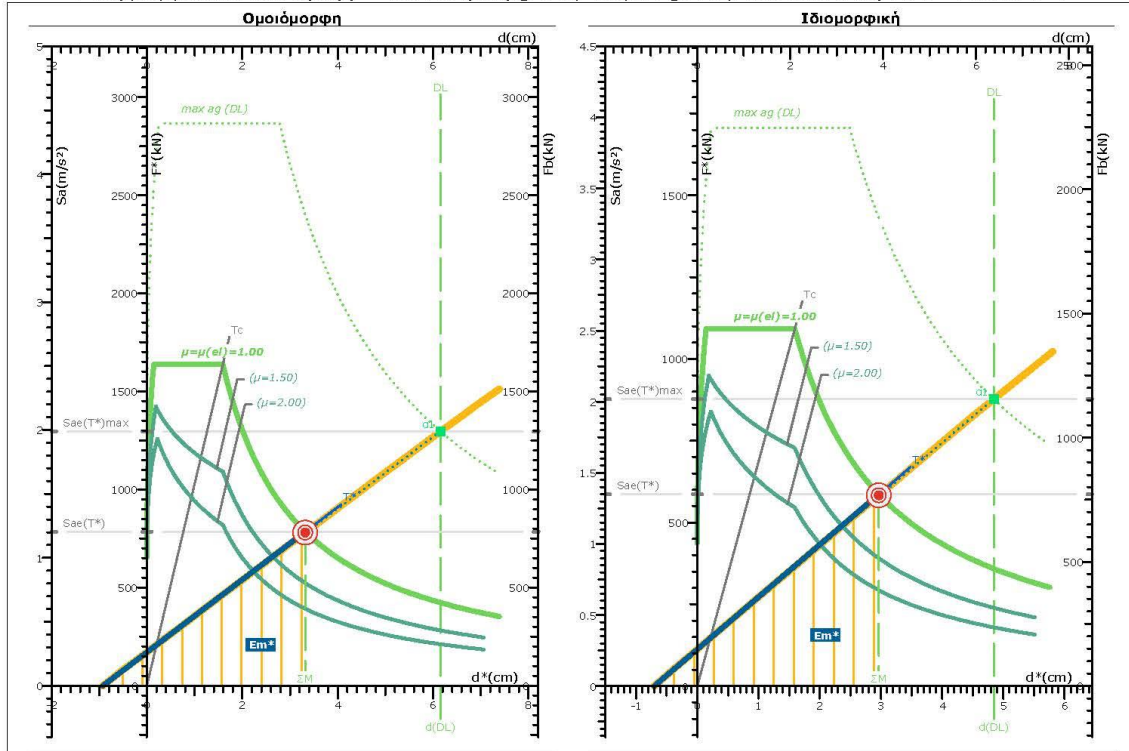


**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη διαγραμματική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάσης  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα.

<p><b>1.</b> Μάζα <math>m^*</math> και περίοδος <math>T^*</math> μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας <math>q_u</math>.</p> <p><math>m^* = 652.2 \text{tn}</math>, <math>\Gamma = 1.00</math></p> <p><math>T^* = 2\pi \sqrt{\frac{3.65 \text{cm}}{1.10 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.15 \text{s}</math></p> <p><math>q_u = 1.00</math></p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p><math>S_{ay} &gt; S_{as}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1</math></p>	<p><math>m^* = 441.3 \text{tn}</math>, <math>\Gamma = 1.29</math></p> <p><math>T^* = 2\pi \sqrt{\frac{3.24 \text{cm}}{1.24 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.02 \text{s}</math></p> <p><math>q_u = 1.00</math></p>
<p><b>2.</b> Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας <math>\mu_d</math>.</p> <p><math>\mu_d = 1.00</math></p>	<p><math>T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u</math></p>	<p><math>\mu_d = 1.00</math></p>
<p><b>3.</b> Στοχευόμενη μετατόπιση <math>dt</math>.</p> <p><math>dy^* = 2 \left( 3.65 \text{cm} - \frac{1303.2 \text{cm} \cdot \text{kN}}{714.86 \text{kN}} \right) = 3.65 \text{cm}</math></p> <p><math>C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</math></p> <p><math>d_{et}^* = 1.10 \text{m/s}^2 \cdot \left[ \frac{1.15 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 3.65 \text{cm}</math></p> <p><math>dt^* = 1.00 \cdot 3.65 \text{cm} = 3.65 \text{cm}</math></p> <p><math>dy = 3.65 \text{cm}</math>, <math>dt = 3.65 \text{cm}</math></p>	$dy^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 = \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[ \frac{T^*}{2\pi} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p><math>dy^* = 2 \left( 3.24 \text{cm} - \frac{881.9 \text{cm} \cdot \text{kN}}{545.11 \text{kN}} \right) = 3.24 \text{cm}</math></p> <p><math>C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</math></p> <p><math>d_{et}^* = 1.24 \text{m/s}^2 \cdot \left[ \frac{1.02 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 3.24 \text{cm}</math></p> <p><math>dt^* = 1.00 \cdot 3.24 \text{cm} = 3.24 \text{cm}</math></p> <p><math>dy = 4.19 \text{cm}</math>, <math>dt = 4.19 \text{cm}</math></p>
<p><b>4.</b> Μέγιστη επιτάχυνση <math>\max a_g</math> για <math>\lambda_{\max} = 1</math> και επιτελεστικότητα DL.</p> <p><math>\max a_g = 0.102 \geq 0.085</math> (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση <math>\max a_g</math> για <math>\lambda_{\max} = 1</math> και επιτελεστικότητα DL.</p> <p><math>\max a_g = 0.084 &lt; 0.085</math> (!)</p>	<p><math>\max a_g = 0.084 &lt; 0.085</math> (!)</p>
<p><b>5.</b> Παράγοντας υπεραντοχής <math>q_s</math>.</p> <p><math>q_s = 1.0</math></p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής <math>q_s</math>.</p> <p><math>q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0</math></p>	<p><math>q_s = \frac{1.24 \text{m/s}^2}{1.20 \text{m/s}^2} = 1.03</math></p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. DL, κατεύθυνση 270°+30%-0°.

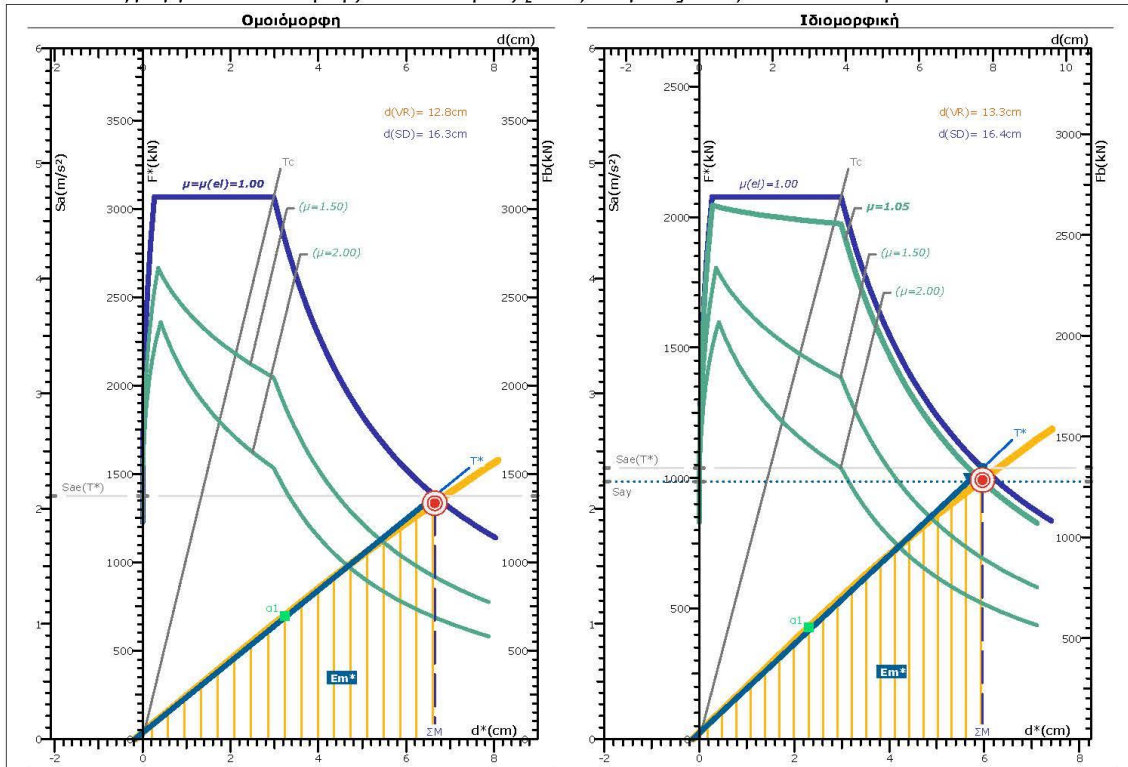


**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη διγραμμική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου **d** και η τέμνουσα βάσης **Fb** αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη **F\*** και η μετατόπιση **d\*** αφορούν το ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα.

<p><b>1.</b> Μάζα <b>m*</b> και περίοδος <b>T*</b> μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας <b>q<sub>u</sub></b>.</p> <p><math>m^* = 652.2tn, \Gamma = 1.00</math></p> <p><math>T^* = 2n \sqrt{\frac{3.32cm}{1.20 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.04s</math></p> <p><math>q_u = 1.00</math></p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{Say}}$ $S_{ax} > S_{as}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$	<p><math>m^* = 434.7tn, \Gamma = 1.32</math></p> <p><math>T^* = 2n \sqrt{\frac{2.96cm}{1.35 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.93s</math></p> <p><math>q_u = 1.00</math></p>
<p><b>2.</b> Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας <b>μ<sub>d</sub></b>.</p> <p><math>\mu_d = 1.00</math></p>	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	<p><math>\mu_d = 1.00</math></p>
<p><b>3.</b> Στοχευόμενη μετατόπιση <b>dt</b>.</p> <p><math>dy^* = 2 \left( 3.32cm - \frac{1303.2cm \cdot kN}{785.41kN} \right) = 3.32cm</math></p> <p><math>C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</math></p> <p><math>d_{et}^* = 1.20m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.04s}{2n} \right]^2 = 3.32cm</math></p> <p><math>dt^* = 1.00 \cdot 3.32cm = 3.32cm</math></p> <p><math>dy = 3.32cm, dt = 3.32cm</math></p>	$C_1 = \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[ \frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p><math>dy^* = 2 \left( 2.96cm - \frac{868.7cm \cdot kN}{586.52kN} \right) = 2.96cm</math></p> <p><math>C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</math></p> <p><math>d_{et}^* = 1.35m/s^2 \cdot \left[ \frac{0.93s}{2n} \right]^2 = 2.96cm</math></p> <p><math>dt^* = 1.00 \cdot 2.96cm = 2.96cm</math></p> <p><math>dy = 3.90cm, dt = 3.90cm</math></p>
<p><b>4.</b> Μέγιστη επιτάχυνση <b>max a<sub>g</sub></b> για <b>λ<sub>max</sub> = 1</b> και επιτελεστικότητα DL.</p> <p><math>max a_g = 0.149 \geq 0.085</math> (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση <b>max a<sub>g</sub></b> για <b>λ<sub>max</sub> = 1</b> και επιτελεστικότητα DL.</p>	<p><math>max a_g = 0.133 \geq 0.085</math> (ok)</p>
<p><b>5.</b> Παράγοντας υπεραντοχής <b>q<sub>s</sub></b>.</p> <p><math>q_s = 1.0</math></p>	$q_s = q_u = \frac{S_{ax}}{S_{ax1}} \geq 1.0$	<p><math>q_s = 1.0</math></p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°+30%-90°.



**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη δυναμική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάση  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα.

**1. Μάζα  $m^*$  και περίοδος  $T^*$  μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας  $q_u$ .**

$m^* = 652.2tn, \Gamma = 1.00$   $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$   $m^* = 441.3tn, \Gamma = 1.29$

$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{6.65cm}{2.11 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.11s$   $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$   $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.66cm}{2.24 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.00s$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$   $q_u = q_n = R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$   $q_u = \frac{2.35m/s^2}{2.24m/s^2} \therefore q_u = 1.05$

**2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας  $\mu_d$ .**

$\mu_d = 1.00$   $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$   $\mu_d = 1.05$

**3. Στοχευόμενη μετατόπιση  $dt$ .**

$dy^* = 2 \left( 6.65cm \cdot \frac{4575.7cm \cdot kN}{1376.88kN} \right) = 6.65cm$   $dy^* = 2 \left( d_n^* \cdot \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$   $dy^* = 2 \left( 5.92cm \cdot \frac{3050.8cm \cdot kN}{986.86kN} \right) = 5.66cm$

$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$   $C_1 = \mu_d / q_u$   $C_1 = \mu_d / q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.11m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.11s}{2\pi} \right]^2 = 6.65cm$   $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[ \frac{T^*}{2\pi} \right]^2$   $d_{et}^* = 2.35m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.00s}{2\pi} \right]^2 = 5.96cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 6.65cm = 6.65cm$   $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$   $dt^* = 1.00 \cdot 5.96cm = 5.96cm$

$dy = 6.65cm, dt = 6.65cm$   $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$   $dy = 7.33cm, dt = 7.72cm$

**4. Μέγιστη επιτάχυνση  $\max a_g$  για  $\lambda_{max} = 1$  και επιτελεστικότητα SD.**

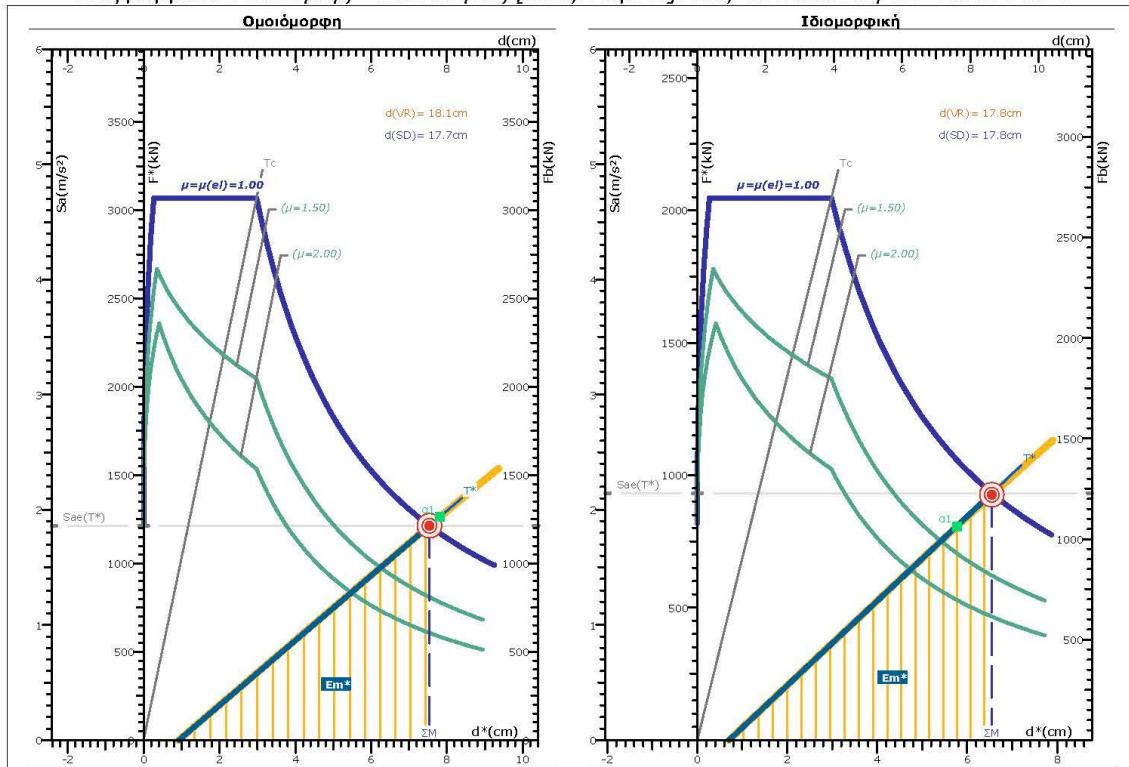
SD:  $\max a_g = 0.370 \geq 0.160$  (ok) SD:  $\max a_g = 0.323 \geq 0.160$  (ok)

VR:  $\max a_g = 0.296 \geq 0.160$  (ok) VR:  $\max a_g = 0.267 \geq 0.160$  (ok)

**5. Παράγοντας υπεραντοχής  $q_s$ .**

$q_s = \frac{2.11m/s^2}{1.07m/s^2} = 1.97$   $q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$   $q_s = \frac{2.24m/s^2}{0.97m/s^2} = 2.31$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°-30%-180°.



**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη δυνάμεική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάσης  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοβάθμιο σύστημα.

**1. Μάζα  $m^*$  και περίοδος  $T^*$  μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας  $\mu_d$ .**

$m^* = 652.2tn, \Gamma = 1.00$        $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$        $m^* = 434.7tn, \Gamma = 1.32$

$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{7.54cm}{1.86 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.26s$        $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$        $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{6.54cm}{2.14 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.10s$

$q_u = 1.00$        $S_{ay} > S_{as}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$        $q_u = 1.00$

**2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας  $\mu_d$ .**

$\mu_d = 1.00$        $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_U$        $\mu_d = 1.00$

**3. Στοχευόμενη μετατόπιση  $dt$ .**

$dy^* = 2 \left( 7.54cm - \frac{4575.7cm \cdot kN}{1213.83kN} \right) = 7.54cm$        $dy^* = 2 \left( 6.54cm - \frac{3050.0cm \cdot kN}{932.22kN} \right) = 6.54cm$

$C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$        $C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 1.86m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.26s}{2\pi} \right]^2 = 7.54cm$        $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \frac{T^*}{2\pi}^2$

$dt^* = 1.00 \cdot 7.54cm = 7.54cm$        $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$

$dy = 7.54cm, dt = 7.54cm$        $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$        $dy = 8.62cm, dt = 8.62cm$

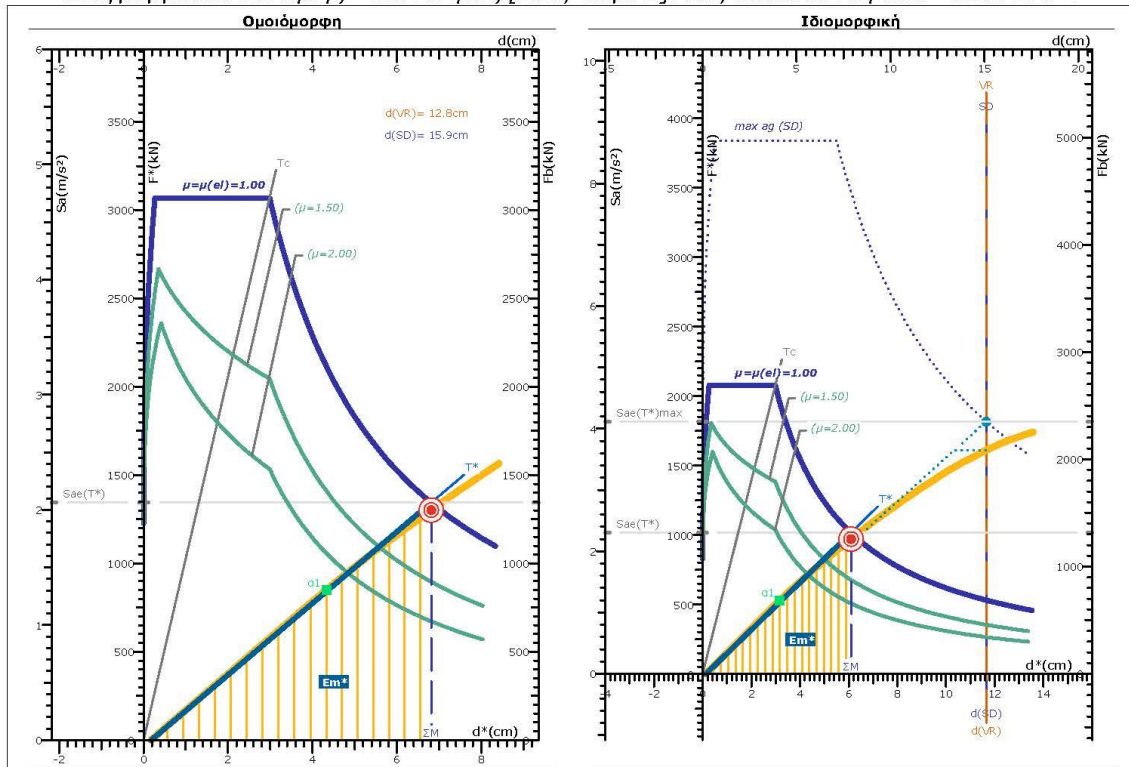
**4. Μέγιστη επιτάχυνση  $\max a_g$  για  $\lambda_{max} = 1$  και επιτελεστικότητα SD.**

SD:  $\max a_g = 0.384 \geq 0.160$  (ok)      SD:  $\max a_g = 0.334 \geq 0.160$  (ok)  
 VR:  $\max a_g = 0.392 \geq 0.160$  (ok)      VR:  $\max a_g = 0.334 \geq 0.160$  (ok)

**5. Παράγοντας υπεραντοχής  $q_s$ .**

$q_s = 1.0$        $q_s = q_U = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$        $q_s = \frac{2.14m/s^2}{1.86m/s^2} = 1.15$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°-30%·270°.



**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη δυναμική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάσης  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοβάθμιο σύστημα.

**1. Μάζα  $m^*$  και περίοδος  $T^*$  μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας  $q_u$ .**

$m^* = 652.2tn, \Gamma = 1.00$   $m^* = 441.3tn, \Gamma = 1.29$

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$$

$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{6.81cm}{2.06 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.14s$   $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{6.09cm}{2.30 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.02s$

$q_u = 1.00$   $q_u = 1.00$

---

**2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας  $\mu_d$ .**

$\mu_d = 1.00$   $\mu_d = 1.00$

$$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$$


---

**3. Στοχευόμενη μετατόπιση  $dt$ .**

$dy^* = 2 \left( 6.81cm - \frac{4575.7cm \cdot kN}{1344.47kN} \right) = 6.81cm$   $dy^* = 2 \left( 6.09cm - \frac{3096.2cm \cdot kN}{1016.23kN} \right) = 6.09cm$

$C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$   $C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.06m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.14s}{2\pi} \right]^2 = 6.81cm$   $d_{et}^* = 2.30m/s^2 \cdot \left[ \frac{1.02s}{2\pi} \right]^2 = 6.09cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 6.81cm = 6.81cm$   $dt^* = 1.00 \cdot 6.09cm = 6.09cm$

$dy = 6.81cm, dt = 6.81cm$   $dy = 7.89cm, dt = 7.89cm$

---

**4. Μέγιστη επιτάχυνση  $max a_g$  για  $\lambda_{max} = 1$  και επιτελεστικότητα SD.**

SD:  $max a_g = 0.359 \geq 0.160$  (ok) SD:  $max a_g = 0.296 \geq 0.160$  (ok)  
 VR:  $max a_g = 0.294 \geq 0.160$  (ok) VR:  $max a_g = 0.296 \geq 0.160$  (ok)

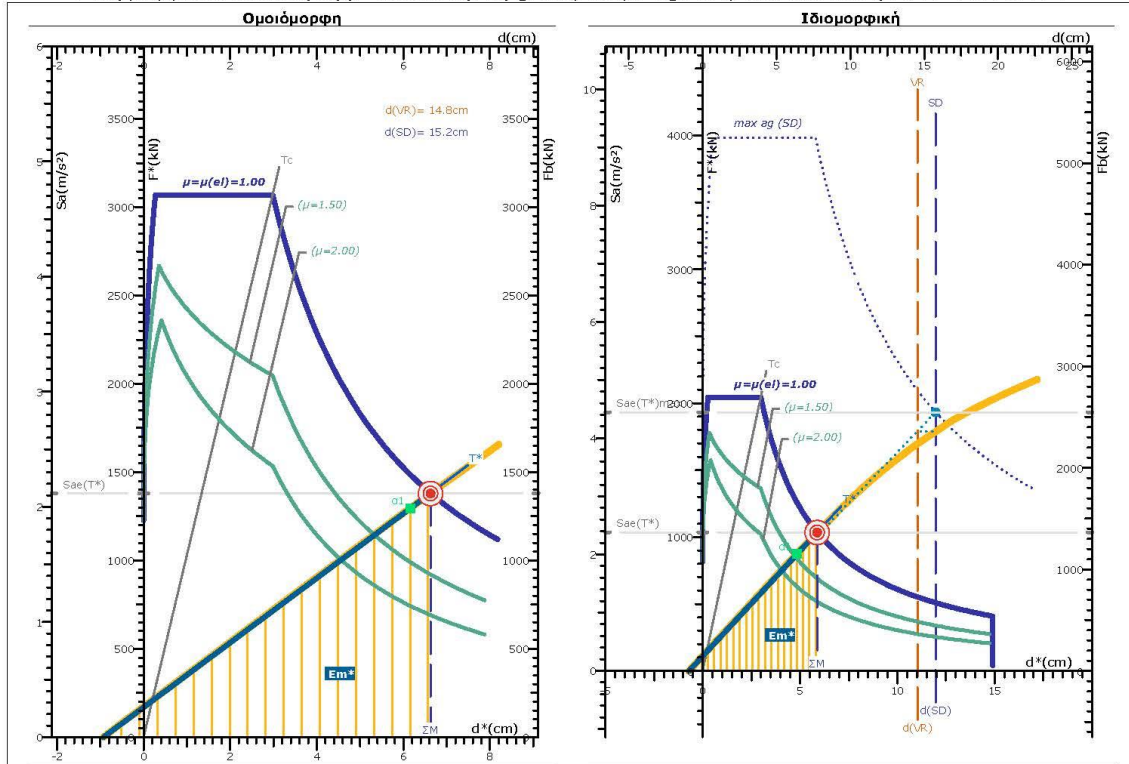
---

**5. Παράγοντας υπεραντοχής  $q_s$ .**

$q_s = \frac{2.06m/s^2}{1.30m/s^2} = 1.58$   $q_s = \frac{2.30m/s^2}{1.20m/s^2} = 1.91$

$$q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°+30%-0°.



**Καμπύλη pushover και η αντίστοιχη δυναμική καμπύλη ικανότητας.**

Σημείωση για τις διαφορετικές κλίμακες: Η μετατόπιση του κόμβου ελέγχου  $d$  και η τέμνουσα βάσης  $F_b$  αφορούν το πολυβάθμιο σύστημα, ενώ η δύναμη  $F^*$  και η μετατόπιση  $d^*$  αφορούν το ισοβάθμιο σύστημα.

**1. Μάζα  $m^*$  και περίοδος  $T^*$  μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας  $q_u$ .**

$m^* = 652.2 \text{tn}$ ,  $\Gamma = 1.00$

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$$

$m^* = 434.7 \text{tn}$ ,  $\Gamma = 1.32$

$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{6.63 \text{cm}}{2.12 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.11 \text{s}$

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$$

$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.88 \text{cm}}{2.39 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.99 \text{s}$

$q_u = 1.00$

$S_{ay} > S_{as}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$

$q_u = 1.00$

**2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας  $\mu_d$ .**

$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$

$\mu_d = 1.00$

**3. Στοχευόμενη μετατόπιση  $dt$ .**

$dy^* = 2 \left( 6.63 \text{cm} - \frac{4575.7 \text{cm} \cdot \text{kN}}{1381.31 \text{kN}} \right) = 6.63 \text{cm}$

$$dy^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E m^*}{F y^*} \right)$$

$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$$

$d_{et}^* = 2.12 \text{m/s}^2 \cdot \left[ \frac{1.11 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 6.63 \text{cm}$

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[ \frac{T^*}{2\pi} \right]^2$$

$dt^* = 1.00 \cdot 6.63 \text{cm} = 6.63 \text{cm}$

$$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$$

$dy = 6.63 \text{cm}$ ,  $dt = 6.63 \text{cm}$

$$dy = \Gamma \cdot dy^*$$
,  $dt = \Gamma \cdot dt^*$ 

$dy^* = 2 \left( 5.88 \text{cm} - \frac{3050.0 \text{cm} \cdot \text{kN}}{1036.97 \text{kN}} \right) = 5.88 \text{cm}$

$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.39 \text{m/s}^2 \cdot \left[ \frac{0.99 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 5.88 \text{cm}$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.88 \text{cm} = 5.88 \text{cm}$

$dy = 7.75 \text{cm}$ ,  $dt = 7.75 \text{cm}$

**4. Μέγιστη επιτάχυνση  $\max a_g$  για  $\lambda_{\max} = 1$  και επιτελεστικότητα SD.**

SD:  $\max a_g = 0.349 \geq 0.160$  (ok)

VR:  $\max a_g = 0.340 \geq 0.160$  (ok)

SD:  $\max a_g = 0.312 \geq 0.160$  (ok)

VR:  $\max a_g = 0.289 \geq 0.160$  (ok)

**5. Παράγοντας υπεραντοχής  $q_s$ .**

$q_s = \frac{2.12 \text{m/s}^2}{1.99 \text{m/s}^2} = 1.07$

$$q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$$

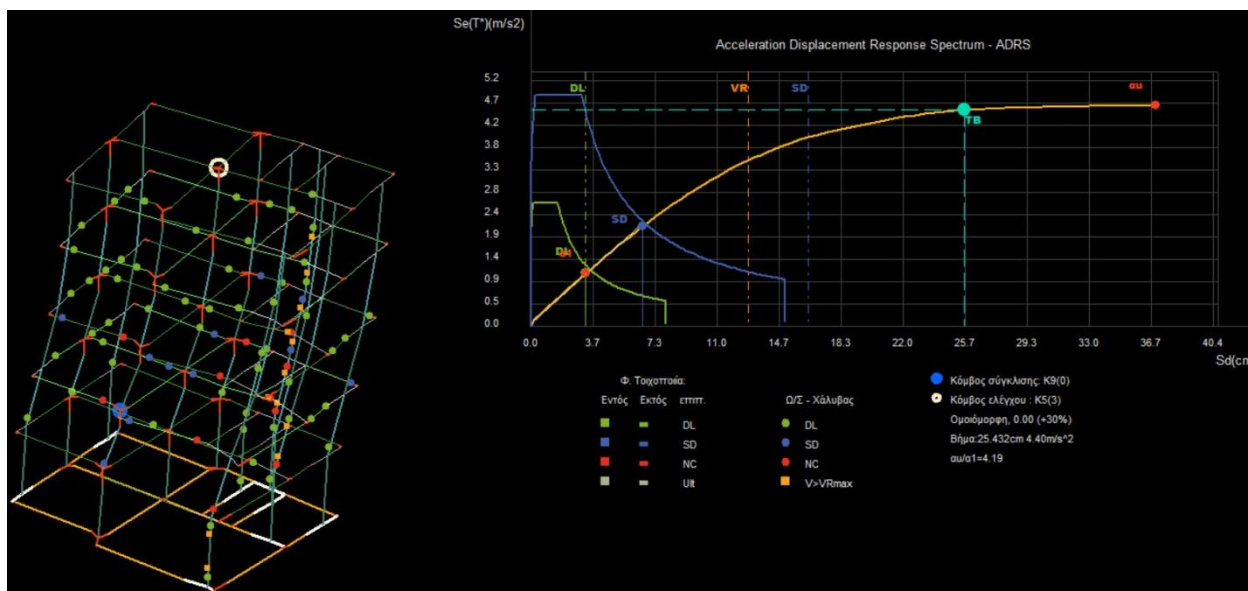
$q_s = \frac{2.39 \text{m/s}^2}{2.02 \text{m/s}^2} = 1.18$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### 6.1 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων και Προτάσεις Ενίσχυσης

Καθώς πρόκειται για νέο κτίριο το οποίο έχει κατασκευαστεί με τον πρόσφατο αντισεισμικό κανονισμό παρατηρούμε ότι έχει σημαντικό απόθεμα πλαστικής απόκρισης και λιγότερο ελαστικής. Παρακάτω παρατίθεται ενδεικτικά, η καμπύλη ικανότητας για ιδιομορφική κατανομή φόρτισης κατά Χ και παρατηρούμε στη καμπύλη ικανότητας (κίτρινη καμπύλη), ότι το κτίριο γίνεται μηχανισμός για μετακίνηση του κόμβου ελέγχου Κ5 κοντά στα 37cm (σημείο αϋ)



Η πράσινη καμπύλη απεικονίζει το φάσμα επιταχύνσεων για σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 50% και για τον οποίο (σεισμό) απαιτείται το κτίριο να αποκριθεί στη ελαστική περιοχή. Παρατηρούμε ότι το όριο ελαστικότητας α1 βρίσκεται λίγο χαμηλότερα από το σημείο τομής της καμπύλης ικανότητας και του φάσματος επιταχύνσεων. Για το λόγο αυτό παρατηρούνται και μεμονωμένες αστοχίες στις δοκούς. Με άλλα λόγια ο συγκεκριμένος σεισμός οριακά ξεπερνά την ελαστική συμπεριφορά του κτιρίου.

Για το σεισμό που επιβάλλεται με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη (μπλε καμπύλη), για τον οποίο, υπάρχει η απαίτηση, το κτίριο να αποκριθεί στην πλαστική περιοχή χωρίς κατάρρευση αλλά με επισκευάσιμες βλάβες, βλέπουμε η απαίτηση αυτή να ικανοποιείται άνετα. Αυτό φαίνεται από το διάγραμμα καθώς το σημείο τομής του φάσματος με την καμπύλη ικανότητας (στοχευόμενη μετακίνηση) βρίσκεται πολύ αριστερά από το σημείο κατάρρευσης αϋ. Αυτό σημαίνει ότι το κτίριο μπορεί να αποκριθεί στην πλαστική περιοχή και για έναν αρκετά μεγαλύτερο σεισμό (σπανιότερο). Δηλαδή βλέπουμε ότι έχει μεγάλα περιθώρια πλαστικής συμπεριφοράς.

Ως επισκευή στις εν λόγω δοκούς προτείνεται το εκτοξευμένο σκυρόδεμα (gunite) καθώς οι λόγοι επάρκειας λ φαίνονται να είναι αρκετά μεγαλύτεροι από τη μονάδα, με

εξαιρέση τη δοκό Δ5.1 ο οποίος θα μπορούσε να επισκευαστεί και με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP).

## 6.2 Επαναυπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας Κτιρίου μετά τις Επεμβάσεις

Επανυπολογίζεται ο φορέας αυξάνοντας, μόνο τις διατομές που έχουν αστοχίσει κατά 5 cm περιμετρικά και επιλέγοντας στο πρόγραμμα «τύπο επέμβασης» : εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ποιότητα σκυροδέματος C20/25 και σπλισμό B500c όπως φαίνεται παρακάτω:

Διατομή	Στατικά	Στατικά άκρου	Δεσμική	Φορτία	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικό - Αποτίμηση	Ράβδος άκρου	Ράβδος ανοίγματος	Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Χαρακτηρισμός μέλους</b>												
<input checked="" type="checkbox"/> Ενισχυόμενο												
<input checked="" type="checkbox"/> Μέθοδος ενίσχυσης										<input checked="" type="checkbox"/> Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα		
<input checked="" type="checkbox"/> Αυξημένες απαιτήσεις πιστικότητας										<input checked="" type="checkbox"/> Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)		
<b>Σκυρόδεμα</b>												
<input checked="" type="checkbox"/> Ποιότητα σκυροδέματος										<input checked="" type="checkbox"/> C20/25		
<input checked="" type="checkbox"/> Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f <sub>ck</sub> [MPa]										<input checked="" type="checkbox"/> 20		
<b>Οπλισμός</b>												
<input checked="" type="checkbox"/> Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f <sub>yk</sub> [MPa]										<input checked="" type="checkbox"/> 500		
<input checked="" type="checkbox"/> Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ε <sub>su,n</sub> [%]										<input checked="" type="checkbox"/> 6.000		
<input checked="" type="checkbox"/> Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα συνδετήρων f <sub>yk</sub> [MPa]										<input checked="" type="checkbox"/> 500		
<b>Ενισχύσεις</b>												
<input checked="" type="checkbox"/> Μέτρο ελαστικότητας FRP E <sub>f</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]										<input checked="" type="checkbox"/> 3.00E+08		
<input checked="" type="checkbox"/> Οριακή εφελκυστική αντοχή FRP f <sub>uf</sub> [MPa]										<input checked="" type="checkbox"/> 2500.0		
<input checked="" type="checkbox"/> Οριακή ανηγμένη παραμόρφωση ε <sub>uf</sub>										<input checked="" type="checkbox"/> 1.50E-2		
<input checked="" type="checkbox"/> Συνολικό πάχος υλικού FRP t <sub>f</sub> [mm]										<input checked="" type="checkbox"/> 0.5		
<b>Συντελεστές Μηχανικών χαρακτηριστικών</b>												

Μετά την επίλυση διαπιστώνεται ότι ο φορέας επαρκεί για τις εν λόγω στάθμες επιτελεστικότητας. Παρακάτω φαίνεται το μήνυμα των αποτελεσμάτων μετά την επίλυση.

```

Αποτελέσματα ελέγχων και επίλυσης
Επίλυση και οπλισμός πλακών :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEPLAW.EXE"...
Τέλος επίλυσης.

Πληροφορία I1002 ΟΙΚΟ: 0 λάθη ανιχνεύθηκαν κατά την επίλυση των πλακών του κτιρίου: ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ.tek

Επίλυση στατικού συστήματος :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESPA.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Επίλυση αρχείου : C:\Users\Katerina Moustakatou\Desktop\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 17\ΠΕΥΚΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ - ΕΠΕΜΒΑΣΗ\ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ.xff
Χρόνος επίλυσης : 0h: 0': 0.52s
Η επίλυση ολοκληρώθηκε επιτυχώς! 0
Υπολογισμός ανάγκης ικανοτικού ελέγχου :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEWIKAN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Πληροφορία I4001 ΟΙΚΟ: Τέλος ελέγχων.

Επίλυση δοκών :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEBWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.

Πληροφορία I6005 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 δοκούς του κτιρίου: ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ.tek

Επίλυση Υποστυλωμάτων :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.

Πληροφορία I8004 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 στύλους του κτιρίου: ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ.tek

Επίλυση στατικού συστήματος :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESPAN1.exe"...
Τέλος επίλυσης.
Ειδοποίηση W3114 ΟΙΚΟ : Δεν βρέθηκαν (ενεργές) άσπλες τοιχοπληρώσεις.
Επίλυση αρχείου : C:\Users\Katerina Moustakatou\Desktop\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 17\ΠΕΥΚΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ - ΕΠΕΜΒΑΣΗ\ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ_n1n.
Χρόνος επίλυσης : 0h: 0':13.92s
Η επίλυση ολοκληρώθηκε επιτυχώς! 0
    
```



Για εποπτικούς λόγους, επιλύθηκε ο φορέας, θεωρώντας ως δεύτερο σενάριο επέμβασης, την ενίσχυση των διατομών με FRP και διαπιστώθηκε ότι μόνο η δοκός Δ5.1 εμφάνισε επάρκεια ενώ η δοκός Δ3.4 συνέχισε να αστοχεί. Τα χαρακτηριστικά του FRP είναι μέτρο ελαστικότητας  $3 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2$ , οριακή αντοχή σε εφελκυσμό 2500 MPa και οριακή ανηγμένη παραμόρφωση 1,5%. Η εισαγωγή των δεδομένων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Δοκός	
Διατομή	Στατικά
Χαρακτηρισμός μέλους	Ενισχυόμενο
Μέθοδος ενίσχυσης	Ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)
Αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
<b>Σκυρόδεμα</b>	
Μέση αντοχή σκυροδέματος $f_{cm}$ [MPa]	22.5
<b>Οπλισμός</b>	
Μέση αντοχή χάλυβα $f_{yk}$ [MPa]	460.0
Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού $\epsilon_{su,e}$ [%]	6.000
Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{yk}$ [MPa]	460.0
<b>Ενισχύσεις</b>	
Μέτρο ελαστικότητας FRP $E_f$ [kN/m <sup>2</sup> ]	3.00E+08
Οριακή εφελκυστική αντοχή FRP $f_{uf}$ [MPa]	2500.0
Οριακή ανηγμένη παραμόρφωση $\epsilon_{uf}$	1.50E-2
Συνολικό πάχος υλικού FRP $t_f$ [mm]	0.5
<b>Συντελεστές Μηχανικών χαρακτηριστικών</b>	
Ροπή διαρροής & αστοχίας $iM=M^*/M$	1.000
Στροφή διαρροής $i\theta=\theta_y^*/\theta_y$	1.000

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το μήνυμα της επίλυσης με FRP και η αστοχία της δοκού Δ3.4 στους αντίστοιχους ορόφους

```

Αποτελέσματα ελέγχων και επίλυσης
Επίλυση και οπλισμός πλακών :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEPLAW.EXE"...
Τέλος επίλυσης.

Πληροφορία I1002 ΟΙΚΟ: 0 λάθη ανιχνεύθηκαν κατά την επίλυση των πλακών του κτιρίου: ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ FARP.tek

Επίλυση στατικού συστήματος :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESPA.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Επίλυση αρχείου : C:\Users\Katerina Moustakatou\Desktop\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 17\ΠΕΥΚΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ - ΕΠΕΜΒΑΣΗ\ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ FARP.xff
Χρόνος επίλυσης : 0h: 0': 0.53s
Η επίλυση ολοκληρώθηκε επιτυχώς! 0
Υπολογισμός ανάγκης ικανοτικού ελέγχου :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEWIKAN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.
Πληροφορία I4001 ΟΙΚΟ: Τέλος ελέγχων.

Επίλυση δοκών :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FEBWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.

Πληροφορία I6005 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 δοκούς του κτιρίου: ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ FARP.tek

Επίλυση Υποστυλωμάτων :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESWN.EXE"...
Τέλος επίλυσης.

Πληροφορία I8004 ΟΙΚΟ: ανιχνεύθηκαν λάθη σε 0 στύλους του κτιρίου: ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ FARP.tek

Επίλυση στατικού συστήματος :
Εκκίνηση του "C:\Program Files (x86)\LH Software\Fespa - Tekton\FESPANl.exe"...
Τέλος επίλυσης.
Ειδοποίηση W3114 ΟΙΚΟ : Δεν βρέθηκαν (ενεργές) άοπλες τοιχοπληρώσεις.
Σφάλμα E3201 Δ 3.4(0) λM>1.0: λDL, j=1.36
Σφάλμα E3201 Δ 3.4(1) λM>1.0: λDL, j=1.75
Σφάλμα E3201 Δ 3.4(2) λM>1.0: λDL, j=1.18
Επίλυση αρχείου : C:\Users\Katerina Moustakatou\Desktop\ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ 17\ΠΕΥΚΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ - ΕΠΕΜΒΑΣΗ\ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΠΕΥΚΗ3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ FARP_nln.xff
Χρόνος επίλυσης : 0h: 0':13.44s
Η επίλυση ολοκληρώθηκε επιτυχώς! 0

```

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δεδομένου ότι το προς εξέταση κτίριο είναι κατασκευασμένο με τις προδιαγραφές του πιο πρόσφατου αντισεισμικού κανονισμού και κανονισμού σκυροδέματος, παρατηρούμε ότι οι τελικές διατομές των υποστυλωμάτων έχουν καθοριστεί κυρίως λόγω των κατασκευαστικών απαιτήσεων του μήκους αγκύρωσης του οπλισμού και λιγότερο εξαιτίας της απαίτησης παραλαβής κατακόρυφων και σεισμικών φορτίων. Σε κάθε περίπτωση αυτό αποβαίνει ωφέλιμο για το κτίριο, καθώς φαίνεται από τους παραπάνω ελέγχους επάρκειας του κτιρίου, ότι η αλλαγή χρήσης σε χώρο συνάθροισης κοινού, αλλά και η προσθήκη ορόφου λίγο το επηρεάζουν και τα υποστυλώματα επαρκούν ( $\lambda < 1$ ).

Από τα διαγράμματα σύγκρισης της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου με τα φάσματα των απαιτήσεων, φαίνεται ότι το κτίριο έχει ακόμα μεγάλο απόθεμα πλαστικής συμπεριφοράς και κατά συνέπεια μπορεί να ανταποκριθεί σε ακόμα μεγαλύτερη εδαφική επιτάχυση (δηλαδή μεγαλύτερο σεισμό) από αυτό που απαιτείται να ικανοποιεί. Επίσης, φαίνεται να επιτυγχάνεται η φιλοσοφία του τρέχοντα αντισεισμικού κανονισμού για κατασκευή νέων κτισμάτων με πλαστική συμπεριφορά για σεισμούς με πιθανότητα υπέρβασης της εδαφικής επιτάχυνσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής συνήθων κτισμάτων .

Παρόλα αυτά, για μικρότερο σεισμό, δηλαδή για στάθμη επιτελεστικότητας A2 και απαίτηση άμεσης χρήσης του κτιρίου μετά το σεισμό και περιορισμένες βλάβες στον φέροντα οργανισμό, το κτίριο οριακά ξεπερνά την ελαστική περιοχή συμπεριφοράς και χρειάζεται κάποιες μεμονωμένες ενισχύσεις σε δοκούς που έχουν αστοχήσει σε κάμψη.

Στη συνέχεια, αφού έγινε ενίσχυση των δοκών με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, έγινε επανέλεγχος και πιστοποιήθηκε η επάρκεια του κτιρίου για τις δεδομένες στάθμες επιτελεστικότητας.

Αν και το κτίριο που εξετάστηκε, έδειξε ικανοποιητική συμπεριφορά για έναν ισχυρό σεισμό, εμφάνισε μη επιτρεπτές βλάβες σε μεσαίου μεγέθους σεισμούς. Ο ΚΑΝΕΠΕ για κτίρια σπουδαιότητας Σ3 καθορίζει ως στόχο αποτίμησης μόνο την στάθμη επιτελεστικότητας Β1 η οποία ικανοποιείται για το εξεταζόμενο κτίριο. Παρόλα αυτά, εξαιτίας του κοινωνικά ευαίσθητου χαρακτήρα, της εν λόγω αλλαγής χρήσης κτιρίων από κατοικία σε εκπαιδευτήρια (φροντιστήρια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ξένων γλωσσών, ωδείων κτλ.), και της μεγάλης σεισμικής δραστηριότητας στη χώρα μας, κρίνεται απαραίτητος ο επανέλεγχος, κυρίως εκπαιδευτηρίων τα οποία στεγάζονται σε κτίρια τα οποία δεν είχαν σχεδιαστεί για την εν λόγω χρήση και έχει αγνοηθεί η αναβάθμιση της σπουδαιότητάς τους.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Αντισεισμικός Κανονισμός Οικοδομικών Έργων (Φεβρουάριος 1959), Εφημερίδα της Κυβερνήσεως του Βασιλείου της Ελλάδος, Τεύχος πρώτον, Αριθμός Φύλλου 36.

Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ. 2003), Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα 2006.

Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. 2000), Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα 2005.

Δρίτσος, Η. Στέφανος (2003). Στρατηγικές και Σχεδιασμός Αντισεισμικής Ενίσχυσης Κτιρίων. <http://www.teepelop.gr/wp-content/uploads/2003/11/dritsos.pdf> (Πρόσβαση 8/11/2020)

Δρίτσος, Η. Στέφανος (2006). Τα σύνθετα υλικά στις κατασκευές. [http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173\\_dritsos.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2173/m2173_dritsos.pdf) (Πρόσβαση 8/11/2020)

Κανονισμός Επεμβάσεων (Φ.Ε.Κ 2984 / 30.08.2017) 2<sup>η</sup> Αναθεώρηση 2017, Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα 2017.

Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (1954), Εφημερίδα της Κυβερνήσεως του Βασιλείου της Ελλάδος, Τεύχος πρώτον, Αριθμός Φύλλου 160.

Σπυράκος Κ. (2004). Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία. Αθήνα: Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

Θ.Π. Τάσιος, Θεωρία Επισκευών και Ενισχύσεων, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2009

Φαρδής Μ., (2015). Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος, Μέρος ΙΙΙ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings (EN 1992 - 1:2004)

Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings (EN 1998 - 1: 2004).

Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings (EN 1998 - 1: 2004).

ΛΗ Λογισμική (Οκτώβριος 2013). Pushover Θεωρητικά Στοιχεία. Αθήνα 2013.