

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

39
90h

**ΘΕΜΑ: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑ
ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΩΣΤΕ ΠΛΕΟΝ ΝΑ ΕΙΝΑΙ
ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΣΤΟ ΣΕΙΣΜΟ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΡΟΥΣΣΟΥ ΑΝΔΡΙΑΝΗ



ΕΙΣΗΓΗΣΗ – ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

ΔΡ. Π. ΘΕΟΔΩΡΑΚΑΚΟΥ – ΒΑΡΕΛΙΔΟΥ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ – ΠΟΛΕΟΔΟΜΟΣ

ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ: ΔΡ. ΓΙΩΡΓΟΣ Κ. ΒΑΡΕΛΙΔΗΣ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ – ΠΟΛΕΟΔΟΜΟΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2000

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ ιδιαίτερα

την κ. Π. ΒΑΡΕΛΙΔΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΔΡ. ΤΟΥ Ε.Μ.Π

Επίσης, τον κ. Γ. ΒΑΡΕΛΙΔΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΔΡ.
ΠΟΛΕΟΔΟΜΟΣ ΤΟΥ ΕΜΠ

**και επίσης
ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω για τις πολύτιμες υποδείξεις τους,
στους**

κ. ΧΡΗΣΤΟΦΟΡΟ ΒΑΛΑΝΙΔΗ ΔΙΠΛΩΜ. ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

κ. ΜΑΤΘΑΙΟ Α. ΔΙΔΑΓΓΕΛΟ ΔΙΠΛΩΜ. ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

κ. ΘΩΜΑ Α. ΔΙΔΑΓΓΕΛΟ ΔΙΠΛΩΜ. ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

κ. ΒΑΣΙΛΗ ΤΟΓΕΛΟ ΔΙΠΛΩΜ. ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σεισμοί αποτελούν έναν από τους πιο καταστρεπτικούς φυσικούς κινδύνους σ' αυτόν τον πλανήτη καθώς από τους αρχαίους χρόνους έχουν προκαλέσει την καταστροφή αναρίθμητων πόλεων και χωριών, σχεδόν σε κάθε ήπειρο. Είναι η λιγότερο κατανοητή από τις φυσικές καταστροφές, μάλιστα παλαιότερα θεωρούνταν σαν ένα υπερφυσικό γεγονός.

Είναι γεγονός ότι, οι μέσες ετήσιες απώλειες λόγω των ανέμων και των πλυμμηρών ξεπερνούν αυτές των σεισμών σε πολλά μέρη του κόσμου ενώ όλες μαζί αντιστοιχούν σε λιγότερες απώλειες ζωής από αυτές που καθημερινά συμβαίνουν από τροχαία ατυχήματα. Πλήν όμως, η ολωσδιόλου αναπάντεχη, σχεδόν ακαριαία, εκδήλωση ενός μεγάλου σεισμού έχει μια μοναδική ψυχολογική επίδραση, που οπωσδήποτε χρειάζεται μία σοβαρή αντιμετώπιση από τις σύγχρονες κοινωνίες.

Παράλληλα αναπτύσσεται ο κίνδυνος για την απώλεια της ανθρώπινης ζωής ο οποίος είναι επακόλουθο μιας σεισμικής δόνησης, προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τις κατασκευές που έχει φτιάξει ο ίδιος ο άνθρωπος. Εκτός από τις κατολισθήσεις που προκαλούνται από τους σεισμούς οι μόνες επιπτώσεις των σεισμών που προκαλούν εκτεταμένες απώλειες ανθρώπινων ζώων είναι οι καταρρεύσεις γεφυρών, κτιρίων, φραγμάτων και άλλων τεχνικών έργων.

Το γεγονός αυτό εξηγεί την ιδιαίτερη έμφαση που έχει δοθεί στην πρόβλεψη των σεισμών σε μια από τις παγκόσμια μεγαλύτερες σεισμικές περιοχές – τη Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας. Μια προειδοποίηση λίγων ωρών κατά την οποία οι κάτοικοι μπορούν να εκκενώσουν τα κτίρια πηγαίνοντας σε ανοιχτούς χώρους, όπου δεν υπάρχει σχεδόν κανένας κίνδυνος για τη ζωή του, έχει σαν αποτέλεσμα να σωθούν εκατοντάδες ίσως και χιλιάδες ζώων, όπως έγινε με τον σεισμό της Haicheng στην Κίνα το Φεβρουάριο του 1975.

Είναι προφανές όμως ότι, ακόμα και μια επιτυχής πρόβλεψη δεν εξαλείφει τους σεισμικούς κινδύνους. Ακόμα και αν όλοι οι κάτοικοι απομακρυνθούν ασφαλώς, οι κατασκευές (που σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν το επίπεδο ζωής της κοινωνίας παραμένουν) η δε καταστροφή τους, μπορεί να καταφέρει βαρύτατο πλήγμα στην οικονομία της περιοχής. Η πλευρά αυτή των σεισμικών κινδύνων μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με το σχεδιασμό και την κατασκευή αντισεισμικών κτιρίων. Με άλλα λόγια ακόμα και ένα απόλυτο επιτυχημένο πρόγραμμα προβλέψεων δεν μπορεί να εξαλείψει την αναγκαιότητα ενός αποτελεσματικού αντισεισμικού σχεδιασμού.

Από την άλλη μεριά, με την αποτελεσματική εφαρμογή της γνώσης της Αντισεισμικής Μηχανικής μπορεί να αποφευχθεί η κατάρρευση των κατασκευών και η επακόλουθη απώλεια ανθρώπινων ζωών. Οι σεισμοί θέτουν ακόμα ένα ξεχωριστό τεχνικό πρόβλημα, αφού ένας δυνατός σεισμός αποτελεί τη δυσμενέστερη φόρτιση στην οποία είναι πιθανό να υποβληθούν οι περισσότερες κατασκευές, παρόλου που η πιθανότητα μιας δοσμένης κατασκευής να υποστεί ένα μεγάλο σεισμό είναι πολύ μικρή.

Η βέλτιστη πρακτική προσέγγιση αυτού του συνδυασμού συνθηκών είναι να σχεδιαστεί η κατασκευή έτσι, ώστε να αποφύγει την κατάρρευση στην περίπτωση του πιο ισχυρού πιθανού σεισμού, εξασφαλίζοντας έτσι τις ανθρώπινες ζωές. Παράλληλα επιτρέπονται ενδεχόμενες ζημιές, θεωρώντας ότι είναι λιγότερο δαπανηρή η αποκατάσταση ή αντικατάσταση, μικρού αριθμού κατασκευών που θα πληγούν από έναν πολύ μεγάλο σεισμό, παρά να κτίζονται όλες οι κατασκευές τόσο ανθεκτικές ώστε να αποφεύγουν ακόμα και τις ζημιές. Αυτή η αντίληψη σχεδιασμού θέτει στον Μηχανικό ένα ιδιαίτερα απαιτητικό πρόβλημα: να καταλήξει σ' ένα οικονομικό σχεδιασμό που να επιδέχεται ζημιές αλλά να μην επιτρέπει την κατάρρευση της κατασκευής στον ισχυρότερο πιθανό σεισμό.

Άλλη μια ιδιαιτερότητα της σεισμικής διέγερσης παρέχει το κλειδί για τη λύση του προβλήματος του αντισεισμικού σχεδιασμού. Σε αντίθεση με τα άλλα φορτία που θεωρούνται κατά τον σχεδιασμό των κατασκευών – άνεμος, βάρος, υδροδυναμικά φορτία κλπ. – η ένταση της σεισμικής φόρτισης εξαρτάται από τις ιδιότητες της κατασκευής. Έτσι, η απαραίτητη αντισεισμικότητα μπορεί να παρασχεθεί είτε με τον παραδοσιακό τρόπο της αύξησης της αντοχής, είτε με την ειδικότερη σεισμική αντίληψη της μείωσης της ακαμψίας η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των δυνάμεων που αναλαμβάνονται από την κατασκευή.

Ο τρόπος αυτός προσέγγισης του σεισμικού προβλήματος απαιτεί μια πληρέστερη κατανόηση της συμπεριφοράς των κατασκευών και της Αντισεισμικής Μηχανικής απ' ό,τι στους άλλους τομείς των έργων του Πολιτικού Μηχανικού. Ορισμένες μικρές αλλαγές στον σκελετό του κτιρίου ή των κατασκευαστικών λεπτομερειών μπορεί να έχουν μια εντυπωσιακή επίδραση στην σεισμική συμπεριφορά. Η δε προσθήκη απλώς και μόνο περισσότερων υλικών, εκτός του ότι αυξάνει άμεσα το κόστος της κατασκευής δεν εξασφαλίζει ικανοποιητική συμπεριφορά.

Η χώρα μας έχει την μεγαλύτερη σεισμικότητα απ' όλες τις χώρες της Μεσογείου, αλλά και από τις μεγαλύτερες ανάμεσα της Ευρασίας. Ενδεικτικό είναι το στοιχείο ότι η σεισμική ενέργεια που απελευθερώνεται κάθε χρόνο στον Ελλαδικό χώρο είναι σχεδόν ίση μ' αυτή που απελευθερώνεται στην υπόλοιπη Ευρώπη.

Η πρόσφατη σεισμική δράση έδειξε ότι ο σεισμικός κίνδυνος όχι μόνο δεν μειώνεται με τον χρόνο αλλά αντίθετα αυξάνεται. Ο κύριος λόγος γι' αυτό είναι η μεγαλύτερη ανάπτυξη σε ύψος, έκταση και πλυθησμό των μεγάλων και μικρότερων πόλεων.

Μετά τους πρόσφατους σεισμούς αποτελεί κοινά παραδεκτό πια γεγονός ότι οι σεισμοί στην Ελλάδα συνιστούν Εθνικό πρόβλημα πρώτου μεγέθους. Η επώδυνη εμπειρία των τελευταίων χρόνων και ειδικότερα οι τελευταίες σεισμικές εξάρσεις, που έπληξαν μεγάλα πολεοδομικά συγκροτήματα της χώρας (Θεσσαλονίκη 78, Αθήνα 81, Αθήνα 99) προσδιορίζουν τις πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος και σαν ενδειμικού φαινομένου.

Η εμφάνιση του σεισμικού φαινομένου έχει σαν άμεσες επιπτώσεις:

1. Εμφάνιση ρηγμάτων στο έδαφος.
 - Καταπτώσεις βράχων
 - Ρευστοποίηση εδαφών
 - Βλάβες στα δίκτυα συγκοινωνιών
 - Βλάβες στα δίκτυα ύδρευσης αποχέτευσης και άρδευσης
 - Βλάβες ηλεκτρικών σταθμών
 - Καταρρεύσεις κτιρίων – εγκλωβισμός ατόμων και οχημάτων
 - Πυρκαϊές
 - Εμφάνιση Παλλιροϊκών φαινομένων (TSAUNAMIS)
2. Θανάτους και τραυματισμούς ατόμων οι οποίοι δεν οφείλονται μόνο στις καταστροφές και στις βλάβες των τεχνικών έργων, αλλά και στο γεγονός ότι επί μεγάλα χρονικά διαστήματα, σε περιόδους έντονης δράσης, έχουμε αποδιοργάνωση του κοινωνικού ιστού της περιοχής.

Μετά από τους μεγάλους σεισμούς παρουσιάστηκαν σοβαρά προβλήματα στο σχεδιασμό και στο συντονισμό ειδικών οργάνων για την αντιμετώπιση των εκτάκτων αναγκών. Δεν κατόρθωσαν σε καμιά περίπτωση να αντιμετωπίσουν συνολικά το πρόβλημα της χάραξης και υλοποίησης ενιαίας και αποτελεσματικής αντισεισμικής πολιτικής, που θα επέτρεπε αφενός στον πληθυσμό να αισθάνεται ασφαλής αφετέρου, θα οδηγούσε σε αντισεισμική θωράκιση της χώρας.

Οι τεράστιες κοινωνικές, οικονομικές και ψυχολογικές επιπτώσεις του φαινομένου απαιτούν για την αντιμετώπιση τους μακροχρόνιο και ολοκληρωμένο σχεδιασμό, που να περιλαμβάνει τη σωστή, αποτελεσματική και προγραμματισμένη διάταξη αξιοποίηση και

κινητοποίηση όλου του σχετικού δυναμικού της χώρας.

Η διαδικασία αυτή συνεπάγεται τη στενή συνεργασία κρατικών οργάνων, τοπικής αυτοδιοίκησης, επιστημονικών, και κοινωνικών φορέων.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω, καταλήγουμε ότι αυτές οι απλές έννοιες, δηλαδή :

- 1) η επιλογή κατάλληλης μορφής του δομικού συστήματος για μεταλαστική απόκριση,
- 2) η επιλογή καταλλήλων και σωστά κατανεμημένων θέσεων (πλαστικών αρθρώσεων) για τη συγκέντρωση των μετελαστικών παραμορφώσεων και
- 3) η εξασφάλιση, με την κατάλληλη διαφοροποίηση των αντοχών, ότι η μετελαστική παραμόρφωση δε θα συμβεί σε ανεπιθύμητες θέσεις ή σε ανεπιθύμητες στατικές καταστάσεις αποτελούν τις βάσεις της φιλοσοφίας του ικανοτικού σχεδιασμού.

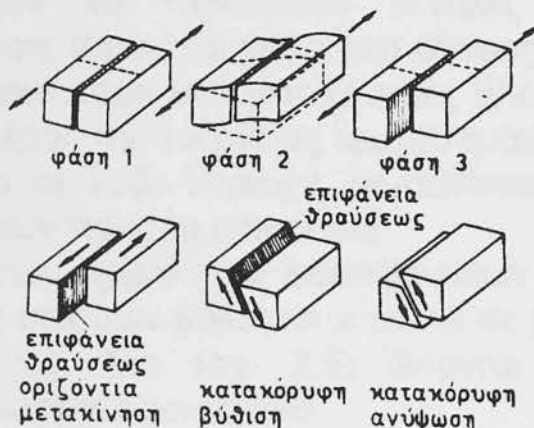
Μέσα στα πλαίσια αυτά προέκυψε η άμεση ανάγκη σύστασης ειδικού αντισεισμικού φορέα του Ο.Α.Σ.Π. , που έχει την ευθύνη της χάραξης και υλοποίησης της αντισεισμικής πολιτικής της χώρας. Αποστολή του είναι η συμμετοχή του στους σχεδιασμούς έκτακτης ανάγκης για την περίπτωση σεισμού, συντονίζοντας το έργο της εκπαίδευσης και ενημέρωσης του πληθυσμού πάνω στα προβλήματα της χώρας.

Τέλος θα πρέπει να τονισθεί η χρησιμότητα των διακρατικών συνεργασιών πάνω σε θέματα σεισμών, η ανταλλαγή απόψεων, εμπειριών και μεθόδων αντιμετώπισης τους και η συμμετοχή σε κοινά προγράμματα, που προωθούν την έρευνα και τη συνεργασία μεταξύ των λαών.

Γένεση – Δημιουργία Σεισμού

Σεισμοί είναι εδαφικές δονήσεις που οφείλονται κυρίως στη θραύση ή την ξαφνική μετακίνηση κατά μήκος ενός υφιστάμενου ρήγματος στο στερεό φλοιό της γης (Τεκτονικοί σεισμοί). Πολύ σπανιότερα οι σεισμοί οφείλονται στην έκρηξη ηφαιστείων. Μια ευρέως παραδεκτή και καλά τεκμηριωμένη θεωρία για τη γένεση των τεκτονικών σεισμών είναι η «θεωρία της ελαστικής αναπηδήσεως» (elastic rebound theory) που αναπτύχθηκε το 1906 από τον Reid.

Σύμφωνα μ' αυτή τη θεωρία οι σεισμοί προκαλούνται από την ξαφνική έκλυση ελαστικής ενέργειας παραμορφώσεως υπό μορφή κινητικής κατά μήκος του γεωλογικού ρήγματος (σχ. 2.1.).



Σχ. 2.1 Σχηματική παράσταση γενέσεως των σεισμών

Η συσσώρευση ελαστικής ενέργειας παραμορφώσεως κατά μήκος των γεωλογικών ρηγμάτων ερμηνεύεται με τη θεωρία της κινήσεως των λιθοσφαιρικών πλακών στις οποίες χωρίζεται ο στερεός φλοιός της γης.

Στα σημεία συνάντησης τους, δύο πράγματα μπορεί να συμβούν :

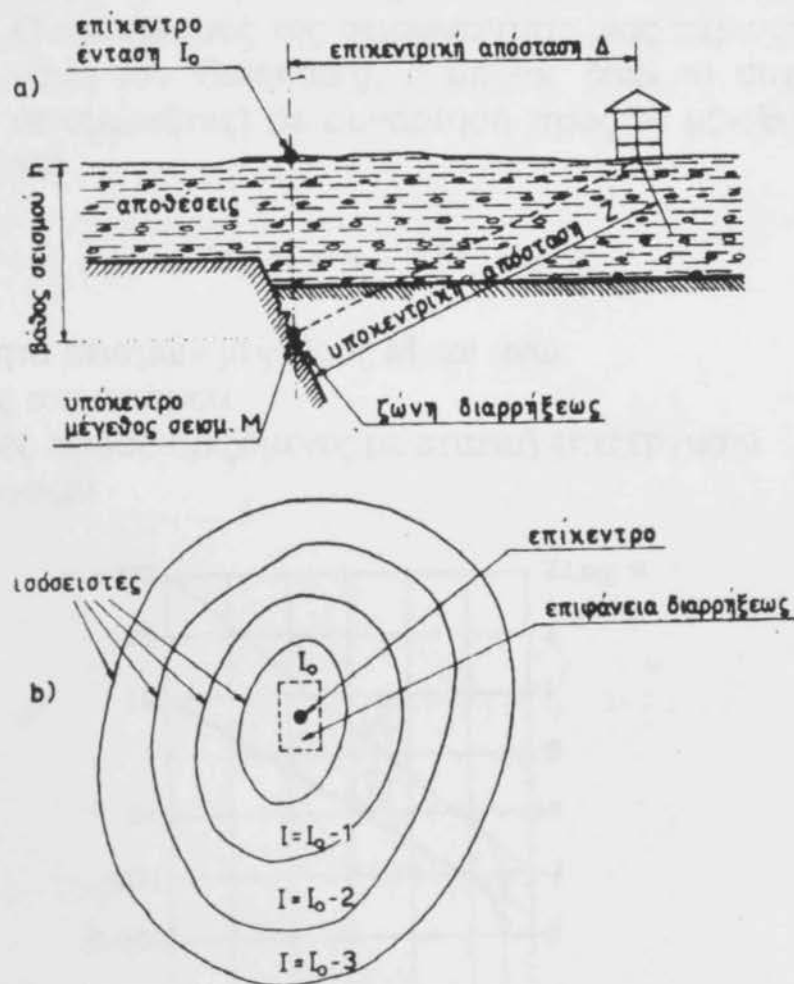
- α) Θα συμπιεστούν και θα παραμορφωθούν
- β) Θα βυθιστεί η μία κάτω απ' την άλλη, όπως η πλάκα του Ειρηνικού, που βυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική πλάκα στην περιοχή της Ιαπωνίας. Σε άλλες περιοχές δύο πλάκες μπορεί να κινούνται παράλληλα την ίδια ή αντίθετη φορά και με διαφορετικές ταχύτητες. Η μετακίνηση δεν είναι συνεχής, αλλά γίνεται με βήματα. Σε κάθε μία από τις τέσσερις τελευταίες περιπτώσεις έχουμε συγκέντρωση τεράστιων δυνάμεων.

Μόλις αυτές ξεπεράσουν την αντοχή των πλακών ή την τριβή μεταξύ τους:

- α) Τις παραμορφώνουν
- β) Τις μετακινούν, απελευθερώνοντας σε μικρό χρονικό διάστημα μεγάλα ποσά ενέργειας δημιουργώντας σεισμούς και ρηγματώσεις.

Η πηγή, ο τόπος της μετακίνησης της ταλάντωσης ονομάζεται εστία (focus). Οι σεισμοί οφείλονται στην μοναδικότητα τους, στο τυχαίο του φυσικού φαινομένου και στο ότι οι κινήσεις του εδάφους τις οποίες προκαλούν μπορούν να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις και να επηρεάσουν οτιδήποτε βρίσκεται μέσα στο έδαφος, ακόμα και μέσα στην Θάλασσα. Το σεισμικό κύμα εκπέμπεται προς όλες τις κατευθύνσεις, το μεγαλύτερο όμως μέρος της ενέργειας του σεισμού μεταφέρεται μέσα απ' το φλοιό και έπειτα σε κάθε περιοχή, μεταδίδεται μέσω των ανωτέρων εδαφικών στρωμάτων προς τη επιφάνεια.

Η σύγκριση των ορίων των λιθοσφαιρικών πλακών με τις ζώνες υψηλής πυκνότητας σεισμών βρίσκονται πάνω σε μια απ' αυτές τις ζώνες υψηλής σεισμικότητας. Στο (σχ. 2.5) δίνονται χαρακτηριστικοί όροι σχετιζόμενοι με το σεισμικό φαινόμενο.



Σχ.2.5 Όροι σχετικοί με το φυσικό φαινόμενο του σεισμού
 α) Γένεση και διάδοση
 β) Ισόσειστες (ζώνες ίσης σεισμικής εντάσεως I)

Σεισμικότητα και Σεισμική Επικινδυνότητα

Για το σχεδιασμό των αντισεισμικών κατασκευών είναι απαραίτητη η γνώση της αναμενόμενης εδαφικής κινήσεως λόγω σεισμού. Ο σεισμός όμως αποτελεί στοχαστικό φαινόμενο με τυχαία κατανομή μεγέθους και εντάσεως στο χρόνο και στο χώρο. Στη περίπτωση ακόμη λοιπόν που υπάρχουν καταγραφές μακράς διάρκειας, είναι απαραίτητη η στατιστική επεξεργασία τους, ώστε να επιλεγεί ο σεισμός σχεδιασμού με προαποφασισμένη πιθανότητα επαναλήψεως σε ορισμένη χρονική περίοδο (π.χ. 80 χρόνια που εκτιμάται ότι είναι η ζωή των κατασκευών).

Για τον σκοπό αυτό έχουν εισαχθεί δύο έννοιες, η έννοια της σεισμικότητας και η έννοια της σεισμικής επικινδυνότητας.

α) Σεισμικότητα. Γενικά «η σεισμικότητα» είναι μία μετρική που αυξάνει τόσο με το μέγεθος όσο και με τη συχνότητα των σεισμών στην περιοχή γενέσεώς τους. Ο καθορισμός της σεισμικότητας μιας περιοχής βασίζεται στο στατιστικό νόμο του Gutenberg, ο οποίος δίνει τη συχνότητα των σεισμών (αριθ. σεισμών/έτος) σε συνάρτηση προς το μέγεθός τους από τη σχέση (σχ. 2.10) :

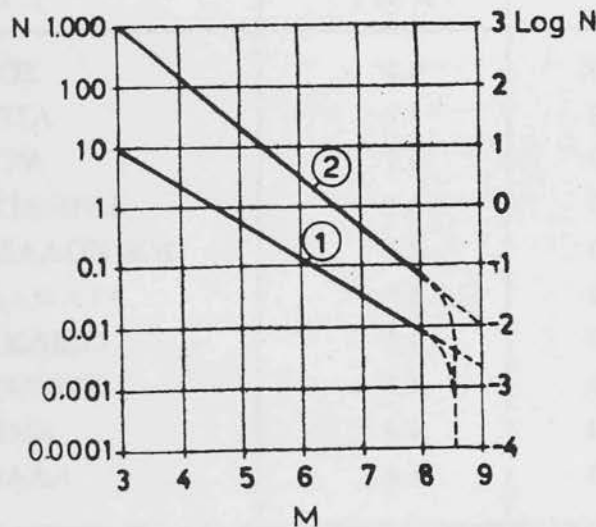
$$\log N = a - b M \quad (2.3)$$

όπου

N : συχνότητα σεισμών μεγέθους M και άνω

M : μέγεθος του σεισμού

a, b : σταθερές προσδιοριζόμενες με στατική επεξεργασία καταγραφών



Σχ. 2.10 Συσσωρευτική συνάρτηση σεισμών στο Βορειοελλαδικό (1) και Ελλαδικό (2) χώρο.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνονται συνήθως υπό τη μορφή χαρτών σεισμικότητας.

β) Σεισμική επικινδυνότητα. Συνήθως η σεισμική επικινδυνότητα σε ένα τόπο εκφράζεται ποσοτικά είτε με την πιθανότητα να παρατηρηθεί στον τόπο αυτό σεισμική επιτάχυνση ή ένταση I μεγαλύτερη ορισμένης τιμής μέσα σε ορισμένο χρόνο, είτε με την τιμή της επιταχύνσεως A ή εντάσεως I για την οποία η πιθανότητα να υπάρξει υπέρβαση της τιμής της σε ορισμένο χρονικό διάστημα είναι κάτω ορισμένου ορίου. Η εκδηλούμενη ένταση I ενός σεισμού ή η μέγιστη επιτάχυνση A , εξασθενεί καθώς μεγαλώνει η απόσταση από το επίκεντρο. Από τη στατιστική αξιολόγηση μεγάλου αριθμού σεισμών έχουν προκύψει οι παρακάτω νόμοι εξασθενήσεως.

Με βάση τα παραπάνω όταν είναι γνωστή η σεισμικότητα των επίκεντρων από τα οποία απειλείται ένας τόπος, είναι δυνατός ο υπολογισμός της στατιστικής κατανομής μιας παραμέτρου της σεισμικής κινήσεως (π.χ. της μεγ. Επιταχύνσεως A) ή της σεισμικής εντάσεως (I σε Μ.Μ.) στον τόπο αυτό, αφού είναι γνωστές οι επί μέρους επικεντρικές αποστάσεις Δ και η στατιστική κατανομή χρονικά του μεγέθους M σε κάθε επίκεντρο.

Με βάση τη στατιστική κατανομή των A ή I συντάσσονται πίνακες όπως ο (Πιν. 2.3) ή χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας όπως του (σχ. 2.11)

Πίνακας 2.3

Τιμές πιθανότερων μεγίστων αναμενομένων εντάσεων I (Μ.Μ.) και επιταχύνσεων A σε δέκα Ελληνικές πόλεις για περίοδο επαναλήψεως των 80 ετών

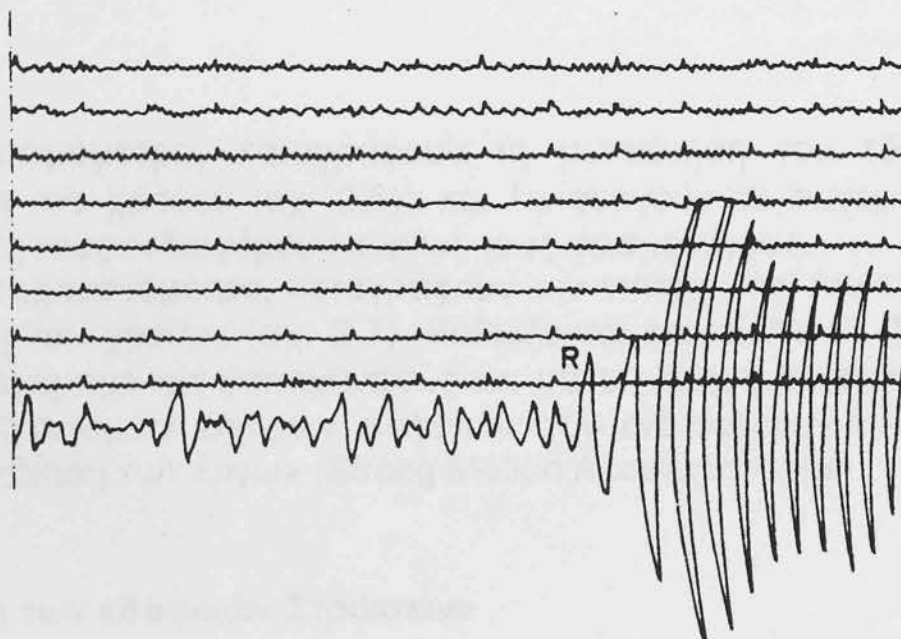
Πόλεις	I (Μ.Μ.)	A/g
ΡΟΔΟΣ	8.0	0.38
ΛΑΡΙΣΑ	7.8	0.37
ΠΑΤΡΑ	7.6	0.37
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	7.6	0.30
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	7.3	0.26
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	7.2	0.24
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	7.1	0.23
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	7.1	0.20
ΑΘΗΝΑ	6.7	0.17
ΚΑΒΑΛΑ	6.5	0.11

Στις σεισμογενείς περιοχές έχει πρωτεύουσα σημασία το να είναι στέρεη η στατική μορφή. Η ενημέρωση αυτή αφορά και τους Αρχιτέκτονες και τους Μηχανικούς, επειδή ο Δομοστατικός Μηχανικός δεν μπορεί να κάνει μία κακή στατική μορφή να συμπεριφέρεται ικανοποιητικά στο σεισμό.

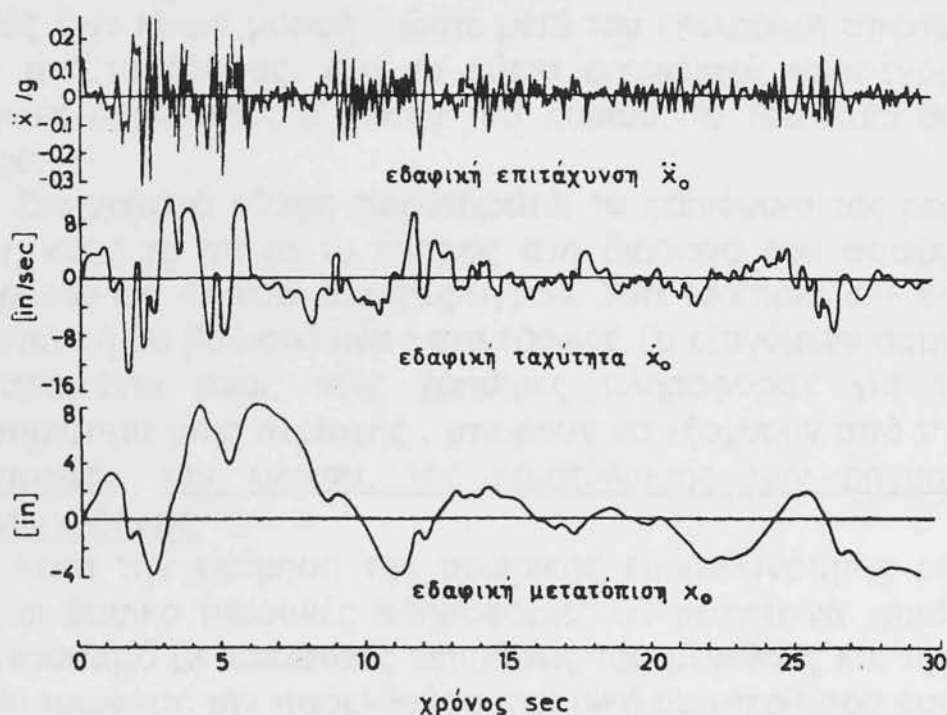
Προκειμένου η μελετητική ομάδα να ετοιμάσει την πιο κατάλληλη κατασκευή για τον πελάτη, η μορφή δεν πρέπει να οριστικοποιηθεί μέχρι να αποκτηθούν οι απαραίτητες σχετικές πληροφορίες. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της εισαγωγής, η μελετητική ομάδα πρέπει να ξέρει αρκετά γύρω από τις συνέπειες των σεισμικών βλαβών, τους οικονομικούς παράγοντες για την αποφυγή των αιτιών των βλαβών και τον βαθμό επικινδυνότητας για τους διάφορους τύπους κατασκευής στην υπόψη περιοχή, ώστε να μπορέσει να προχωρήσει σε μία επιτυχημένη εκλογή στατικής μορφής.

Όργανα Καταγραφής σεισμικών κινήσεων

Δύο είναι οι βασικές κατηγορίες οργάνων που επιτρέπουν την ποσοτική αποτίμηση του σεισμικού φαινομένου:



Σχ. 2.6 Χαρακτηριστική μορφή σειсмоγραφήματος



Σχ. 2.7 Επιταχυνσιόμετρα σεισμού EL CENTRO 18.5.1940 N - S – και παράγωγα γραφήματα ταχύτητας και μετακινήσεως

α) Τα **σεισμόμετρα**, καταγράφουν τη μετακίνηση του εδάφους ως συνάρτηση του χρόνου (σχ. 2.6) και λειτουργούν σε συνεχή βάση. Οι καταγραφές τους ενδιαφέρουν κυρίως τους σεισμολόγους.

β) Τα **επιταχυνσιόμετρα**, καταγράφουν την επιτάχυνση του εδάφους ως συνάρτηση του χρόνου (σχ. 2.7). Ρυθμίζονται έτσι ώστε να διεγείρονται από ορισμένη τιμή της επιταχύνσεως και πάνω. Χρησιμοποιούνται για την καταγραφή σεισμών ισχυρών κινήσεων που ενδιαφέρουν τον Μηχανικό για την σχεδίαση των έργων (Strong Motion Accelerographs).

Επίδραση των εδαφικών Στρώσεων

Σημαντική επίσης είναι και η επίδραση των εδαφικών στρώσεων πάνω στις οποίες βρίσκεται το σημείο που μας ενδιαφέρει. Πιο μαλακά εδάφη τείνουν να ενισχύουν τις χαμηλές συχνότητες. Ακόμα, όσο το έδαφος είναι μαλακότερο, τόσο ο σεισμικός κραδασμός είναι πιο

ομοιόμορφος , έχει μεγαλύτερη διάρκεια και αυξημένη πλάτη. Όπως είναι γνωστό τα κτίρια έχουν ιδιοσυχνότητα συντονισμού. Αν τύχει και ο σεισμός έχει τέτοια μορφή , ώστε μετά την επιλεκτική απόσβεση που θα πάθει απ' το έδαφος, έχει το κύριο ενεργειακό περιεχόμενο του σε γειτονικές συχνότητες μ' αυτήν του κτιρίου, το τελευταίο θα δοκιμαστεί σοβαρά.

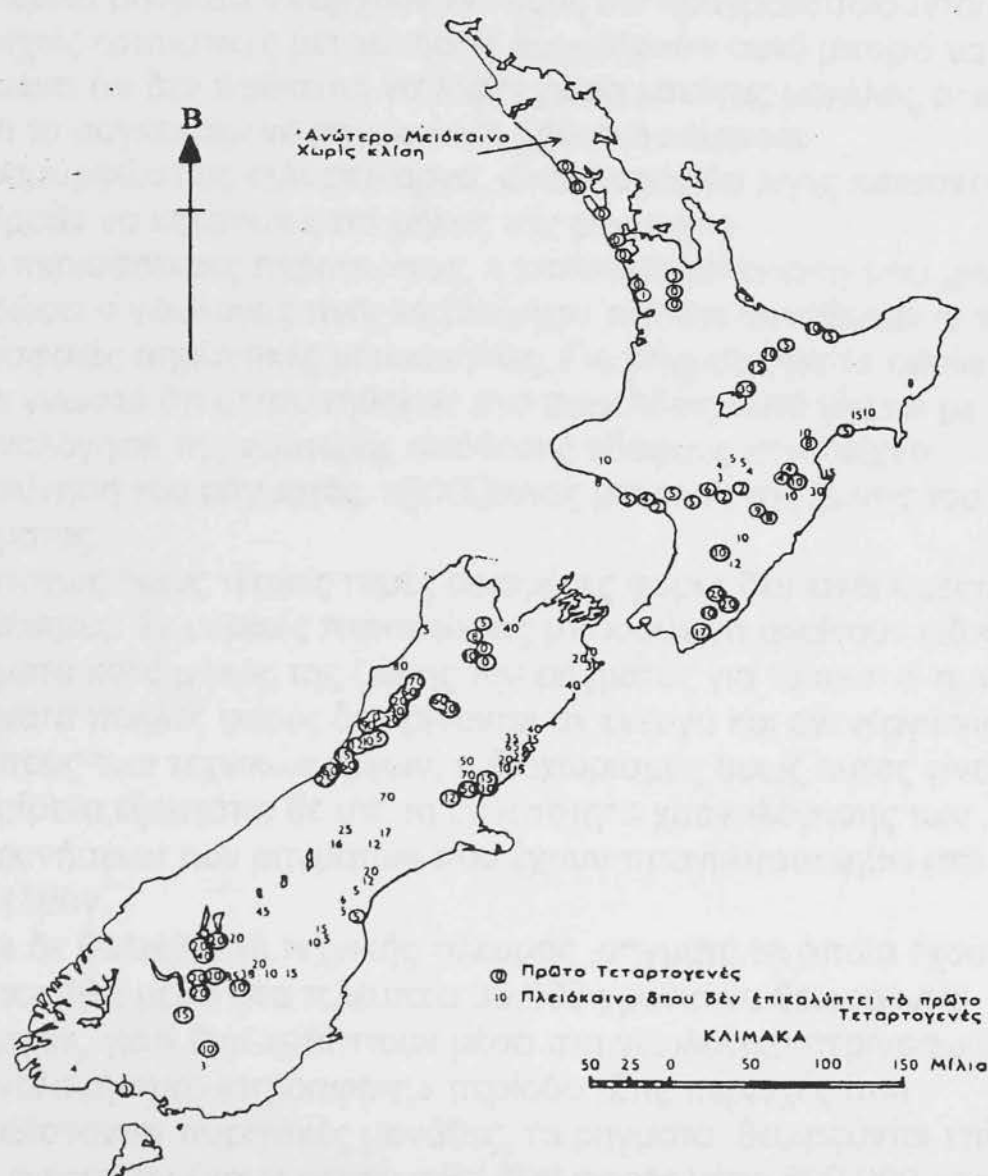
Στα χαλαρά εδάφη παρατηρείται το φαινόμενο της ρευστοποίησης αυτών, κατά το οποίο το έδαφος στη διάρκεια του σεισμού χάνει την συνοχή του και αποκτά ιδιότητες υγρού. Τότε το κτίριο, είτε θα μετακινηθεί οριζόντια , ή θα βυθιστεί μέσα στο έδαφος. Το εξαγόμενο συμπέρασμα απ' τα παραπάνω είναι, πώς χρήσιμες πληροφορίες για την σεισμική δραστηριότητα μιας περιοχής , μπορούν να εξαχθούν από την μελέτη της περιστροφής του φλοιού, της καμπύλωσης των ρηγματώσεων και τεκτονικής δομής.

Κατά την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας μιας περιοχής αυτές οι βασικά ποιοτικές πληροφορίες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ποσοτικές εκτιμήσεις του μεγέθους και της συχνότητας των σεισμών απ' την παρελθούσα σεισμική συμπεριφορά όσο και από την πρόγνωση μελλοντικών σεισμικών ενδεχομένων.

Η **περιστροφή (Tilting)**, χρησιμεύει ιδιαίτερα στον καθορισμό του μεγέθους και του πόσο πρόσφατη είναι η μετακίνηση του στερεού φλοιού σε μια περιοχή. Μετρίεται δε με την κλίση των στρωμάτων τα οποία προγενέστερα ήταν γνωστό ότι βρισκόντουσαν σε σχεδόν οριζόντια θέση. (σχ. 2.2.)

Τρία βασικά χαρακτηριστικά των **ρηγμάτων** είναι που σχετίζονται με την αντισεισμική μηχανική : η θέση, η δραστηριότητα και ο τύπος του ρήγματος.

- Η **θέση** του ρήγματος. Στις περισσότερες σεισμικά ενεργές περιοχές, τα ρήγματα αποτελούν την κυριότερη πηγή πληροφόρησης όσον αφορά τη σεισμική επικινδυνότητα. Αυτό εν μέρει συμβαίνει διότι τα ρήγματα περιγράφονται σχετικά εύκολα και είναι ευαίσθητα στις μετρήσεις των μετακινήσεων και εν μέρει επειδή υποδεικνύουν την εστία της έκλυσης ενέργειας για τους περισσότερους σεισμούς.



Σχ. 2.2 Χάρτης της Νέας Ζηλανδίας που δείχνει τις γωνίες βύθισης των γεωλογικών στρωμάτων του Πρώτου Τετατογενούς και του Πλειοκαίνου (από τους Clark κ.α.)

Ακόμη όμως και με αυτά τα δεδομένα, οι κάρτες των ιχνών των ρηγμάτων θα πρέπει να θεωρούνται ατελείς καθώς παλαιά ή πρόσφατα ρήγματα συμβαίνει να είναι δύσκολο ή αδύνατο να ανευρεθούν τα οποία δεν μπορούν να διατηρήσουν τις μετατοπίσεις στο επίπεδο του ρήγματος.

- Η **Δραστηριότητα**. Η βασική ερώτηση στη σκέψη κάθε Μηχανικού είναι «θα κινηθεί αυτό το ρήγμα κατά τη διάρκεια ζωής του μελετούμενου έργου;».

Σε μερικά ρήγματα υπάρχουν ενδείξεις ότι πραγματοποιούνται συνεχείς ερπυστικές μετακινήσεις και μολονότι αυτό μπορεί να σημαίνει ότι δεν πρόκειται να λάβει χώρα κανένας μεγάλος σεισμός σ' αυτό το συγκεκριμένο ρήγμα κάθε χρόνο η ενέργεια παραμορφώσεως εκλύεται αργά, είναι σαφές ότι λίγες κατασκευές μπορούν να κτιστούν κατά μήκος του ρήγματος.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η καλύτερη απάντηση που μπορεί να δώσει ο γεωλόγος είναι να εκτιμήσει το πότε συνέβηκαν οι πιο πρόσφατες σημαντικές μετακινήσεις. Για ρήγματα για τα οποία δεν είναι γνωστό ότι μετακινήθηκαν στο παρελθόν, αυτό γίνεται με την χρονολόγηση της νεώτερης απόθεσης εδάφους που δείχνει μετακίνηση του ρήγματος, εξετάζοντας μία τομή της ζώνης του ρήγματος.

Δυστυχώς όμως τέτοιες τομές ορισμένες φορές δεν είναι άμεσα διαθέσιμες. Σε μερικές περιπτώσεις μπορούν να ανοίγουν ειδικά ρήγματα κατά μήκος της ζώνης του ρήγματος για το σκοπό αυτό. Τα ρήγματα πολλές φορές διακρίνονται σε ενεργά και ανενεργά για τους σκοπούς των τεχνικών έργων, ο διαχωρισμός όμως αυτός γίνεται αυθαίρετα, εξαρτάται δε απ' τη δυνατότητα χρονολόγησης των μετακινήσεων των ρηγμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν.

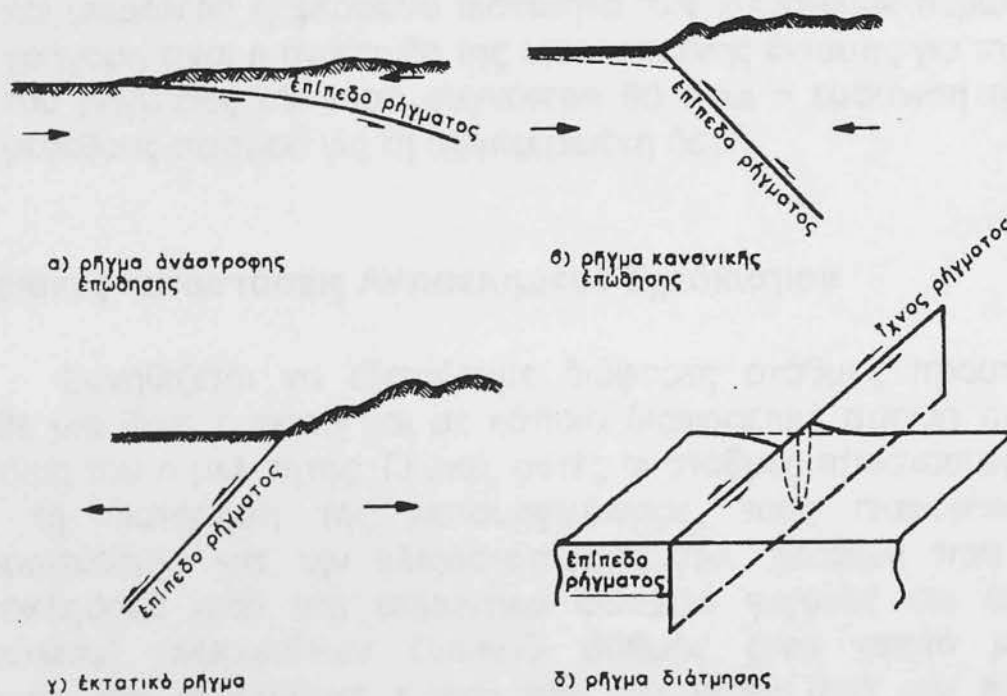
Είναι δε βολικό από τεχνικής πλευράς, ρήγματα τα οποία έχουν μετακινηθεί μέσα στα τελευταία 35.000 χρόνια να θεωρούνται σαν «ενεργά», γιατί έτσι εμπίπτουν μέσα στη γεωλογικά περιγράψιμη (και χρονολογήσιμη) «πρόσφατη» περίοδο. Στις περιοχές που εγκαθίστανται πυρηνικές μονάδες, τα ρήγματα θεωρούνται επίσης σαν ενεργά αν έχουν μετακινηθεί δύο φορές μέσα 500.000 χρόνια. Αυτό πάλι είναι ένα κυμαινόμενο χρονικό διάστημα, εξαρτώμενο από τις μεθοδολογίες χρονολόγησης.

Τύποι ρηγμάτων.

α). Ρήγματα μικρής γωνίας, θλιπτικά, ανάστροφης επώθησης (2.4 α). Τα ρήγματα αυτά προκαλούνται από τις υποθαλάσσιες τεκτονικές πλάκες που απομακρύνονται και εξωθούν τις παρακείμενες ηπειρωτικές πλάκες.

β). Θλιπτικά επωθητικά ρήγματα (σχ. 2.4 β), όπου οι θλιπτικές δυνάμεις προκαλούν διατμητική θραύση ωθώντας την οροφή του ρήγματος προς τα πάνω όπως συνέβη στο San Fernando της Καλιφόρνιας το 1971.

γ) Έκτατικά ρήγματα (σχ. 2.4γ). Ο τύπος αυτός είναι αντίστροφος από το προηγούμενο, και κατ' αυτόν εφελκυστικές παραμορφώσεις τραβούν την οροφή του ρήγματος.
 δ). Ρήγματα διάτμησης (σχ. 2.4.δ.) όπου σχετικές οριζόντιες μεταπίσεις των δύο πλευρών του ρήγματος εμφανίζονται κατά μήκος ενός πρακτικά κατακόρυφου επίπεδου του ρήγματος, όπως συνέβει στο San Francisco το 1906 στο ρήγμα του Αγίου Ανδρέα.



Σχ. 2.4 Οι καλύτεροι τύποι ρηγμάτων που εξετάζονται στη μελέτη των χαρακτηριστικών εδαφικών κινήσεων (κατά Housner)

Τεκτονικές δομές. Ακόμη περισσότερες γενικές πληροφορίες για τη σεισμικότητα μπορούν να εξαχθούν από τη συσχέτιση της τοποθεσίας με την τεκτονική δομή. Ο Mogi έδειξε ότι οι περισσότεροι μεγάλοι επιφανειακοί σεισμοί πραγματοποιούνται σε παρειές βαθιών χαραδρών με μέτωπο στον ωκεανό, ή σε θέσεις τοπικών υποχωρήσεων του πυθμένα ή τάφρων ή στα όρια των καταπτώσεων. Το μέγεθος και η συχνότητα των σεισμών σε μια δοσμένη περιοχή μπορούν να προκύψουν σε γενικές γραμμές από τις διαστάσεις και την αντοχή των τεμαχίων του ρήγματος.

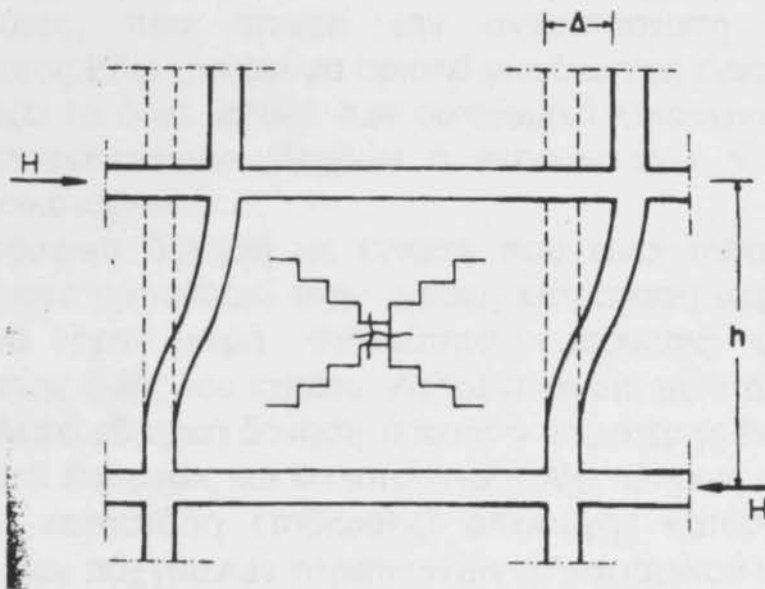
Όσο μεγαλύτερο και ανθεκτικότερο είναι το τέμαχος, τόσο μεγαλύτερο είναι το μέγιστο μέγεθος ενός σεισμού που μπορεί να προκληθεί κατά μήκος των ορίων του συγκεκριμένου τεμάχους. Επίσης, όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός των τεκτονικών μετακινήσεων και μικρότερη η φέρουσα ικανότητα των τεκτονικών δομών, τόσο πιο γρήγορη είναι η ανάπτυξη της απαιτούμενης έντασης για τη μετακίνηση του ρήγματος και τόσο συχνότερη θα είναι η εμφάνιση του μέγιστου μεγέθους σεισμού για τη συγκεκριμένη δομή.

Οριακές καταστάσεις Αντισεισμικού Σχεδιασμού

Συνηθίζεται να εξετάζουμε διάφορες στάθμες προστασίας, που κάθε μία δίνει έμφαση και σε κάποια διαφορετική άποψη που λαμβάνει υπόψη του ο μελετητής. Γενικά, αυτές οι στάθμες προστασίας σχετίζονται με τη διατήρηση της λειτουργικότητας, τους διάφορους βαθμούς προσπάθειας για την ελαχιστοποίηση των βλαβών που μπορεί να προκληθούν από ένα σημαντικό σεισμικό γεγονός και την αποφυγή απώλειας ανθρωπίνων ζωών. Ο βαθμός στον οποίο μπορούν να παρέχονται οι στάθμες προστασίας εξαρτάται από την προθυμία της κοινωνίας να κάνει θυσίες κι από τους οικονομικούς περιορισμούς με τους οποίους πρέπει να συμβιβαστεί η κοινωνία.

Ενώ οι περιοχές σεισμικότητας είναι πλέον καλά καθορισμένες σε εύλογα όρια, η πρόβλεψη ενός σεισμικού γεγονότος μέσα στο προβλεπόμενο όριο ζωής ενός κτιρίου είναι εξαιρετικά χονδροειδής. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις των πιθανών και ενδεχομένων ζημιών στις πληγόμενες περιοχές πρέπει να γίνονται στα πλαίσια μίας προσπάθειας βελτιστοποίησης της σχέσης μεταξύ του βαθμού προστασίας που επιδιώκεται και του κόστους που απαιτείται.

α) Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Οι σχετικά συχνά σεισμοί που προκαλούν συγκριτικά μικρής έντασης εδαφικές δονήσεις δεν πρέπει να εμποδίζουν τη λειτουργικότητα, όπως η ομαλή λειτουργία του κτιρίου ή του εργοστασίου που στεγάζει αυτό. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να προκληθεί καμία βλάβη στο φέροντα οργανισμό, σε μη φέροντα στοιχεία, αλλά ούτε και στα περιεχόμενα του κτιρίου, που θα απαιτούσε επισκευή.



Σχ. 4.41 Αστοχία με χιαστί ρήγματα τοιχοποιίας λόγω καταναγκασμού εκ του πλαισίου από Ο/Σ

Η αντίστοιχη προσπάθεια στο σχεδιασμό θα συγκεντρωθεί στον έλεγχο και τον περιορισμό των παραμορφώσεων, που μπορεί να συμβούν στη διάρκεια του αναμενόμενου σεισμού και στην εξασφάλιση επαρκούς αντοχής σε όλα τα στοιχεία της κατασκευής για να αντιδράσουν στις δυνάμεις που προκαλούνται από το σεισμό ενώ ουσιαστικά θα παραμένουν στην ελαστική περιοχή.

Οι κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και τοιχοποιίας μπορεί να αναπτύξουν εκτεταμένες ρηγματώσεις στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, αλλά δεν πρέπει να προκληθεί σημαντική διαρροή του οπλισμού που θα έχει επακόλουθο μεγάλες ρωγμές, ούτε και θραύση σκυροδέματος ή τοιχοποιίας. Η συχνότητα με την οποία μπορεί να αναμένεται ένα σεισμικό γεγονός που αντιστοιχεί στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας εξαρτάται από τη σπουδαιότητα διατήρησης της λειτουργικότητας του κτιρίου.

β) Οριακή κατάσταση περιορισμού βλαβών. Για εδαφικές δονήσεις με ένταση μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στην οριακή κατάσταση λειτουργίας, μπορεί να συμβούν ορισμένες βλάβες. Η διαρροή του οπλισμού μπορεί να προκαλέσει ρωγμές μεγάλου εύρους που να απαιτούν επισκευαστικές εργασίες, όπως ενέσεις, για να αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα διάβρωσης.

Επίσης, μπορεί να συμβεί θραύση ή αποφλοιώση του σκυροδέματος, που απαιτεί την αντικατάσταση του ακατάλληλου σκυροδέματος. Εδώ μπορεί να οριστεί μία δεύτερη οριακή κατάσταση που θα καθορίζει το όριο μεταξύ των οικονομικά επισκευάσιμων βλαβών και των μη επισκευάσιμων βλαβών ή εκείνων που η επισκευή τους δε συμφέρει οικονομικά.

Η εδαφική δόνηση με ένταση που είναι πιθανό να προκαλέσει απόκριση που αντιστοιχεί στην οριακή κατάσταση περιορισμού βλαβών, πρέπει να έχει μικρή πιθανότητα εμφάνισης στη διάρκεια της αναμενόμενης ζωής του κτιρίου. Αναμένεται ότι, μετά από ένα σεισμό που θα προκαλέσει εδαφική δόνηση τέτοιας ή μικρότερης έντασης, το κτίριο θα επισκευαστεί επιτυχώς και θα αποκατασταθεί πλήρως η λειτουργία του.

γ) Οριακή κατάσταση επιβίωσης/ αποφυγής κατάρρευσης. Κατά την ανάπτυξη των σύγχρονων στρατηγικών αντισεισμικού σχεδιασμού, δίνεται ιδιαίτερα μεγάλη έμφαση στο κριτήριο της πρόληψης απώλειας ανθρωπίνων ζωών ακόμη και στη διάρκεια της ισχυρότερης εδαφικής δόνησης που είναι δυνατόν να συμβεί στη θέση του έργου. Γι' αυτό πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε μια από τις σημαντικές θεωρήσεις σχεδιασμού :την επιβίωση.

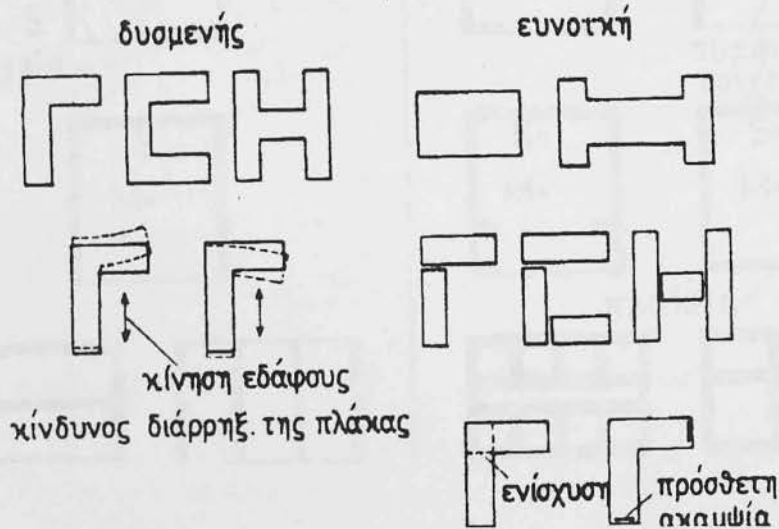
Σε μερικές περιπτώσεις , αυτές οι βλάβες δεν είναι επισκευάσιμες, αλλά δεν πρέπει να συμβεί κατάρρευση του κτιρίου. Συνεπώς ο μελετητής πρέπει να συγκεντρώσει την προσοχή του στις στατικές ιδιότητες που θα εξασφαλίσουν, για την αναμενόμενη διάρκεια ενός σεισμού, ότι οι σχετικά μεγάλες παραμορφώσεις θα μπορούν χωρίς σημαντική απώλεια της αντίστασης σε οριζόντιες δυνάμεις και ότι θα διατηρηθεί η ακεραιότητα του κτιρίου για την υποστήριξη των μόνιμων φορτίων.

Κατασκευαστική διαμόρφωση του φέροντος συστήματος

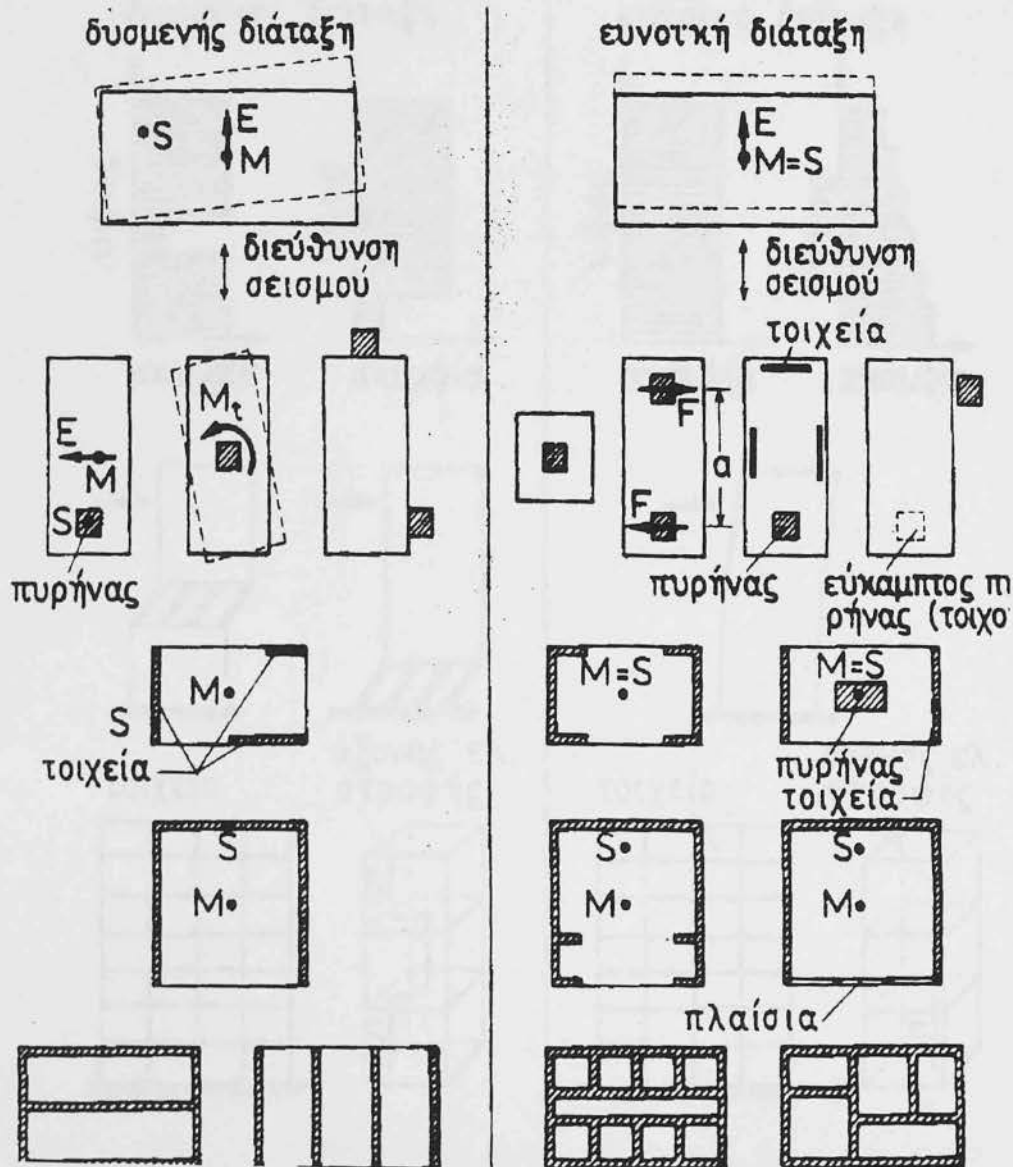
Ένα από τους βασικότερους παράγοντες για τη σωστή αντισεισμική συμπεριφορά του κτιρίου αποτελεί η ορθολογική μόρφωση του φέροντα οργανισμού εις τον τρόπον ώστε να μπορεί να μεταφέρει τα οριζόντια φορτία στο έδαφος χωρίς έντονες στροφές και με συμπεριφορά πλάσιμη.

Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να μεταφέρει τα οριζόντια φορτία στο έδαφος χωρίς έντονες στροφές και με συμπεριφορά πλάστιμη. Αλλά δεν μπορεί να γίνει και υποχρεωτικούς όρους του κανονισμού. Εν τούτοις υπάρχουν γενικές αρχές που όταν εν πολλοίς ακολουθούνται, οδηγούν σε σωστό αποτέλεσμα.

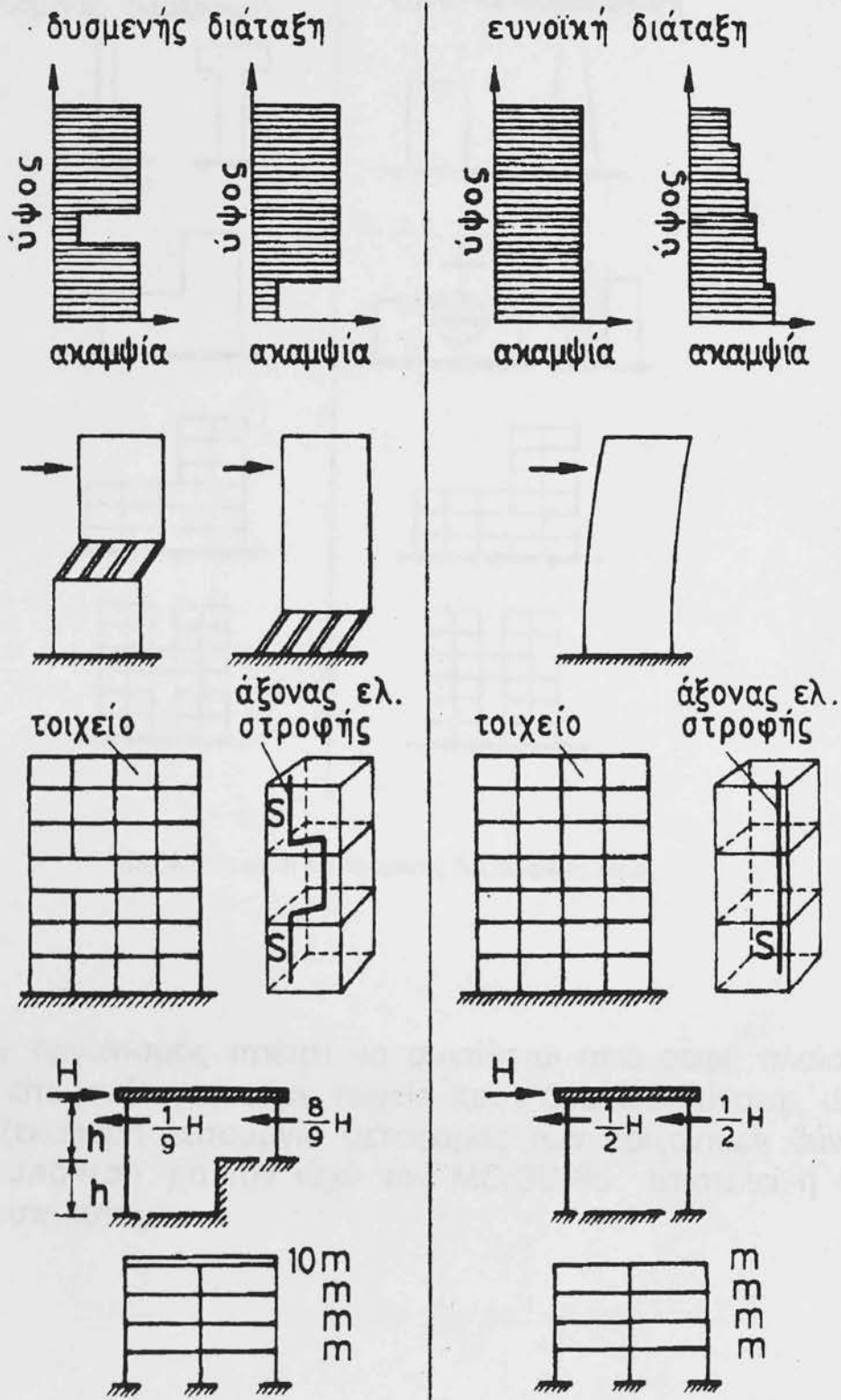
α) Κτίρια με απλή κάτοψη και τομή, χωρίς εισέρχουσες γωνίες κατόψεως και ανωμαλίες στη συνεχή μεταφορά των κατακορύφων φορτίων στο έδαφος, συμπεριφέρονται καλύτερα από κτίρια που δεν πληρούν αυτές τις αρχές. Η ύπαρξη ανωμαλιών οδηγεί σε συγκέντρωση τάσεων επικίνδυνων για το έργο. Αν και η συμμετρική διάταξη των στοιχείων ακαμψίας δεν είναι πάντα δυνατή, εν τούτοις χρειάζεται να καταβάλλεται ιδιαίτερη προσπάθεια προς αυτήν την κατεύθυνση, ώστε να αποφεύγονται σοβαρές αποκλίσεις κέντρου ελαστικής στροφής και κέντρου μάζας του κτιρίου που οδηγούν σχεδόν με μαθηματική ακρίβεια σε καταστροφή των γωνιακών στύλων και των περιμετρικών τοίχων πληρώσεως.



Σχ. 4.3 Ευνοϊκή και δυσμενής διαμόρφωση κατόψεως

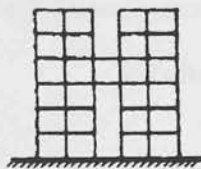
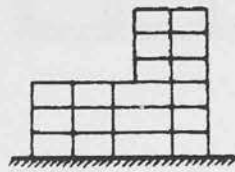
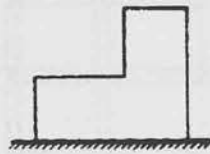
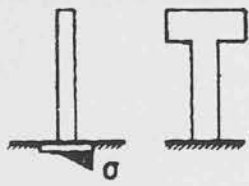


Σχ. 4.4 Κατανομή μάζας και ακαμψιών σε κάτοψη

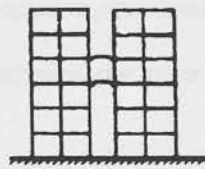
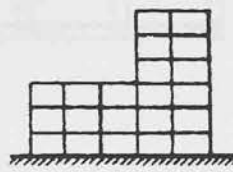
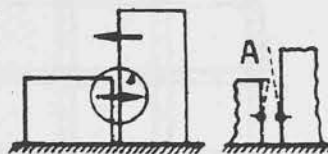
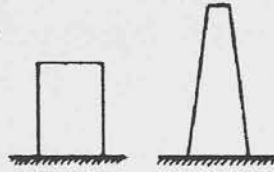


Σχ. 4.6 Κατανομή μάζας και ακαμψίας καθ' ύψος

δυσμενής διαμόρφωση



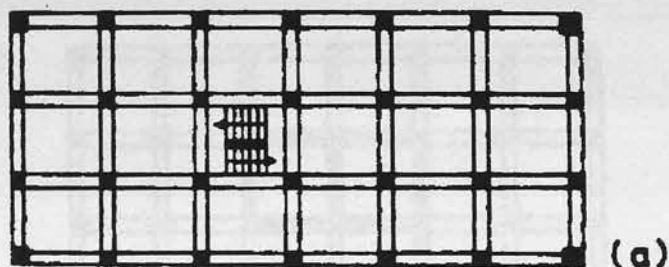
ευνοϊκή διαμόρφωση



Σχ. 4.5 Ευνοϊκή και δυσμενής διαμόρφωση τομής

β) Ο φέρων οργανισμός πρέπει να συντίθεται από σαφή πλαίσια, είτε ανεξάρτητα είτε συζευγμένα με τοιχεία κατά δύο διευθύνσεις, ώστε να υφίστανται ξεκάθαρη λειτουργία μεταφοράς των οριζοντίων δυνάμεων. Βασική προϋπόθεση για την ισχύ του MC/SD-85 αποτελεί η ύπαρξη φέροντος συστήματος :

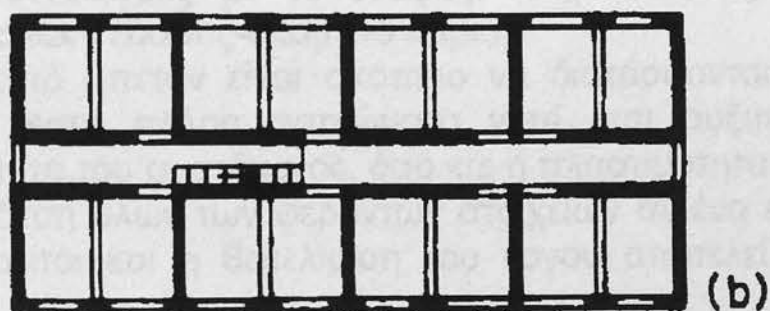
Πλαισιακό Σύστημα: Το φέρων σύστημα παραλαμβάνει κατακόρυφα και οριζόντια φορτία με χωρικά πλαίσια.



Σχ. 4.7 Βασικές μορφές φέροντος οργανισμού κατασκευών από Ο/Σ

a) Τυπική μορφή πλαισιακού συστήματος

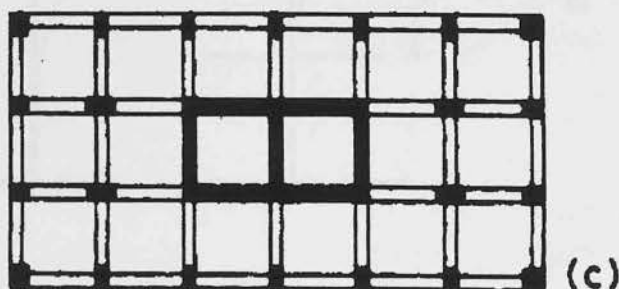
Σύστημα τοιχείων : Το φέρων σύστημα παραλαμβάνει κατακόρυφα και οριζόντια φορτία με φέροντα τοιχεία μεμονωμένα ή συζευγμένα με πλάστιμα σχεδιασμένες δοκούς συζεύξεως



Σχ. 4.7 Βασικές μορφές φέροντος οργανισμού κατασκευών από Ο/Σ

b) Τυπική διάταξη πλαισιακού συστήματος

Δίδυμο ή Διπλό Σύστημα : Στο σύστημα αυτό τα κατακόρυφα φορτία παραλαμβάνονται κατά κύριο λόγο από πλαισιακό χωρικό σύστημα ενώ τα οριζόντια φορτία παραλαμβάνονται τόσο από το πλαισιακό σύστημα όσο και από τοιχεία μεμονωμένα ή συζευγμένα



Σχ. 4.7 Βασικές μορφές φέροντος οργανισμού κατασκευών από Ο/Σ

c) Σύστημα με πυρήνα και πλαίσια (δίδυμο σύστημα)

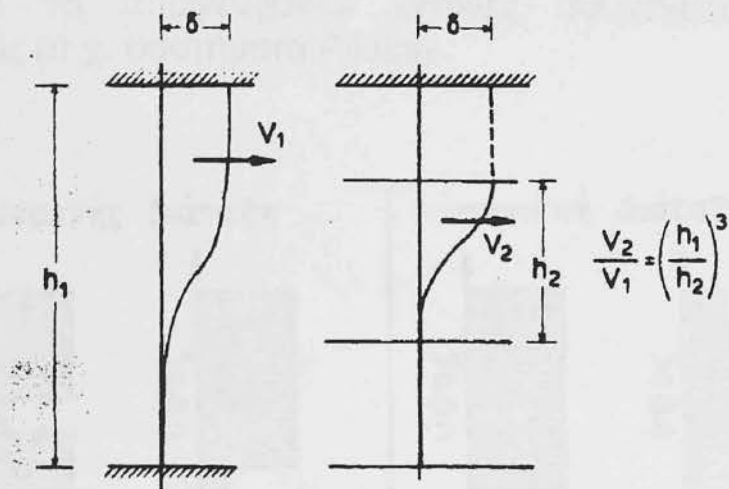
Στην περίπτωση υπάρξεων τοιχείων είναι σκόπιμο να διατάσσονται συμμετρικά και κατά το δυνατό στην περίμετρο του κτιρίου σύμφωνα με το παραπάνω (σχ. 4.4).

Γενικά η διάταξη τοιχείων καθιστά άκαμπτο το κτίριο και μειώνει τις ζημιές στον οργανισμό πληρώσεως. Πέραν αυτού, αποτελεί ένα μέσο για την παρέμβαση στην ακαμψία του κτιρίου κατά τρόπο που να αποφεύγεται συντονισμός με το έδαφος, (π.χ. είναι προτιμότερος ο συνδυασμός, μαλακό έδαφος-άκαμπτο κτίριο).

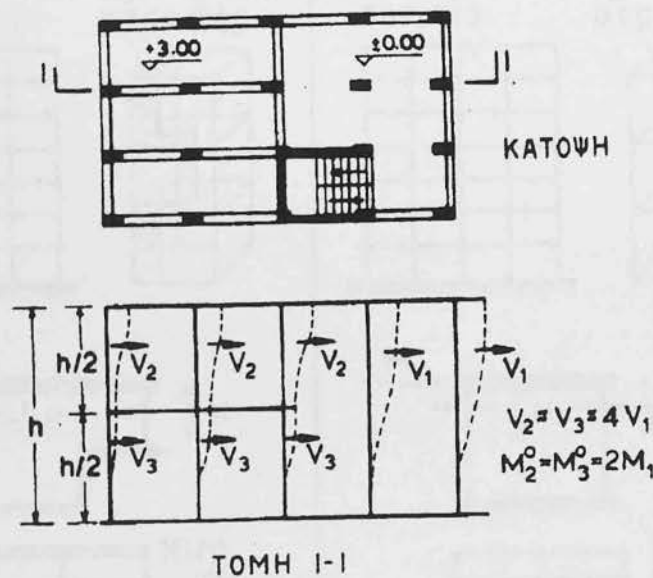
γ) Τα τοιχεία από μπετόν είναι σκόπιμο να διατάσσονται ανάμεσα σε υποστυλώματα κατά πλήρη φατνώματα γιατί έτσι αυξάνεται τόσο η φέρουσα ικανότητα του συστήματος, όσο και η πλαστιμότητα.

δ) Η καλή σύνδεση όλων των φερόντων στοιχείων σε ένα ενιαίο σύνολο χωρίς να εξαιρείται και η θεμελίωση του έργου αποτελεί πολύ θετικό στοιχείο.

ε) Πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία στύλων μικρού ύψους από παρεμβολή ακάμπτων τοιχοποιιών στα φατνώματα μέχρι του ύψους του παραθύρου ή από διάταξη μεσοπατωμάτων. Η ύπαρξη τέτοιων διατάξεων πρέπει να συνεκτιμάται οπωσδήποτε στους υπολογισμούς και στη μόρφωση στη συνέχεια των δομικών στοιχείων.



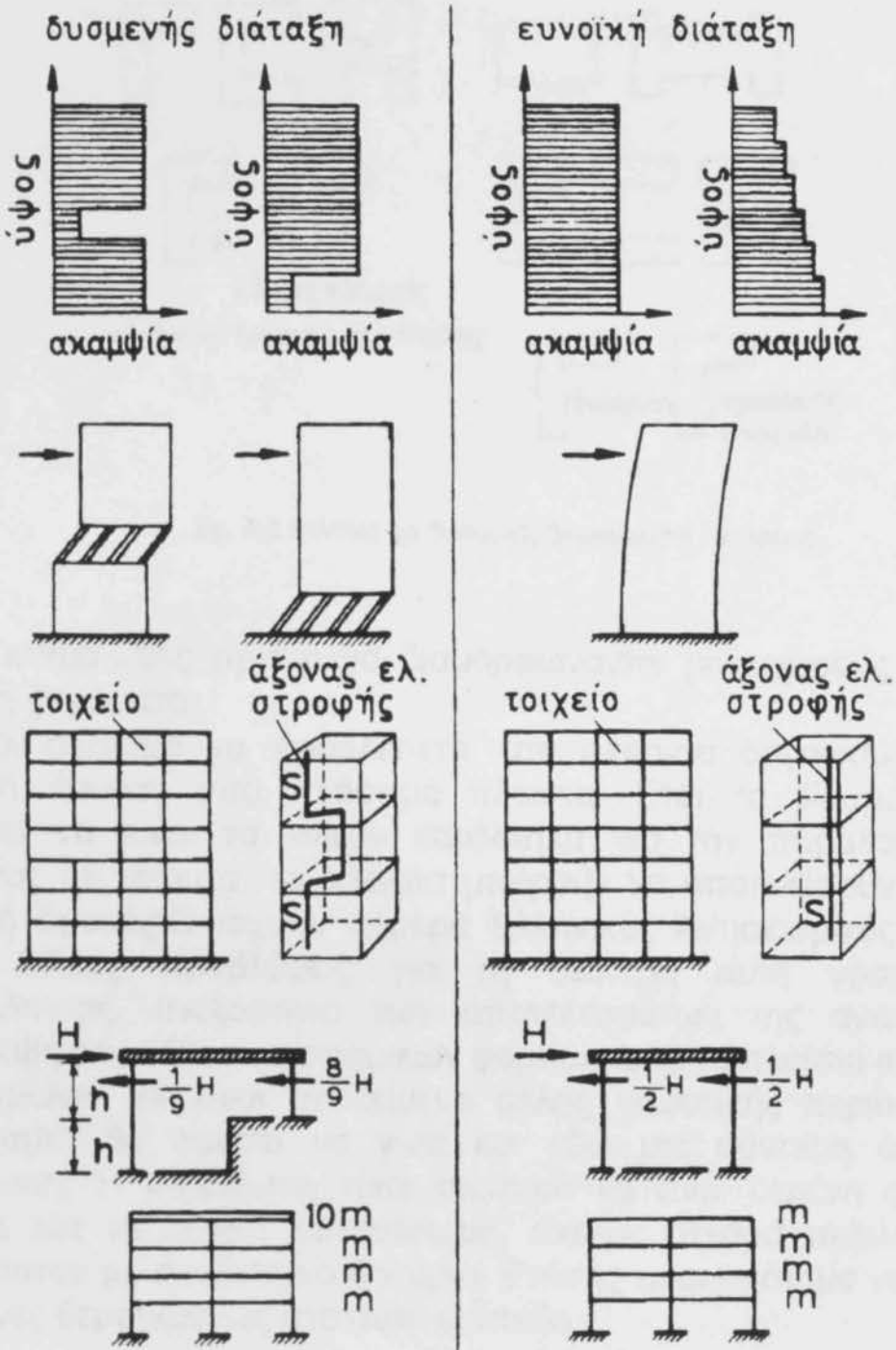
Σχ. 4.10 Συγκέντρωση μεγάλης τέμνουσας στους κοντούς περιμετρικούς στύλους



Σχ. 4.11 Συγκέντρωση μεγάλης τέμνουσας στους κοντούς στύλους του παταριού

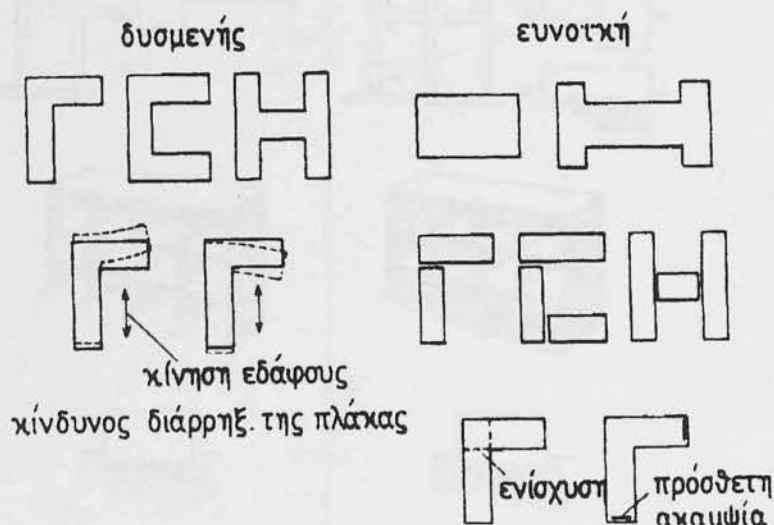
στ) Πρέπει να αποφεύγονται συστήματα με πλάκες επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς. Σε περίπτωση εφαρμογής τέτοιων συστημάτων θα πρέπει το σύνολο των σεισμικών δράσεων να παραλαμβάνεται από τοιχεία Ο/Σ.

ζ) Πρέπει να αποφεύγονται έντονες ασυνέχειες στον οργανισμό πλήρωσεως (π.χ. συστήματα Pilotis).



Σχ. 4.6 Κατανομή μάζας και ακαμψίας καθ' ύψος

η) Πρέπει να αποφεύγονται αδύνατα σημεία στην πλάκα.

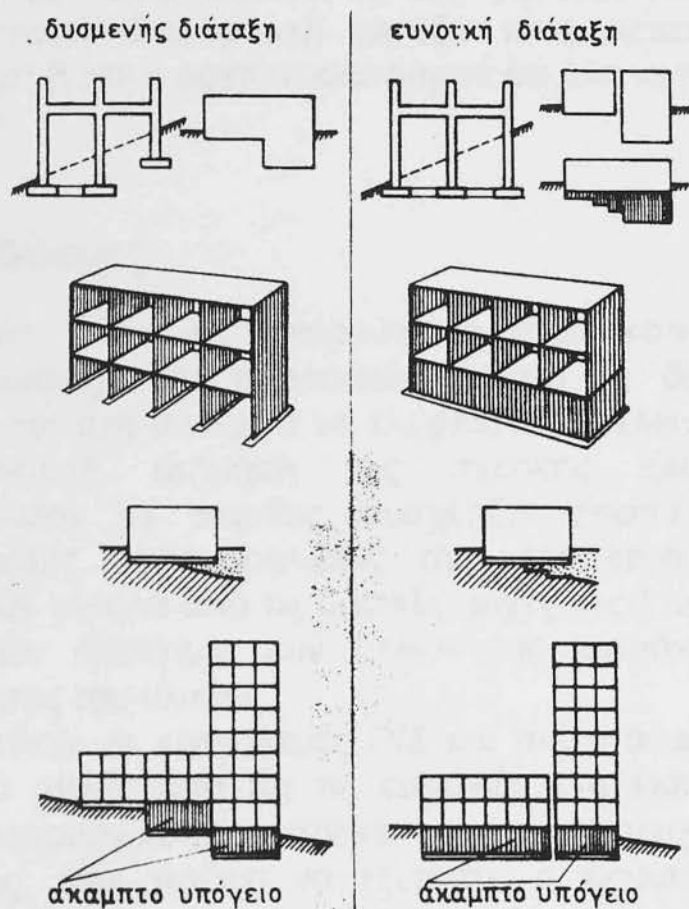


Σχ. 4.3 Ευνοϊκή και δυσμενής διαμόρφωση κατόψεως

θ) Οι κατασκευές πρέπει να διαμορφώνονται με ισχυρούς στύλους και ασθενή ζυγώματα.

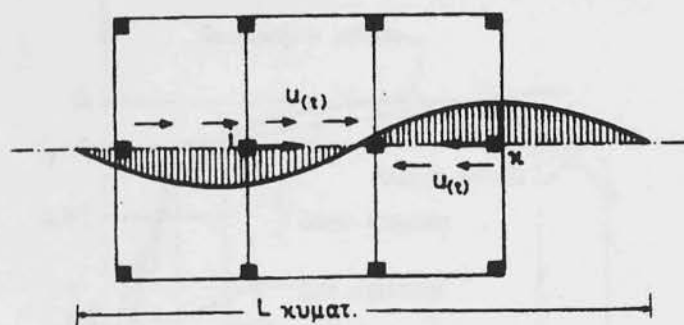
ι) Είναι σκόπιμο να προβλέπεται στο φέροντα οργανισμό πάντα μια γραμμή άμυνας από πλάστιμα πλαίσια. Έτσι τα δίδυμα συστήματα φαίνεται να είναι τα πλέον κατάλληλα για την παραλαβή φορτίων, δοθέντος ότι, σ' αυτά, τα πλαίσια μπορούν να αποτελέσουν μια δεύτερη γραμμή άμυνας. Ο ισχύον σήμερα Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός κάνει ειδικές προβλέψεις για τη δεύτερη αυτή γραμμή άμυνας επιβάλλοντας, ανεξάρτητα των αποτελεσμάτων της αναλύσεως, την παραλαβή του 25% των σεισμικών φορτίων από τα πλαίσια αυτά.

ια) Παρόλον ότι είναι αντικείμενο άλλης γνωστικής περιοχής, για την πληρότητα, θα πρέπει να γίνει και εδώ μια σύντομη αναφορά στη θεμελίωση. Η θεμελίωση είναι σκόπιμο να είναι δεμένη σ' ένα ενιαίο σύνολο είτε με γενική κοιτόστρωση, είτε με εσχάρα πεδιλοδοκών, είτε τουλάχιστον με συνδετήρια δοκάρια. Επίσης είναι σκόπιμο να φθάνουν οι πυθμένες θεμελιώσεως στο αυτό επίπεδο.



Σχ. 4.8 Ευνοϊκή και δυσμενής διαμόρφωση θεμελιώσεως και υπογείου

Δεν πρέπει να λησμονείται το γεγονός ότι ο σεισμός φθάνει στη θεμελίωση του έργου υπό μορφή κύματος (Σχ. 4.9).



Σχ. 4.9 Διαφορά μετακινήσεως των θεμελιών των στύλων ι και κ λόγω διαφοράς φάσεως κινήσεως του εδάφους.

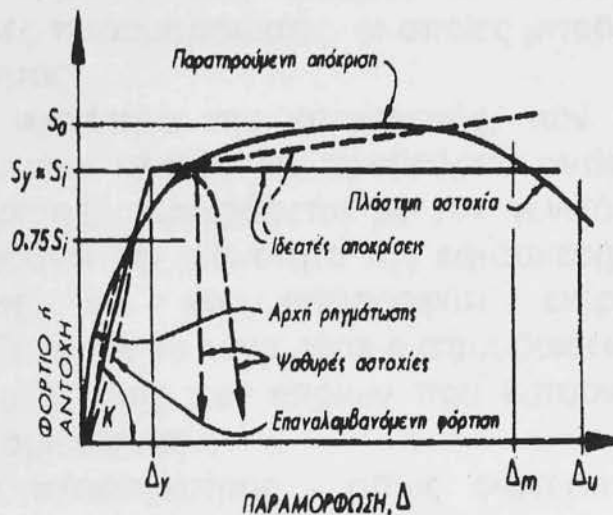
Αυτό σημαίνει ότι τα διάφορα υποστυλώματα της κατασκευής, εφόσον η θεμελίωση δεν είναι δεμένη σε ένα σύνολο, παρουσιάζουν την αυτή χρονική στιγμή διαφορετική μεταξύ τους μετατόπιση, γεγονός που ανατρέπει τη βασική αρχή υπολογισμού ότι όλα τα πέδιλα βρίσκονται στην αυτή φάση.

Στατικές Ιδιότητες

α) Ακαμψία . Για να μπορούν να ποσοτικοποιηθούν αξιόπιστα οι παραμορφώσεις που προκαλούνται από τη δράση των οριζοντίων δυνάμεων και στη συνέχεια να ελεγχθούν, οι μελετητές πρέπει να κάνουν μία ρεαλιστική εκτίμηση της σχετικής ιδιότητας, δηλαδή της ακαμψίας. Αυτό το μέγεθος συσχετίζει φορτία ή δυνάμεις με τις προκύπτουσες παραμορφώσεις της κατασκευής. Οι γνωστές σχέσεις προκύπτουν εύκολα από τις βασικές αρχές της Στατικής, με τη χρήση των γεωμετρικών ιδιοτήτων των μελών της κατασκευής και του μέτρου ελαστικότητας του υλικού.

Ωστόσο, σε κατασκευές Ο/Σ και τοιχοποιίας, αυτές οι σχέσεις δεν είναι τόσο απλές όσο θα τις εμφάνιζε ένα εισαγωγικό βιβλίο. Αν τα κριτήρια λειτουργικότητας πρόκειται να ικανοποιηθούν με εύλογο βαθμό αξιοπιστίας, τότε πρέπει να εξεταστεί η έκταση και η επίδραση της ρηγμάτωσης των μελών και η συμβολή του σκυροδέματος ή της τοιχοποιίας στον εφελευσμό, σε συνδυασμό με τις συμβατικές θεωρήσεις της γεωμετρίας των μελών και των ιδιοτήτων των υλικών.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μία τυπική μη γραμμική σχέση μεταξύ των επιβαλλόμενων δυνάμεων ή φορτίων και των παραμορφώσεων, που περιγράφει την απόκριση ενός στοιχείου



Σχ. 1.8 Τυπική σχέση φορτίου – παραμόρφωσης για στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος

οπλισμένου σκυροδέματος που υποβάλλεται σε συνεχώς αυξανόμενες παραμορφώσεις. Η κλίση της ιδεατής γραμμικής ελαστικής απόκρισης, χρησιμεύει για να ποσοτικοποιεί την ακαμψία.

Αυτή πρέπει να βασίζεται στην ενεργό τέμνουσα ακαμψία από την πραγματική καμπύλη φορτίου – παραμόρφωσης σε φορτίο περίπου 0,75 S_i , όπως φαίνεται στο (σχ. 1.8), καθώς για την εκτίμηση της απόκρισης στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ενδιαφέρει η ενεργός ακαμψία κοντά στο όριο διαρροής. Με την επαναλαμβανόμενη φόρτιση σε υψηλές στάθμες “ελαστικής” απόκρισης, αρχικά κυρτή καμπύλη φορτίου – παραμόρφωσης προποποιείται και συμπίπτει με τη γραμμική σχέση της ιδεατής απόκρισης.

β) Αντοχή. Αν μία κατασκευή σκυροδέματος ή τοιχοποιία πρόκειται να προστατευτεί από βλάβες στη διάρκεια ενός επιλεγμένου ή καθορισμένου σεισμικού γεγονότος, τότε πρέπει να προληφθούν μετελαστικές εκτροπές στη διάρκεια της δυναμικής του απόκρισης.

Αυτό σημαίνει ότι η κατασκευή πρέπει να έχει επαρκή αντοχή για να αντιδράσει σε εσωτερικές δράσεις που παράγονται στη διάρκεια της ελαστικής δυναμικής απόκρισης της κατασκευής.

Συνεπώς, η κατάλληλη τεχνική για την εκτίμηση των σειсмоγενών δράσεων είναι η ελαστική ανάλυση, βασισμένη σε ιδιότητες ακαμψίας. Αυτές οι σεισμικές δράσεις, συνδυασμένες με εκείνες των άλλων φορτίων της κατασκευής, όπως η βαρύτητα, θα οδηγήσουν, ίσως με μικρές τροποποιήσεις, στη διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων. Άρα ο μελετητής μπορεί να παρέχει την επιθυμητή αντοχή, (σχ. 1.8) σαν S_i , με όρους αντίστασης στις οριζόντιες δυνάμεις που αντιμετωπίζονται.

γ) Πλαστιμότητα. Για να ελαχιστοποιηθούν οι κύριες βλάβες και να εξασφαλιστεί η επιβίωση των κτιρίων με μέτρια αντίσταση σε οριζόντιες δυνάμεις, οι κατασκευές πρέπει να είναι ικανές να διατηρήσουν υψηλό ποσοστό της αρχικής τους αντοχής όταν ένας σημαντικός σεισμός επιβάλει μεγάλες παραμορφώσεις, οι οποίες μπορεί να είναι πέρα από το όριο ελαστικότητας.

Αυτή η ικανότητα της κατασκευής, των στοιχείων της, ή των χρησιμοποιούμενων υλικών να προβάλουν αντίσταση στη μετελαστική περιοχή απόκρισης, περιγράφεται με τον γενικό όρο πλαστιμότητα. Η οποία περιλαμβάνει την ικανότητα της κατασκευής να υπομένει μεγάλες παραμορφώσεις και να απορροφάει ενέργεια με υστερητική συμπεριφορά. Γι’ αυτόν το λόγο, είναι η σπουδαιότερη ιδιότητα που πρέπει να επιζητεί ο μελετητής των κτιρίων που κατασκευάζονται σε περιοχές σημαντικής σεισμικότητας.

Το όριο πλαστιμότητας, όπως φαίνεται στο (σχ. 1.8) με τη μετατόπιση Δu συνήθως αντιστοιχεί σ’ ένα καθορισμένο όριο αποδιοργάνωσης της αντοχής.

Αν και η επίτευξη του ορίου αυτού, ονομάζεται μερικές φορές αστοχία, όμως μπορεί να συμβούν σημαντικές πρόσθετες μετελαστικές παραμορφώσεις χωρίς αστοχία του φέροντος οργανισμού. Συνεπώς η πλάστιμη αστοχία πρέπει να αντιπαραβληθεί με την ψαθυρή αστοχία, (σχ. 1.8) με διακεκομμένες καμπύλες.

Η ψαθυρή αστοχία σημαίνει ολοκληρωτική απώλεια της αντοχής, πλήρη αποδιοργάνωση, καθώς και η έλλειψη επαρκούς προειδοποίησης. Η πλαστιμότητα στα δομικά στοιχεία μπορεί να αναπτυχθεί μόνον αν τα συστατικά τους είναι κι αυτά πλάστιμα / όλκιμα. Έτσι, είναι σχετικά εύκολο να επιτευχθεί η επιθυμητή πλαστιμότητα αν η αντίσταση περάχεται από το χάλυβα που εντείνεται σε εφελκυσμό.

Η ψαθυρή αστοχία σημαίνει ολοκληρωτική απώλεια της αντοχής, πλήρη αποδιοργάνωση, καθώς και η έλλειψη επαρκούς προειδοποίησης. Η πλαστιμότητα στα δομικά στοιχεία μπορεί να αναπτυχθεί μόνον αν τα συστατικά τους είναι κι αυτά πλάστιμα / όλκιμα. Έτσι, είναι σχετικά εύκολο να επιτευχθεί η επιθυμητή πλαστιμότητα αν η αντίσταση περάχεται από το χάλυβα που εντείνεται σε εφελκυσμό.

Ωστόσο, χρειάζονται να λαμβάνονται προφυλάξεις όταν ο χάλυβας εντείνεται σε θλίψη, ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο πρόωρος λυγισμός δε θα εμποδίσει την ανάπτυξη των μεγάλων επιθυμητών θλιπτικών παραμορφώσεων. Το σκυρόδεμα και η τοιχοποιία είναι εγγενώς ψαθυρά υλικά. Αν και η εφελκυστική τους αντοχή δεν είναι αξιόπιστη ως κύρια πηγή αντίστασης, είναι κατεξοχήν κατάλληλα για να αναλαμβάνουν θλιπτικές τάσεις. Ωστόσο, οι μέγιστες τάσεις που αναπτύσσονται σε θλίψη είναι μάλλον περιορισμένες, εκτός αν ληφθούν ειδικά μέτρα.

Ο κύριος σκοπός της λεπτομερούς διαστασιολόγησης, (ετοιμασία των σχεδίων τοποθέτησης οπλισμών, των αναπτυγμάτων των οπλισμών, και των καταλόγων των οπλισμών, που χρησιμεύουν για την ετοιμασία και τοποθέτηση των οπλισμών στις κατασκευές), όπου η παραπάνω μελέτη περιλαμβάνει φυσικά και μία διαδικασία σχεδιασμού των σύνθετων κατασκευών που αποτελούνται από σκυρόδεμα ή τοιχοποιία και χάλυβα είναι ο συνδυασμός αυτών των υλικών με τρόπο που να παραχθούν όλκιμα μέλη που θα είναι ικανά να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις μετελαστικής παραμόρφωσης που επιβάλλονται από σοβαρούς σεισμούς.

Για το σκοπό αυτό έγινε εισαγωγή κλάσεων πλαστιμότητας (Πίνακας 4.1). Έτσι ώστε να είναι δυνατή όσο γίνεται η συστηματοποίηση της διαστασιολόγησης και της κατασκευαστικής διαμόρφωσης ενός ταξινομημένου σε μια ορισμένη κλάση πλαστιμότητας του φορέα με τις πλαστικοποιούμενες περιοχές του (πλαστικές αρθρώσεις).

Πίνακας 4.1
Κλάσεις πλαστιμότητας και κατευθυντήριες τιμές για την πλαστιμότητα σχεδιασμού

Κλάση πλαστιμότητας	Κατευθυντήριες τιμές για την πλαστιμότητα σχεδιασμού $\mu\Delta$		
	Πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα ή χάλυβα	Φέροντα τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα	Φέροντα τοιχώματα από τοιχοποιία (άοπλη)
Ελαστική συμπεριφορά	1 + 1.5	1 + 1.3	1
Φυσική πλαστιμότητα ^{α)}	2.5	2	1.2
Περιορισμένη πλαστιμότητα ^{β)}	3.5	3	-
Πλήρης πλαστιμότητα ^{β)}	6	5	-

^{α)} π.χ. SIA 160, Κατηγορία δομικού έργου I ^{β)} αναπτύσσεται στο [PBM 90]

Η διαστασιολόγηση καθώς και η κατασκευαστική διαμόρφωση πρέπει άρα, (π.χ. σύμφωνα με την κλάση πλαστιμότητας, να διεξάγεται ως εξής :

- Για “ελαστική συμπεριφορά” και φυσική πλαστιμότητα”. Συμβατική διαστασιολόγηση όπως για τα κατακόρυφα φορτία και τις δυνάμεις ανέμου
- Για την “περιορισμένη πλαστιμότητα” και την “πλήρη πλαστιμότητα” : Ικανοτικός σχεδιασμός με ειδικούς κανόνες

Αντισεισμικός σχεδιασμός θεμελιώσεων

Αφού λοιπόν, θεωρείται ότι έχουν καθοριστεί τα δυναμικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους, καθώς επίσης ότι έχει επιλεγεί μια κατάλληλη μορφή υποδομής σύμφωνα με τα παραπάνω, παραμένει λοιπόν να σχεδιαστεί η θεμελίωση για τις κατάλληλες σεισμικές δυνάμεις που αναπτύσσονται (α) απευθείας από την παραμόρφωση του παρακείμενου εδάφους, και (β) σαν αποτέλεσμα των σεισμικών δυνάμεων που ενεργούν στην ανωδομή.

Πίνακας 5.10

Επιτρεπόμενες τάσεις εδάφους για δημόσια κτίρια της Νέας Ζηλανδίας

Τύποι εδαφών	Επιτρεπόμενες τάσεις (kN/m ²)				Αριθμός κύπων πρότυπης δοκιμής διεύθυνσης (N)	Φαινόμενη συνοχή cu (kN/m ²)
	Φορτία μεγάλης διάρκειας	Συνολικά φορτία (συμπεριλαμβανομένων και των σεισμικών)		Συνολικά φορτία (συμπεριλαμβανομένων και των σεισμικών)		
Μαλακός ή ρηχιστομένος βράχος	960	1440		30		
Χαλίκια	Πυκνή απόθεση	285-570				
	Μέτρια	96-285				
Άμμος *		Καλά διαβαθμισμένη	Όμοιομορφη	Καλά διαβαθμισμένη	Όμοιομορφη	
	Πυκνή	240-525	20-265	240-525	120-265	30
	Μέτρια	96-240	48-120	72-180	40-90	15-30
	Πολύ σκληρή	190-380		285-570		15-30
"Αργίλλος"†	Μέτρια	48-190		72-285	4-15	25-100
	Μαλακή	0-48		0-48	0-4	0-25
	Εύρηνη και Γλυκιά εδάφη	Καθορίζονται μετα από έρευνα				

- * Οι επιτρεπόμενες τάσεις μειώνονται στο μισό κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα.
- + Εναλλακτικά : Λαμβάνεται 1,2 cu για κυκλικά και τετραγωνικά πέδιλα και cu για λόγους μήκους / πλάτους μεγαλύτερους από 4,0. Για ενδιάμεσες τιμές χρησιμοποιείται γραμμική παρεμβολή.

Ενώ όμως η δυνατότητα μας να εκτιμήσουμε σήμερα τις παραπάνω σεισμικές δυνάμεις (β) είναι αρκετά αναπτυγμένη, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα για το μέγεθος και την επίδραση των δυνάμεων που προέρχονται απευθείας από το έδαφος. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα ακριβές, παρ' όλες τις αυξημένες προσπάθειες να ερμηνευτεί το πρόβλημα της αλληλεπίδρασης εδάφους – κατασκευής με περίπλοκες αναλυτικές και πειραματικές τεχνικές.

Σύμφωνα με την ισχύουσα πρακτική σχεδιασμού, είναι συχνά βολικό να θεωρούνται δύο ξεχωριστά συστήματα έντασης : (i) οι κατακόρυφες σεισμικές τάσεις (δηλ. λόγω των κινήσεων ανατροπής) και (ii) οι οριζόντιες σεισμικές τάσεις (δηλ. λόγω της διάμησης στη βάση της κατασκευής). Οι ροπές ανατροπής συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα για τα κτίρια σαν σύνολο, αλλά μπορεί να είναι κρίσιμες για μεμονωμένες θεμελιώσεις όπως πέδιλα ή λωρίδες θεμελίωσης τοιχείων.

Η διαστασιολόγηση της θεμελίωσης θα πρέπει οπωσδήποτε να είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι μέγιστες αναπτυσσόμενες τάσεις εδάφους λόγω των ροπών ανατροπής και των ιδίων βαρών δεν ξεπερνούν τις επιτρεπόμενες τιμές με σεισμό, για το συγκεκριμένο έδαφος.

Δυστυχώς όμως δεν υπάρχει συμφωνία στο τι αποτελεί ασφαλείς τάσεις εδάφους με σεισμό σε ιζηματογενή εδάφη. Οι περισσότεροι αντισεισμικοί κανονισμοί δεν αναφέρονται στην επίδραση του τύπου του εδάφους στις επιτρεπόμενες τάσεις με σεισμό. Προκύπτει ότι τα περισσότερα εδάφη είναι ικανά να φέρουν μεγαλύτερα φορτία μικρής διάρκειας παρά φορτία μεγάλης διάρκειας, με εξαίρεση μερικές ευαίσθητες αργίλλους που χάνουν αντοχή όταν υποβάλλονται σε δυναμική φόρτιση.

Οι επιτρεπόμενες τάσεις που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των δημοσίων κτιρίων στη Νέα Ζηλανδία και περιλαμβάνονται στο παραπάνω πίνακα, μπορεί να είναι χρήσιμες. Στις Η.Π.Α οι επιτρεπόμενες τάσεις μειώνονται κατά 25 % για χάλικες και άμμο μέσης πυκνότητας, αυξάνονται δε κατά 50 % για βράχους και πολύ σκληρές ή μέτρια σκληρές αργίλλους. Οι τιμές του Πίνακα 5.10 μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι πολύ συντηρητικές, σε κάθε δε περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνονται πλήρεις γεωτεχνικές πληροφορίες για τις πραγματικές εδαφικές συνθήκες κάθε έργου.

Οι οριζόντιες τάσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ εδάφους και θεμελίωσης είναι αναμφισβήτητα περισσότερο προβληματικές από τις κατακόρυφες τάσεις και αυτό γιατί λίγα είναι γνωστά για τις επιτρεπόμενες σεισμικές παθητικές ωθήσεις και την επίδραση της σεισμικής ενεργού ώθησης σε διάφορες περιπτώσεις θεμελιώσεων. Πράγματι, συνηθίζεται να θεωρούμε ακόμη περισσότερο τυχαίες κατανομές για τις οριζόντιες τάσεις μεταξύ των θεμελιώσεων και του εδάφους παρά για τις κατακόρυφες τάσεις.

Τα βασικά προβλήματα (ιδιόμορφα στους σεισμούς) σχεδιασμού θεμελιώσεων όπως είναι σήμερα κατανοητά, βρίσκονται στη μεταβίβαση της διάτμησης της βάσης της κατασκευής στο έδαφος, καθώς και στη διατήρηση του ολόσωμου της κατασκευής της θεμελίωσης κατά την διάρκεια διαφορικών εδαφικών παραμορφώσεων.

Τα παραπάνω προβλήματα καθώς επίσης και ο αντισεισμικός σχεδιασμός διατυπώνονται αναλυτικά υπό την μορφή των εξής τίτλων :

- (i) αβαθείς θεμελιώσεις
- (ii) βαθιές θεμελιώσεις
- (iii) θεμελιώσεις με πασσάλους.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

Η Μορφή της Ανωδομής

Δεν υπάρχει βέβαια κανένα παγκόσμιο πρότυπο μορφής για κάποιο ιδιαίτερο είδος κατασκευής, υπάρχουν όμως συγκεκριμένες καθοδηγητικές αρχές που πρέπει να έχουμε υπόψη. Συνοπτικά, η κατασκευή πρέπει

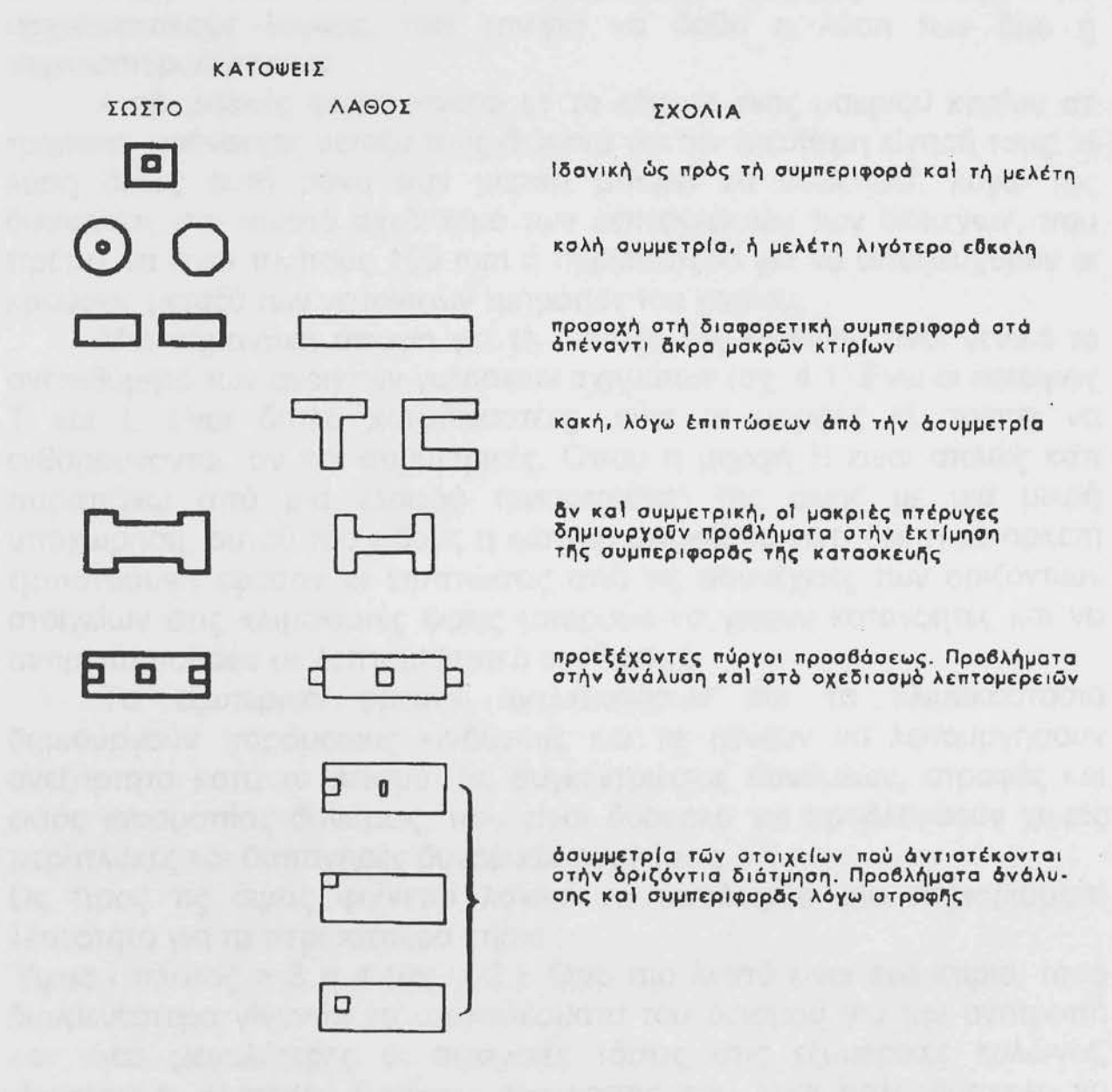
- i) να είναι απλή,
- (ii) να είναι συμμετρική,
- (iii) να μην είναι υπερβολικά επιμήκης σε κάτοψη ή σε όψη,
- (iv) να έχει ομοιόμορφη και συνεχή κατανομή αντοχής,
- (v) να έχει οριζόντια μέλη που να μορφώνουν πλαστικές αρθρώσεις πριν από τα κατακόρυφα μέλη,
- (vi) να έχει δυσκαμψία συσχετισμένη με τις ιδιότητες του εδάφους.

Ο σεισμός ψάχνει αμείλικτα για κάθε δομική ανεπάρκεια, είτε είναι από πριν γνωστή είτε όχι. Οι παραπάνω οδηγίες προσφέρουν στον Μηχανικό την πιο καλή ευκαιρία να κατανοήσει τη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής και, ακόμα και αν απέχει από το τέλειο, η έξυπνη σχεδίαση των λεπτομερειών μιας σωστής κατασκευής (με κάθε είδους υλικό) είναι η καλύτερη εγγύηση της επιτυχίας.

Απλότητα και συμμετρία

Οι σεισμοί έχουν επανειλημμένα δείξει ότι τη μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης την έχουν οι απλούστερες κατασκευές. Οι λόγοι γι' αυτό είναι δύο. Πρώτο, η ικανότητα μας να κατανοούμε τη συνολική σεισμική συμπεριφορά μιας κατασκευής είναι χαρακτηριστικά μεγαλύτερη για μια απλή παρά για μια περίπλοκη, και δεύτερο, η ικανότητα μας να κατανοούμε τις δομικές λεπτομέρειες είναι σημαντικά μεγαλύτερη για τις απλές παρά για τις περίπλοκες λεπτομέρειες.

Η συμμετρία είναι επιθυμητή για τους ίδιους περίπου λόγους . Αξίζει να σημειώσουμε ότι είναι σπουδαία η ύπαρξη συμμετρίας και προς τις δύο διευθύνσεις σε κάτοψη (σχ. 4.1), κάτι που συχνά αγνοείται. Η έλλειψη συμμετρίας προκαλεί φαινόμενα στροφής που είναι δύσκολο να εκτιμηθούν σωστά και μπορεί να είναι καταστροφικά.



Σχ. 4.1 Απλοί κανόνες για τη διάταξη κατόψεων και αντισεισμικών κτιρίων. (Αυτοί οι κανόνες μπορούν να παραβιαστούν μόνο με δυναμική ανάλυση και προσεκτικό σχεδιασμό λεπτομερειών)

Όσο σφοδρά το γενικό σχήμα δεν πρέπει να είναι υπερβολικά επίμηκες. Όσο μακρύτερο είναι σε κάτοψη ένα κτίριο, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να ασκηθούν ταυτόχρονα διαφορετικές σεισμικές κινήσεις στα δύο άκρα του, κατάσταση που μπορεί να προκαλέσει καταστροφικά αποτελέσματα. Εάν για μια δοσμένη επιφάνεια κάλυψης δεν είναι ικανοποιητική η τετραγωνικής μορφής κάτοψη για αρχιτεκτονικούς λόγους, τότε μπορεί να δοθεί η λύση των δύο ή περισσότερων κτιρίων.

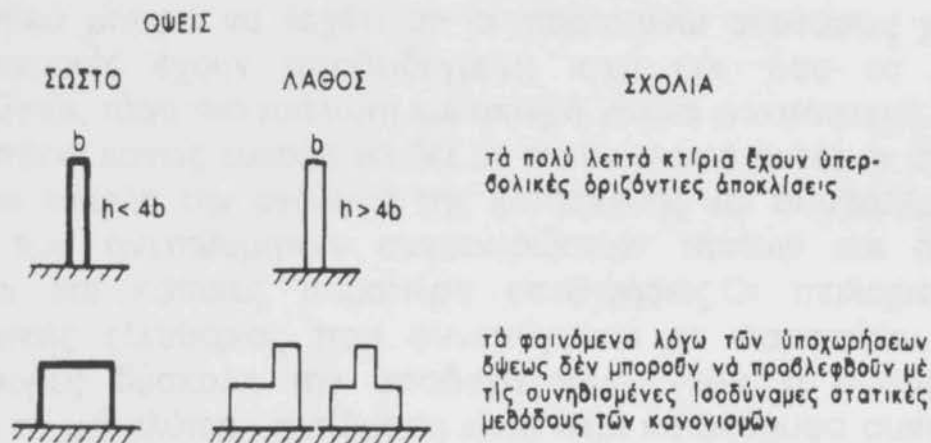
Αυτό μερικές φορές γίνεται με το κόψιμο ενός μακριού κτιρίου σε τμήματα, αφήνοντας μεταξύ τους διάκενα για την ελεύθερη κίνησή τους. Η λύση όμως αυτή μόνο σαν μερική μπορεί να θεωρηθεί, λόγω της δυσκολίας στο σωστό σχεδιασμό των λεπτομερειών των διάκενων, που πρέπει να είναι πλάτους 100 mm ή περισσότερο για να αποφευχθούν οι κρούσεις μεταξύ των γειτονικών τμημάτων του κτιρίου.

Μια σημαντική άποψη για τη διάταξη της κάτοψης είναι γενικά το ανεπιθύμητο των ανοιχτών γωνιακών σχημάτων (σχ. 4.1). Ενώ οι κατόψεις T και L είναι διπλά καταδικαστέες, ούτε οι μορφές H πρέπει να ενθαρρύνονται, αν και συμμετρικές. Όπου η μορφή H είναι απλώς κάτι παραπάνω από μία ελαφρά τροποποίηση της όψης με μια μικρή υποχώρηση, αυτού του είδους η κάτοψη μπορεί να γίνει δεκτή με αρκετή εμπιστοσύνη εφόσον οι επιπτώσεις από τις ασυνέχειες των οριζοντίων στοιχείων στις κλιμακωτές όψεις μπορούν να γίνουν κατανοητές και να αντιμετωπισθούν με λεπτομερειακό σχεδιασμό.

Τα εξωτερικά φρέατα ανελκυστήρων και τα κλιμακοστάσια δημιουργούν παρόμοιους κινδύνους και τα τείνουν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα κατά το σεισμό, με συγκεντρώσεις δυνάμεων, στροφές και εκτός ισορροπίας δυνάμεις, που είναι δύσκολο να προβλεφθούν χωρίς περίπλοκες και δαπανηρές δυναμικές αναλύσεις.

Ως προς τις όψεις φαίνεται λογικό να υποδειχθεί μία περιορισμένη λεπτότητα για τα περισσότερα κτίρια :

Ύψος / πλάτος > 3 ή 4 (σχ. 4.2.). Όσο πιο λεπτό είναι ένα κτίριο, τόσο δυσμενέστερα γίνονται τα αποτελέσματα του σεισμού για την ανατροπή και τόσο μεγαλύτερες οι σεισμικές τάσεις στις εξωτερικές κολώνες, ιδιαίτερα οι θλιπτικές δυνάμεις ανατροπής που είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπίσει κανείς.



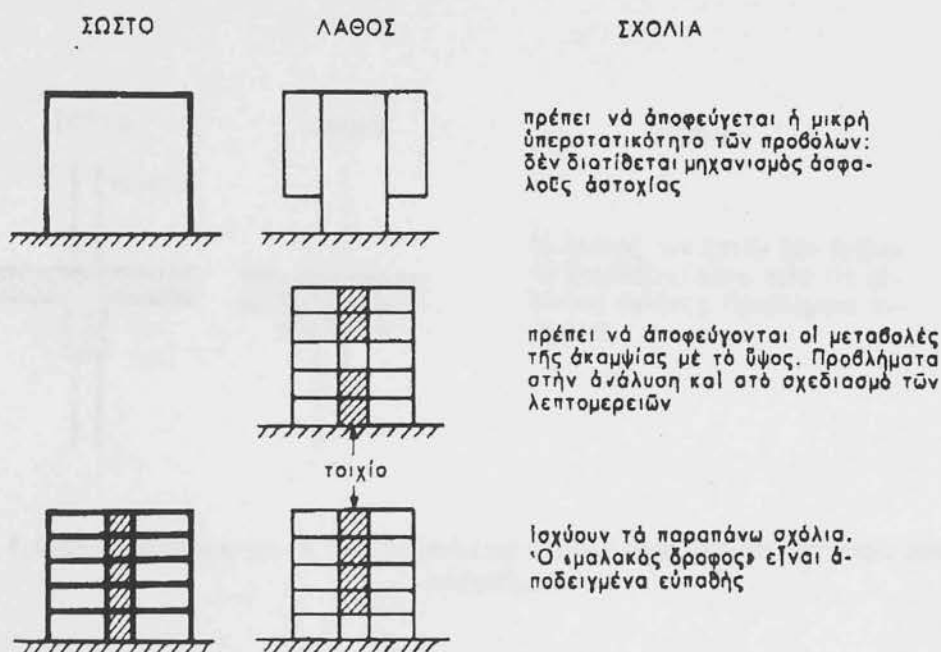
Σχ. 4.2 Απλοί κανόνες για τη διαμόρφωση όψεων αντισεισμικών κτιρίων. (Αυτοί οι κανόνες μπορούν να παραβιαστούν μόνο με δυναμική ανάλυση και προσεκτικό σχεδιασμό λεπτομερειών)

Σε μερικές περιοχές οι εδαφικές συνθήκες μπορεί να είναι τέτοιες που τα θεμέλια να επιδρούν έντονα στη γενική διαστασιολόγηση και διάταξη της κατακόρυφης κατασκευής.

Ομοιόμορφη και συνεχής κατανομή της αντοχής

Αυτή η έννοια σχετίζεται στενά με εκείνες της απλότητας και της συμμετρίας. Η κατασκευή θα έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα να αντέξει ένα σεισμό αν

- α) τα φέροντα στοιχεία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα
- β) όλοι οι στύλοι και οι τοίχοι είναι συνεχείς και χωρίς μεταθέσεις από τη στέγη μέχρι τη θεμελίωση
- γ) όλα τα δοκάρια είναι ελεύθερα από προεξοχές του κτιρίου
- δ) οι στύλοι και δοκοί είναι ομοαξονικοί,
- ε) οι στύλοι και δοκοί από οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν περίπου το ίδιο πλάτος,
- στ) κανενός κυρίου δομικού μέλους δεν αλλάζει απότομα η διατομή,

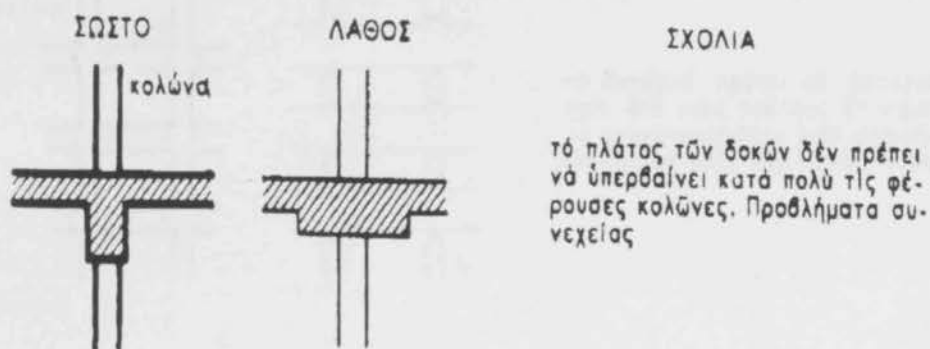


Σχ. 4.3 Απλοί κανόνες για κατακόρυφους σκελετούς αντισεισμικών κτιρίων

Το σημείο (ε) παραπάνω συνιστά στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα τη χρήση συνεχών δοκών και υποστυλωμάτων όμοιου πάχους. Αυτό βοηθά στον καλό σχεδιασμό των λεπτομερειών και στη μεταφορά των ροπών και των διατμήσεων μέσα από τους κόμβους των αντίστοιχων μελών. Τα πολύ πλατιά και μικρού ύψους δοκάρια βρέθηκε ότι αστοχούν κοντά στις κολώνες κανονικών διαστάσεων, και προς το παρόν υπάρχει άγνοια σε μεγάλη έκταση γύρω από τη συμπεριφορά τέτοιων κόμβων(σχ. 4.4).

Το τελευταίο σημείο που αξίζει να επεξεργασθούμε είναι το (γ) που λέει ότι η κατασκευή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υπερστατική. Η αντισεισμικότητα μιας οικονομικά σχεδιασμένης κατασκευής εξαρτάται από την ικανότητα της να απορροφά μια εμφανώς υπερβάλλουσα εισροή ενέργειας, κυρίως με επαναληπτικές πλαστικές παραμορφώσεις των μελών της.

Επομένως, όσο περισσότερο είναι συνεχής και μονολιθική γίνεται μία κατασκευή, τόσο περισσότερες πλαστικές αρθρώσεις και διαδρομές διατμήσεων και ωθήσεων διατίθενται για απορρόφηση ενέργειας. Αυτός είναι ο λόγος που είναι τόσο δύσκολο να κάνουμε τις κατασκευές από πρόχυτο σκυρόδεμα να λειτουργούν σε ισχυρές σεισμικές κινήσεις.



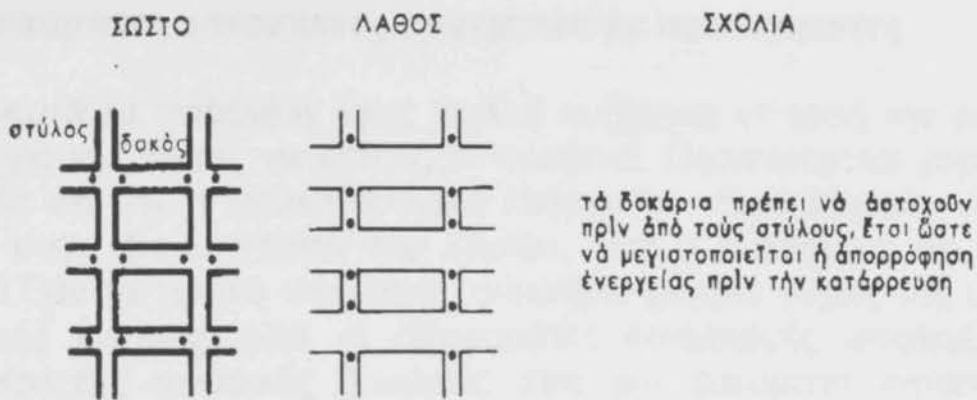
Σχ. 4.4 Απλός κανόνας για τα πλάτη δοκών και στύλων στα αντισεισμικά κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

Η κατασκευή μονολιθικών και πλήρως συνεχών κόμβων δεν είναι σοβαρή μόνο για την απορρόφηση της ενέργειας. Εξαλείφει επίσης μία συχνή πηγή σοβαρών τοπικών αστοχιών, που οφείλονται σε υψηλές τοπικές εντάσεις τις οποίες επιφέρουν μόνον οι μεγάλες μετακινήσεις και στροφές που προκαλεί ο σεισμός. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να προκύψει σε μέρη όπως οι συνδέσεις κύριων δοκών με στύλους ή κοντούς προβόλους.

Οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία

Μία θεμελιώδης αντισεισμική απαίτηση στις πλασιωτές κατασκευές είναι ότι τα οριζόντια στοιχεία πρέπει να αστοχούν πριν από τα κατακόρυφα. Η απαίτηση αυτή έχει σπουδαία σημασία για τη διάσωση της ανθρώπινης ζωής, επειδή αναβάλλει την πλήρη κατάρρευση της κατασκευής. Συνήθως τα δοκάρια και οι πλάκες δεν καταρρέουν ακόμα και μετά από σοβαρές βλάβες στις θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων, ενώ αντίθετα οι κολώνες συντρίβονται ταχύτατα κάτω από το κατακόρυφο φορτίο τους από τη στιγμή που θα έχει προχωρήσει η απολέπιση αρκετά.

Αυτό σημαίνει, για παράδειγμα, ότι οι συνεχείς δοκοί μεγάλου ύψους πάνω σε ελαφρές κολώνες όπως οι δοκοί που καλύπτουν όλο το ύψος του υπέρθυρου, δεν είναι κατάλληλες για σεισμόπληκτες περιοχές (σχήμα 4.5).



Σχ. 4.5 Απλός κανόνας για τη σχέση των αντοχών στύλων και δοκών στα αντισεισμικά πλαίσια

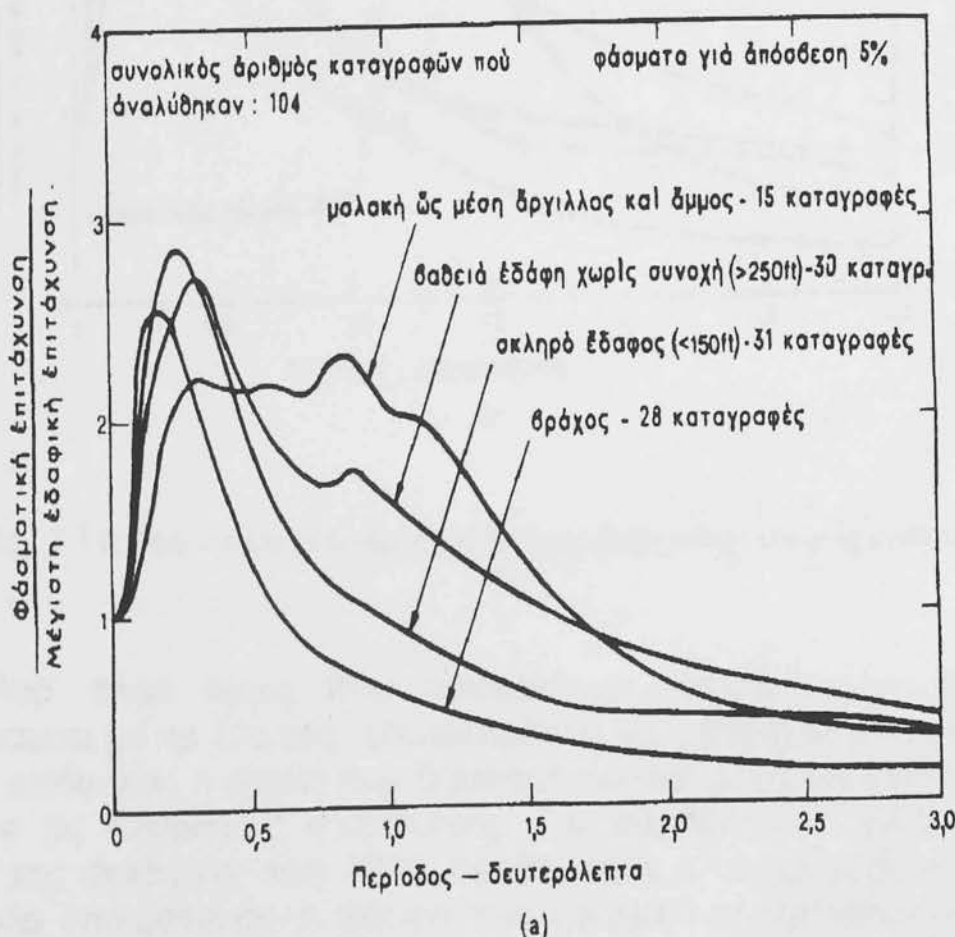
Εάν για αρχιτεκτονικούς λόγους είναι επιθυμητή η χρήση κανονικών ή αναστραμμένων δοκών μεγάλου ύψους, τότε πρέπει να γίνεται ουσιαστική μείωση του στατικού ύψους με μια βαθειά εγκοπή σε κάθε πλευρά κάθε κολώνας (Σχήμα 8.7).



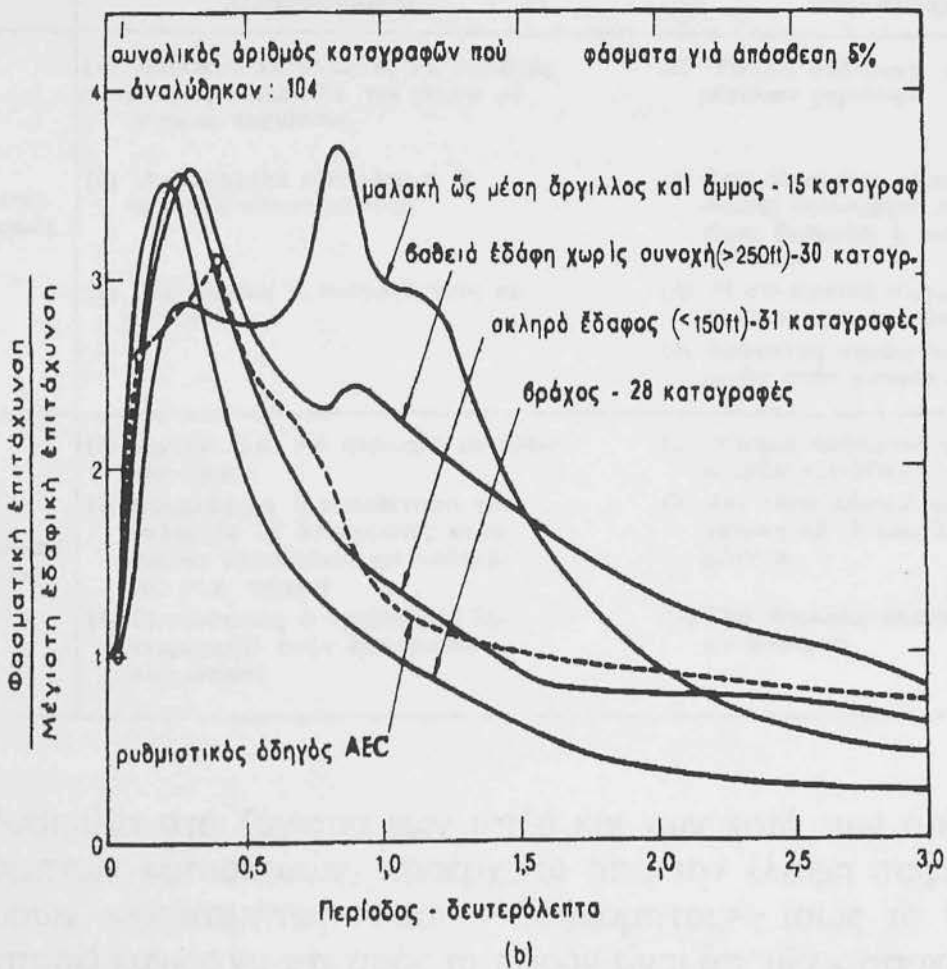
Σχ. 8.7 Λεπτομέρεια εξωτερικού σκελετού που δείχνει τον αποχωρισμό της ποδιάς ή του στηθαίου από τους στύλους για τη αποφυγή αθέλητων αλληλεπιδράσεων

Οι δύσκαμπτες κατασκευές συγκριτικά με τις εύκαμπτες

Κατά το παρελθόν έγινε πολλή συζήτηση γι' αυτή την άποψη του υπολογισμού, χωρίς να καταλήξει πουθενά. Περιστρέφεται γύρω από το γεγονός ότι εάν η τοπική εδαφική κίνηση έχει δεσπόζουσες συχνότητες κοντά στην ιδιοσυχνότητα του κτιρίου, τότε η κατασκευή θα τιμωρηθεί βαρειά. Εάν το τοπικό υπέδαφος φιλτράρει μεγάλο μέρος της υψίσυχνης εδαφικής κίνησης, τότε οι δύσκαμπτες κατασκευές υποβάλλονται σε ασθενέστερες σεισμικές δυνάμεις από μία εύκαμπτη κατασκευή, και αντίστροφα (σχ. 3.3).



Σχ. 3.3 α Φάσματα μέσης επιτάχυνσης για διαφορετικές εδαφικές συνθήκες (κατά Seed κ.α)



Σχ. 3.3 b Φάσματα του 84% της επιτάχυνσης για διαφορετικές εδαφικές συνθήκες (κατά Seed κ.α.)

Παρ' όλου όμως που εκκρεμεί το παραπάνω πρόβλημα του συντονισμού με το έδαφος, εξακολουθούν να υπάρχουν στον κόσμο δύο σχολές απόψεων, η σχολή των δύσκαμπτων κατασκευών και εκείνων που ευνοούν τις εύκαμπτες κατασκευές. Για παράδειγμα, κατά τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του 1970 προβλήθηκε ο ισχυρισμός ότι στο San Francisco επικρατούσε η άποψη των εύκαμπτων κατασκευών, ενώ στο Los Angeles ήταν της μόδας η σχολή των δύσκαμπτων, μολονότι και οι δύο πόλεις έχουν παρόμοιες εδαφικές συνθήκες.

Τα κύρια επιχειρήματα υπέρ και κατά κάθε μιας μορφής κατασκευής δίνονται στον (Πίνακα 4.1).

D.j.DOWRICK . Αντισεισμικός Σχεδιασμός. Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd. Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph. D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδας .

Πίνακας 4.1

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Εύκαμπτες κατασκευές	(1) Ίδιαίτερα κατάλληλες σε περιοχές με μικρή περίοδο, για κτίρια με μεγάλες περιόδους (2) Άποδειγμένα εύκολοτερη ή επίτευξη πλαστιμότητας (3) Πιο εύκολη ή υπαγωγή τους σε ανάλυση	(1) Ύψηλη απόκριση σε περιοχές μεγάλων περιόδων (2) Στις εύκαμπτες πλαισιωτές κατασκευές όπλισμένου σκυροδέματος είναι δύσκολη ή τοποθέτηση του όπλισμού (3) Η κατασκευή πληρώσεως μπορεί να άκυρώσει την ανάλυση (4) Δύσκολος σχεδιασμός των λεπτομερειών στην κατασκευή πληρώσεως
Δύσκαμπτες κατασκευές	(1) Κατάλληλες για περιοχές μεγάλων περιόδων (2) Εύκολοτερη ή τοποθέτηση του όπλισμού σε δύσκαμπτες κατασκευές όπλισμένου σκυροδέματος (π.χ. τοιχία) (3) Εύκολοτερος ο σχεδιασμός λεπτομερειών στην κατασκευή πληρώσεως	(1) Ύψηλη απόκριση σε περιοχές μικρών περιόδων (2) Δέν είναι εύκολο με επίγνωση να επιτευχθεί ή κατάλληλη πλαστιμότητα (3) Πιο δύσκολα υπάγονται σε ανάλυση

Μία δυσκολία στο ζύγισμα των υπέρ και των κατά των εύκαμπτων και δύσκαμπτων κατασκευών, προέρχεται από την έλειψη σαφούς ορισμού των όρων <<εύκαμπτος>> και <<δύσκαμπτος>>. Ίσως το περισσότερο που μπορεί κανείς να πει προς το παρόν είναι ότι, μία κατασκευή είναι πιο δύσκαμπτη ή λιγότερο εύκαμπτη από μίαν άλλη.

Παράδειγμα των πλήρων εύκαμπτων κατασκευών είναι πολλά μοντέρνα κτίρια με στύλους και δοκούς, όπου η κατασκευή πληρώσεως έχει προσεκτικά αποχωρισθεί από τον σκελετό. Δεν υπάρχουν σημαντικά στοιχεία ανάληψης διατμήσεων, πραγματικά ή δυνητικά: όλα τα χωρίσματα και τα γεμίσματα είναι απομωνομένα από τις κινήσεις του σκελετού, ακόμα και οι τοίχοι του ανελκυστήρα και του κλιμακοστασίου είναι τελείως αποχωρισμένοι. Τα εξωτερικά πετάσματα είναι μονταρισμένα σε προεξοχές με άρθρωση και κύλιση (από ανοξειδωτο υλικό).

Αυτός ο τύπος του τελείως πλάστιμου σκελετού είναι αρκετά δημοφιλής στις μέρες μας στην Ιαπωνία, Νέα Ζηλανδία και Καλιφόρνια. Πέρα από τις παρατηρήσεις που είναι καταχωρημένες στον (Πίνακα 4.1), έχει επιπλέον μειονεκτήματα. Ύστερα από ένα μέτριο σεισμό μπορούν να συμβούν υπερβολικές πλευρικές μεταθέσεις από πάτωμα σε πάτωμα καθώς και μόνιμες υποχωρήσεις. Στο όπλισμένο σκυρόδεμα η μόρφωση των κόμβων είναι πολύ δύσκολη.

Δεν υπάρχει καμιά κρυμμένη υπερστατικότητα (πρόσθετο περιθώριο ασφαλείας) που να προσφέρεται από την κατασκευή πληρώσεως όπως στην παραδοσιακή κατασκευή.

Η τροποποιημένη ευκαμψία επιδιώκεται σκόπιμα από μερικούς Μηχανικούς με την ενσωμάτωση περιορισμένου αριθμού τοιχίων σε μία πλαισιωτή κατασκευή, φτιάχνοντας έτσι μία κατασκευή που είναι ακόμα σχετικά εύκαμπτη και με μεγάλη περίοδο. Μια τέτοια πρόσεγγιση έχει γίνει από τον Muto στην Ιαπωνία, όπου τον τελευταίο καιρό όλα τα κτίρια πάνω από δεκατέσσερις ορόφους κατασκευάζονται με χαλύβδινο σκελετό. Ο Muto παρουσίασε τα τοιχεία από σκυρόδεμα, με εγκοπές, που τοποθετούνται στα φατνώματα του χαλύβδινου σκελετού, για τη μείωση της οριζόντιας ταλάντωσης στους τυφώνες και τους μέτριους σεισμούς, και για την απορρόφηση ενέργειας στου ισχυρούς σεισμούς.

Πολλοί Μηχανικοί πιστεύουν ότι τα τοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος θα έπρεπε να συμπεριλαμβάνονται σε περισσότερα πλαισιωτά κτίρια. Αυτό,

- α) θα μείωνε την οριζόντια μετατόπιση,
- β) θα μείωνε τα προβλήματα μόρφωσης των κόμβων οπλισμένου σκυροδέματος,
- γ) θα βοηθούσε να εξασφαλισθεί ότι η κατασκευή μπαίνει ομοιόμορφα στην πλαστικότητα,
- δ) θα εμπόδιζε την αστοχία των στύλων κατά την οριζόντια εκτροπή λόγω του φαινομένου $P \times \Delta$ (δηλ. τη δευτερογενή κάμψη που προέρχεται από το γινόμενο του κατακόρυφου φορτίου και της πλευρικής μετατόπισης).

Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι σε πολλές καταστάσεις, μία κατασκευή είτε εύκαμπτη είτε δύσκαμπτη μπορεί να λειτουργεί, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όμως δύο μορφών απαιτούν προσεκτική εξέταση όταν γίνεται η μεταξύ τους επιλογή.

Η μορφή της υποδομής

Ο βασικός κανόνας αναφορικά με την αντισεισμικότητα της υποδομής είναι ότι πρέπει να επιτυγχάνεται συνολική λειτουργία. Αυτό απαιτεί μια επαρκή θεώρηση των δυναμικών χαρακτηριστικών απόκρισης και της ανωδομής και του υπεδάφους.

Η συμπεριφορά του εδάφους υπό δυναμικά φορτία εξαρτάται από το μέγεθος της παραμόρφωσης, την ταχύτητα εξέλιξης της παραμόρφωσης, και από τον αριθμό των κύκλων φορτίσεως.

Ορισμένα εδάφη αυξάνουν την αντοχή τους κάτω από γρήγορη κυκλική φόρτιση, ενώ κορεσμένες άμμοι ή ευπαθείς άργιλλοι μπορεί να χάσουν αρκετή από την αντοχή τους με τη δόνηση.

Η συμπεριφορά των εδαφών στους σεισμούς εξετάζεται σύμφωνα με τα παρακάτω :

- 1) καθίζηση ξηράς άμμου,
- 2) ρευστοποίηση κορεσμένων εδαφών χωρίς συνοχή,
- 3) παράμετροι δυναμικού σχεδιασμού των εδαφών (μέτρο διάτμησης και απόσβεση).

Αν για την ανωδομή έχει επιλεγεί μία καλή αντισεισμική μορφή τότε η μορφή τουλάχιστον της κάτοψης της υποδομής θα είναι κατά πάσα πιθανότητα σωστή, δηλ. :

- i) τα κατακόρυφα φορτία θα είναι συμμετρικά,
- ii) οι κίνδυνοι ανατροπής δεν θα είναι μεγάλοι,
- iii) η κατασκευή δεν θα είναι σε κάτοψη πολύ επιμήκης.

Όπως και στον μη σεισμικό υπολογισμό, η φύση του υπεδάφους θα καθορίσει το ελάχιστο βάθος θεμελίωσης. Σε σεισμοπαθείς περιοχές αυτό θα συμπεριλαμβάνει και τη θεώρηση των παρακάτω παραγόντων :

- α) μετάδοση των οριζοντίων διατμήσεων βάσης από την κατασκευή στο έδαφος,
- β) πρόβλεψη για σεισμικές ροπές ανατροπής (π.χ. εφελκυστικοί πάσσαλοι),
- γ) διαφορετικές καθιζήσεις (σχ.4.6.),
- δ) ρευστοποίηση του υπεδάφους,
- ε) επιπτώσεις της παγίωσης της κατασκευής μέσα στο έδαφος, στη σεισμική απόκριση.

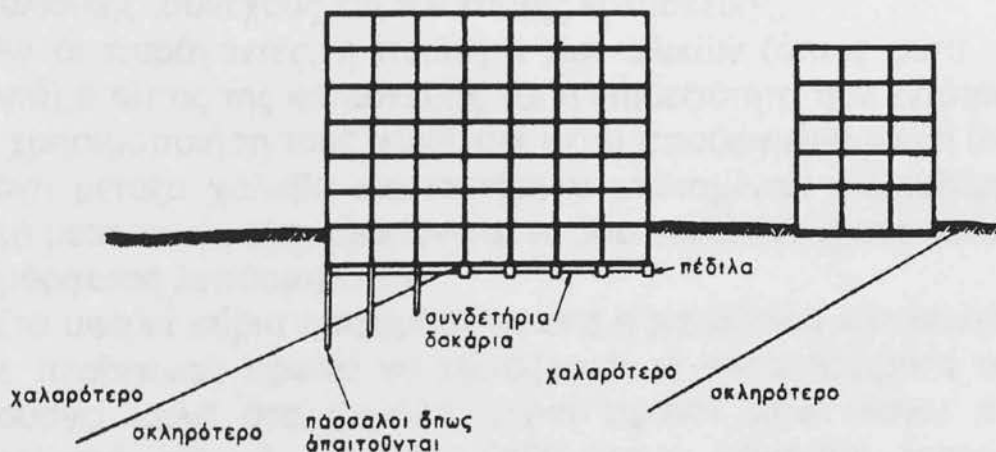
Οι επιπτώσεις από το βάθος της θεμελίωσης αποτελεί ένα φαινόμενο όπου κατά κάποιο τρόπο μπορεί να παρθεί υπ' όψη στην ανάλυση της αλληλεπίδρασης εδάφους – κατασκευής ή όταν προσδιορίζεται σε ποιά στάθμη θα εφαρμοσθεί η σεισμική φόρτιση για την ανάλυση της ανωδομής.

Οι τρεις βασικοί τύποι θεμελίωσης κτιρίων μπορούν να καταχωρηθούν ως εξής :

- 1) διακεκριμένα πέδιλα,
- 2) συνεχείς κοιτοστρώσεις,
- 3) θεμελιώσεις με πάσσάλους.

Οι πάσσαλοι βέβαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό είτε με πέδιλα είτε με κοιτόστρωση. Οι συνεχείς κοιτοστρώσεις ή οι θεμελιώσεις με κιβώτια είναι καλές αντισεισμικές μορφές, μόνο που απαιτούν ένα επαρκές βάθος και ακαμψία. Οι πάσσαλοι και τα διακεκριμένα πέδιλα απαιτούν πιο λεπτομερειακή θεώρηση ώστε να εξασφαλισθεί ικανοποιητική συνολική λειτουργία, η οποία θεώρηση έχει να κάνει με πολλές από τις δομικές απαιτήσεις που υποδείχνουν τα σημεία (i) έως (iii) και (α) έως (ε) παραπάνω. Η συνολική λειτουργία πρέπει να παρέχει επαρκή αποθέματα αντοχής για να αντιμετωπισθούν ορισμένες διαφορικές κινήσεις που δεν έχουν παρθεί μέχρι τώρα σαφώς υπ' όψη στον υπολογισμό.

Ιδιαίτερη φροντίδα για την εξασφάλιση της συνολικής λειτουργίας της υποδομής μπορεί να είναι αναγκαία όπου συμβαίνει μεταβολή του εδαφικού τύπου κάτω από μία κατασκευή(σχ. 4.6).



Σχ. 4.6 Τυπικές κατασκευές που θεμελιώνονται σε δύο εδαφικούς τύπους και απαιτού προφυλάξεις έναντι διαφορετικών σεισμικών κινήσεων

Η παραπάνω ανάπτυξη για τη μορφή της υποδομής βρίσκει εφαρμογή σε κατασκευές πάνω σε χαλαρά εδάφη μόνο, αφού οι κατασκευές πάνω σε βράχο έχουν φυσιολογικά συνολική λειτουργία μέσω αυτού του ίδιου του βράχου.

Σεισμική Αντοχή και Εκλογή Δομικών Υλικών

Ένας σπουδαίος παράγοντας κατά τον προσδιορισμό της μορφής μιας κατασκευής είναι συχνά η εκλογή των υλικών. Μερικές φορές τα δομικά υλικά θα είναι της εκλογής του κ.Τάδε, που θα υπαγορεύεται από τη διαθεσιμότητα, ή πολιτικές ή οικονομικές θεωρήσεις. Είτε είναι δυνατή είτε όχι μία καλύτερη εκλογή, υπάρχουν τα παρακάτω κριτήρια υπολογισμού.

Τα καλύτερα υλικά, καθαρά ως προς την αντισεισμικότητα, έχουν τις εξής ιδιότητες:

- i) υψηλή πλαστιμότητα
- ii) μεγάλο λόγο αντοχή/βάρος
- iii) ορθοτροπία
- iv) ομοιογένεια
- v) ευκολία στη δημιουργία συνδέσεων πλήρους αντοχής.

Τα περισσότερα συστήματα πλήρως προχύτου σκυροδέματος δεν είναι κατάλληλα να αντισταθούν στο σεισμό, λόγω της δυσκολίας επίτευξης μονολιθικής, συνεχούς και πλάστιμης κατασκευής.

Αν οι παράγοντες, η ποιότητα των υλικών (όπως αυτά παρέχονται τοπικά), ο τύπος της κατασκευής και η επιδεξιότητα των εντόπιων τεχνιτών στη χρησιμοποίησή τους, είναι ίσοι μένει αποδειγμένα μικρή διαφορά στην εκλογή μεταξύ χάλυβα και επιτόπιου οπλισμένου σκυροδέματος για τα κτίρια μεσαίου ύψους, εφόσον και τα δύο υλικά δεν έχουν καλό σχεδιασμό και μόρφωση λεπτομερειών.

Στα υψηλά κτίρια προτιμάται γενικά η χαλύβδινη κατασκευή, αν και σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζονται τα πλεονεκτήματα της. Το ξύλο λειτουργεί καλά στα χαμηλά κτίρια σχεδόν μόνο λόγω του μεγάλου συντελεστή αντοχή / βάρος, θέλει όμως μόρφωση λεπτομερειών με μεγάλη προσοχή. Οι υπό ανάπτυξη χώρες έχουν ειδικά προβλήματα επιλογής δομικών υλικών από τη άποψη του κόστους, της διαθεσιμότητας και της τεχνολογίας.

Όταν λοιπόν εκλέγουμε υλικά, αξίζει να έχουμε κατά νου ότι εαν απαιτείται μια εύκαμπτη κατασκευή, τότε μερικά υλικά, όπως η τοιχοποιία δεν είναι κατάλληλα. Από την άλλη μεριά, ο χάλυβας χρησιμοποιείται ουσιαστικά για την απόκτηση εύκαμπτων κατασκευών, μολονότι αν απαιτείται μεγαλύτερη ακαμψία μπορούν να ενσωματωθούν στον χαλύβδινο σκελετό διαγώνιοι σύνδεσμοι ή τοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Το σκυρόδεμα βέβαια μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την επίτευξη σχεδόν οπουδήποτε βαθμού ακαμψίας.

Εδώ να σημειωθεί ότι για την επίδραση των υλικών πληρώσεως στην απόκριση των κτιρίων, η κατασκευή πληρώσεως κυρίως με τη μορφή χωρισμάτων, μπορεί να προκαλέσει πελώρια αύξηση της ακαμψίας μιας κατά τα άλλα εύκαμπτης κατασκευής, και πρέπει να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό.

ΦΕΡΟΝΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Η χρησιμότητα των φερόντων τοιχωμάτων στο σκελετό των κτιρίων έχει αναγνωριστεί από παλιά. Όταν τα τοιχώματα είναι τοποθετημένα σε πλεονεκτικές θέσεις μέσα στο κτίριο, μπορούν να σχηματίσουν ένα αποδοτικό σύστημα αντίστασης στις οριζόντιες δυνάμεις ενώ ταυτόχρονα ικανοποιούν άλλες λειτουργικές απαιτήσεις. Για κτίρια μέχρι 20 ορόφους η χρήση φερόντων τοιχωμάτων συχνά είναι θέμα επιλογής. Για κτίρια πάνω από 30 ορόφους, τα φέροντα τοιχώματα μπορεί να επιβάλλονται για λόγους οικονομίας και περιορισμού του οριζοντίου βέλους.

Επειδή αυτά τα φέροντα στοιχεία καλούνται να αναλάβουν κατά μεγάλο μέρος, αν όχι και στο ακέραιο, τις οριζόντιες δυνάμεις που επιβάλλονται στο κτίριο και τις οριζόντιες τέμνουσες που προκύπτουν από αυτές, έχουν ονομαστεί διατμητικά τοιχώματα. Η ονομασία είναι ατυχής, διότι υποδηλώνει ότι μάλλον η διάτμηση ελέγχει τη συμπεριφορά τους. Αυτό δεν είναι αναγκαστικό. Τα βασικά κριτήρια που αποσκοπεί να ικανοποιήσει ο μελετητής, δηλαδή ακαμψία, αντοχή και πλαστιμότητα, τα φέροντα τοιχώματα παρέχουν ένα σχεδόν βέλτιστο μέσον για την επίτευξη αυτών των στόχων. Κτίρια που έχουν ενισχυθεί με τοιχώματα είναι εξάπαντος πιο άκαμπτα από πλαισιακούς φορείς, μειώνοντας τις πιθανότητες υπερβολικών παραμορφώσεων σε ασθενείς σεισμούς.

Η αναγκαία αντοχή, για την αποφυγή βλάβης του φέροντος οργανισμού σε μέσης έντασης σεισμούς, μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλη διαμόρφωση λεπτομερειών του διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού και, εφόσον υιοθετηθούν ειδικά μέτρα λεπτομερειών όπλισης του διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού, μπορεί να επιτευχθεί αξιόπιστη πλάστιμη απόκριση σε ισχυρούς σεισμούς.

Η άποψη ότι τα φέροντα τοιχώματα είναι εγγενώς ψαθυρά, διατηρείται σε πολλές χώρες ως συνέπεια διατμητικής αστοχίας ελλειπώς σχεδιασμένων τοιχωμάτων. Γι' αυτόν το λόγο, μερικοί κανονισμοί απαιτούν τα κτίρια με φέροντα τοιχώματα να σχεδιάζονται με χαμηλότερους συντελεστές πλαστιμότητας απ' ό,τι τα πλαίσια, έτσι ώστε να δείξουν ότι οι αρχές της ανελαστικής σεισμικής συμπεριφοράς στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος για πλαίσια, είναι γενικά εφαρμόσιμες στα φέροντα τοιχώματα.

Φυσικά, λόγω των σημαντικών διαφορών στη γεωμετρική διαμόρφωση των φερόντων τοιχωμάτων στην κάτοψη και τις διατομές, χρειάζεται κάποια τροποποίηση στη διαμόρφωση των λεπτομερειών όπλισης. Κατά τη μελέτη των διαφόρων χαρακτηριστικών αναλαστικής συμπεριφοράς των φερόντων τοιχωμάτων και την επακόλουθη ανάπτυξη μίας ορθολογικής διαδικασίας για το σχεδιασμό τους, γίνονται ορισμένες θεμελιώδεις παραδοχές :

1. Τα φέροντα τοιχώματα υποτίθεται ότι διαθέτουν επαρκή θεμελίωση που μπορεί να μεταβιβάζει στο έδαφος τις δράσεις από την ανωδομή, χωρίς να επιτρέπει στα τοιχώματα να λικνίζονται.
2. Η θεμελίωση ενός τοιχώματος από ομάδα πολλών αλληλεπιδρώντων φερόντων τοιχωμάτων δεν επηρεάζει την ακαμψία του σε σχέση με τα υπόλοιπα τοιχώματα.
3. Οι αδρανειακές δυνάμεις σε κάθε όροφο εισάγονται στα φέροντα τοιχώματα με τη διαφραγματική λειτουργία του δαπέδου και με επαρκείς συνδέσεις με το διάφραγμα. Με όρους συνεπιπέδων δυνάμεων, τα συστήματα δαπέδων (διαφράγματα) θεωρείται ότι παραμένουν πάντοτε ελαστικά.
4. Ολόκληρη οριζόντια δύναμη αναλαμβάνεται από τα φέροντα τοιχώματα.
5. Τα τοιχώματα γενικά θεωρείται ότι προσφέρουν αναξάρτητη αντίσταση μόνο στους δύο κύριους άξονες της διατομής. Ωστόσο, θα πρέπει να αναγνωριστεί ότι, σε πλάγια σεισμική προσβολή, οι διατομές τοιχωμάτων με πέλματα θα υποβληθούν σε διαξονική κάμψη. Σ' αυτή την περίπτωση, υπάρχουν κατάλληλα προγράμματα ανάλυσης για την εκτίμηση της αντοχής συνθέτων διατομών τοιχωμάτων που υποβάλλονται σε διαξονική κάμψη και αξονική δύναμη. Αυτά θα πρέπει να εφαρμόζονται όταν τμήματα συνθέτων διατομών τοιχωμάτων, σε διαξονική σεισμική προσβολή, μπορεί να υποβληθούν σε σημαντικά μεγαλύτερες θλιπτικές παραμορφώσεις απ' ό,τι, στη διάρκεια ανεξαρτήτων καθέτων δράσεων.

Στατικές μορφές για τα κτίρια με φέροντα τοιχοποιία

Εκτός από τις συγκεκριμένες καθοδηγητικές αρχές που πρέπει να έχουμε υπόψη όσο αφορά την μορφή της ανωδομής γενικά, ωστόσο όμως δίνονται ορισμένες επιπλέον οδηγίες, ειδικά για τις τοιχοποιίες. Πέντε αλληλοσχετιζόμενα κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή με τοιχοποιία είναι τα εξής :

- i) ο λόγος των διαστάσεων H/B της κατασκευής πρέπει να τηρήται σε κάποιο ελάχιστο,
- ii) ο λόγος των διαστάσεων της όψης H'/B' των κατακορύφων στοιχείων πρέπει να τηρείται σε κάποιο ελάχιστο,
- iii) ο λόγος του εμβαδού των ανοιγμάτων προς το εμβαδόν του τοίχου $\Sigma a_a / HB$ πρέπει να τηρήται σε κάποιο ελάχιστο,
- iv) η κατανομή των ανοιγμάτων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη,
- v) ανοίγματα που προκαλούν αύξηση των τάσεων πρέπει να απομακρύνονται από τις ζώνες μεγάλης έντασης.

Παίρνοντας υπόψη αυτά τα κριτήρια και με αναφορά σε μία μονώροφη κατασκευή χωρίς ή με ελάχιστο οπλισμό, το (σχ. 6.19a) παριστάνει μία καλή κατασκευή και το (σχ. 6.19b) παριστάνει μία κακή. Καμιά από τις δύο δεν έχει κακό συνολικό λόγο διαστάσεων, καθώς συμβαίνει εξάλλου στα μονώροφα κτίρια.

Για τα κτίρια χωρίς οπλισμό και με ένα μέγιστο εμβαδόν ανοιγμάτων, πρέπει να εκλέγεται τιμή του $H/B > 2/3$.

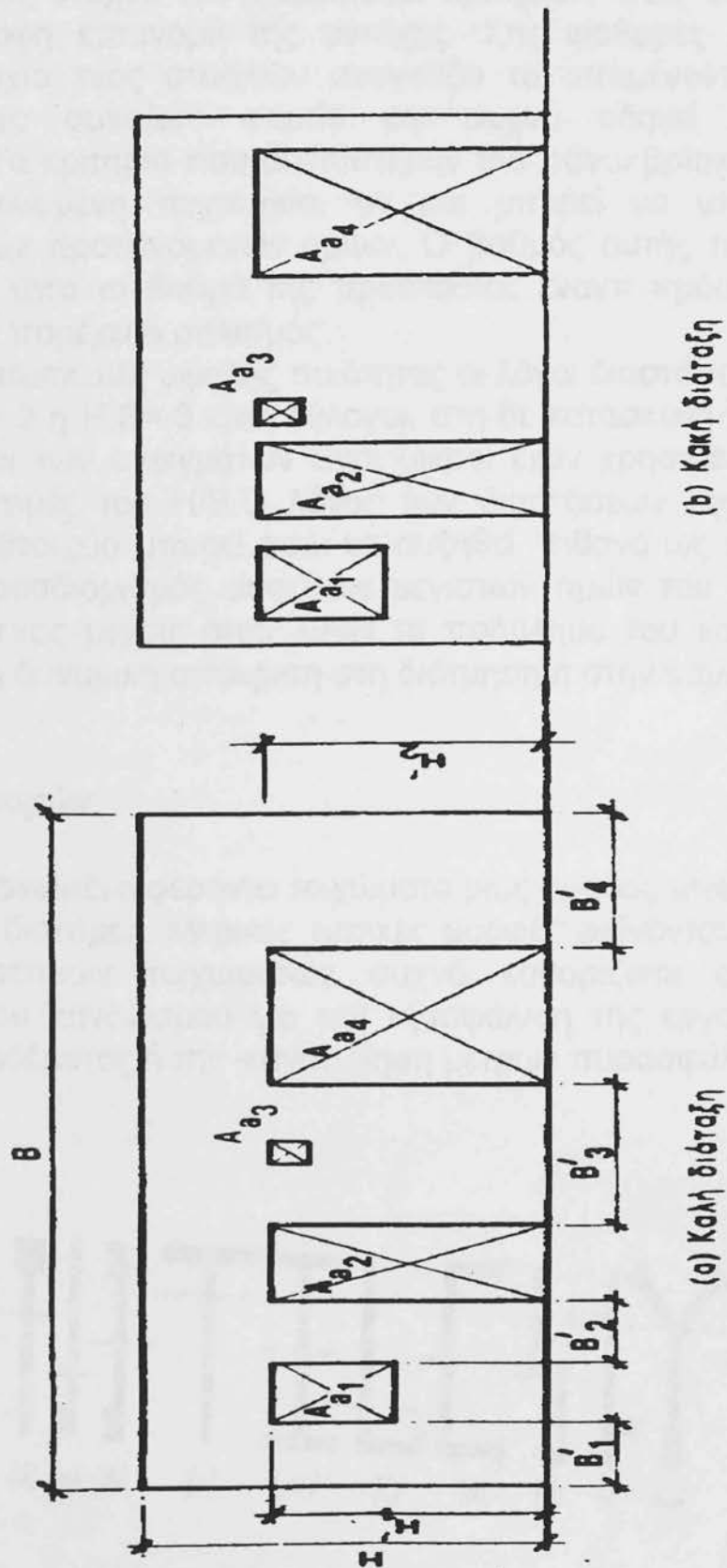
Ο λόγος των διαστάσεων της όψης των κατακόρυφων στοιχείων, ιδιαίτερα εκείνων στα άκρα των τοίχων ($H'1/B'1$ και $H'2/B'2$ στο (σχ. 6.19a), πρέπει να είναι μόλις μεγαλύτερος από τη μονάδα σε κτίρια με ελάχιστο οπλισμό. Αυτό προφανώς δεν συμβαίνει στο σχ.6.19 b.

Συνήθως συνιστάται η συνολική επιφάνεια των ανοιγμάτων να μην υπερβαίνει το ένα τρίτο της επιφάνειας του τοίχου, δηλ. $\Sigma A_a / HB > 1/3$.

Εάν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια (ii) και (iii), τότε είναι πιθανό η κατανομή των ανοιγμάτων να είναι αρκετά ομοιόμορφη.

Τρύπες μικρές, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για τη διέλευση δικτύων και αγωγών, πρέπει να βρίσκονται μακριά από τις γωνίες φερόντων στοιχείων.

Το άνοιγμα A_{a3} στο (σχ. 6.19b) είναι άσχημα τοποθετημένο συγκριτικά με εκείνο του (σχ. 6.19a).



Σχ. 6.19 Στατικές μορφές χαμηλών κτιρίων με τοιχοποιία

Ο κύριος στόχος των παραπάνω κριτηρίων είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη κατανομή της αντοχής. Στις ψαθυρές κατασκευές, η πρώιμη αστοχία ενός στοιχείου αναγκάζει τα απομένοντα στοιχεία να αναλάβουν το συνολικό φορτίο και συχνά οδηγεί σε προϊούσα κατάρρευση. Τα κριτήρια που θεσπίστηκαν πιο πάνω βρίσκουν εφαρμογή και στην οπλισμένη τοιχοποιία, αν και μπορεί να υπάρξει κάποια χαλάρωση των προτεινόμενων ορίων. Ο βαθμός αυτής της χαλάρωσης θα εξαρτηθεί από το βαθμό της προστασίας έναντι πρόωρης ψαθυρής θραύσης που παρέχει ο οπλισμός.

Στις κατασκευές υψηλής ποιότητας οι λόγοι διαστάσεων του κτιρίου με τιμές $H/B = 2$ ή $H/B = 3$ είναι εύλογοι, στη δε κατασκευή πολυκατοικιών όπου οι λόγοι των ανοιγμάτων είναι μικροί έχουν χρησιμοποιηθεί ακόμα μεγαλύτερες τιμές του H/B . Ο λόγος των διαστάσεων της όψης για τα κατακόρυφα στοιχεία μπορεί πάλι να αυξηθεί, πιθανά ως τις τιμές 2 ή 3, πάντως ο προσδιορισμός ασφαλών μέγιστων τιμών του H/B θα είναι αμφισβητούμενος μέχρις ότου λυθεί το πρόβλημα του κατά πόσο είναι ευνοϊκότερη η δυναμική απόκριση στη διάτμηση ή στην κάμψη.

Μορφές Διατομών

Τα μεμονωμένα φέροντα τοιχώματα μίας ομάδας μπορούν να έχουν διαφορετικές διατομές. Μερικές τυπικές μορφές φαίνονται στο (σχ. 5.5). Το πάχος τέτοιων τοιχωμάτων συχνά καθορίζεται από ελάχιστες απαιτήσεις του κανονισμού για την εξασφάλιση της εργασιμότητας του νωπού σκυροδέματος ή την ικανοποίηση μέτρων πυρασφάλειας.



Σχ. 5.5 Συνηθισμένες διατομές φερόντων φερόντων τοιχωμάτων

Όταν οι σεισμικές δυνάμεις είναι σημαντικές, οι απαιτήσεις διατμητικής αντοχής και ευσταθείας, που θα εξεταστούν με λεπτομέρειες στη συνέχεια, μπορεί να κάνουν αναγκαία την αύξηση του πάχους.

Ακραία στοιχεία, όπως αυτά που φαίνονται στα (σχ.5.5β έως δ) συχνά εμφανίζονται για επιτρέπουν την αποτελεσματική αγκύρωση των εγκάρσιων δοκών. Ακόμη και χωρίς δοκούς, συχνά κατασκευάζονται για να υποδεχτούν τον κύριο οπλισμό κάμψης, να παρέχουν ευστάθεια έναντι εγκάρσιου λυγισμού (ύβωσης) κάποιας λεπτότοιχης διατομής και, εφόσον είναι αναγκαίο, για να επιτρέψουν την αποδοτικότερη περισφιγξη του θλιβομένου σκυροδέματος στις πιθανές πλαστικές αρθρώσεις.

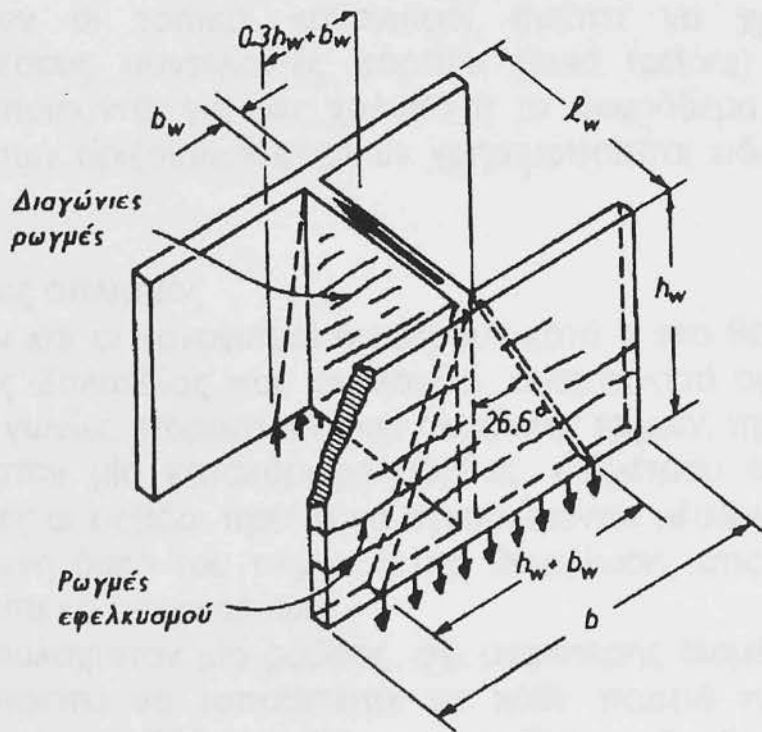
Τα τοιχώματα που συναντώνται μεταξύ τους με ορθή γωνία, έχουν αποτέλεσμα διατομές με πέλματα. Τέτοια τοιχώματα κανονικά απαιτούνται για την αντίσταση στις σεισμικές δυνάμεις και στις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου. Συχνά διαθέτουν μεγάλη πιθανή αντοχή.

Στη συνέχεια θα δείξουμε ότι, όταν τα πέλματα θλίβονται, τα τοιχώματα μπορούν να εκδηλώσουν μεγάλη πλαστιμότητα. Όταν όμως το πέλμα εφελκύεται σε τοιχώματα Τ και Γ, όπως του (σχ. 5.5ε και ζ), τότε αυτά μπορούν να έχουν περιορισμένη μόνο πλαστιμότητα.

Μερικά πέλματα αποτελούνται από επιμήκη εγκάρσια τοιχώματα, όπως στο (σχ.5.5 η και ι). Τότε ο μελετητής πρέπει να καθορίσει πόσο είναι το συνεργαζόμενο πλάτος τέτοιων επιμήκων πελμάτων. Οι διατάξεις των κανονισμών για το συνεργαζόμενο πλάτος θλιβόμενων πελμάτων μονόπλευρων και αμφίπλευρων πλακοδοκών (διατομής Γ και Τ) μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλες για τον καθορισμό της αξιόπιστης αντοχής, αν ως ισοδύναμο άνοιγμα δοκού ληφθεί το διπλάσιο ύψος του τοιχώματος – προβόλου.

Όπως στην περίπτωση δοκών σε πλάστιμα πολυώροφα πλαίσια, θα είναι επίσης αναγκαίο να καθοριστεί η καμπτική υπεραντοχή της κρίσιμης διατομής των πλάστιμων φερόντων τοιχωμάτων. Στα τοιχώματα με πέλματα, αυτή η υπεραντοχή θα εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του εφελκυομένου οπλισμού που θα ενεργοποιηθεί στη διάρκεια μεγάλης ανελαστικής σεισμικής μετακίνησης. Έτσι απαιτείται κάποια κρίση για την εκτίμηση του συνεργαζόμενου πλάτους του εφελκυομένου πέλματος. Το πλάτος που γίνεται δεκτό για το θλιβόμενο πέλμα θα έχει αμελητέα επίδραση στην εκτίμηση της καμπτικής υπεραντοχής.

Όσον αφορά το συνεργαζόμενο πλάτος του εφελκυομένου πέλματος (σχ. 5.6) δίδονται κάποιες προσεγγίσεις, όχι όμως και απόλυτες, αφού δεν μπορεί να προσδιοριστεί μονοσήμαντα το συνεργαζόμενο πλάτος επιμήκων πελμάτων στην ελαστική κατάσταση.



Σχ. 5.6 Εκτίμηση συνεργαζομένου πλάτους πέλματος σε φέροντα τοιχώματα

Όσο μεγαλύτερες είναι οι στρόφες στην περιοχή πλαστικής άρθρωσης του τοιχώματος με πέλματα, τόσο μεγαλύτερο θα είναι το πλάτος που θα ενεργοποιηθεί για να αναπτύξει εφελκυσμό. Το σύστημα θεμελίωσης πρέπει να εξεταστεί για να εξασφαλιστεί ότι οι δυνάμεις πέλματος που έχουν γίνει δεκτές μπορούν πραγματικά να μεταβιβαστούν στη βάση του τοιχώματος.

Υπολογισμός και κατασκευαστικές λεπτομέρειες για τις οπλισμένες τοιχοποιίες

Λόγω της αμφισβητούμενης πλαστιμότητάς της, η οπλισμένη τοιχοποιία (καθώς επίσης και η άοπλη) πρέπει να υπολογίζεται και να αναλύεται σαν ένα γραμμικό ελαστικό υλικό. Η οποία πλαστιμότητα που παρέχεται από τον οπλισμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μία ελαφρά μείωση των συντελεστών ασφαλείας έναντι του φορτίου θραύσης.

Οι διαδικασίες υπολογισμού και κατασκευής πρέπει να συμμορφώνονται με τους ισχύοντες κανονισμούς. Τα σεισμικά φορτία που θεσπίζουν οι τοπικοί κανονισμοί πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγαλύτερους συντελεστές φορτίου (load factors) από εκείνους που χρησιμοποιούνται για τον χάλυβα ή το σκυρόδεμα, εκτός αν κατά την εύρεση των οριζοντίων φορτίων χρησιμοποιείται ειδικός συντελεστής για το υλικό.

Ελάχιστος οπλισμός

Αν και οι κανονισμοί διαφέρουν κατά τι στο θέμα αυτό, η πρακτική της Νέας Ζηλανδίας που ακολουθεί, είναι αρκετά αντιπροσωπευτική. Σε όλες τις γωνίες, παραστάδες και συμβολές τοίχων, πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μία κατακόρυφη ράβδος, διαμέτρου όχι λιγότερο των 12 mm. Αυτές οι ράβδοι πρέπει να αγκυρώνονται μέσα στην υπερκείμενη και υποκείμενη δοκό του τοίχου ή στη θεμελίωση, στις δε επιμηκύνσεις να έχουν επαρκή υπερκάλυψη.

Τουλάχιστον μία ράβδος, όχι μικρότερης διαμέτρου από τα 12 mm (1/2") πρέπει να τοποθετείται σε κάθε παρειά των ανοιγμάτων που υπερβαίνουν τα 600 mm (2') σε οποιαδήποτε διεύθυνση. Αυτές οι ράβδοι πλασίωσης του ανοίγματος πρέπει να εκτείνονται τουλάχιστον 600 mm (2') πέρα από κάθε γωνία του ανοίγματος ή να είναι ισοδύναμα αγκυρωμένες.

Οι τοίχοι πρέπει να οπλίζονται και κατά την οριζόντια και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Ο ελάχιστος οριζόντιος οπλισμός που πρέπει να τοποθετείται είναι διαμέτρου 10 mm ανά 0,80 m (32"), ο δε κατακόρυφος οπλισμός είναι διαμέτρου 10 mm ανά 1,0 m (40"), ή τα ισοδύναμα.

Συνέχεια κατά την οριζόντια

Η συνέχεια της τοιχοποιίας κατά την οριζόντια διεύθυνση, περιμετρικά του κτιρίου, πρέπει να εξασφαλίζεται τουλάχιστον στις στάθμες αυτές, ώστε να σχηματίζουν μία ουσιαστικά δακτυλιοειδή δοκό. Οι συνδέσεις με τα πατώματα ή τις στέγες που δεν ήταν με επιτόπιο σκυρόδεμα, αποδείχτηκαν ιδιαίτερα ευπαθείς κατά τους σεισμούς.

Πλήρωση των κοιλοτήτων με σκυρόδεμα

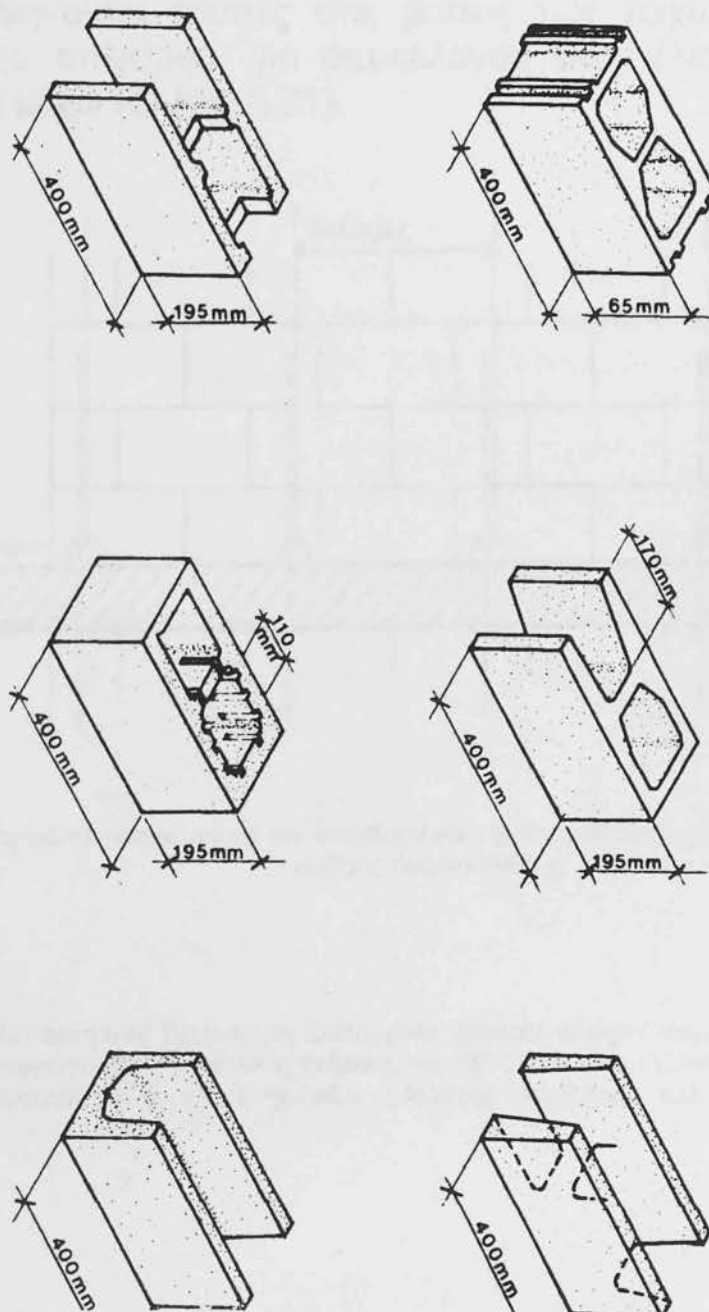
Ο οπλισμός της τοιχοποιίας εξαρτάται ως προς την αποτελεσματικότητά του από τη μεταβίβαση της έντασης από τον χάλυβα στην τοιχοποιία μέσω του σκυροδέματος πληρώσεως των κοιλοτήτων. Πρέπει να καταβάλεται κάθε δυνατή προσπάθεια για να εξασφαλίζεται ότι το κοπανισμένο σκυρόδεμα γεμίζει τις κοιλότητες.

Για να ελαχιστοποιείται η αποκόλληση του σκυροδέματος από την τοιχοποιία, είναι απαραίτητο ένα λεπτοκονίαμα με μικρή συστολή ξηράνσεως. Το σκυρόδεμα για την πλήρωση κοιλοτήτων πλάτους 60 mm ($2\frac{1}{2}$ ") πρέπει να περιέχει αδρανή μεγέθους μέχρι 5mm, ενώ για μεγαλύτερες κοιλοότητες μπορεί να είναι κατάλληλα μεγαλύτερα αδρανή. Το σκυρόδεμα πρέπει να έχει χαρακτηριστική αντοχή κύβου 28 ημερών 20 N/mm².

Κοίλοι τσιμεντόλιθοι

Αν και το σχήμα των κοίλων τσιμεντόλιθων ποικίλλει στις διάφορες χώρες, αυτοί που φαίνονται στο (σχ. 6.20) δείχνουν τους

Σχ. 6.20 Κυριότεροι τύποι τσιμεντόλιθων που χρησιμοποιούνται στη Ν. Ζηλανδία στις κατασκευές με οπλισμένη τοιχοποιία, για πάχη τοίχων 150 mm και 200 mm



Βασικούς τύπους που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τοίχων πάχους 150 mm(6") και 200mm(8").

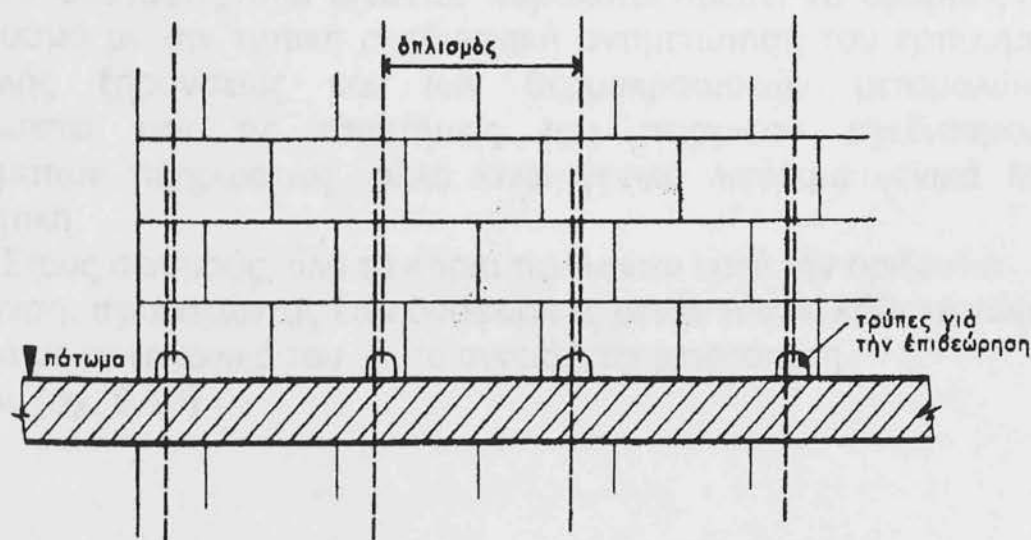
Επίβλεψη της κατασκευής

Για να εξασφαλισθεί ένα ανεκτό επίπεδο κατασκευής, χρειάζεται περισσότερη επίβλεψη για τις οπλισμένες τοιχοποιίες από παρόμοιες κατασκευές με άλλα υλικά.

Ιδιαίτερα τα παρακάτω σημεία θέλουν προσοχή :

- α) οι κοιλότητες των λιθοσωμάτων πρέπει να είναι καθαρές, χωρίς κομμάτια κονιάματος.
- β) ο οπλισμός πρέπει να τοποθετείται κεντρικά ή στην κατάλληλη απόσταση από τις παρειές των στοιχείων,
- γ) η σωστή υπερκάλυψη των ράβδων,
- δ) η σωστή διεξαγωγή της σκυροδέτησης,
- ε) το μείγμα να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές.

Στις κατασκευές πολυώρων κτιρίων με κοίλους τσιμεντόλιθους, είναι καλό να αφήνονται τρύπες στις βάσεις των τοίχων, στην ευθεία του κατακόρυφου οπλισμού, για διευκόλυνση στον έλεγχο των παραπάνω σημείων (α) μέχρι (δ) (σχ. 6.21).



Σχ. 6.21 Τρύπες για την επιθεώρηση του οπλισμού και της σκυροδέτησης σε κατασκευή με οπλισμένους κοίλους τσιμεντόλιθους.

Η μόρφωση των αρχιτεκτονικών λεπτομερειών κατά τον αντισεισμικό υπολογισμό

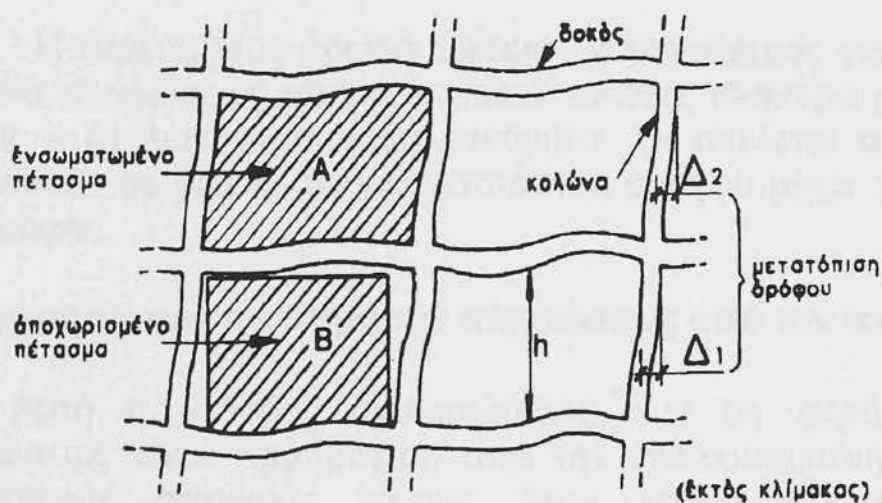
Ένα μεγάλο μέρος των βλαβών που προκαλούν στα κτίρια οι σεισμοί, σχετίζεται με τον οργανισμό πληρώσεως. Για παράδειγμα, στο σεισμό του San Fernando τον Φεβρουάριο του 1971, προξενήθηκαν ζημιές συνολικής αξίας 200 εκατομμυρίων λιρών, όπου πάνω από τα μισά ήταν από βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως. Δεν χρειάζεται περισσότερη έμφαση στη σπουδαιότητα της σωστής αντισεισμικής μόρφωσης στις σεισμοπαθείς περιοχές.

Η δε εκλογή της κατάλληλης στατικής μορφής είναι αποφασιστικής σημασίας. Τα κτίρια στο σύνολο τους πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να ανταπεξέρχονται με ασφάλεια στους σεισμούς και για το λόγο αυτό πρέπει να αναζητείται με περίσκεψη η σωστή σχέση ανάμεσα στον φέροντα και τον μη φέροντα οργανισμό. Για την επίδραση του οργανισμού πληρώσεως στη συνολική δυναμική συμπεριφορά ενός κτιρίου.

Μη φέροντα πετάσματα πληρώσεως και χωρίσματα

Οι συστάσεις που δίνονται παρακάτω, πρέπει να εφαρμόζονται σε συνδυασμό με την τυπική σχεδιαστική αντιμετώπιση του ερπυσμού, της συστολής ξηράνσεως και των θερμοκρασιακών μεταβολών που επικαλύπτει μεν τις απαιτήσεις του σεισμικού σχεδιασμού των πετασμάτων πληρώσεως, αλλά είναι γενικά λιγότερο γενικά λιγότερο απαιτητική.

Στους σεισμούς, όλα τα κτίρια πάλλονται κατά την οριζόντια διεύθυνση, προκαλώντας έτσι δοαφορικές μετακινήσεις κάθε πατώματος σχετικά με τα γειτονικά του. Αυτό ονομάζεται μετατόπιση ορόφου (σχ. 8.10).



Σχ. 8.10 Δύο λεπτομέρειες αναρτημένων ορόφων που προσφέρουν παρεμπόδιση των μετακινήσεων και ασφαλή στερέωση των πλακιδίων

και συνοδεύεται από παραμορφώσεις κατά την κατακόρυφη διεύθυνση που έχουν να κάνουν με μεταβολές του καθαρού ύψους h μεταξύ πατωμάτων και δοκών.

Κάθε πέτασμα πληρώσεως πρέπει να σχεδιάζεται έτσι, ώστε να αντιμετωπίζονται και οι δύο αυτές κινήσεις. Αυτό μπορεί να γίνει είτε (i) ενσωματώνοντας το στοιχείο πληρώσεως στη φέρουσα κατασκευή, είτε (ii) αποχωρίζοντάς το απ' αυτήν.

Ενσωμάτωση των πετασμάτων πληρώσεως στον σκελετό

Στην περίπτωση αυτή τα πετάσματα βρίσκονται σε λειτουργική στατική επαφή με τον σκελετό, τέτοια ώστε ο σκελετός και τα πετάσματα να έχουν ίσες παραμορφώσεις λόγω της μετατόπισης. Αυτού του είδους τα πετάσματα πρέπει να έχουν τόσο ανθεκτικά (εύκαμπτα) που να απορροφούν την παραμόρφωση αυτή, οι δε δυνάμεις και παραμορφώσεις που εξασκούνται πρέπει να υπολογίζονται κατάλληλα. Αν πρόκειται να αναληφθούν ικανοποιητικά οι σεισμικές παραμορφώσεις από ενσωματωμένους δύσκαμπτους τοίχους, τότε ο σπλισμός τους είναι συνήθως απαραίτητος.

Η ενσωμάτωση του στοιχείου πληρώσεως στον σκελετό είναι το πιο πιθανό επιτυχημένη, όταν συνδυάζονται πολύ εύκαμπτα χωρίσματα με μια πολύ δύσκαμπτη κατασκευή (με πολλά τοιχεία). Εφιστάται η προσοχή στο γεγονός ότι τα χωρίσματα που δεν βρίσκονται στι ίδιο επίπεδο με ένα τοιχείο, μπορεί να υποβληθούν σε παραμορφώσεις ουσιαστικά διάφορες από εκείνες του τοίχου. Αυτό αληθεύει ιδιαίτερα στα χωρίσματα των ανωτέρων ορόφων.

Η εύρεση μιας αρκετά εύκαμπτης κατασκευής για ενσωματωμένο στοιχείο πληρώσεως μπορεί να είναι εύκολη, ιδιαίτερα στους σκελετούς δοκών – στύλων με συνήθη ευκαμψία. Οι σκελετοί αυτοί, μπορεί να εμφανίσουν σε μέτριο σεισμό μετατόπιση ορόφου μέχρι 1/100 του ύψους του ορόφου.

Αποχώρηση των πετασμάτων πληρώσεως από τον σκελετό

Αυτή η μέθοδος αντιμετώπισης των μη φερόντων στοιχείων πληρώσεως είναι προτιμότερη από την ενσωματωμένη κατασκευή για σημαντικούς στατικούς λόγους, όταν χρησιμοποιούνται εύκαμπτοι σκελετοί σε περιοχές ισχυρών σεισμών. Το μέγεθος του αρμού ανάμεσα στα πετάσματα πληρώσεως και τον σκελετό είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το απαιτούμενο στην μη σεισμική δόμηση.

Αν δεν υπάρχει αξιόπιστος υπολογισμός της μετακίνησης του σκελετού, συνιστάται να λαμβάνονται υπόψη οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις μεταξύ 20 mm και 40 mm. Το σωστό μέγεθος εξαρτάται από την ακαμψία της κατασκευής, πρέπει δε να ζητείται η γνώμη του Μηχανικού πάνω σ' αυτό.

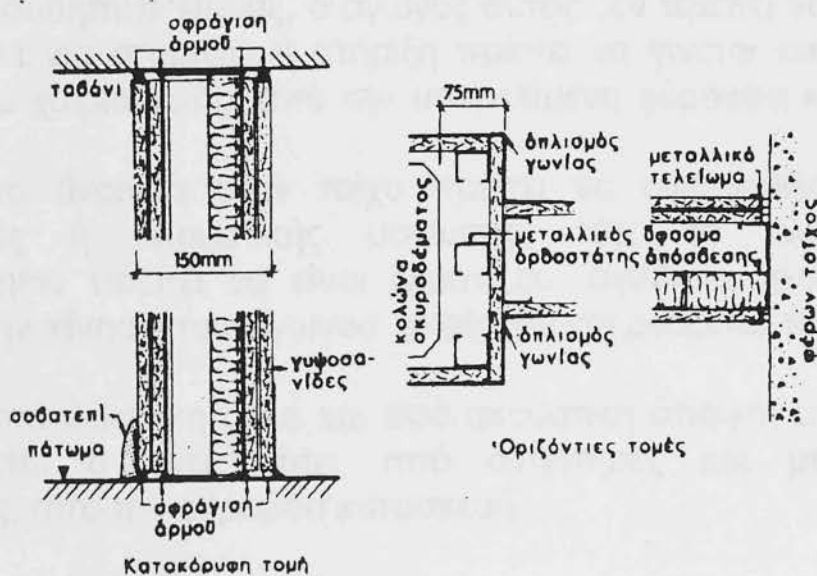
Αυτός ο τύπος κατασκευής έχει δυο σύμφυτα προβλήματα μόρφωσης που δεν παρουσιάζονται στις μη σεισμικές περιοχές στην ίδια έκταση. Κατ' αρχήν οι λεπτομέρειες που απαιτούνται για την εξασφάλιση της πλευρικής ευστάθειας των στοιχείων έναντι δυνάμεων εκτός του επιπέδου μπορεί να είναι χονδροειδείς.

Δεύτερον, η ηχομόνωση και η πυροπροστασία στο διαχωριστικό κενό είναι δύσκολες. Μια μέτρια ηχομόνωση σ' αυτόν τον αρμό κινήσεως μπορεί να επιτευχθεί με επικαλύπτουσες πλάκες ή με εύκαμπτα σφραγιστικά αρμών. Όπου όμως υφίστανται αυστηρές προδιαγραφές ηχομόνωσης και πυροπροστασίας, είναι ακατάλληλος ο αποχωρισμός του πετάσματος πληρώσεως από τον σκελετό.

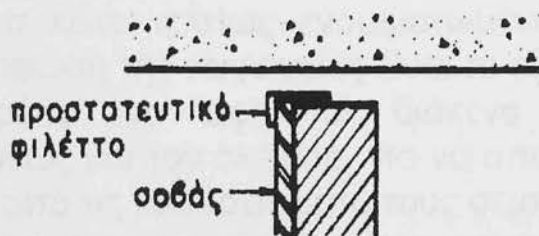
Οι μελετητές πρέπει να είναι προσεκτικοί κατά την εκλογή των καλουμένων «εύκαμπτων» υλικών για τους αρμούς κινήσεως. Το υλικό δεν πρέπει να είναι επαρκώς μαλακό, αλλά να είναι και μόνιμα μαλακό. Είναι πράγματι δύσκολο να βρεθεί ένα κατάλληλο υλικό. Το Μπορο – Lasto – Meric είναι και μόνιμα και αρκετά μαλακό, είναι όμως ακατάλληλο για αρμούς με πλάτος που ξεπερνά τα 20 mm.

Η διογκωμένη πολυουραιθάνη είναι πιθανώς το καλύτερο υλικό από άποψη ευκαμψίας και προσφέρει μια καλή μόνωση, μπορεί όμως να έχει μικρή πυρανθεκτικότητα. Ένα κατάλληλο υλικό που να έχει και πυρανθεκτικότητα είναι το Declon 156, ένας αφρός πολυεστέρα/ πολυουραιθάνης που διογκώνεται σε συνθήκες πυρκαϊάς.

Τα (σχ. 8.3 έως 8.6) δείχνουν ορισμένες λεπτομέρειες που βρίσκουν εφαρμογή στα αποχωρισμένα πετάσματα πληρώσεως.



Σχ. 8.3 Λεπτομέρειες ελαφρών για μικρές σεισμικές κινήσεις, κατάλληλες δηλαδή για δύσκαμπτα κτίρια ή μικρούς σεισμούς



Σχ. 8.6 Λεπτομέρεια της επικάλυψης με σοβά για τη διατήρηση του διάκενου μεταξύ χωρίσματος και φέρουσας κατασκευής.

Ας σημειωθεί ότι χρειάζεται μεγάλη προσοχή και κατά τον σχεδιασμό και κατά την κατασκευή, για να αποφευχθεί η κατά λάθος έγχυση κονιάματος ή σοβά στα διάκενα.

Στο (σχ.8.6) παρουσιάζεται μια λεπτομέρεια που βοηθά στην παρεμπόδιση δημιουργίας γέφυρας από σοβά μέσα στο διάκενο. Παραπέρα λεπτομέρειες για μικρές σεισμικές κινήσεις μπορούν να βρεθούν αλλού.

Αποχώρηση των πετασμάτων πληρώσεως από τα δίκτυα εγκαταστάσεων

Όπου συμβαίνει να διαπερνάται ένα χώρισμα πλήρους ύψους από αγωγό οποιουδήποτε είδους, ο αγωγός αυτός δεν πρέπει να προσδένεται στο χώρισμα για στήριξη. Η στήριξη πρέπει να γίνεται και από τις δύο πλευρές του χωρίσματος, από την υπερκείμενη φέρουσα κατασκευή του κτιρίου.

Αν το άνοιγμα στον τοίχο πρέπει να σφραγισθεί για λόγους αντιπυρικούς ή ακουστικής μόνωσης, τότε το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι ελαστικού, άφλεκτου τύπου, ώστε να επιτρέπει την κίνηση του αγωγού χωρίς να επηρεάζεται το χώρισμα ή ο αγωγός.

Και από σεισμική αλλά και από ακουστική άποψη, είναι σημαντικό να στηρίζεται ο ανεξάρτητα, από αναρτήρες και με οριζόντιους συνδέσμους, από την φέρουσα κατασκευή.

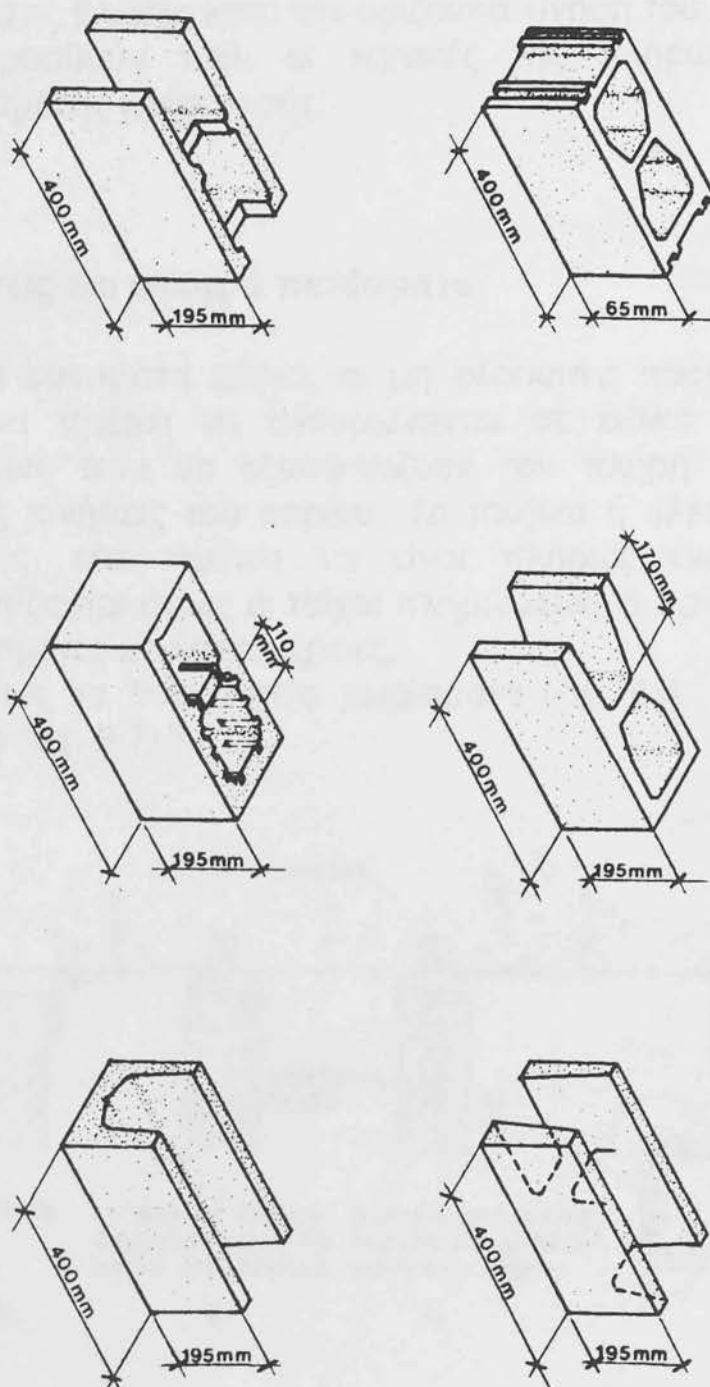
Κατασκευαστικές λεπτομέρειες για του τοίχους πληρώσεως

Η τοιχοποιία χρησιμοποιείται συχνά σαν το στοιχείο πληρώσεως, είτε σαν επένδυση είτε σαν εσωτερικά χωρίσματα. Θα πρέπει είτε να είναι αποτελεσματικά χωρισμένη από τη λειτουργία του φέροντος οργανισμού, είτε να είναι τελείως ενσωματωμένη σ' αυτήν. Τα βασικά σημεία για την μόρφωση της τοιχοποιίας είναι τα εξής :

- (i) Δεν πρέπει να αφήνεται διάκενο ανάμεσα στον τοίχο πληρώσεως και τον σκελετό, για να αποφεύγεται το ενδεχόμενο βλάβης από τις κρούσεις κατά τους σεισμούς.
- (ii) Η κορυφή του φάτνωματος του τοίχου πρέπει να συνδέεται αποτελεσματικά με την υπερκείμενη κατασκευή, για να εξασφαλίζεται η πλευρική ευστάθεια του τοίχου πληρώσεως κατά τους σεισμούς.
- (iii) Στην ιδανική περίπτωση, η μορφή της κατασκευής και η αντοχή του τοίχου πληρώσεως πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε να μην συμβαίνει διατμητική θραύση της τοιχοποιίας πληρώσεως. Αν δεν συμβαίνει αυτό, είναι δύσκολο να υπολογιστεί ο πλισμός που απαιτείται σε κάθε φάτνωμα για την ανάληψη της διάτμησης. Ένας τρόπος υπολογισμού είναι όπως στα συνήθη κτιστά τοιχεία, αν και μερικοί ερευνητές, έχουν υποδείξει ότι ο περιφερικός οπλισμός (που στην περίπτωση αυτή παρέχεται από τον σκελετό) είναι πιο αποτελεσματικός από τον εσωτερικό οπλισμό για την επίτευξη πλαστικής τοιχοποιίας.

Η τοποθέτηση κατακόρυφου οπλισμού πλήρους ύψους είναι προφανώς δύσκολη στη δόμηση με κοίλους τσιμεντόλιθους ή τούβλα της μορφής που δείχνει το (σχ. 6.20),εφόσον ο τοίχος πληρώσεως κτίζεται αφότου έχει κατασκευαστεί το υπερκείμενο στοιχείο του σκελετού, όπως συνήθως συμβαίνει σ' αυτή τη μορφή δόμησης.

Η δυσκολία αυτή αποφεύγεται με τη χρήση εξωτερικού οπλισμού με τη μορφή έκτατου πλέγματος που προσδένεται στις παρειές του τοίχου μέσω μιας στρώσης κονιάματος και μάλιστα έχει παρατηρηθεί καλή



Σχ. 6.20 Κυριότεροι τύποι τσιμεντόλιθων που χρησιμοποιούνται στη Ν. Ζηλανδία στις κατασκευές με οπλισμένη τοιχοποιία ,για πάχη τοίχων 150 mm και 200 mm

συμπεριφορά αυτού του είδους της κατασκευής κάτω από δοκιμές κυκλικής φόρισης και με τη χρήση κοχλιών με ροδέλλες για βελτίωση της σύνδεσης του πλέγματος με τον τοίχο.

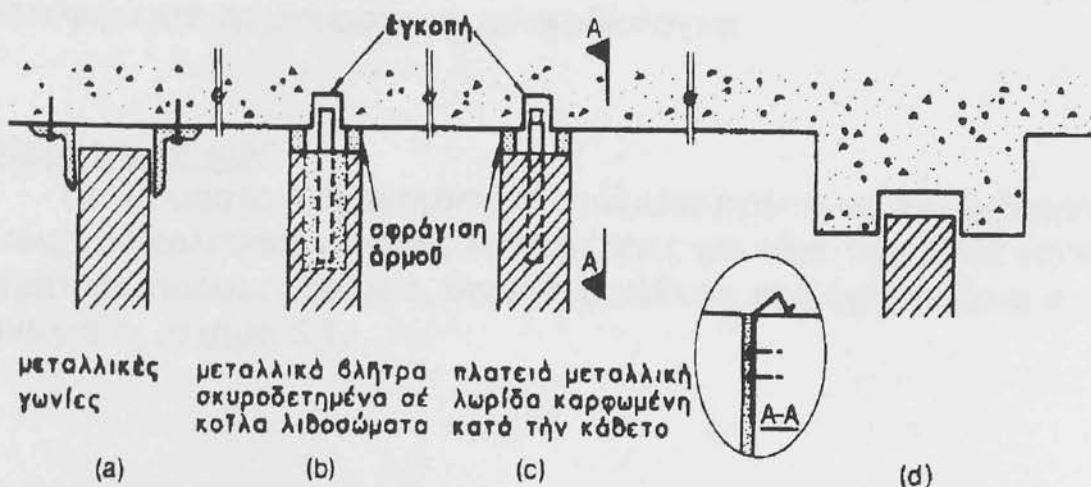
Επενδύσεις, Τελειώματα τοίχων – παράθυρα και πόρτες

Τα προβλήματα που απαιτώνται κατά τη διατύπωση αντισεισμικών λεπτομερειών για τα μέρη αυτά της κατασκευής είναι βασικά τα ίδια με εκείνα για τα χωρίσματα. Η δυσκαμψία στο επίπεδό τους τα κάνει ευάλωτα στις βλάβες κατά την οριζόντια κίνηση του κτιρίου, πρέπει λοιπόν να εφαρμοσθούν πάλι οι τεχνικές της πλήρως ενσωματωμένης ή αποχωρισμένης κατασκευής.

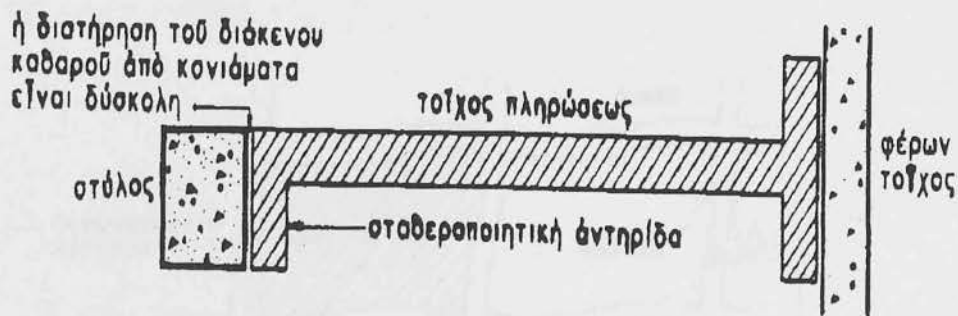
Επενδύσεις και ελαφρά πετάσματα

Στα εύκαμπτα κτίρια, οι μη φέρουσες πρόχυτες επενδύσεις από σκυρόδεμα πρέπει να αγκυρώνονται σε ειδικά σχεδιασμένα σώματα στερεώσεως που να εξασφαλίζουν τον πλήρη αποχωρισμό από τις οριζόντιες κινήσεις του κτιρίου. Τα τούβλα ή άλλου είδους δύσκαμπτες επενδύσεις, είτε πρέπει να είναι πλήρως ενσωματωμένες και να αντιμετωπίζονται όπως οι τοίχοι πληρώσεως, ή πρέπει να είναι κατάλληλα αποχωρισμένες με λεπτομέρειες.

Όπως τα δύσκαμπτα χωρίσματα (σχ. 8.4, 8.5) ή για τα στηθαία όπως στο (σχ. 8.7).



Σχ. 8.4 Αποχωρισμένοι δύσκαμπτοι τοίχοι. Λεπτομέρειες για την πλευρική ευστάθεια των τούχων από τούβλα ή τεχνητά λιθοσώματα.



Σχ. 8.5 Αποχωρισμένος, δύσκαμπτος τοίχος. Κάτοψη του συστήματος των αντηρίδων ευσταθείας

Τα εξωτερικά ελαφρά τοιχοπετάσματα μπορούν με τον καλύτερο τρόπο να αντιμετωπισθούν σαν πλήρως πλαισιωμένες προκατασκευασμένες μονάδες με ύψος ορόφου, που στερεώνονται σε ειδικά σχεδιασμένα στερεωτικά εξαρτήματα ικανά να αναλάβουν τις σεισμικές κινήσεις με παρόμοιο τρόπο όπως για τις επενδύσεις από πρόχυτο σκυρόδεμα, που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

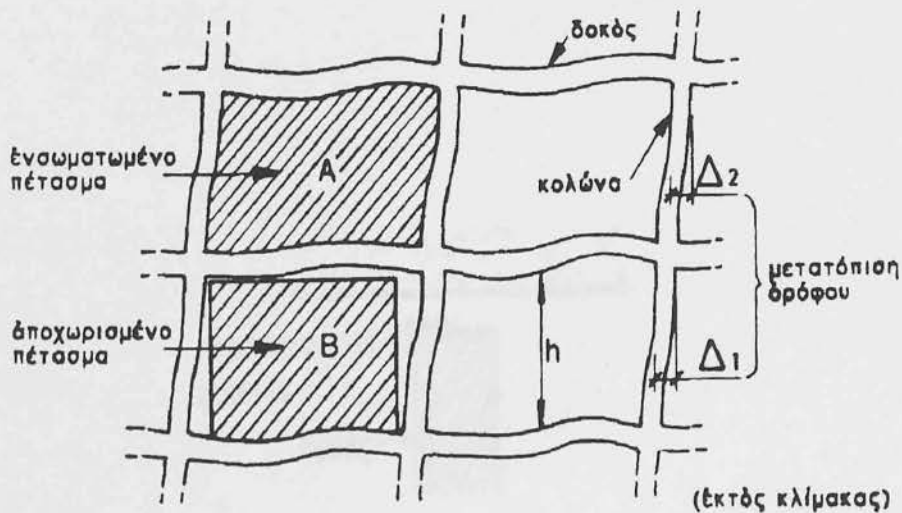
Αυτός ο τύπος κατασκευής χρησιμοποιείται όλο και σε περισσότερα καινούργια ψηλά κτίρια στις ΗΠΑ, για λόγους και σχεδιαστικούς και οικονομικούς.

Εξωτερικά σφραγίσματα αρμών

Τα σφραγίσματα έναντι των εξωτερικών συνθηκών μπορεί να υποστούν βλάβες σε δυνατούς σεισμούς, και για το λόγο αυτό πρέπει να είναι επισκέψιμα και να μπορούν να αντικαθίστανται.

Τελειώματα τοίχων

Τα εύθραστα ή δύσκαμπτα τελειώματα πρέπει να αποφεύγονται, ή αλλιώς να ακολουθούν ειδικές λεπτομέρειες για κάθε τοίχο που υφίσταται διατμητικές παραμορφώσεις, όπως η μετάθεση που εφαρμόζεται στο φάτνωμα Α, (σχήμα 8.1).



Σχ. 8.1 Σχηματική όψη φέροντος σκελετού και των μη φερόντων πετασμάτων πληρώσεως

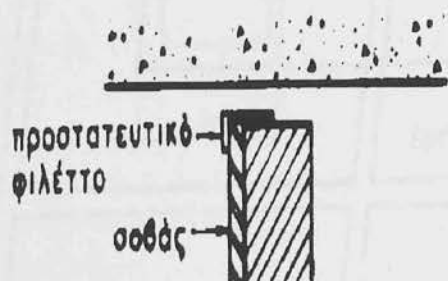
Αυτό ισχύει για υλικά όπως οι λιθεπενδύσεις ή οι περισσότεροι σοβάδες. Στην Ιαπωνία συνιστάται να μη χρησιμοποιούνται λιθεπενδύσεις σε τοίχους όπου η μετάθεση ορόφου πιθανόν να υπερβαίνει το 1/300 του ύψους ορόφου.

Επενδύσεις τοίχων εύθραυστες, όπως πλακάκια, γυαλί ή λίθος, δεν πρέπει να τοποθετούνται απευθείας στο εσωτερικό φρεάτων κλιμακοστασίων, κυλιόμενων κλιμάκων ή άλλων ανοιχτών φρεάτων. Αν πρέπει να χρησιμοποιηθούν, τότε οφείλουν να είναι στερεωμένες σε χωριστούς τοίχους – βάσεις ή πάνω σε πλαίσια ξεχωρισμένα από τον τοίχο. Το προτιμότερο είναι να διατηρούνται τα κλιμακοστάσια απαλλαγμένα υλικών που μπορεί να αποκολληθούν ή να καταπέσουν με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της οδού διαφυγής ή την πρόκληση ατυχημάτων σε πρόσωπα που χρησιμοποιούν το χώρο.

Οι βαριές διακοσμήσεις όπως οι επενδύσεις μαρμάρου πρέπει να αποφεύγονται στους προθαλάμους εξόδων. Αν πρέπει να χρησιμοποιηθούν επενδύσεις τοίχων αυτού του τύπου, τότε πρέπει να στερεώνονται ασφαλώς πάνω στα φέροντα στοιχεία με τη χρήση κατάλληλων σωμάτων αγκυρώσεως, για να προληφθεί η αποκόλληση των επενδύσεων στο ενδεχόμενο μιας σεισμικής διαταραχής.

Το σοβάτισμα στα αποχωρισμένα πετάσματα οληρώσεως πρέπει να ακολουθεί προσεκτικά τις κατάλληλες λεπτομέρειες για την

παρεμπόδιση της δημιουργίας γέφυρας στο διάκενο μεταξύ πετάσματος και φέρουσας κατασκευής (σχ. 8.6).



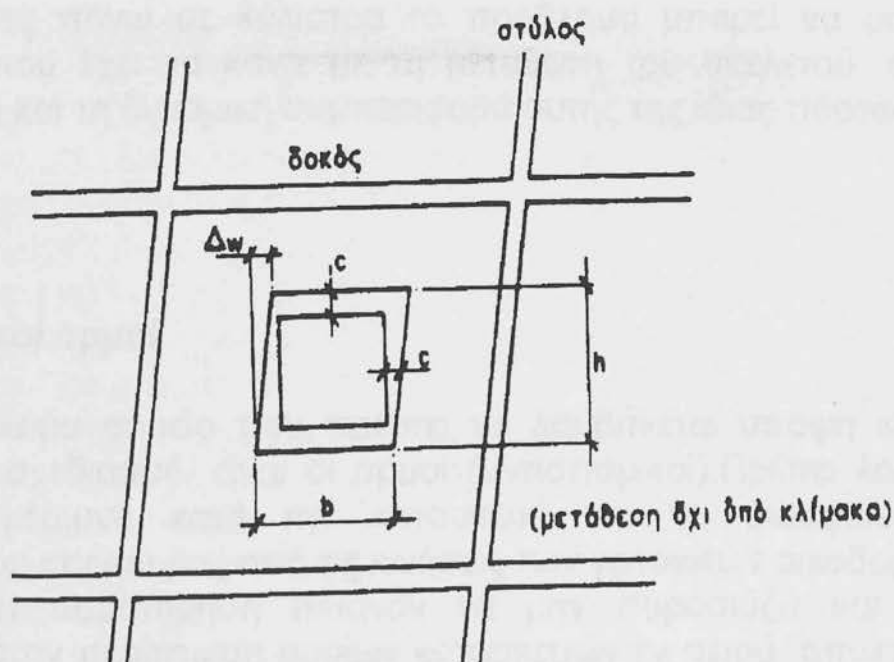
Σχ. 8.6 Λεπτομέρεια της επικάλυψης με σοβά για τη διατήρηση του διακένου μεταξύ χωρίσματος και φέρουσας κατασκευής

επειδή αυτό μπορεί να εξουδετερώσει τον σκοπό του διακένου με αποτέλεσμα ζημιές στο σοβά, στο πέτασμα και στη φέρουσα κατασκευή.

Παράθυρα

Οι κάσες των παραθύρων πρέπει να είναι αποχωρισμένες από τη λειτουργία του σκελετού, εκτός αν μπορεί να αποδεχθεί ότι δεν θα συμβεί θραύση του υαλοπίνακα. Αν η μετάθεση λόγω σεισμού είναι μικρή, τότε αρκετή προστασία του γυαλιού μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μαλακού στόκου (σχήμα 8.8), όπου το ελάχιστο περιθώριο c ανάμεσα στο πλαίσιο και τον υαλοπίνακα του παραθύρου είναι τέτοιο ώστε

$$c > \frac{\Delta w}{2[1 + (h/b)]}$$



Σχ. 8.8 Λεπτομέρεια εξωτερικού σκελετού όπου το τζάμι του παραθύρου είναι τοποθετημένο σε μαλακό στόκο

Ο τρόπος θραύσης των παραθύρων με σκληρό στόκο τείνει προς το εκρηκτικό τύπο λόγω λυγισμού, γι' αυτό και αυτά τα παράθυρα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνον όπου οι κάσες είναι πλήρως αποχωρισμένες από την φέρουσα κατασκευή, όπως για παράδειγμα όταν ο υαλοπίνακας τοποθετείται σε πλαίσιο που στερεώνεται με συνδέσμους που επιτρέπουν την κινητότητα.

Πόρτες

Οι πόρτες, ζωτικής σημασίας μέσα διαφυγής, ιδιαίτερα οι κύριες πόρτες κτιρίων που στεγάζουν πολύ κόσμο ή υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης, πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να διατηρούν τη λειτουργικότητά τους μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

Για τις πόρτες πάνω σε κύλιστρα το πρόβλημα μπορεί να μην μόνο γεωμετρικό που έχει να κάνει με τη μετάθεση του σκελετού, αλλά να περιλαμβάνει και τη δυναμική συμπεριφορά αυτής της ίδιας πόρτας.

Οι αντισεισμικοί αρμοί

Ένα ακόμα σημείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό, είναι οι αρμοί (αντισεισμικοί). Πρέπει λοιπόν να λαμβάνεται μέριμνα κατά την κατασκευή για να διασφαλίζεται η προστασία του κτιρίου μας από τις κινήσεις των γειτονικών οικοδομών.

Αυτή η παρατήρηση πιθανόν να μην παροσιάζει και μεγάλο ενδιαφέρον στην περίπτωση ομοίων κατασκευών εν σειρά, αποκτά όμως υεράστια σημασία στις καθημερινές κατασκευές. Εκεί τα γειτονικά κτίρια όχι μόνο έχουν διαφορετικούς βαθμούς ακαμψίας αλλά και συμπεριφέρονται διαφορετικά εξαιτίας των διαφορών στην τοποθέτηση των αντισταμένων στοιχείων και των διαφορετικών σταθμών στις οποίες βρίσκονται τοποθετημένοι οι οριζόντιοι δίσκοι.

Για τη περίπτωση δε γωνιακού κτιρίου η σημασία της απομόνωσης του από τα γειτονικά αποδεικνύεται από το γεγονός ότι στους σεισμούς του Βουκουρεστίου το 1977 το 85% των κτιρίων που κατάρρευσαν ήταν γωνιακά νε ανεπαρκή απόσταση από τα γειτονικά.

Το μέγεθος του αντισεισμικού αρμού εξαρτάται από το ύψος του χαμηλότερου κτιρίου (από τα δύο που χωρίζει ο αρμός) και από τα δυναμικά χαρακτηριστικά τους. Έτσι μπορεί να κυμαίνεται από $H/250$ έως $H/100$, όπου H το ύψος του κοινού τοίχου με την τελευταία τιμή να ισχύει για πολύ εύκαμπτες κατασκευές ταλαντευόμενες εκτός φάσης.

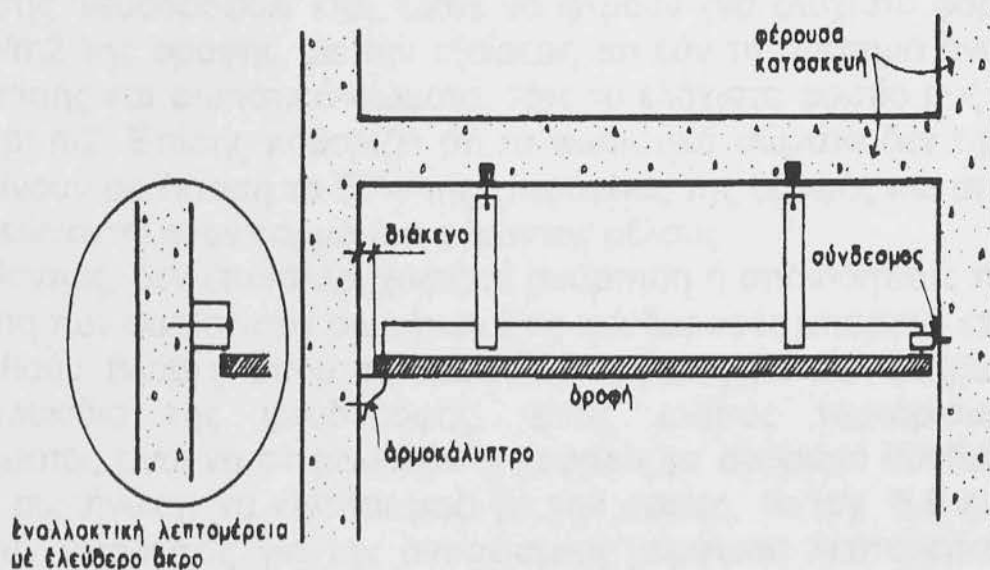
Θα πρέπει πάντως να γίνει πρόβλεψη για τυχόν αντικατάσταση των γειτονικών κτιρίων με ψηλότερα ή εύκαμπτα. Ομοια κτίρια με παράλληλη χρήση και διάρκεια ζωής δυνατόν να χωρίζονται απλώς με ελαστικούς συνδέσμους. Τυχόν παράλειψη του αντισεισμικού αρμού όχι μόνο κάνει του κτίριο ευάλωτο στην συμπεριφορά των γειτονικών αλλά και αχρηστεύει κάθε προσπάθεια δυναμικού υπολογισμού.

Αναρτημένες οροφές (ψευδοροφές)

Οι ψευδοροφές είναι δυνατόν κάτω από σεισμικές συνθήκες να αποβούν μοιραίες. Είναι πιθανό να αποσπασθούν πλακίδια ή κομμάτια γύψου και να καταπέσουν. Είναι επίσης πιθανό να ξεκολλήσουν φωτιστικά σώματα από την οροφή, βάζοντας σε κίνδυνο τη ζωή των ανθρώπων από κάτω. Για τους λόγους αυτούς πρέπει να ληφθούν υπόψη εναλλακτικές λύσεις της τυπικής μεθόδου κατασκευής οροφών.

Οι οριζόντιες συνιστώσες των σεισμικών δυνάμεων στις οποίες υποβάλλονται οι οροφές, μπορούν να αντιμετωπισθούν με διάφορους τρόπους. Στην περίμετρο της οροφής πρέπει να αφήνεται ένα περιθώριο που να επιτρέπει τη σεισμική κίνηση, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι βλάβες της οροφής εκεί που ακουμπά στους τοίχους.

Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι με διάκενο και αρμοκάλυπτρο (σχ. 8.9). Ορισμένα συστήματα ανάρτησης οροφών χρειάζονται επιπρόσθετους οριζόντιους συνδέσμους στο στύλο και σε άλλα φέροντα μέλη για την ελαχιστοποίηση της σχετικής κίνησης της οροφής ως προς τον σκελετό.



Σχ. 8.9 Λεπτομέρειες στην περίμετρο αναρτημένων οροφών για την παρεμπόδιση των προσκρούσεων και των υπερβολικών μετακινήσεων

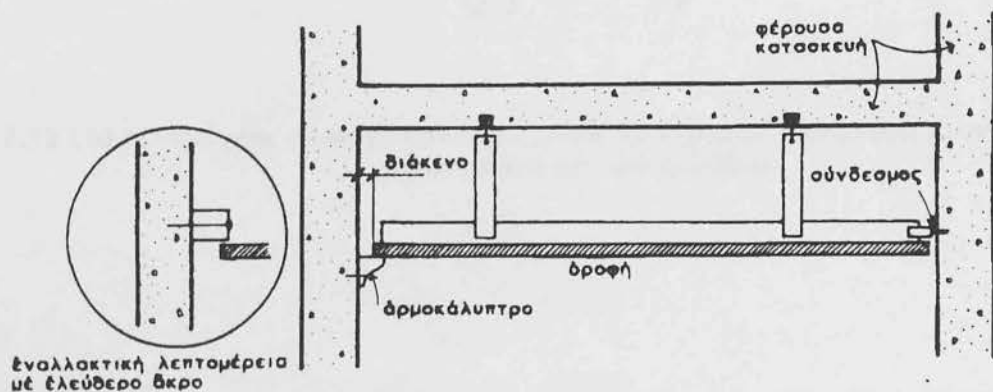
Τα φωτιστικά σώματα που αναρτώνται από το σύστημα της οροφής πρέπει να προσδένονται καλά στον σκελετό της οροφής. Εάν η στήριξη αυτού του είδους είναι πιθανό να μην επαρκεί για τους σεισμούς, τότε τα φωτιστικά πρέπει να αναρτώνται χωριστά οι διαχυτές αέρος με σχάρα, αν χρειάζονται τέτοιες συσκευές στο σύστημα αερισμού.

Τα συστήματα ψευδοροφών με πλέγμα ράβδων μορφής T και ακουμπιστά εσωτερικά γεμίσματα πρέπει να αποφεύγονται αν είναι δυνατό τελείως, επειδή στους σεισμούς αποσπώνται και πέφτουν τα πλακίδια και τα φωτιστικά τους. Και στους δύο σεισμούς, την Αλάσκα το 1964 και του San Fernando το 1971, οι φθηνές (και επομένως διαδομένες) οροφές με αναρτημένο πλέγμα ράβδων μορφής T, έπαθαν τις μεγαλύτερες ζημιές. Προφανώς, η διαφορική κίνηση μεταξύ των χωρισμάτων και των αναρτημένων οροφών προξένησε βλάβες στο σύστημα ανάρτησης, και καθώς εξελίσσετο ο σεισμός, οι οροφές άρχισαν να αιωρούνται και να προσκρούουν στους περιβάλλοντες τοίχους.

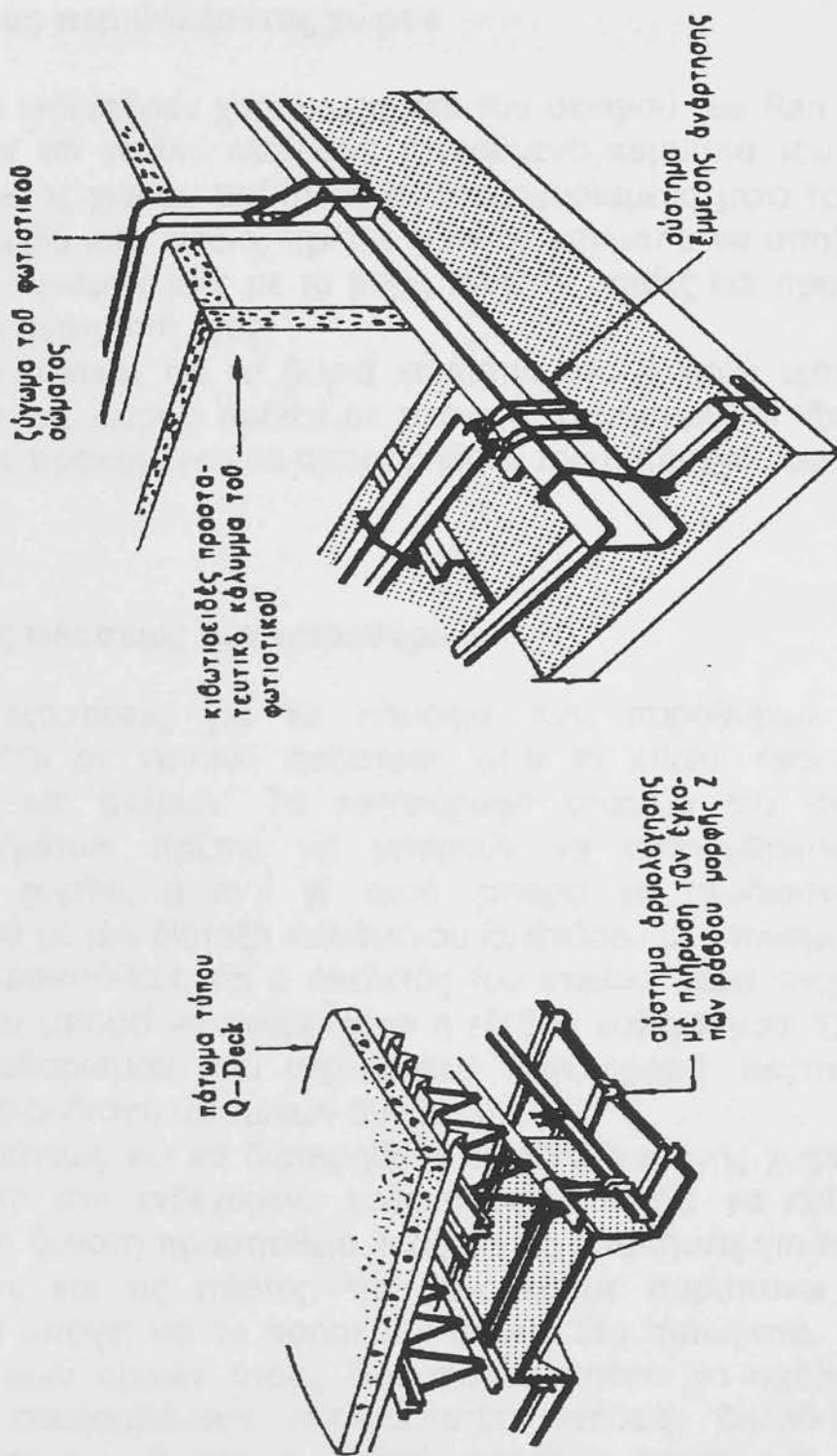
Οι βλάβες αυτές επιδεινώθηκαν όπου οι οροφές έφεραν φωτιστικά σώματα, σε πολλές δε περιπτώσεις τα συστήματα ανάρτησης έπαθαν τέτοιες ζημιές που τα φωτιστικά κατάπεσαν. Η ανάγκη χωριστής ανάρτησης και πλευρικής δέσμευσης των φωτιστικών που είναι μονταρισμένα πάνω στις ψευδοροφές επιβάλλει παραπέρα μελέτη. Η πόλη του Los Angeles έχει θεσπίσει έναν κανονισμό που επιβάλλει ελάχιστες απαιτήσεις για τα συστήματα ανάρτησης που υποστηρίζουν ψευδοροφές με ακουστικά πλακίδια και φωτιστικά σώματα.

Ο κανονισμός αυτός απαιτεί να σχεδιάζονται τα συστήματα ανάρτησης ψευδοροφών έτσι, ώστε να φέρουν ένα ελάχιστο φορτίο των 12,2 kρ/m² της οροφής, με την εξαίρεση ότι εάν το σύστημα ανάρτησης φέρει επίσης και φωτιστικά σώματα, τότε το ελάχιστο φορτίο αυξάνει στα 19,50 kρ/ m². Επίσης καθορίζει ότι τα φωτιστικά σώματα δεν πρέπει να υπερβαίνουν σε έκταση το 50% της επιφάνειας της οροφής και ότι πρέπει να στερεώνονται στον κορμό του φέροντος μέλους.

Πάντως, δεν επιβάλλει χωριστή ανάρτηση ή οποιαδήποτε πλευρική δέσμευση των φωτιστικών σωμάτων. Στις ψευδοροφές μπορούν επίσης να προκληθούν βλάβες όπου προβάλλουν κεφαλές καταιονιστήρων κάτω από πλακίδια της ψευδοροφής. Ένας τρόπος περιορισμού του προβλήματος είναι να στερεωθούν οι κεφαλές με αρθρωτό σύνδεσμο έτσι ώστε η σωλήνωση να κινείται μαζί με την οροφή, τα (σχ. 8.9 και 8.10), παρέχουν υποδείξεις για την αντισεισμική μόρφωση λεπτομερειών στις αναρτημένες οροφές.



Σχ. 8.9 Λεπτομέρειες στην περίμετρο αναρτημένων οροφών για την παρεμπόδιση των προσκρούσεων και των υπερβολικών μετακινήσεων



Σχ. 8.10 Δύο λεπτομέρειες αναρτημένων ορόφων που προσφέρουν παρεμπόδιση των μετακινήσεων και ασφαλή στερέωση των πλακιδίων

Εξοπλισμός περιβάλλοντος χώρου

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του σεισμού του San Fernando το 1971, ήταν ότι πολλά ελεύθερα στεκούμενα κομμάτια του εξοπλισμού περιβάλλοντος χώρου βρέθηκαν αναποδογυρισμένα μετά το σεισμό. Για να έχει συμβεί κάτι τέτοιο, πρέπει αυτά τα κομμάτια να υποβλήθηκαν σε οριζόντιες δυνάμεις ίσες με τα βάρη τους, οι οποίες και προκάλεσαν την επικίνδυνη ανατροπή τους.

Τούτο υποδεικνύει ότι τα βαριά κομμάτια του κινητού εξοπλισμού του περιβάλλοντος χώρου πρέπει σε περιοχές δονήσεων να εξασφαλίζονται στο έδαφος προκειμένου να αποσοβηθούν τραυματισμοί προσώπων.

Εξαρτίσεις πλήσεως των παραθύρων

Οι εξαρτίσεις για το πλύσιμο των παραθύρων πρέπει να περιορίζονται σε κοντινή απόσταση από το κτίριο, έναντι σεισμικών δυνάμεων και ανέμων. Τα κατακόρυφα στοιχεία του σκελετού των τοιχοπετασμάτων πρέπει να μπορούν να αναλαμβάνουν αυτό το πρόσθετο φορτίο, ή αντί γι' αυτό, μπορεί να εφοδιαστεί η εξέδρα καθαρισμού με μια διάταξη κυλιόμενου κυλίνδρου με οπλισμένο ελατήριο, υπό την προϋπόθεση ότι ο σκελετός του κτιρίου φέρει πτερύγια μεταξύ των οποίων μπορεί να αναρριχάται η εξέδρα καθαρισμού. Ο φορέας της εξέδρας καθαρισμού που στερεώνεται στην οροφή, πρέπει επίσης να εξασφαλίζεται έναντι σεισμικών δυνάμεων.

Πάντως για να διατηρηθούν οι οδοί διαφυγής χωρίς εμπόδια ή γκρεμίσματα στο ενδεχόμενο ενός σεισμού, πρέπει να καταβάλλεται η μεγαλύτερη δυνατή προσπάθεια. Μαζί με τις απαιτήσεις για τα τελειώματα των τοίχων και τις πόρτες, που αναφέραμε παραπάνω, πρέπει να παίρνονται υπόψη και τα παρακάτω σημεία. Στα πατώματα, τα καλύματα των σεισμικών αρμών στους διαδρόμους πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αναλαμβάνουν τρισδιάστατες κινήσεις, δηλαδή εγκάρσιες, κατακόρυφες και διαμήκεις. Ειδική προσοχή πρέπει να δίνεται στις εγκάρσιες κινήσεις των αρμών.

Σε δημόσιους χώρους και ειδικά κοντά σε θύρες εξόδου, δεν πρέπει να τοποθετούνται βιτρίνες που στέκονται ελεύθερες ή γυάλινα ράφια. Τα εκθέματα στις βιτρίνες που στηρίζονται στον τοίχο ή βρίσκονται σε εσοχή, πρέπει να είναι αγκυρωμένα καλά ώστε να μην φύγουν από τη θέση τους και σπάσουν τον υαλοπίνακα της βιτρίνας την ώρα του σεισμού. Αν δεν μπορεί να γίνει αυτό, τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικοί υαλοπίνακες ασφαλείας με μεγαλύτερη αντοχή. Στους οδούς διαφυγής δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αιωρούμενα φωτιστικά σώματα. Προτιμώνται τα χωστά φώτα ή τα φωτιστικά με στέρεη σύνδεση.

Μηχανολογικές και Υδραυλικές Εγκαταστάσεις

Κανονισμοί για την αντισεισμικότητα των μηχανολογικών και υδραυλικών εγκαταστάσεων

Μέχρι πρόσφατα ήταν λίγες οι θεαματικές αστοχίες μηχανολογικού εξοπλισμού από τους σεισμούς και φαινόταν ότι η υπάρχουσα πρακτική σχεδιασμού ήταν βασικά επαρκής. Οι εκτεταμένες όμως βλάβες που συνέβησαν σε κάθε τύπο κατασκευής κατά τον σεισμό του San Fernando αποτέλεσαν αφορμή για αναθεώρηση των ισχυόντων κανονισμών υπολογισμού και του τρόπου εφαρμογής των.

Μια εύλογη βασική απαίτηση του σχεδιασμού είναι ότι τα κοινωφελή δίκτυα δεν πρέπει να αστοχούν πριν από το κτίριο κατά το σεισμό. Αν ένα κτίριο πάθαινε δευτερεύουσες βλάβες δομικού χαρακτήρα, αλλά μπορούσε να γίνει άμεσα κατοικίσιμο με πρόχειρες επιδιορθώσεις όπως κάλυψη των σπασμένων παράθυρων και αντικατάσταση των συνθλιμμένων θυρών, τότε εύλογα θα αναμενόταν ότι οι εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας δεν θα ήταν σε χειρότερη κατάσταση, ότι δηλαδή δεν θα είχαν υποστεί περισσότερα από μερικές σπασμένες ενώσεις σε δίκτυα χωρίς σημασία.

Βέβαια, αν ένα κτίριο γινόταν ακατοίκητο για ένα μεγάλο διάστημα λόγω ουσιαστικών βλαβών στον φέροντα οργανισμό ή στον οργανισμό πληρώσεως, θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι η κατάσταση των εγκαταστάσεων κοινής ωφέλειας θα ήταν θέμα μικρότερης σημασίας. Αυτό θα ήταν πάντα σωστό υπό τόν όρον ότι οι οποιασδήποτε αστοχίες των εγκαταστάσεων δεν θα είχαν αυτές προκαλέσει δευτερεύουσες βλάβες ή θύματα όπως για παράδειγμα με την απελευθέρωση επικίνδυνων ουσιών όπως ατμός, πετρέλαιο ή αέριο. Ο εξοπλισμός ασφαλείας, σαν και αυτόν που χρησιμοποιείται για την πυρόσβεση ή τον εξαερισμό εκτάκτου ανάγκης, πρέπει να παραμένει χρησιμοποιήσιμος μετά από ισχυρούς σεισμούς, οι δε επικίνδυνες συσκευές, σαν κι αυτές που περιέχουν εύφλεκτα υγρά, πρέπει να παραμένουν άθικτες μετά την αστοχία του κτιρίου.

Είδη αντισεισμικής προστασίας που απαιτούνται για τις μηχανολογικές και υδραυλικές εγκαταστάσεις

Υπάρχουν δύο βασικά προβλήματα που επηρεάζουν την αντισεισμική προστασία των μηχανολογικών ή υδραυλικών εγκαταστάσεων. Το πρώτο αφορά στις κινήσεις και το δεύτερο στην απορρόφηση ενέργειας. Καί τα δύο γίνονται δυσμενέστερα αν παρουσιάζεται συντονισμός ή ψευδοσυντονισμός. Οι κινήσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με έναν από τους παρακάτω τρόπους :

- (α) εμποδίζοντας μία σοβαρή σχετική μετατόπιση κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, με την αγκύρωση των μερών της εγκατάστασης στην κατασκευή του κτιρίου,
- (β) διευκολύνοντας τις σχετικές κινήσεις των μερών χωρίς θραύση των σωληνώσεων, αγωγών, καλωδίων και άλλων συνδέσεων. (Οι σχετικές αυτές μετακινήσεις μπορούν να προκληθούν είτε από κινήσεις του κτιρίου είτε από αυτά τα ίδια τα μέρη της μηχανολογικής εγκατάστασης).

Το πρόβλημα απορρόφησης της ενέργειας έγκειται στην αντιμετώπιση των σεισμικών τάσεων που αναπτύσσονται στις συσκευές, τις βάσεις και τις στερεώσεις τους πάνω στην κατασκευή. Πιθανώς να χρειαστεί ενίσχυση των συσκευών και τοποθέτηση μηχανισμών απόσβεσης. Οι βάσεις τοποθέτησης δεν πρέπει να φτιάχνονται πολύ ισχυρές γιατί, πέρα από τό κόστος, αυτό μπορεί να προκαλέσει αστοχία της συσκευής κάπου αλλού. Επίσης, η μικρότερη περίοδος ταλάντωσης που προκύπτει έτσι, οδηγεί μερικές φορές σε υψηλότερες τάσεις.

Ο περιορισμός της μετακίνησης με τοποθέτηση στόπ θα μπορούσε να ξεπεράσει το πρόβλημα, όμως τα στόπ αυτά θα έπρεπε να σχεδιαστούν έτσι ώστε να περιορίζεται η κρουστική φόρτιση. Η απορρόφηση της ενέργειας γίνεται με την παραμόρφωση των στοιχείων στερέωσης, των ελατηρίων και των ελαστικών βάσεων αλλά, αν τα υλικά έχουν μικρή φυσική απόσβεση και η παραμόρφωση διατηρείται μέσα στα όρια της ελαστικότητας, τότε οι απώλειες της ενέργειας μπορεί να είναι ανεπαρκείς για την αντισεισμική προστασία. Από την άποψη αυτή τα ελατήρια, ακόμα και οι ελαστικές βάσεις μπορεί να αποδειχθούν μη ικανοποιητικά. Για την αύξηση της απορρόφησης της ενέργειας θα μπορούσαν να προστεθούν υδραυλικοί αποσβεστήρες ή αποσβεστήρες τριβής, αυτό όμως θα ήταν δαπανηρό και θα απαιτούσε λεπτομερή υπολογισμό.

Συνήθως είναι δυνατή η χρησιμοποίηση απλούστερων μεθόδων απορρόφησης της ενέργειας, μεταξύ των οποίων είναι η πλαστική παραμόρφωση των στηριγμάτων και των κοχλίων αγκύρωσης καθώς και το έργο τριβής που καταναλώνεται κατά την ολίσθηση της συσκευής στο πάτωμα. Από τη στιγμή που θα συμβεί πλαστική παραμόρφωση, οι κοχλίες θα είναι χαλαροί κατά την κίνηση έπαναφοράς και ακριβώς τότε γίνεται χρήσιμη η τριβή στο πάτωμα. Η τριβή αυτή είναι απαλλαγμένη από φαινόμενα έπαναφοράς και κρουστικά, εκτός από την επιβράδυνση προς το τέλος της διαδρομής, είναι δε γενικά απαλλαγμένη και από δαπάνες. Βέβαια, η συσκευή πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μην ανατρέπεται.

Όταν τα στοιχεία στερέωσης σχεδιάζονται για πλαστική παραμόρφωση, πρέπει να διαστασιολογούνται έτσι ώστε οι τάσεις να κατανέμονται ομαλά σε όλη τη μάζα του υλικού, επειδή το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται είναι ευθέως ανάλογο με την αναπτυσσόμενη τάση και με τον όγκο του υλικού στο οποίο αναπτύσσονται τάσεις. Τα στερεωτικά στοιχεία πρέπει να είναι απαλλαγμένα από ασθενή σημεία ή συγκεντρώσεις τάσεων που θα είχαν σαν αποτέλεσμα την πρόωμη θραύση του στοιχείου χωρίς μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις

Κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό των κτιρίων θεωρείται συνήθως ικανοποιητικό να μπορούν τα κτίρια να εκκενώνονται χωρίς απώλειες ζών ύστερα από έναν μεγάλο σεισμό. Οί βλάβες των κτιρίων ποικίλλουν από ελαφρές μέχρι ανεπανόρθωτες. Για τις ηλεκτρολογικές και λοιπές εγκαταστάσεις παροχής κοινής ωφέλειας με ιδιαίτερη σημασία, είναι ουσιαστικό να υπάρχουν υψηλότερα στάνταρτς, δεδομένου ότι είναι πελώρια η εξάρτηση από την παροχή ηλεκτρισμού για τη λειτουργία σπουδαίων και ζωτικής σημασίας υπηρεσιών όπως τα νοσοκομεία, οι υπηρεσίες επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων, τα τραίνα και τα τρόλλευ, οι αντλίες πετρελαίου, οι αντλίες παροχής νερού και πυρόσβεσης, οι αντλίες λυμάτων, οι ανελκυστήρες και οι εγκαταστάσεις εξαερισμού στα μεγάλα κτίρια.

Η διατήρηση της παροχής ηλεκτρισμού αποτελεί κύριο παράγοντα για την επιτυχία των σχεδίων εκτάκτου ανάγκης μετά τους σεισμούς. Μια σοβαρή ζημιά των εγκαταστάσεων παροχής ηλεκτρικού ρεύματος έγινε το 1971 στο San Fernando της Καλιφόρνια, όπου το κόστος των βλαβών στον νέο σταθμό Pacific Intertie Electric Converter Station, δαπάνης 110 εκατομμυρίων δολλαρίων, έφθασε τα 30 εκατομμύρια δολάρια.

Θεμελιώδεις απόψεις του υπολογισμού

Προκειμένου να συναχθούν επαρκώς ακριβή κριτήρια για τον υπολογισμό, είναι απαραίτητο να εξάγονται τα σεισμικά φορτία από τρεις βασικές αρχές.

Ψαθυρά υλικά

Ενώ οι δομοστατικοί Μηχανικοί προσπαθούν γενικά να αποφύγουν τη χρήση ψαθυρών υλικών, οι ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί δεν έχουν άλλη επιλογή από το να χρησιμοποιήσουν ένα από τα πιο ψαθυρά υλικά, την πορσελάνη, στα περισσότερα έργα τους. Επειδή δεν υπάρχει πλαστιμότητα, ή οποιαδήποτε αστοχία ενός τέτοιου υλικού είναι καθολική. Επομένως για τις κατασκευές αυτές, οι σεισμικές επιταχύνσεις υπολογισμού πρέπει να είναι δέκα με είκοσι φορές μεγαλύτερες από τις χρησιμοποιούμενες σε συνήθη κτίρια. Οι κατασκευές με διαγώνιους συνδέσμους που φέρουν μεγάλα φορτία, μπορεί, αν και χαλύβδινες, να χρειάζονται υπολογισμό για μεγάλες επιταχύνσεις για την αποφυγή λυγισμού των θλιβομένων ράβδων.

Πλαστιμότητα

Συχνά είναι αναγκαίο να εξασφαλίζεται ότι η πλαστιμότητα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλη την κατασκευή. Αν η πλαστιμότητα είναι περιορισμένη σε λίγα μέλη, τότε μπορεί η κατασκευή σαν σύνολο να αστοχήσει από την ψαθυρή θραύση των υπόλοιπων μελών. Σε βαριά, δύσκαμπτα σώματα όπως είναι οι μετασχηματιστές, πρέπει όλη η ενέργεια που τους προσδίδεται από τον σεισμό να απορροφάται από τους κοχλίες αγκυρώσεως ή τους σφιγκτήρες, σώματα πολύ μικρά συγκριτικά με τη μάζα της όλης κατασκευής. Οπότε, αν πρόκειται να βασιστεί κανείς στην πλαστιμότητα αυτών των στηριγμάτων προκειμένου να δικαιολογήσει τη χρήση μειωμένων σεισμικών επιταχύνσεων στον ελαστικό υπολογισμό, θα του είναι απαραίτητη η γνώση της μετελαστικής συμπεριφοράς καθώς και της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας των στηριγμάτων αυτών.

Απόσβεση

Επειδή, προκειμένου περί υπολογισμού των κτιρίων, μόνο ένα αρκετά ποσό απόσβεσης διατίθεται άμεσα, η επιβίωση κατά τους μεγάλους σεισμούς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις μετελαστικές απώλειες της ενέργειας καθώς και την πλαστιμότητα. Από την άλλη πλευρά, για τις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, η πρόβλεψη μιας υψηλής απόσβεσης αποτελεί πρακτικά μια δυνατότητα λόγω μικρότερων μαζών που παρουσιάζονται.

Τέτοια απόσβεση μπορεί να επιτευχθεί με ελαστικά παρεμβύσματα, στήλες από ροδέλλες Belleville, ή με μονάδες πραγματικά ιξώδους απόσβεσης.

ΧΑΜΗΛΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

Είναι δύσκολο να ειπωθεί ποιες χαρακτηρίζονται σαν χαμηλές κατοικίες, γιατί δεν υπάρχει σαφής ορισμός του όρου «χαμηλές». Θεωρείται ότι περιλαμβάνει γενικά τις μονώροφες και διώροφες κατοικίες και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αναφέρεται επίσης και σε τριώροφες ή τετραώροφες κατασκευές. Θεωρούνται κυρίως οι κατοικίες για τον σχεδιασμό των οποίων η άμεση ενασχόληση του Μηχανικού είναι περιθωριακή ή δεν υπάρχει καθόλου.

Η εξασφάλιση κατάλληλης αντισεισμικής κατοικίας αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα. Κάθε χρόνο, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, προξενούνται τεράστιες ζημιές, καταστροφές κατοικιών και απώλειες ζωής από τις επιπτώσεις των σεισμών στις κατοικίες. Οι χαμηλές κατοικίες είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στους σεισμούς λόγω της έλλειψης σχεδιασμού και της χρήσης χαμηλής τεχνολογίας στην κατασκευή. Οι αιτίες αυτές γίνονται ακόμη χειρότερες στις αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες υποφέρουν ακόμη από έλλειψη των κατάλληλων υλικών για τοιχοποιίες.

Λόγω της έλλειψης στατικής μελέτης, η ευθύνη για μια αντισεισμική κατασκευή ανήκει στον Αρχιτέκτονα και στον εργολάβο που διεξάγει τον έλεγχο (αν βέβαια υπάρχουν) καθώς και στον εργολάβο. Το πρόβλημα έγκειται στη χρησιμοποίηση των διατιθέμενων υλικών κατά τον πλεονεκτικότερο τρόπο, επιλέγοντας μια ξεκάθαρη στατική μορφή και χρησιμοποιώντας τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες που παρέχουν τη μέγιστη κατασκευαστική συνέχεια.

Στις σεισμικές περιοχές με κάπως προηγμένες τεχνολογίες, οι Αρχιτέκτονες και εργολάβοι συνήθως υποβοηθούνται έχοντας να ικανοποιήσουν τους οικοδομικούς κανονισμούς που έχουν μια αντισεισμική βάση. Για παράδειγμα, στη Νέα Ζηλανδία υπάρχουν κανονισμοί για τις ξύλινες κατασκευές καθώς και αυτές από τοιχοποιία που δεν απαιτούν ειδική μελέτη. Οι διατάξεις αυτές φυσικά είναι γραμμένες για τυπικές κατασκευαστικές μορφές ενώ για τα κτίρια που θεμελιώνονται σε μαλακά ή επικλινή εδάφη, ή για αυτά που χρησιμοποιούν μια ποικιλία κατασκευαστικών υλικών, πρέπει μάλλον να εξασφαλίζεται μια ειδική θεώρηση για το σχεδιασμό τους.

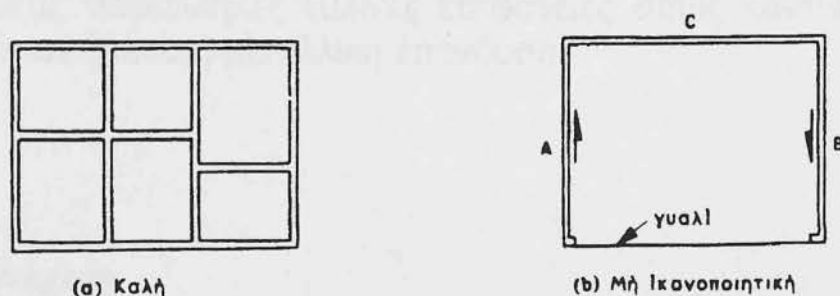
Στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, μπορεί να παρέχονται στους εργολάβους λιγότερες κατευθύνσεις βασισμένες σε αντισεισμικές θεωρήσεις. Το πρόβλημα της επιλογής των κατάλληλων κατασκευαστικών κανονισμών για την τεχνολογία μιας περιοχής είναι δύσκολο.

Θα πρέπει οπωσδήποτε να γίνουν περισσότερες ενέργειες στο να αποθαρρύνουν τη χρησιμοποίηση επικίνδυνων πρακτικών και να προτρέπουν στη χρησιμοποίηση επιτυχών τοπικών κατασκευαστικών λεπτομερειών. Για παράδειγμα, στη Λατινική Αμερική μια μορφή κατασκευής που ονομάζεται quincha και αποτελείται από ξύλο και καλάμια επιχρισμένα με λάσπη, έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στους σεισμούς.

Όπως και με κάθε άλλο τύπο κατασκευής, η αντισεισμικότητα των χαμηλών κατοικιών είναι συνάρτηση της αντοχής και της πλαστιμότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών. Ορισμένες χαρακτηριστικές πλευρές του αντισεισμικού σχεδιασμού των χαμηλών κατοικιών είναι οι εξής :

Συμμετρία στην κάτοψη των χαμηλών κατοικιών

Η αντίσταση που προβάλλουν τα κτίρια αυτά στις οριζόντιες δυνάμεις θα πρέπει να προέρχεται από τους τοίχους που παρέχουν συμμετρική αντίσταση σε δύο ορθογώνιες κατευθύνσεις σε κάτοψη (σχ. A.6(a)). Αν η μια πρόσοψη μόνο αποτελείται κυρίως από ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η οριζόντια διαφραγματική λειτουργία στο επίπεδο της οροφής θα πρέπει να είναι ικανή να μεταβιβάσει την αναπτυσσόμενη λόγω σεισμού στρεπτική ροπή στους ακραίους κάθετους προς την πρόσοψη τοίχους (σχ. A.6(b)).



Σχ. A.6 Σχηματικές κατόψεις που δείχνουν τη διάταξη των τοιχίων σε χαμηλές κατοικίες

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται κτιστοί τοίχοι και ξύλινα διαφράγματα για την οροφή, οπότε θα πρέπει να τεθούν ορισμένα μικρά στοιχεία στην όψη με τα παράθυρα που να φέρουν την οριζόντια διάτμηση.

Όμως οι μεμονωμένες στρεπτικές ροπές που προκύπτουν χρειάζεται να κατανέμονται μέσω ενός οριζόντιου διαφράγματος. Ζημιές που προέκυψαν από την ασυμμετρία συνέβη, κατά το σεισμό του San Fernando.

Ανοίγματα στους τοίχους

Τα ανοίγματα για πόρτες και παράθυρα χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή ως προς τη θέση που θα ανοίγουν και τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Στις τοιχοποιίες η θέση των ανοιγμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Τα υπέρθυρα (πρέκια) από βαριά υλικά χρειάζονται ειδικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες για να εξασφαλιστεί να μη πέσουν κατά τη διάρκεια των σεισμών. Αν είναι στατικά απαραίτητο για έναν τοίχο να λειτουργεί σαν ένα ενιαίο στοιχείο, τότε θα πρέπει να εξετάζεται ειδικά η επίδραση των ανοιγμάτων στην ολόσωμη συμπεριφορά του τοίχου.

Αντοχή και ακαμψία των ξύλινων τοίχων

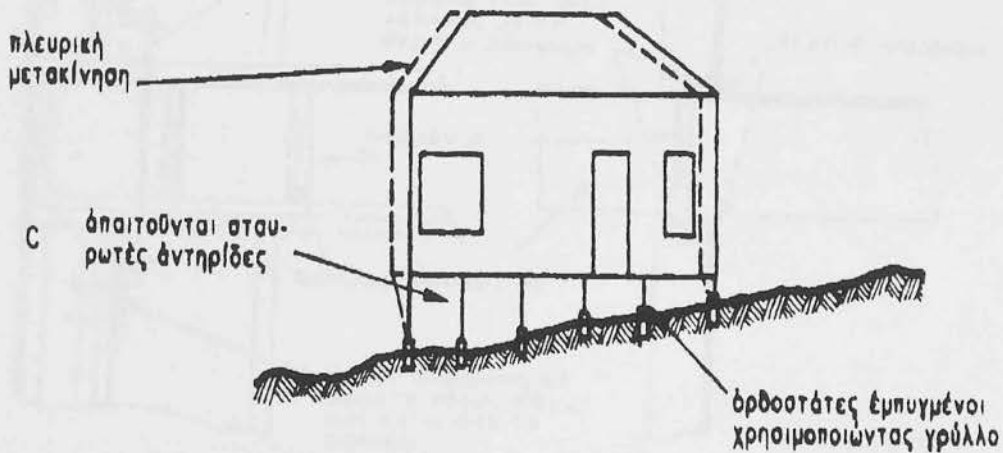
Η αντοχή και ακαμψία των ξύλινων τοίχων που απαιτείται να φέρουν διάτμηση στο επίπεδο τους, μεγαλώνει κατά πολύ χρησιμοποιώντας παράλληλες ξύλινες επιφάνειες όπως κόντρα-πλακέ ή φύλλα ρινισμάτων ξύλου, ή μεταλλική έπένδυση.

Οριζόντια συνέχεια

Η οριζόντια συνέχεια στα επίπεδα των δαπέδων και οροφών θα πρέπει να εξασφαλίζεται χρησιμοποιώντας ειδικές συνδέσεις ένιςχύσεις επικαλύψεως. Η συνέχεια αυτή θα πρέπει να υπάρχει και γύρω από τις γωνίες των όψεων .

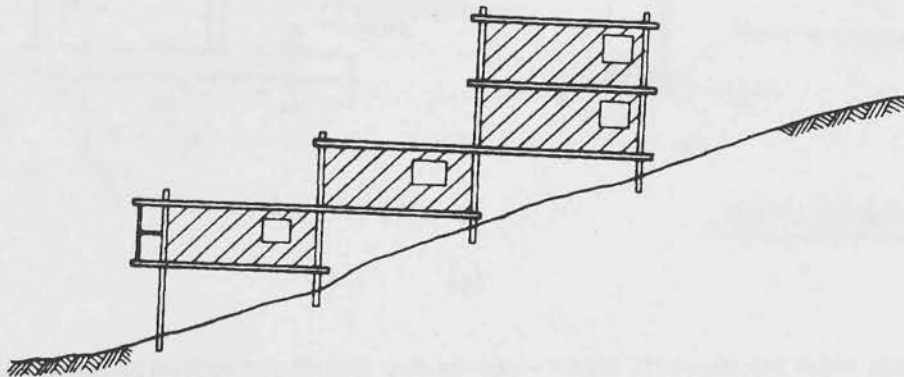
Θεμελίωση των χαμηλών κατοικιών

Τα προβλήματα χαμηλών κατοικιών όσο αφορά τη θεμελίωση ποικίλουν. Ιδιαίτερα δε, στις ξύλινες κατοικίες η κατασκευή μεταξύ των πεδίων και του πρώτου δαπέδου τείνει να μην έχει την απαραίτητη οριζόντια αντίσταση σε διάτμηση, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται ζημιές λόγω της πλευρικής μετακίνησης κατά τη διάρκεια των σεισμών (σχ. Α.7).



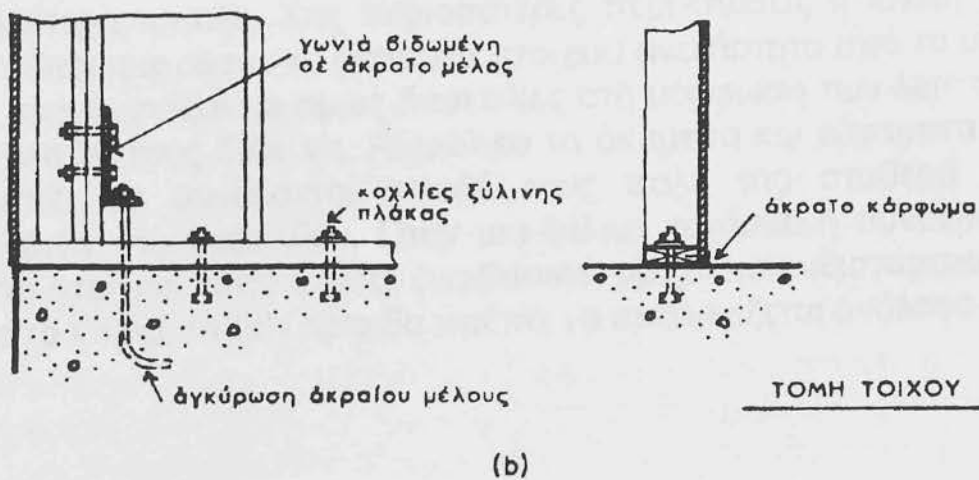
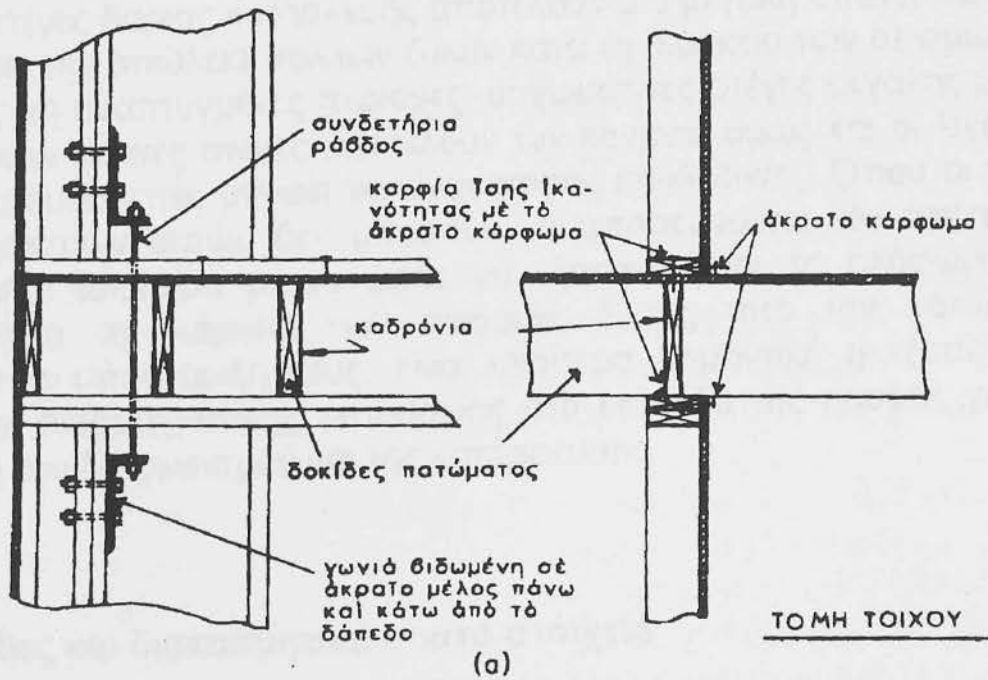
Σχ. Α.7 Βάση υπό ξύλινου; όρθοστάται; ποό όπαιοΟν έπιπλέον όριζόντια διατμητική QV'tO:X"

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί χρησιμοποιώντας μια κατασκευή πασσαλοπλαισίων όπως φαίνεται στο (σχ. 6.35).



Σχ. 6.35 Διαμερίσματα πάνω σε πασσαλοπλάισια, όπως έχουν κτιστεί στη Lugunda Beach, της California

Άλλη μια συνηθισμένη αστοχία προκαλείται όταν η ξύλινη κατασκευή συνδέεται ανεπαρκώς με τα πέδιλα οπλισμένου σκυροδέματος ή τις λωρίδες θεμελίωσης. Η λεπτομέρεια που παρουσιάζεται στο (σχ. 6.41(b))



Σχ. 6.41 Λεπτομέρειες συνδέσεως τοιχίων από κόντρα – πλακέ (α) συνδέσεις στους ορόφους ξύλινων κτιρίων, (b) σύνδεση ξύλινων μελών στη θεμελίωση από σκυρόδεμα

για παράδειγμα, θα πρέπει νά ακολουθείται χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους κοχλίες.

Στέγες βαριάς κατασκευής

Οι στέγες βαριάς κατασκευής αποτελούν μια μεγάλη απειλή ικανή να προκαλέσει την απώλεια πολλών ζωών κατά τη διάρκεια των σεισμών. Σε ορισμένες μη αναπτυγμένες περιοχές, οι χωμάτινες στέγες μεγάλης μάζας καθώς και οι κτιστές στέγες αποτελούν τον κανόνα, όμως και οι λιγότερο βαριές κεραμοσκεπές μπορεί να είναι επίσης επικίνδυνες. Όπου οι τύποι των κατασκευών αυτών δεν μπορούν να αποφεύγονται, θα πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται το ολόσωμο της στέγης κατά τη διάρκεια των σεισμών. Εκτός από την κατάλληλη κατακόρυφη υποστήριξή τους, είναι ιδιαίτερα σημαντική η εξασφάλιση οριζόντιας διαφραγματικής λειτουργίας στο επίπεδο της οροφής για την αποφυγή του διαχωρισμού και της κατάρρευσης.

Καμινάδες και διακοσμητικά κτιστά στοιχεία

Τα στοιχεία που είναι περισσότερο άκαμπτα και βαρύτερα από το υπόλοιπο κτίριο προκαλούν μεγάλες ζημιές κατά τους σεισμούς. Οι καμινάδες από σκυρόδεμα ή οι κτιστές καμινάδες σε βασικά ξύλινα σπιτία είναι ιδιαίτερα τρωτές. Στις περισσότερες περιπτώσεις η ιδνική λύση θα ήταν να διαμορφωθούν τα άκαμπτα στοιχεία ανεξάρτητα από το υπόλοιπο κτίσμα, παρουσιάζονται όμως δυσκολίες στη μόρφωση των λεπτομερειών για τα μεταξύ τους διάκενα. Αλλιώςτικά τα άκαμπτα και εύκαμπτα στοιχεία θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους πολύ πιο σταθερά από ότι συνηθιζόταν στο παρελθόν. Όταν μια ξύλινη κατασκευή συνδεθεί με ένα άκαμπτο στοιχείο, αυτό γίνεται ένα βασικό οριζόντια ανθιστάμενο στοιχείο για όλο το κτίριο, το δε κτίριο θα πρέπει να υπολογίζεται ανάλογα.

ΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.

Γενικά

Με ερέθισμα την συμπεριφορά των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα (κυρίως οικοδομικών έργων) στους σεισμούς των τελευταίων ετών, προσπαθούμε να εντοπίσουμε τα προβλήματα της μελέτης και της εφαρμογής και να περιγράψουμε τρόπους επίλυσης. Λέγοντας προβλήματα μελέτης, δεν αναφερόμαστε στην μόρφωση και τον υπολογισμό των φορέων, αλλά στα εξειδικευμένα θέματα του συγκεκριμένου υλικού (του οπλισμένου σκυροδέματος) δηλαδή τα χαρακτηριστικά, τη συμπεριφορά σε σεισμική καταπόνηση και τις μεθόδους προσδιορισμού της φέρουσας ικανότητας και των παραμορφώσεων.

Οι διαθέσιμες πληροφορίες για τη σεισμική συμπεριφορά του οπλισμένου σκυροδέματος είναι περισσότερες από οποιοδήποτε άλλο υλικό. Αυτό χωρίς αμφιβολία οφείλεται στην εκτεταμένη του χρήση από τη μια και στις δυσκολίες αναφορικά με την εξασφάλιση μιας επαρκούς πλαστιμότητας του, από την άλλη. Το καλά υπολογισμένο και καλά κατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα είναι κατάλληλο για τις περισσότερες κατασκευές σε σεισμόπληκτες περιοχές, η επίτευξη όμως αυτών των προϋποθέσεων είναι προβληματική ακόμα και σε χώρες προηγμένης τεχνολογίας.

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι γενικά επιθυμητό λόγω της διαθεσιμότητας και οικονομικότητας του, η δε δυσκαμψία του μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πλεονέκτημα για την ελαχιστοποίηση των σεισμικών παραμορφώσεων και την μείωση επομένως των βλαβών στην κατασκευή πληρώσεως Ένας άλλος βασικός πράγοντας, όπου επηρεάζει τη σεισμική συμπεριφορά είναι η περίσφιξη. Με τον όρο περίσφιξη (ή εγκιβωτισμός) νοείται η επιρροή που ασκούν στο σκυρόδεμα οι εγκάρσιοι οπλισμοί (κλειστοί συνδετήρες ή σπείρες), η παρουσία των οποίων μεταβάλλει τη μονοαξονική θλιπτική επιπόνηση σε πολυαξονική. Η παρουσία της περίσφιξης μεταβάλλει τόσο την αντοχή, όσο και την πλαστιμότητα του σκυροδέματος.

Προκύπτουν όμως δυσκολίες από την υπερβολική συσσώρευση οπλισμού όταν προσπαθούμε να επιτύχουμε μεγάλες πλαστιμότητες σε πλαισιωτές κατασκευές. Να σημειωθεί ότι όσο καλή και αν είναι η μόρφωση των λεπτομερειών της, μίας κατασκευής, δεν θα μπορέσει να επιζήσει, κατά τη διάρκεια ενός σεισμικού ισχυρού σεισμού, εάν η δομική μορφή της είναι αποτέλεσμα άστοχης σύλληψης.

Επιρροή της μελέτης στην ποιότητα μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Θα μπορούσαμε να δώσουμε τον ορισμό, ότι καλή ποιότητα κατασκευής σημαίνει ορθή εφαρμογή της μελέτης. Με αυτή την παραδοχή, θα χαρακτηρίσουμε καλή την ποιότητα μιας κατασκευής που έγινε με πιστή εφαρμογή μιας κακής μελέτης, αλλά δεν θα χαρακτηρίσουμε καλή την κατασκευή. Η επίβλεψη στο σημείο αυτό αποκτά τεράστια σημασία, γιατί μπορεί να αποτρέψει τις συνθήκες που δημιουργούνται από ελλείψεις της μελέτης. Κάπου όμως υπάρχουν όρια που ένα σωστό θεσμικό πλαίσιο πρέπει να επιβάλλει. Τόσο για τον μελετητή όσο και για τον επιβλέποντα υπάρχουν τρία κύρια προβλήματα :

- α) Ο σαφής καθορισμός των προδιαγραφών για την εκτέλεση του έργου (π.χ. έλεγχος υλικών, σκυροδέτηση).
- β) Η επεξεργασία των κατασκευαστικών λεπτομερειών (π.χ. λεπτομερείς διαστάσεις, σχέδια διάταξης οπλισμών).
- γ) Το πρόγραμμα της κατασκευής.

Θα αναφερθούμε στην επεξεργασία των κατασκευαστικών λεπτομερειών, που για την αντισεισμική συμπεριφορά της κατασκευής αποκτά ιδιαίτερη σημασία, αφού πρώτα κάνουμε την διάκριση των όρων κατασκευαστικές λεπτομέρειες και κατασκευαστικές διατάξεις. Με τον όρο κατασκευαστικές διατάξεις, εκφράζουμε τις απαιτήσεις των κανονισμών (συνήθως ποσοτικές) για τις μορφές των διατομών, τις ελάχιστες τιμές του οπλισμού (διάμετρος, αποστάσεις κ.α.)

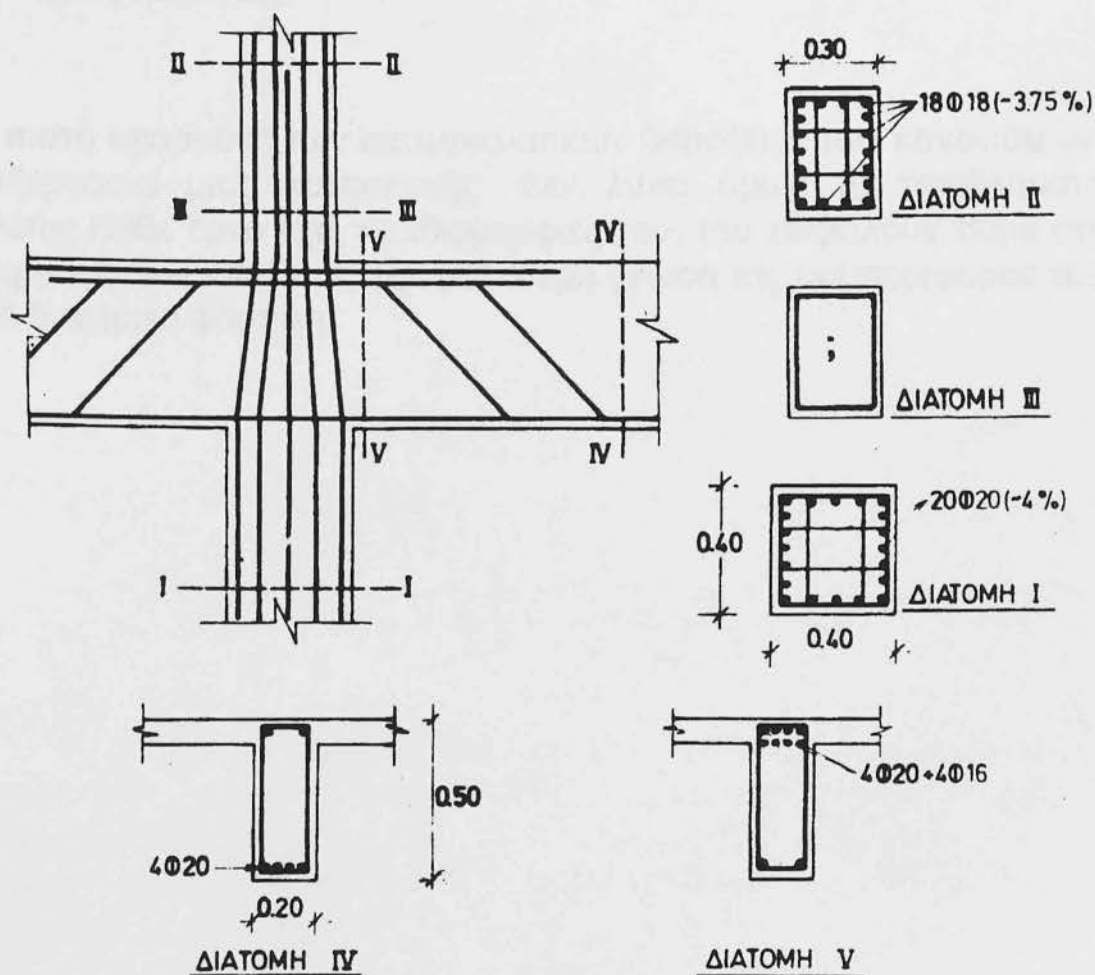
Ο σκοπός αυτός είναι διπλός:

- α) Να αξιοποιηθεί η εμπειρία από την προηγούμενη πράξη, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου η μελέτη γίνεται με τη βοήθεια απλοποιητικών παραδοχών ή με προσεγγιστικές μεθόδους.

β) Να αντιμετωπιστούν φαινόμενα που συχνά δεν αντιμετωπίζονται με ειδικούς ελέγχους από τη μελέτη, όπως δευτερογενείς εντάσεις, θερμοκρασιακές μεταβολές κ.λ.π.

Οι διατάξεις αυτού του είδους, είναι ελάχιστες στον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό. Τα γωνιακά υποστυλώματα 30/30 και οπλισμός των τοιχωμάτων διπλή εσχάρα φ 8/25 είναι ίσως τα μόνα που έμειναν στην μνήμη μας. Τα προσωρινά πρόσθετα άρθρα του αντισεισμικού κανονισμού, (που η εφαρμογή τους αναμένεται), προχώρησαν σημαντικά στο θέμα αυτό δίνοντας κατασκευαστικές διατάξεις για όλα σχεδόν τα στοιχεία με τα κατάλληλα ενδεικτικά σκαριφήματα, όπως εξάλου και όλοι οι σύγχρονοι κανονισμοί.

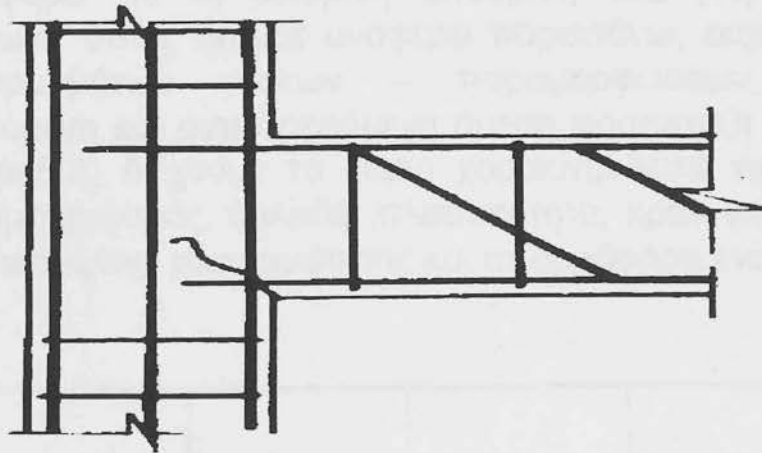
Η κατασκευασιμότητα των στοιχείων που προκύπτουν με την εφαρμογή αυτών των διατάξεων και επομένως η δυνατότητα επίτευξης καλής ποιότητας της κατασκευής, επαφίεται πάντα στην επεξεργασία των κατασκευαστικών λεπτομερειών από τον μελετητή και τον επιβλέποντα. στα (σχ. 2 και 3), μπορούμε να δούμε χαρακτηριστικές περιπτώσεις στις οποίες η κατασκευή δεν μπορεί να ξεπεράσει προβλήματα που δεν αντιμετωπίστηκαν κατά την διαστασιολόγηση.



Σχ. 2. Συνηθισμένη περίπτωση κόμβου - δοκών.

Οι διατομές I και II είναι σωστές, αλλά στην διατομή III, η παράθεση των ράφδων δημιουργεί πρόβλημα.

Οι διατομές IV και V είναι σωστές, αλλά στην περιοχή του κόμβου η διασταύρωση των ράφδων δοκού - στύλου δημιουργεί ανεπίπεστο κατασκευαστικό πρόβλημα.



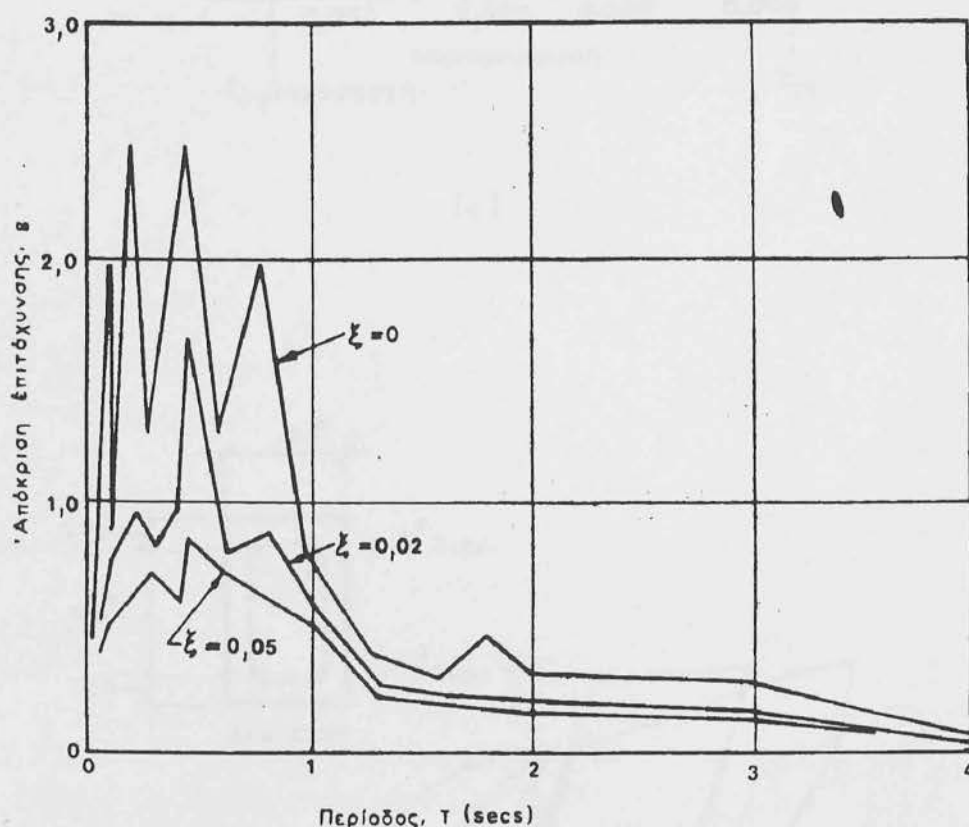
Σχ. 3 Συνηθισμένη περίπτωση ακραίου κόμβου.

Η απουσία κατασκευαστικής λεπτομέρειας οδηγεί σε τοποθέτηση των οπλισμών χωρίς εξασφάλιση μήκους αγκυρώσεως.

Η πιστή εφαρμογή των κατασκευαστικών διατάξεων των κανονισμών και η επεξεργασία μιας κατασκευής. Δεν λύνει όμως τα προβλήματα της μελέτης. Κάθε έργο έχει τις ιδιομορφίες του, του επιβάλουν πέρα από την εφαρμογή των κανόνων, την βαθύτερη γνώση της συμπεριφοράς του Ω.Σ. υπό δυναμική φόρτιση.

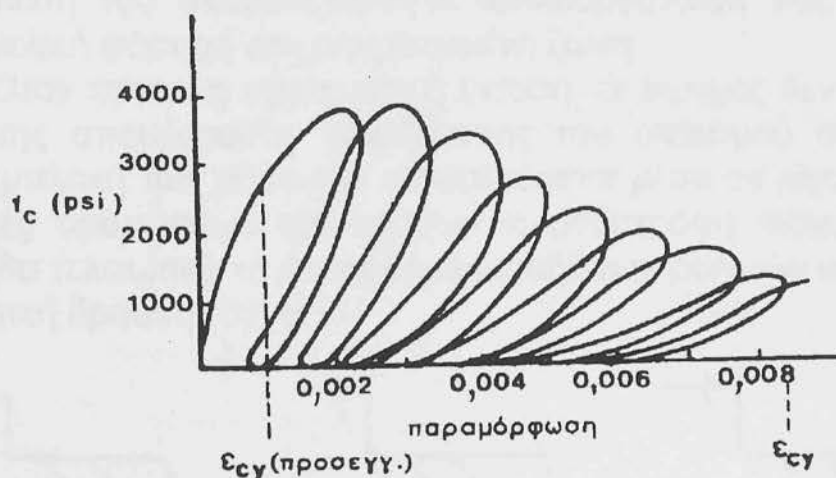
Σεισμική Απόκριση και Αρχές Αντισεισμικού Σχεδιασμού Ο/Σ

Όσο αφορά για τη σεισμική απόκριση Ο/Σ, η συμπεριφορά δομικών υλικών, όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, εκφράζεται με την μορφή Διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων, κάτω από επαναλαμβανόμενη και αντιστροφόμενη άμεση φόρτιση. Οι καμπύλες των οποίων (σχήμα 5.3) δείχνουν τα κύρια χαρακτηριστικά της ανελαστικής δυναμικής συμπεριφοράς, δηλαδή: πλαστικότητα, κράτυνση, εξασθένιση, υποβάθμιση ακαμψίας, πλαστιμότητας και απορρόφηση ενέργειας.

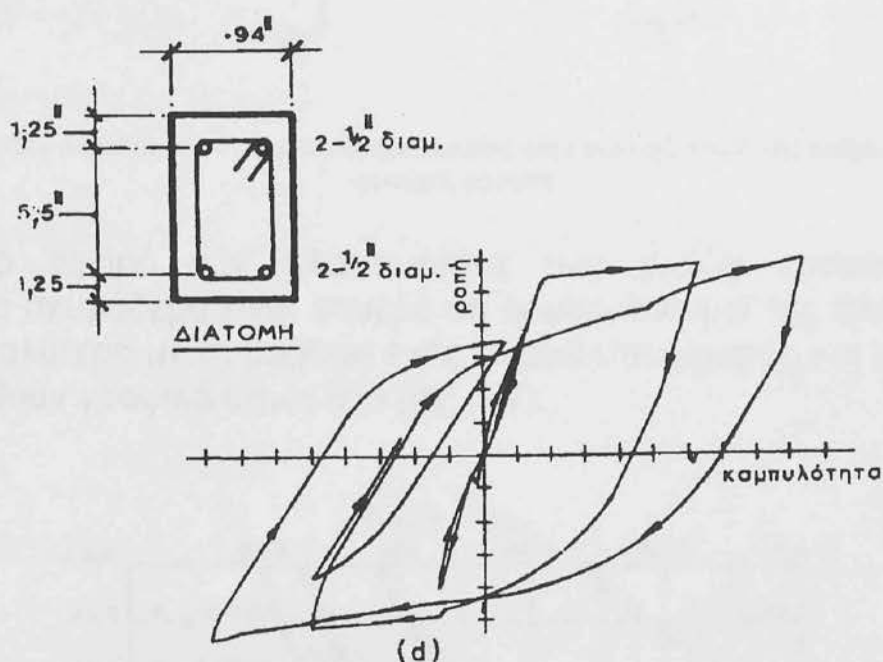


Σχ. 5.3 Φάσματα απόκρισης της επιτάχυνσης στην ελαστική περιοχή, της συνιστώσας Βορρά - Νότου του σεισμού του 1940 στο El Centro.

Ο βρόχοι υστερήσεως του Σχ. 5.5 (d) δείχνουν και επαρκή σπλιισμό περίσφιξης μπορεί να επιτευχθεί σημαντική πλαστιμότητας χωρίς απώλεια αντοχής. Πράγμα που δεν συμβαίνει στο άοπλο σκυρόδεμα χωρίς παρεμπόδιση, κάτω από επαναλαμβανόμενη φόρτιση στο (σχ. 5.5 c).



(c)



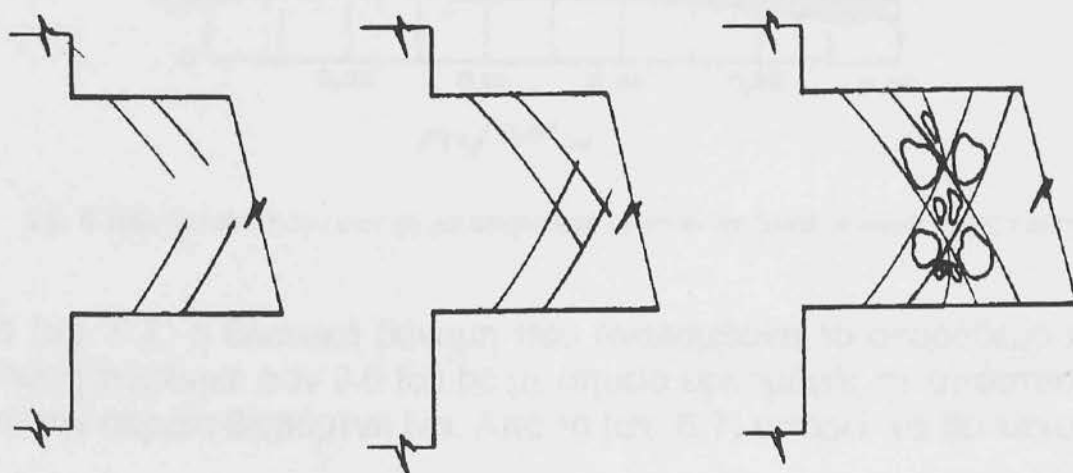
(d)

Σχ. 5.5 Ελαστική και Ανελαστική συμπεριφορά με τη μορφή διαγραμμάτων τάσεων – παραμορφώσεων για διάφορα υλικά κάτω από την επίδραση επαναληπτικών και αντιστεφόμενων φορτίσεων.

- (d) Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος με διπλό οπλισμό, φόρτιση κυκλική
- (c) Προεντεταμένη κολώνα σκυροδέματος σε κυκλική κάμψη

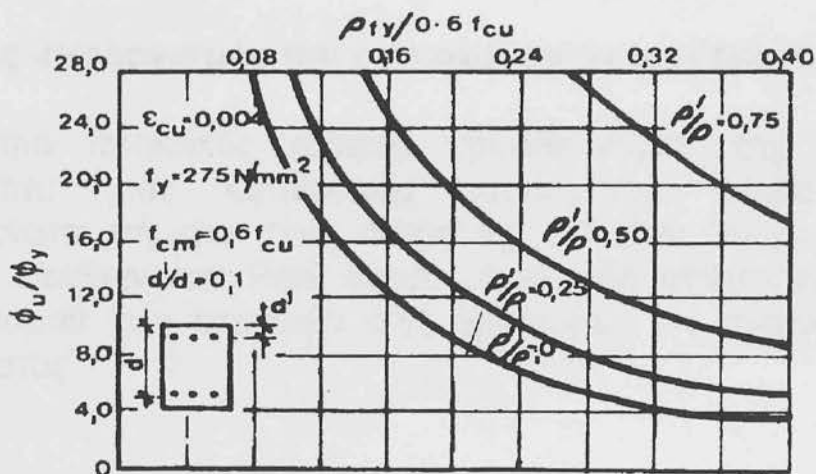
Όμως ακόμα και σε καλώς οπλισμένα στοιχεία σκυροδέματος, η ριζική αιτία της αστοχίας κάτω από σεισμική φόρτιση είναι συνήθως η ρηγμάτωση του σκυροδέματος. Η αποδιοργάνωση παρουσιάζεται κάτω από κυκλική φόρτιση στη ρηγματωμένη ζώνη.

Όταν πέφτει η εφελκυστική ένταση, οι ρωγμές δεν κλείνουν αρκετά λόγω της απομένουσας επιμήκυνσης του οπλισμού στη ρωγμή και η αλληλεμπλοκή των αδρανών καταστρέφεται μέσα σε λίγους κύκλους. Στις περιοχές αρθρώσεων και κόμβων η ανάστροφη διαγώνια ρηγμάτωση συντρίβει τελειωτικά το σκυρόδεμα μεταξύ των ρωγμών και παρουσιάζεται διατμητική θραύση (σχ. 6.1).

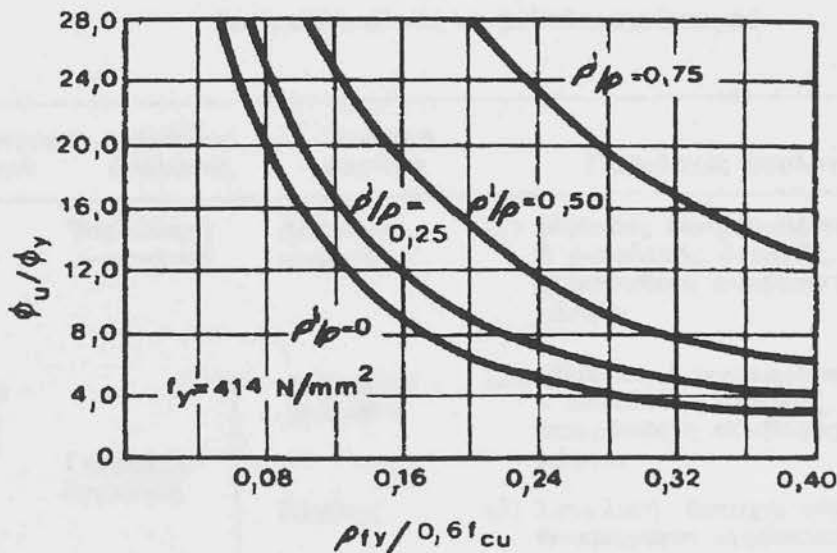


Σχ. 6.1 Προοδευτική αστοχία οπλισμένου σκυροδέματος στην περιοχή πλαστικής άρθρωσης, κάτω από σεισμική φόρτιση

Όσο αφορά την πλαστιμότητα των μελών κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι φανερό ότι οι υπολογισμοί της πλαστιμότητας γίνονται καλύτερα με τη βοήθεια ενός μικρού υπολογιστή, και μπορούν να παρασταθούν γραφικά όπως στο (σχ. 6.7).



Σχ. 6.7(α) Μεταβολή του ϕ_u / ϕ_y για σκυρόδεμα με απλό και διπλό οπλισμό χωρίς περίσφιξη



Σχ. 6.7(β) Μεταβολή του ψ_u/ψ_y για σκυρόδεμα με απλό και διπλό οπλισμό χωρίς περίσφιξη

Στο (σχ. 6.7) η θλιπτική δύναμη που αναλαμβάνει το σκυρόδεμα κατά τη θραύση πάρθηκε σαν $0.6 f_{cu}$ με σημείο εφαρμογής σε απόσταση $0,4 c$ από την ακραία θλιβόμενη ίνα. Από το (σχ. 6.7) μπορεί να δει κανείς ότι :

- α) η πλαστιμότητα μειώνεται όταν αυξάνεται το ποσοστό εφελκυσμένου οπλισμού ρ ,
- β) η πλαστιμότητα αυξάνει όταν αυξάνει το ποσοστό του θλιβόμενου οπλισμού ρ' ,
- γ) η πλαστιμότητα μειώνεται όταν αυξάνει η τάση διαρροής f_y .

Πλάστιμος υπολογισμός του οπλισμένου σκυροδέματος

Ο πιο πρακτικός τρόπος προσδιορισμού της απαίτησης σε πλαστιμότητα μιας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος που χρησιμοποιείται σήμερα, είναι αυτός της μεθόδου (6) του (Πίνακα 5.3). Από τους Hollnagel και Park έχουν υποδειχθεί απλοποιημένες μέθοδοι προσδιορισμού των στροφών στις αρθρώσεις σε πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος.

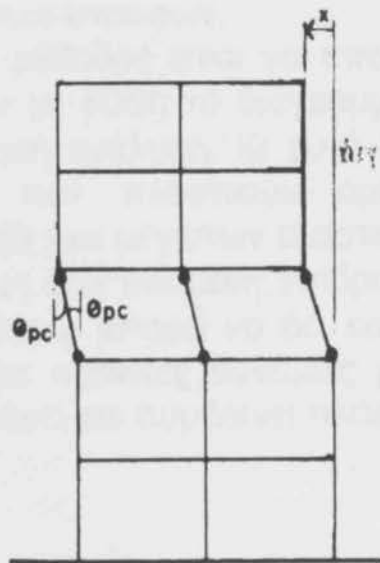
Πίνακας 5.3
Σεισμική ανάλυση και μέθοδοι σχεδιασμού

Συμπεριφορά ύλικου	Μέθοδος ανάλυσης	Σεισμική φόρτιση	Παραδοχές ύπολογισμού
Γραμμικά έλαστική (ψαθυρή)	Ίσοδύναμη —στατική	Αύθαιρετα μειωμένη	(1) Μέθοδος έπιτρεπομένων τάσεων ή συνολικής άντοχής, σὺν τὴν ἐπιπρόσθετη συμβατική πλαστι- μότητα
	Γραμμική δυναμική	Αύθαιρετα μειωμένη	(2) Μέθοδος έπιτρεπομένων τάσεων ή συνολικής άντοχής, σὺν τὴν ἐπιπρόσθετη συμβατική πλαστι- μότητα
		Πλήρης	(3) Συνολική άντοχή, σὺν τὴν ἐπιπρόσθετη συμβατική πλαστι- μότητα
	Ίσοδύναμη —στατική	Αύθαιρετα μειωμένη	(4) * Μέθοδος έπιτρεπομένων τάσεων ή συνολικής άντοχής, σὺν ἐπι- πρόσθετη αύθαιρετη πλαστιμό- τητα
Άνελαστική (πλάστιμη)	Γραμμική δυναμική	Αύθαιρετα μειωμένη	(5) * Μέθοδος έπιτρεπομένων τάσεων ή συνολικής άντοχής, σὺν ἐπι- πρόσθετη αύθαιρετη πλαστιμό- τητα
		Αύθαιρετα μειωμένη	(6) * Μέθοδος έπιτρεπομένων τάσεων ή συνολικής άντοχής, σὺν προσεγγιστική ανάλυση γιά τίς ἀπαιτήσεις πλαστιμότητας
		Πλήρης	(7) Κατασκευή προοριζόμενη νά παραμείνει έλαστική, ἀλλά μέ ἐπι- πρόσθετη συμβατική πλαστιμό- τητα
	Άνελαστική δυναμική	Πλήρης	(8) Άπαιτήσεις πλαστιμότητας πού προκύπτουν ἀπό τίς στροφές στίς πλαστικές ἀρθρώσεις

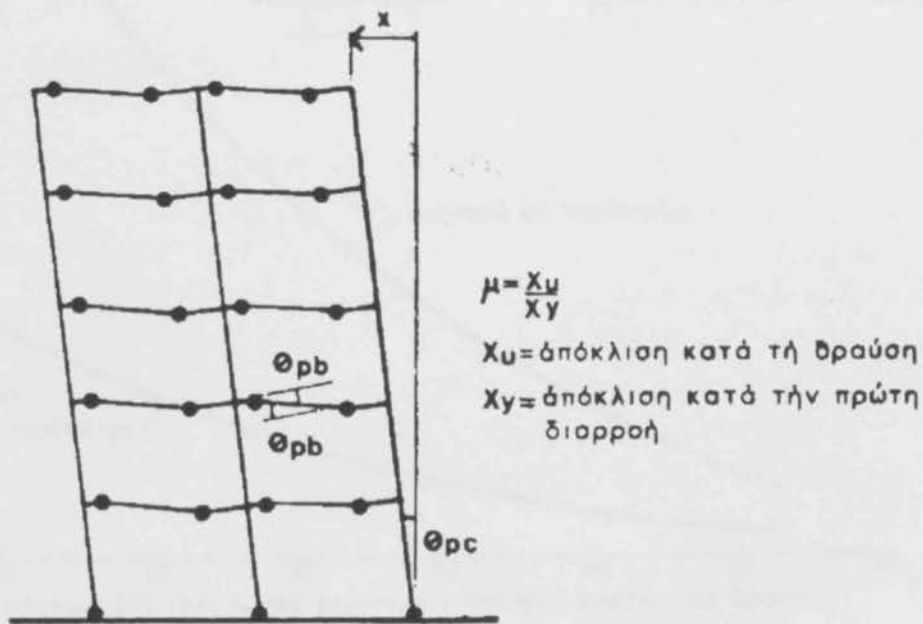
- Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι

Από τους Hollnighw και Park έχουν υποδειχθεί απλοποιημένες μέθοδοι προσδιορισμού των στροφών στις αρθρώσεις σε πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος.

Οι τεχνικές αυτές εμπεριέχουν την παραδοχή μηχανισμών πλαστικών αρθώσεων όπως αυτοί του (σχ. 6.4) και την επιβολή ενός αυθαίρετου συντελεστή πλαστιμότητας μ στο πλαίσιο, για την πλευρική απόκλιση.



(α) Απόκλιση λόγω διαρροής των στύλων



(β) Απόκλιση λόγω διαρροής των δοκών

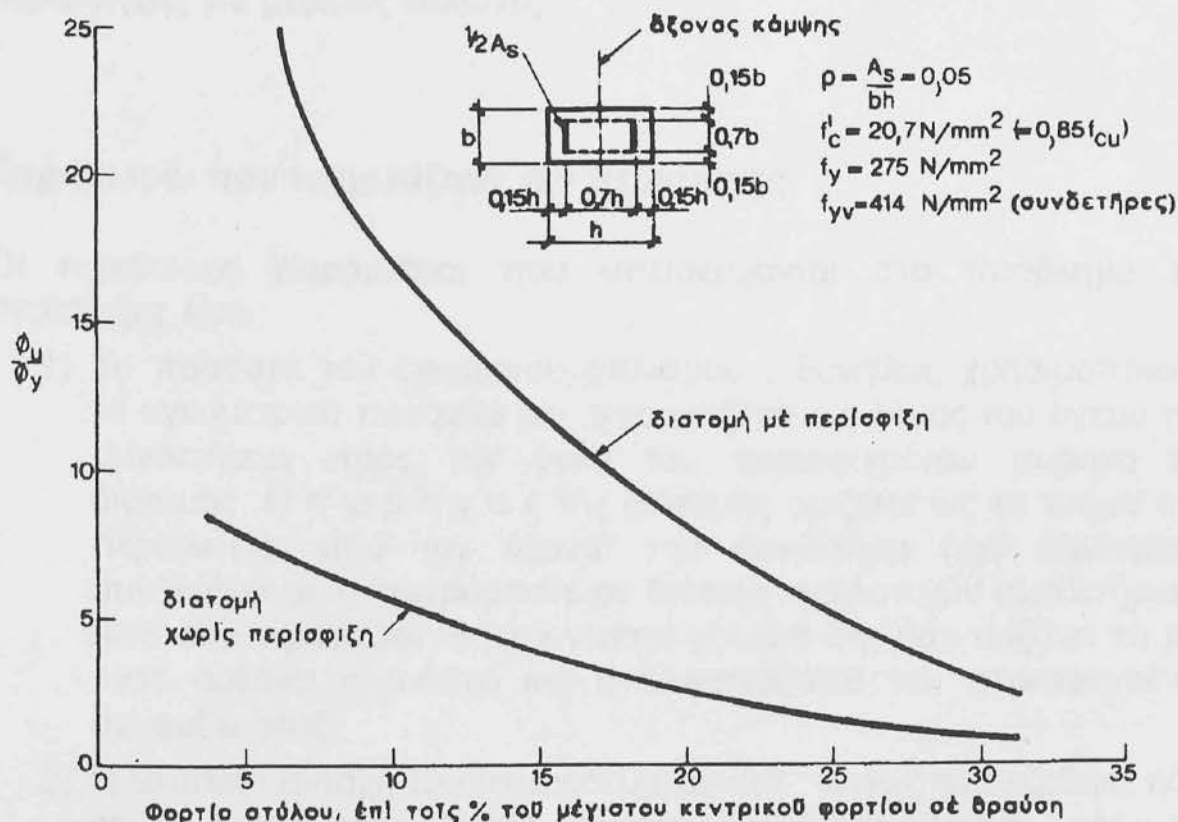
Σχ. 6.4 Εναλλακτικοί μηχανισμοί πλαστικών αρθρώσεων για ένα τυπικό πολυώροφο πλαίσιο

D.J. DOWRICK. Αντισεισμικός Σχεδιασμός Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd. Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph.D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδας σελ. 196, 197.

Οι απλοί μηχανισμοί όπως του (σχ. 6.4) είναι μόνο υποθέσεις για τις παραδειγματικές κατασκευές στροφών λόγω σεισμού, πιθανά όμως δίνουν καλύτερες αντισεισμικές κατασκευές από ότι αν δεν γινόταν καθόλου υπολογισμός των στροφών.

Μια εναλλακτική μέθοδος είναι να υπολογίζουμε τις στροφές των πλαστικών αρθρώσεων με βάση το διάγραμμα μέγιστης απόκλισης που δίνει η γραμμική ελαστική ανάλυση. Κι αυτό όμως είναι μία προσέγγιση, επειδή το σύστημα των πλαστικών αρθρώσεων δεν αντιστοιχεί ανακαστικά με τη διάταξη των μέγιστων ελαστικών τάσεων.

Η αξονική δύναμη έχει δυσμενή επίδραση στην πλαστιμότητα των καμπτομερών μελών όπως μπορεί να δει κανείς στο (σχ. 6.9). Πράγματι έχει δειχθεί ότι μόνο με αξονικές δυνάμεις μικρότερες από τη φόρτιση σύγχρονης διαρροής μπορεί και συμβαίνει πλάστιμη θραύση.



Σχ. 6.9 Ο λόγος ϕ_u / ϕ_y για στόλους από σκυρόδεμα με και χωρίς περίσφιξη

Η Επίδραση της περίσφιξης στην πλαστιμότητα

Σημαντικό δε, είναι ότι η πλαστιμότητα και η αντοχή σκυροδέματος ενισχύονται πολύ με την περίσφιξη της θλιβόμενης με διαταγμένο πλευρικό οπλισμό. Ο προσδιορισμός, όσον αφορά το μέγεθος της πλαστιμότητας του σκυροδέματος της πλαστιμότητας του σκυροδέματος με πλευρική περίσφιξη γίνεται μέσω διαγραμμάτων τάσεων – παραμορφώσεων. Δυστυχώς όμως δεν έχει ακόμα καθοριστεί η διαφορά στην αποτελεσματικότητα των διαφόρων σχημάτων και διατάξεων του οπλισμού περίσφιξης.

Είναι γνωστό ότι οι ορθογωνικοί συνδετήρες που περιβάλλουν το σύνολο της διατομής είναι μέτρια αποτελεσματικοί στις μικρές κολώνες, έχουν όμως μικρή χρησιμότητα στις μεγάλες κολώνες. Αν και αυτό μπορεί να διορθωθεί ως ένα βαθμό με τη χρήση ενδιάμεσων συνδέσμων που δένονται στα απέναντι σκέλη των συνδετήρων που περιβάλλουν τη διατομή, απομένει ακόμα να επιβεβαιωθεί η πιο αποτελεσματική μέθοδος περίσφιξης για μεγάλες κολώνες.

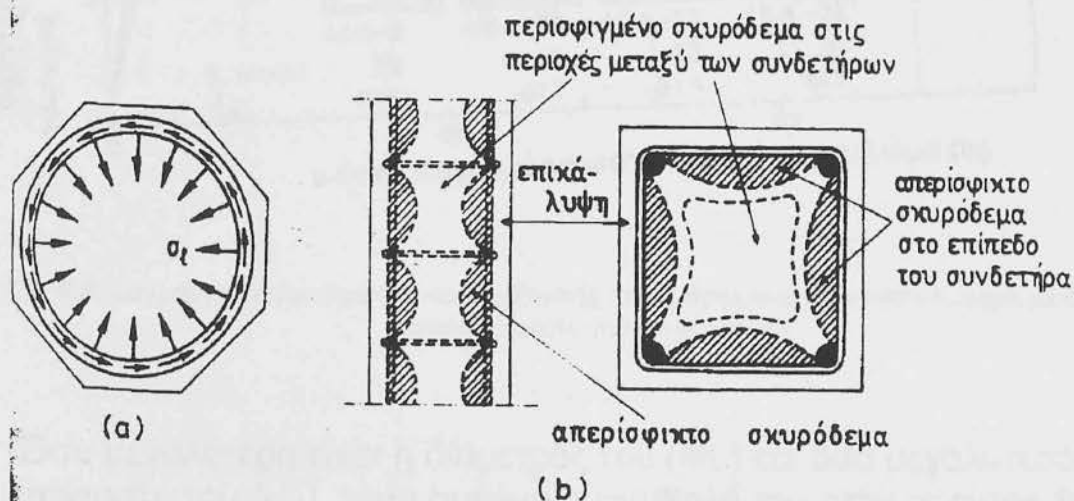
Παράμετροι που επηρεάζουν την περίσφιξη

Οι κυριότερες παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρόβλημα της περίσφιξης είναι:

- 1) Το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού : Συνήθως χρησιμοποιείται το ογκομετρικό ποσοστό ρ_w , που ορίζεται ως λόγος του όγκου των συνδετήρων προς τον όγκο του περισφιγμένου πυρήνα της διατομής. Ο πυρήνας της διατομής ορίζεται ως το τμήμα που περικλείεται από τον άξονα* του συνδετήρα (του εξωτερικού συνδετήρα αν αναφερόμαστε σε διάταξη πολλαπλών συνδετήρων). Από όσα προαναφέρθηκαν γίνεται φανερό ότι, όσο αυξάνει το ρ_w , τόσο αυξάνει η αντοχή και η πλαστιμότητα του περισφιγμένου σκυροδέματος.
- 2) Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος (f_c) : Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα σκυροδέματα υψηλής αντοχής χαρακτηρίζονται μειωμένη πλαστιμότητα, σε σχέση με τα σκυροδέματα χαμηλής αντοχής.

*Ορισμένοι Ερευνητές θεωρούν ότι ο πυρήνας εκτείνεται ως την εξωτερική περίμετρο του συνδετήρα. Οι διαφορές που προκύπτουν από τους δύο ορισμούς είναι, κατά κανόνα, αμελητέες.

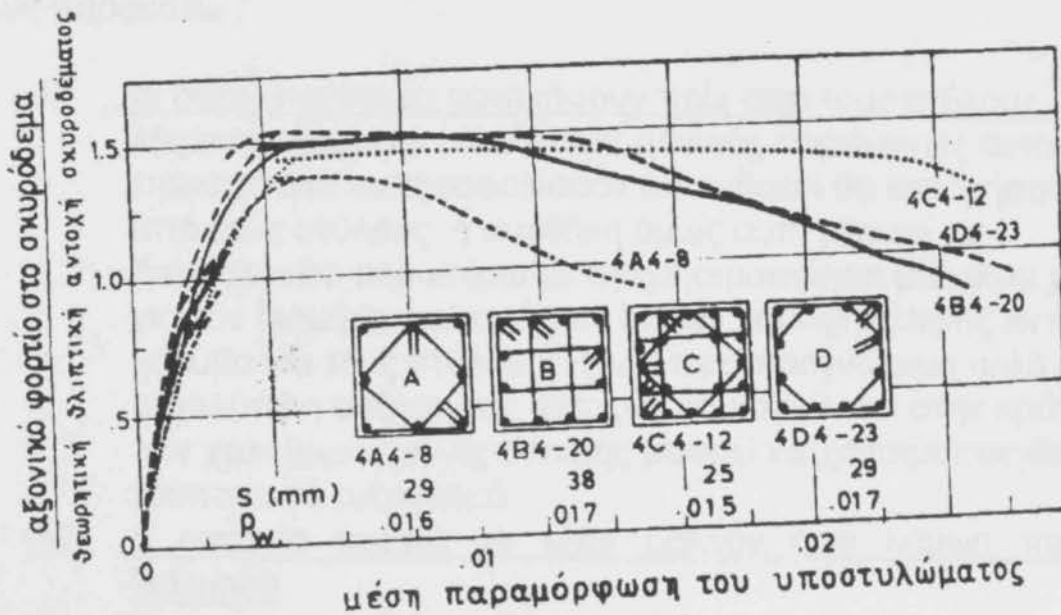
- 3) Το όριο διαρροής του εγκάρσιου οπλισμού (f_{yw}): Προφανώς όσο ψηλότερη είναι η αντοχή των συνδετήρων, τόσο μεγαλύτερες δυνάμεις περισφίξης μπορούν αυτοί να ασκήσουν.
- 4) Η απόσταση των συνδετήρων (s) : Για σταθερό ποσοστό συνδετήρων (ρ_w), η περισφίξη αυξάνει όταν μικραίνει η απόσταση τους, διότι μειώνεται το τμήμα του στοιχείου που παραμένει χωρίς ενεργό περισφίξη (βλ. σχ. 5.6b).



Σχ. 5.6 Συνήθη είδη περισφίξης : α) Με κυκλική σπείρα, β) Με τετραγωνικούς συνδετήρες

Εδώ θα ήταν σκόπιμο να αναφερθεί ότι η μείωση της απόστασης συνδετήρων βελτιώνει την πλαστιμότητα ενός θλιβόμενου στοιχείου και διότι παρεμποδίζει το λυγισμό των διαμήκων ράβδων, ιδιαίτερα μετά την αποφλοιώση του συροδέματος της επικάλυψης.

- 5) Η διάταξη των συνδετήρων στη διατομή : 1 'Όταν αντί ενός μόνου συνδετήρα (που χρησιμοποιόταν παλιότερα), η διατομή οπλιστεί με διάταξη ορθογωνικών και / ή τετραγωνικών συνδετήρων (σχ. 5.8) μειώνονται τα τμήματα που παραμένουν χωρίς ενεργό περισφίξη, (σχ. 5.6b) και η πλαστιμότητα και η αντοχή αυξάνουν.
- 6) Ο διαμήκης οπλισμός : Όπως αναφέρθηκε στην αρχή της παρούσας ενότητας και ο διαμήκης οπλισμός συμβάλλει, σε ένα βαθμό, στην παρεμπόδιση της πλευρικής διόγκωσης του πυρήνα, άρα συμβάλλει στην περισφίξη.



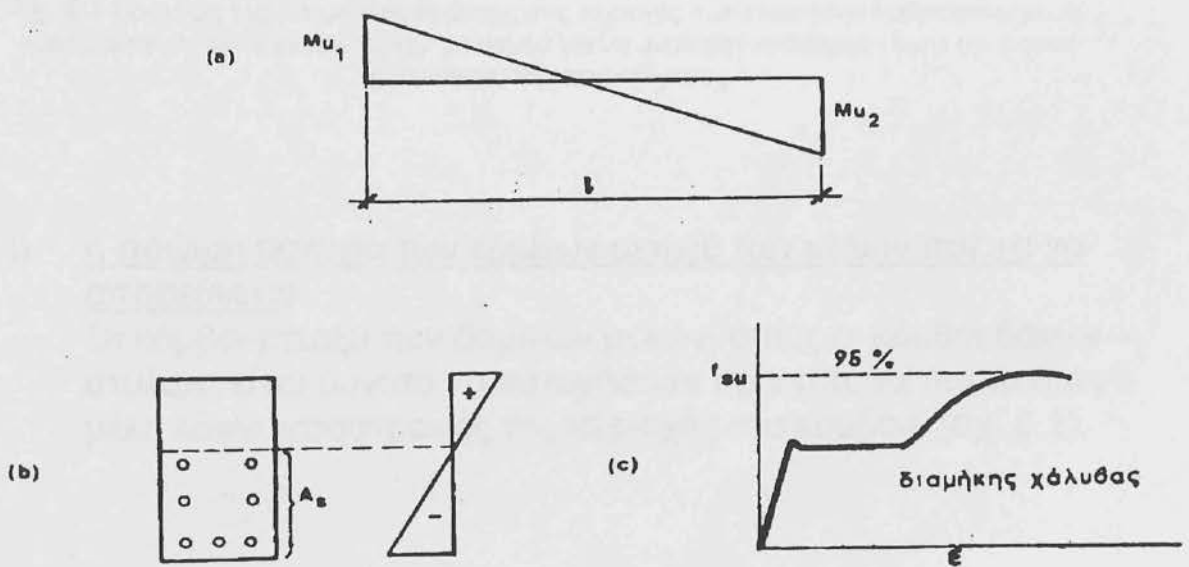
Σχ. 5.8 Διαγράμματα αξονικού φορτίου – αξονικής παραμόρφωσης για υποστρώματα με διάφορες διατάξεις πολύμητων συνδετήρων

- Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος του (Φ_L) και όσο μεγαλύτερο το ποσοστό του (ρ_L), τόσο αυξάνει η συμβολή του στην περίσφιγξη.
- 7) Η ταχύτητα επιβολής της φόρτισης: Στην περίπτωση της σεισμικής εποπρόνησης είναι ορθότερο να γίνεται αναφορά στην ταχύτητα επιβολής της παραμόρφωσης ϵ , η αύξηση της οποίας (σε σχέση με τη στατική επιπρόνηση) προκαλεί αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος, μείωση της παραμόρφωσης που αντιστοιχεί στη μέγιστη τάση και αύξηση της κλίσης του φθίνοντα κλάδου του διαγράμματος σσ-εε (όχι σημαντική). Κατά συνέπεια η αύξηση της ταχύτητας έ έχει τόσο θετικά, όσο και αρνητικά αποτελέσματα στη περίσφιγξη.
 - 8) Το είδος της φόρτισης (κεντρική ή έκκεντρη σύνθλιψη): Η φόρτιση δεν επηρεάζει σημαντικά την αντοχή του υροδέματος, αλλά βελτιώνει την πλαστιμότητα, δεδομένου ότι τμήμα της διατομής βρίσκεται σε ευμενέστερη εντατική κατάσταση απ' ότι το ακραίο θλιβόμενο τμήμα (στις εφελκόμενες ζώνες η περίσφιγξη δεν παίζει σημαντικό ρόλο). Η αναλυτική προσομοίωση της συμπεριφοράς του περισφιγμένου πρέπει να συνεκτιμά, κατά το δυνατό, όλες τις προηγούμενες, με τον απλούστερο δυνατό τρόπο.

Οι αρχές του αντισεισμικού υπολογισμού

Στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά της αντισεισμικότητας ενσωματώνονται στην εξασφάλιση των παρακάτω :

- (i) οι δοκοί πρέπει να αστοχήσουν πριν από τους στύλους.
 Μερικοί κανονισμοί διαθέτουν ειδικούς παράγοντες αντοχής στην προσπάθεια να εξασφαλίσουν ότι οι δοκοί θα αστοχήσουν πριν από τους στύλους, η συνθήκη όμως αυτή μπορεί να διευκολυνθεί περαιτέρω με τη χρησιμοποίηση μαλακού χάλυβα για τον διαμήκη οπλισμό των δοκών και υψηλότερης αντοχής χάλυβα για τους στύλους. Η λιγότερο προγνώσιμη αλλά γενικά μεγαλύτερη αύξηση της αντοχής που οφείλεται στην κράτυνση των χαλύβων υψηλής αντοχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τον τρόπο αυτό ευεργετικά.
- (ii) η αστοχία πρέπει να είναι μάλλον από κάμψη παρά από διάτμηση.
 Για να προληφθεί μια διατμητική θραύση πριν από τη καμπτική, μία καλή πρακτική είναι να υπολογίζεται το στοιχείο έτσι ώστε ο οπλισμός κάμψεως να διαρρέει ενώ ο διατμητικός οπλισμός εργάζεται με τάση κάτω από τη διαρροή (π.χ. στο 90%). Μία συντηρητική προσέγγιση στην ασφάλεια έναντι διάτμησης στις δοκούς, είναι να εξισώνουμε τη διατμητική αντοχή με τη μέγιστη διατμητική απαίτηση από τη δοκό, σε όρους καμπτικής αντοχής



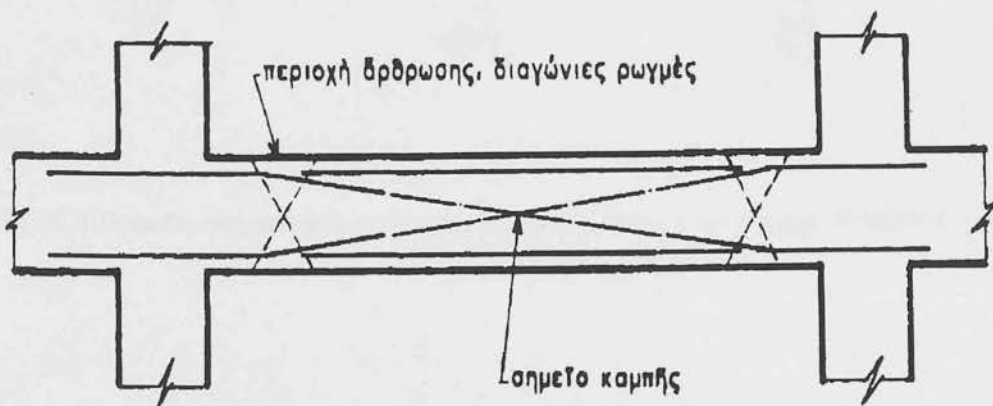
(σχ. 6.2).

Σχ. 6.2 Θεώρηση της διατμητικής αντοχής σε δοκούς οπλισμένου σκυροδέματος

D.j.DOWRICK. Αντισεισμικός Σχεδιασμός. Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd. Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph.D., Πολ.Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδας (σελ.194, 195).

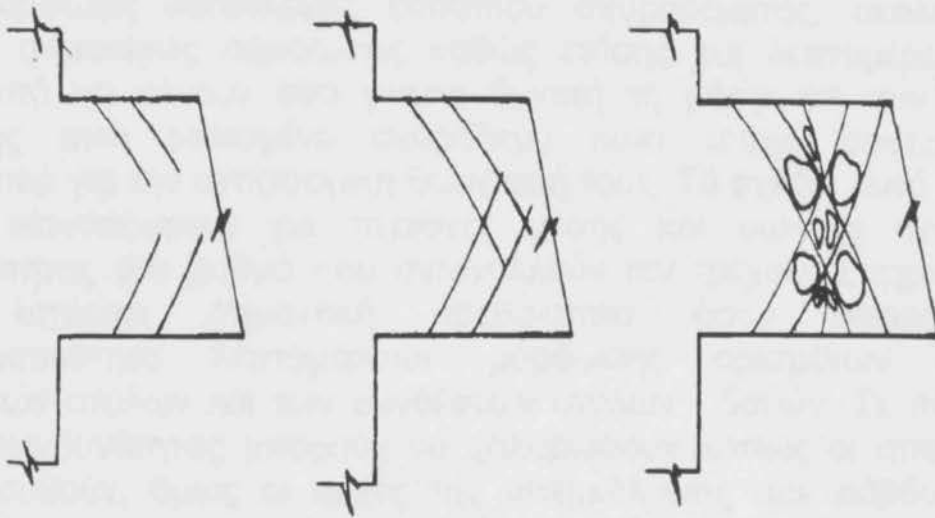
Όπου A_s είναι η συνολική διατομή χάλυβα στην εφελκυσμένη ζώνη (σχ.6.2b), f_{su} είναι η μέγιστη αντοχή του χάλυβα μετά την κράτυνση, a_s πούμε το 95% της αντοχής των δοκιμίων, (σχ. 6.2c), και z είναι ο μοχλοβραχίων των εσωτερικών δυνάμεων.

Πρόσφατα πειράματα έδειξαν ότι είναι δυνατόν να αναληφθεί η τέμνουσα μέσα από την έντονα ρηγματωμένη ζώνη του σκυροδέματος, δίνοντας μία κλίση στις ράβδους του κύριου οπλισμού, μέσα από την περιοχή της άρθρωσης, προς ένα σημείο στο κέντρο της δοκού (σχήμα 6.3).



Σχ. 6.3 Πρόληψη της διαμητρικής θραύσης στις περιοχές των πλαστικών αρθρώσεων με τη χρησιμοποίηση κεκαμμένου κύριου οπλισμού για να αναλάβει τη διάτμηση μετά την έντονη ρηγματώση του σκυροδέματος

- (iii) η πρώιμη αστοχία των κόμβων μεταξύ των μελών πρέπει να αποφεύγεται.
 Οι κόμβοι μεταξύ των δομικών μελών, όπως οι κόμβοι δοκών – στύλων, είναι δυνατό να αστοχήσουν πριν από τα παρακείμενα μέλη λόγω καταστροφής της περιοχής του κόμβου, (σχ. 6.1).



Σχ. 6.1 Προοδευτική αστοχία οπλισμένου σκυροδέματος στην περιοχή πλαστικής άρθρωσης, κάτω από σεισμική φόρτιση

Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στις εξωτερικές κολώνες, όπως αναφέρουν ο Park και Paulay. Σ' αυτήν την τελευταία εργασία θεωρήθηκαν συνθήκες επίπεδου πλαισίου, ο δε τρισδιάστατος κόμβος με δοκούς σε δύο ορθογωνικές κατευθύνσεις δεν έχει ακόμα διερευνηθεί επαρκώς. Ο Megget αναφέρει ότι ο επιδιωκόμενος ευνοϊκός περιορισμός επιτυγχάνεται με το να συμπεριληφθούν εγκάρσια συνδετήρια δοκάρια στην επίπεδη καμπτική δοκιμή. Πάντως, μπορούμε επίσης να αναμένουμε πολύ μικρότερη αποτελεσματικότητα αυτού του είδους των εγκάρσιων δοκών ως προς τη συγκράτηση της περιοχής σύλου – δοκού του πλαισίου, όταν με την σειρά τους υπόκεινται σε ισχυρή κυκλική κάμψη. Τα αποτελέσματα επομένως των δοκιμών για τη γενική κατάσταση των κόμβων δεν είναι συντηρητικά.

(iv) η θραύση πρέπει να είναι πλάστιμη και όχι ψαθυρή.

Μόρφωση κατασκευής επιτόπιου σκυροδέματος

Για τη μόρφωση κατασκευής επιτόπιου σκυροδέματος, ακολουθούν ορισμένες σημαντικές σημειώσεις καθώς επίσης και λεπτομέρειες, με κύριο σκοπό να κάνουν όσο γίνεται δυνατή τη μόρφωση των μελών κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα κατά τρόπο συνεπή και ικανοποιητικό για την αντισεισμική θωράκισή τους. Τά σχέδια αυτά πρέπει να είναι ικανοποιητικά για περιοχές μέσης και υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας στο βαθμό που αντανakλούν την τρέχουσα τεχνολογία. Πάντως υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα λεπτομερειών μόρφωσης ορισμένων μελών, ιδιαίτερα των στύλων και των συνδέσεων στύλων - δοκών. Σε περιοχές μικρής επικινδυνότητας μπορούν να χαλαρώσουν κάπως οι απαιτήσεις που ακολουθούν, όμως οι αρχές της υπερκάλυψης των ράβδων που ενώνονται, του να περικλείονται από σκυρόδεμα και της συνέχειας, πρέπει να τηρούνται αν επιδιώκεται να επιτευχθεί μία επαρκής πλαστιμότητα.

Υπερκάλυψη ράβδων

Οι ενώσεις των ράβδων με υπερκάλυψη στους αντισεισμικούς σκελετούς πρέπει να συνεχίζουν να λειτουργούν την ώρα που τα δομικά μέλη ή οι κόμβοι υπόκεινται σε μεγάλες παραμορφώσεις. Επειδή η μεταβίβαση των τάσεων επιτυγχάνεται μέσω του σκυροδέματος που περιβάλλει τις ράβδους, είναι ουσιαστικό να υπάρχει επαρκής χώρος μέσα στο στοιχείο για να τοποθετηθεί και συμπυκνωθεί σκυρόδεμα καλής ποιότητας. Τέτοιες ενώσεις πρέπει να αποφεύγονται στις περιοχές υψηλών τάσεων, όπως κοντά στις συνδέσεις δοκών με στύλους, επειδή το σκυρόδεμα μπορεί να ρηγματωθεί κάτω από μεγάλες παραμορφώσεις και με τον τρόπο αυτό να καταστρέψει τη μεταβίβαση των τάσεων μέσω της συνάφειας.

Σε περιοχές υψηλών τάσεων, οι υπερκαλύψεις πρέπει να θεωρούνται περισσότερο σαν ένα πρόβλημα αγκύρωσης παρά σαν πρόβλημα ένωσης, δηλαδή δεν γίνεται δεκτή η μεταβίβαση των τάσεων από τη μια ράβδο στην άλλη. Αντίθετα, οι ράβδοι που χρειάζονται για την ανάλυση του εφελκυσμού πρέπει να επεκτείνονται πέρα από τη ζώνη των αναμενόμενων μεγάλων παραμορφώσεων, προκειμένου να αναπτύξουν την αντοχή τους μέσω της αγκύρωσης. Πειράματα έχουν δείξει ότι οι υπερκαλύψεις με τις ράβδους σε επαφή λειτουργούν το ίδιο καλά με τις υπερκαλύψεις σε απόσταση, επειδή η μεταβίβαση των τάσεων γίνεται πρωταρχικά μέσω του περιβάλλοντος σκυροδέματος.

Οι υπερκαλύψεις επαφής μειώνουν συνήθως τον συνωστισμό των ράβδων και προσφέρουν μια καλύτερη ευκαιρία να επιτευχθεί καλή συμπύκνωση του σκυροδέματος γύρω και πάνω από τις ράβδους.

Είναι προτιμώτερο οι υπερκαλύψεις να κατανέμονται στο μήκος του στοιχείου, όπου όμως αυτό είναι ακατόρθωτο και υπάρχει σε μία θέση μεγάλος αριθμός ράβδων που ενώνονται με υπερκάλυψη (π.χ. στους στύλους), τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται επαρκείς συνδετήρες ώστε να μειωθεί η δυνατότητα απόσχισης του σκυροδέματος. Στους στύλους και τις δοκούς, ακόμα και αν οι ενώσεις γίνονται σε περιοχές μικρών τάσεων, πρέπει να τοποθετούνται δυο τουλάχιστον συνδετήρες όπως φαίνεται στις λεπτομέρειες.

Αγκύρωση

Η ικανοποιητική αγκύρωση μπορεί να επιτευχθεί με ευθεία επέκταση των ράβδων, ή με άγκιστρα 90° και 180° , όμως η αποτελεσματικότητα της αγκύρωσης θα προσδιορίζεται κύρια από την εντατική κατάσταση του σκυροδέματος στο μήκος αγκύρωσης. Ο εφελκυσμένος οπλισμός δεν πρέπει να αγκυρώνεται σε ζώνες μεγάλου εφελκυσμού. Αν αυτό είναι αδύνατο, πρέπει να τοποθετηθεί πρόσθετος όπλισμός με μορφή συνδετήρων, ειδικά όπου επικρατούν μεγάλες διατμήσεις, για να βοηθήσει στην περίσφιξη του σκυροδέματος στο μήκος αγκύρωσης. Είναι ιδιαίτερα επιθυμητό να αποφεύγεται ή αγκύρωση ράβδων στην κοινή περιοχή δοκών-στύλων. Σε οποιαδήποτε διατομή δεν επιτρέπεται ή ταυτόχρονη διακοπή μεγάλου ποσού οπλισμού.

Κάμψη των ράβδων

Θα πρέπει να δίνεται η οφειλόμενη προσοχή στις πιέσεις άντυγος κατά τον εξής τρόπο. Η πίεση άντυγος στο εσωτερικό της καμπύλωσης μιας ράβδου που δεν επεκτείνεται ή δεν θεωρείται ότι εντείνεται πέρα από ένα σημείο που βρίσκεται σε απόσταση όση το τετραπλάσιο της διαμέτρου της ράβδου από το πέρασ της καμπύλωσης, δεν χρειάζεται έλεγχο, επειδή οι διαμήκεις τάσεις που αναπτύσσονται στη ράβδο στην περιοχή της καμπύλωσης είναι μικρές.

Η πίεση άντυγος στο εσωτερικό μιας καμπύλωσης οποιασδήποτε άλλης ράβδου πρέπει να υπολογίζεται από την εξίσωση

$$\text{Πίεση άντυγος} = \frac{Ft}{r\phi}$$

όπου F είναι η εφελκυστική δύναμη που οφείλεται στο φορτίο θραύσης και εξασκείται στη ράβδο ή σε μία ομάδα ράβδων, r είναι εσωτερική ακτίνα του άγκιστρου, και ϕ είναι η διάμετρος της ράβδου ή, στην περίπτωση δέσμης, η διάμετρος μιας ράβδου με ισοδύναμη επιφάνεια.

Επικαλύψεις

Η ελάχιστη επικάλυψη του οπλισμού πρέπει να συμμορφώνεται προς τους τοπικούς κανονισμούς. Όπου δεν υπάρχουν κανονισμοί, ή σε περιπτώσεις αμφιβολίας, μπορεί να ανατρέξει κανείς στις βρετανικές συστάσεις.

Ποιότητα σκυροδέματος

Σε μερικές σεισμόπληκτες χώρες μπορεί να υπάρχει έλλειψη ειδικευμένων τεχνιτών καθώς και δομικών υλικών υψηλής ποιότητας. Παρ' όλου αυτά, η ελάχιστη χαρακτηριστική αντοχή κύβου που συνιστάται για το σκυρόδεμα δομικών έργων είναι $20,0 \text{ N/mm}^2$. Η χρήση ελαφρών αδρανών για κατασκευαστικούς λόγους θα πρέπει να γίνεται στις σεισμικές περιοχές με μεγάλη προσοχή, επειδή πολλά ελαφροσκυροδέματα όπου δείχνονται ψαθυρά στο σεισμό. Για την επιβολή του τύπου των αδρανών και των αναλογιών μίξης καθώς και των αντοχών, θα πρέπει να αναζητείται η κατάλληλη πληροφόρηση για να επιτευχθεί το απαιτούμενο πλάστιμο σκυρόδεμα. Δεν χρειάζεται να δοθεί μεγάλη έμφαση στο ότι ο έλεγχος της ποιότητας, η έντεχνη εργασία και η επίβλεψη έχουν άκρα σπουδαιότητα για την απόκτηση αντισεισμικού σκυροδέματος.

Ποιότητα οπλισμού

Για επαρκή αντισεισμική θωράκιση, η κατάλληλη ποιότητα του οπλισμού πρέπει να εξασφαλίζεται και από τις προδιαγραφές και με δοκιμές.

Επειδή οι ιδιότητες των οπλισμών ποικίλλουν έντονα μεταξύ διαφόρων χωρών και κατασκευαστών, έχει μεγάλη σημασία να γνωρίζει κανείς την πηγή των ράβδων, καθώς και να τις υποβάλλει στις πρέπουσες δοκιμασίες. Ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες ο ρόλος του επιβλέποντα Μηχανικού μπορεί να είναι αποφασιστικός, πραγματικά βαρύς.

Τα σημαντικότερα σημεία για επαρκή ποιότητα οπλισμού είναι :

(α) Ένα επαρκές ελάχιστο ορίο διαρροής μπορεί να εξασφαλιστεί προδιαγράφοντας τον χάλυβα με κάποιο κατάλληλο σταθερότυπο (standard), όπως τα BS 4449, ή ASTM A 615.

(β) Στην Καλιφόρνια, για δοσμένη την ποιότητα του χάλυβα, απαιτείται η πραγματική τάση διαρροής να μην υπερβαίνει την ελάχιστη προδιαγραφόμενη τάση διαρροής (χαρακτηριστική αντοχή) κατά περισσότερο από 124 N/mm². Οι επαναληπτικές δοκιμές δεν πρέπει να δίνουν υπέρβαση αυτής της τιμής κατά περισσότερο από ένα πρόσθετο ποσό των 21 N/mm².

(γ) Οι κατηγορίες χάλυβα με χαρακτηριστική αντοχή μεγαλύτερη από 410 N/mm² δεν επιτρέπονται σε μερικές σεισμοπαθείς περιοχές, π.χ. στην Καλιφόρνια και τη Νέα Ζηλανδία, πάντως μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφρά μεγαλύτερες αντοχές εάν αποδειχθεί με δοκιμές ότι διατίθεται επαρκής πλαστιμότητα.

(δ) Οι χάλυβες ψυχρής κατεργασίας δεν συνιστώνται στην Καλιφόρνια ή τη Νέα Ζηλανδία, πάντως ο χάλυβας της προδιαγραφής BS 4461 πρέπει να είναι επαρκής πλάστιμος.

(ε) Χάλυβας μεγαλύτερης χαρακτηριστικής αντοχής από αυτήν που διαγράφεται δεν πρέπει να χρησιμοποιείται στη θέση άλλου, στο εργοτάξιο.

(στ) Η δοκιμή επιμήκυνσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εξασφάλιση μιας επαρκούς πλαστιμότητας. Οι προδιαγραφές BS 4461 και ASTM A 615 θέτουν τις δέουσες προϋποθέσεις για τους χάλυβες που συμμορφώνονται με τα έν λόγω σταθερότυπα (standards). Οι χάλυβες άλλων προδιαγραφών απαιτούν ειδική εξέταση.

(ζ) Οι δοκιμές αναδίπλωσης έχουν μεγάλη σημασία για την εξασφάλιση επαρκούς πλαστιμότητας του οπλισμού σε κατάσταση καμπτικής παραμόρφωσης. Οι προδιαγραφές BS 4449, BS 4461 και ASTM A 615 θέτουν τις δέουσες προϋποθέσεις για τους χάλυβες που συμμορφώνονται με τα έν λόγω σταθερότυπα. Οι χάλυβες άλλων προδιαγραφών απαιτούν ειδική εξέταση.

(η) Η ελάχιστη ακτίνα αναδίπλωσης για τις ράβδους τις προδιαγραφές ASTM A 615 είναι μερικές φορές μεγαλύτερη από ότι για τους βρετανικούς χάλυβες.

(θ) .Η αντίσταση σε ψαθυρή θραύση πρέπει να ελέγχεται με μια κρουστική δοκιμή δυσθραυστότητας (στερρότητας) που θα διεξάγεται στην ελάχιστη θερμοκρασία συνθηκών λειτουργίας, όπου είναι μικρότερη από 3- 5 °C περίπου.

(ι) .Η αύξηση της ψαθυρότητας λόγω σκλήρυνσης κατά την ψύχρα κατεργασία (σκλήρυνση) πρέπει να ελέγχεται με δοκιμές αναδίπλωσης παρόμοιες με εκείνες για τους βρετανικούς χάλυβες.

(ια) .Η συγκόλληση των ράβδων οπλισμού μπορεί να προκαλέσει σκλήρυνση και επομένως πρέπει να επιτρέπεται μόνο για χάλυβες με κατάλληλη χημική σύνθεση και εφόσον χρησιμοποιείται μια εγκεκριμένη μέθοδος συγκόλλησης.

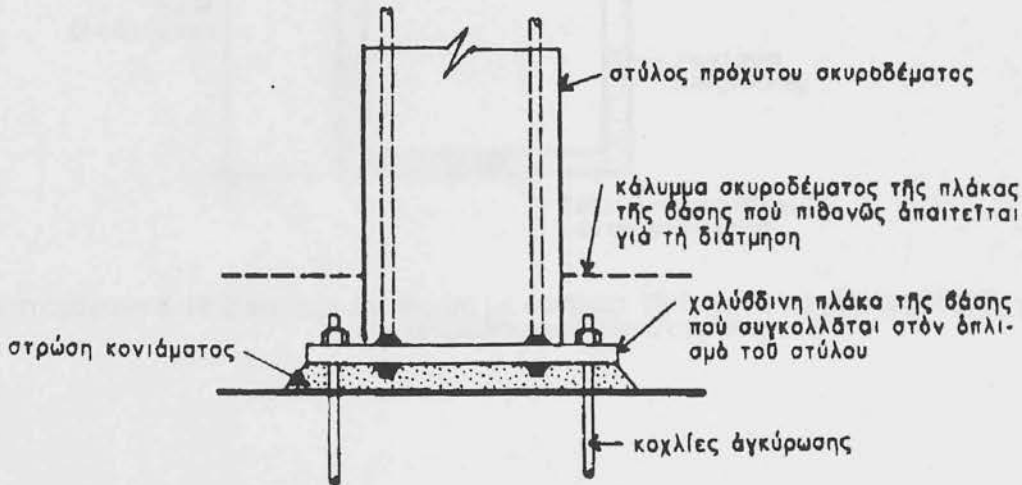
(ιβ) Ο γαλβανισμός μπορεί να προκαλέσει σκλήρυνση και απαιτεί ειδική εξέταση.

(ιγ) τα συγκολλητά χαλύβδινα πλέγματα (συρμάτινα ή με λεπτές ράβδους) είναι ακατάλληλα για αντισεισμική χρήση λόγω της δυνητικής ψαθυρότητάς τους. Πάντως το πλέγμα τις προδιαγραφές BS 4483 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το έλεγχο της συστολής από ξήρανση σε μη φέροντα στοιχεία όπως είναι οι πλάκες δαπέδων πάνω στο έδαφος.

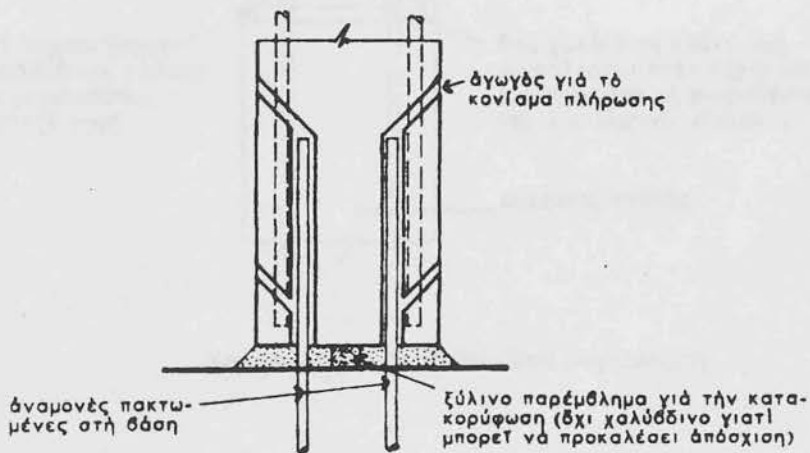
Πρόχυτο Σκυρόδεμα

Συνδέσεις μεταξύ βάσεων και πρόχυτων στύλων

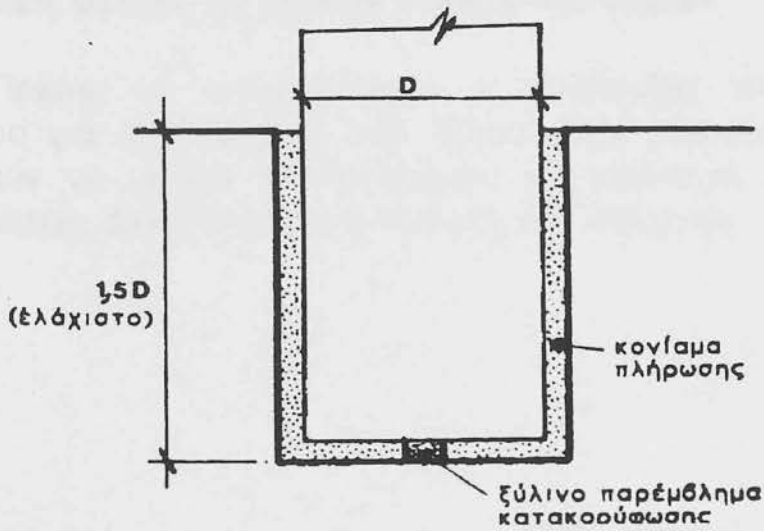
Οι ακόλουθες τυπικές λεπτομέρειες πρέπει να υπολογίζονται ιδιαίτερα η κάθε μια για τις δυνάμεις που δρουν στη σύνδεση. Η λογιζόμενη σαν βάση μπορεί να είναι στη στάθμη θεμελίωσης ή σε φερόμενα μέλη που βρίσκονται πιο ψηλά στην κατασκευή. Ο όπλισμός των στοιχείων δεν φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



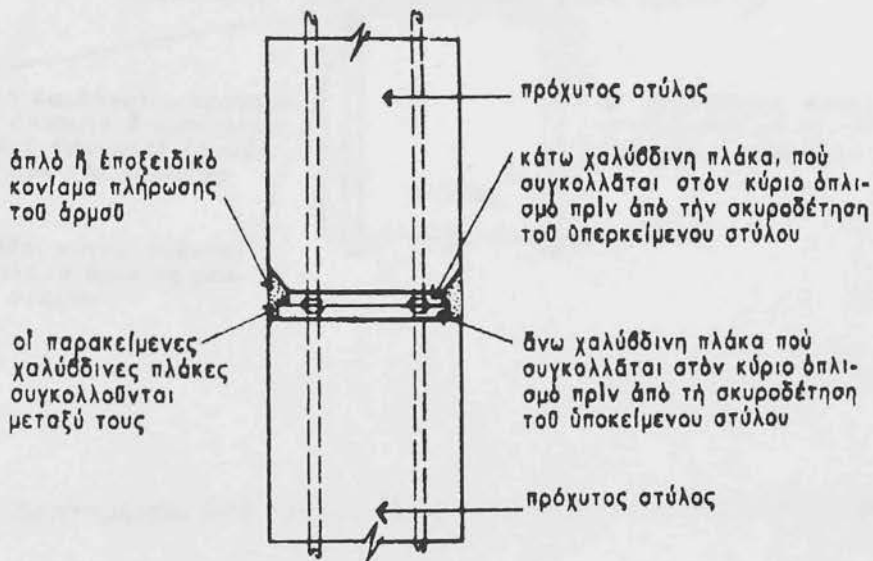
Λεπτομέρεια 6.14 Επιτόπια κοχλίωση. Η μεταβίβαση των ροπών ρυθμίζεται από την πλάκα της βάσης



Λεπτομέρεια 6.15 Επιτόπια στερέωση με κονίαμα. Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από το κονίαμα



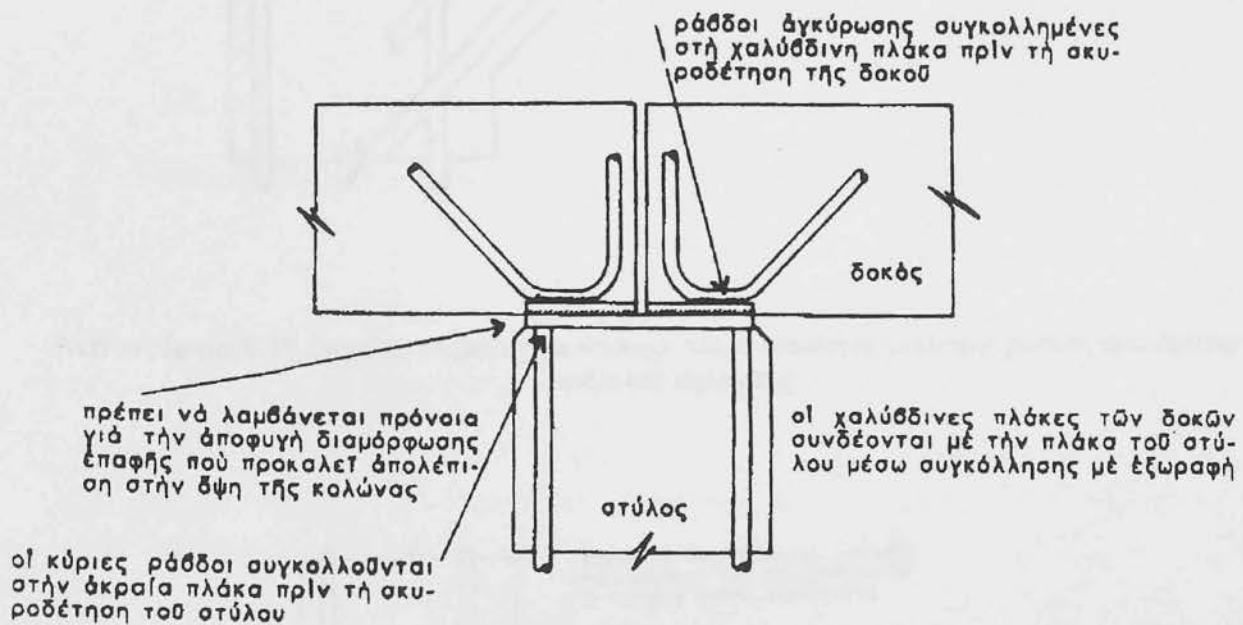
Λεπτομέρεια 6.16 Επιτόπια στερέωση με κονίαμα. Πρέπει να ελεγχθεί η μέθοδος μετάδοσης κατακόρυφου φορτίου στη βάση.



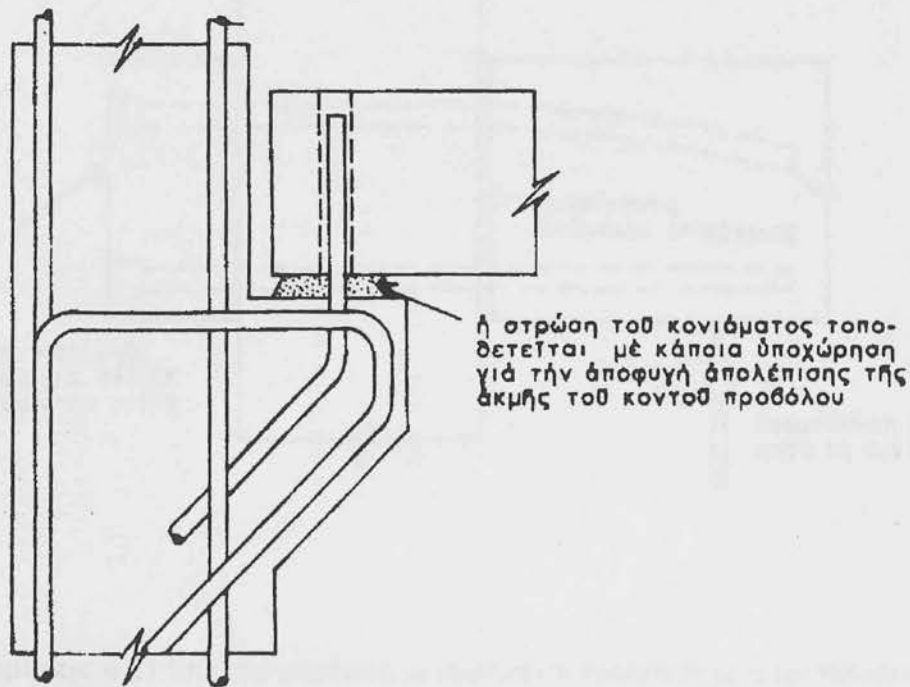
Λεπτομέρεια 6.17 Επιτόπια συγκόλληση

Συνδέσεις μεταξύ πρόχυτων στύλων και δοκών

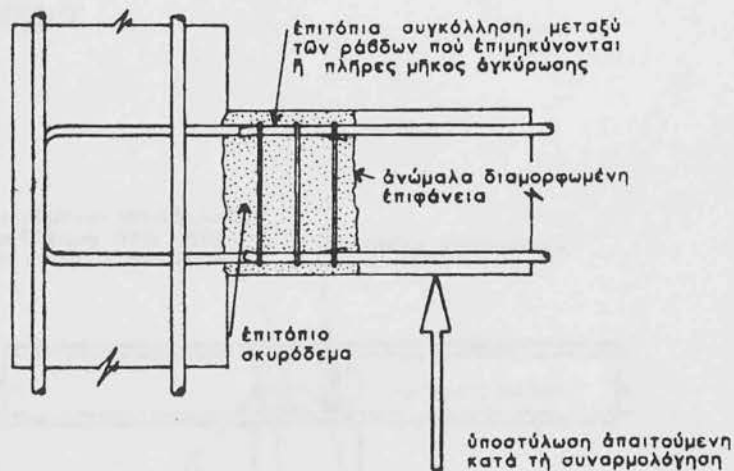
Πρέπει να υπολογίζονται οι ακόλουθες τυπικές λεπτομέρειες, ιδιαίτερα για τις δυνάμεις που δρουν στην κατασκευαζόμενη σύνδεση. Μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις για καλύτερη προσαρμογή, με τις περιστάσεις. Δεν φαίνεται ο οπλισμός του στοιχείου.



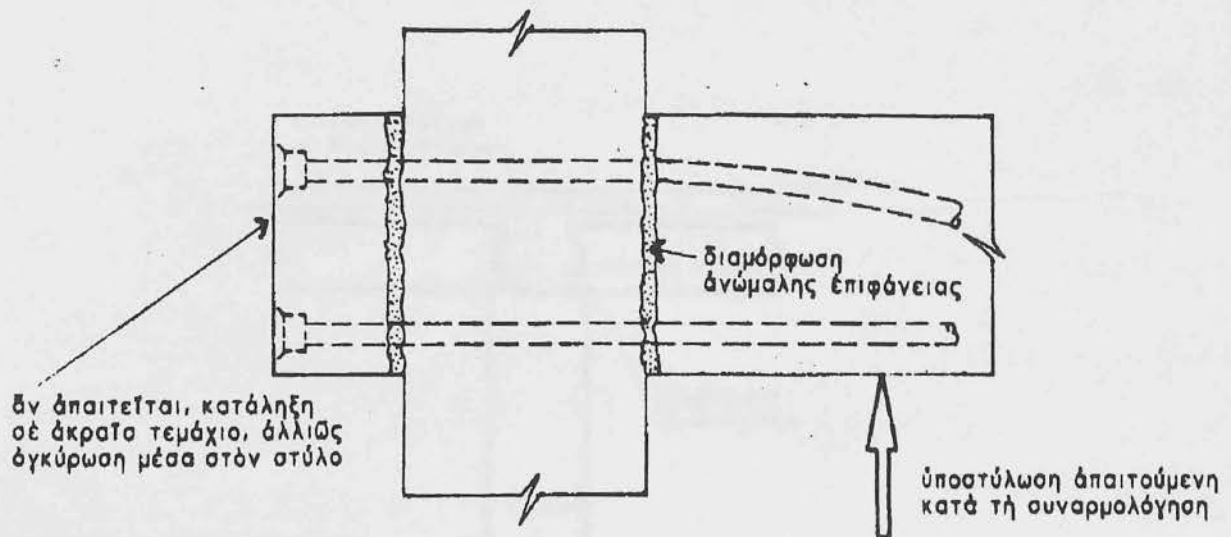
Λεπτομέρεια 6.18 Επιτόπια συγκόλληση. Μικρή ικανότητα ἀνάληψης ροπῶν



Λεπτομέρεια 6.19 Επιτόπια στερέωση με κονίαμα. Μικρή ικανότητα ανάληψης ροπών, ακατάλληλη για οριζόντιες τέμνουσες



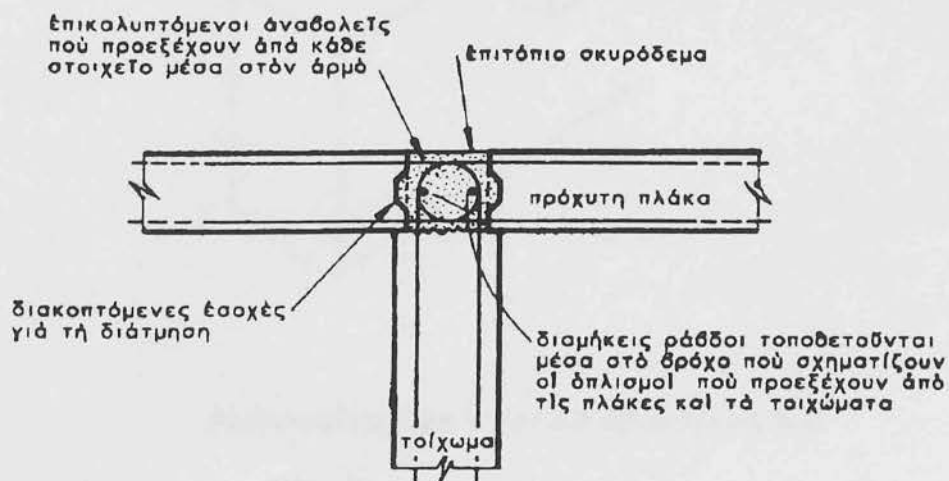
Λεπτομέρεια 6.20 Επιτόπια σκυροδέτηση με συγκόλληση του οπλισμού και συγκράτηση μέσω συνδετήρων



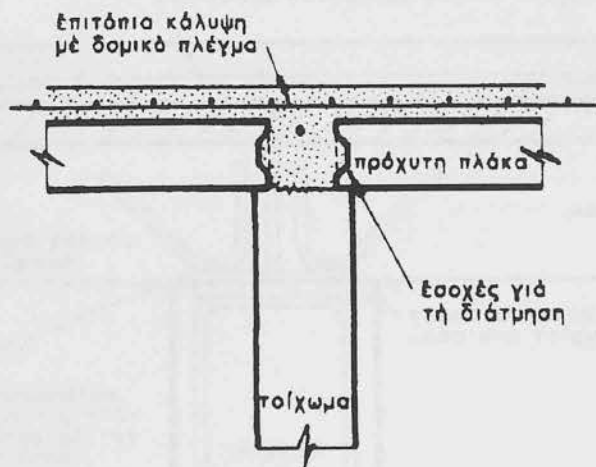
Λεπτομέρεια 6.21 Επιτόπια στερέωση με κονίαμα και προένταση μετά την τοποθέτηση

Συνδέσεις μεταξύ πρόχυτων πατωμάτων και τοιχωμάτων

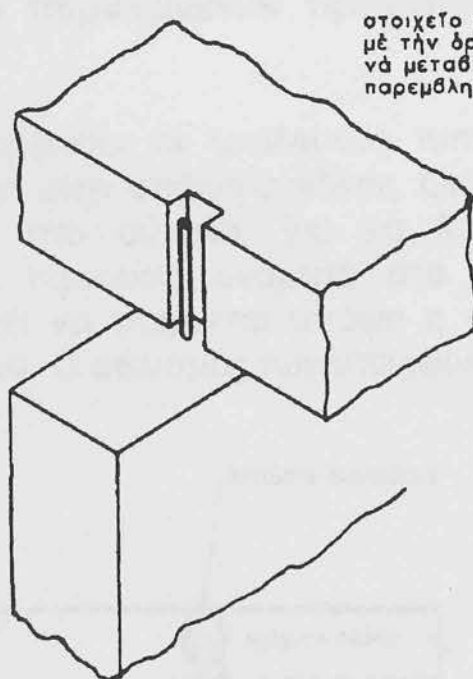
Πρέπει να υπολογίζονται οι ακόλουθες τυπικές λεπτομέρειες για τις δυνάμεις που δρουν στην υπόψη σύνδεση. Ο οπλισμός των στοιχείων δεν φαίνεται στο σχήμα.



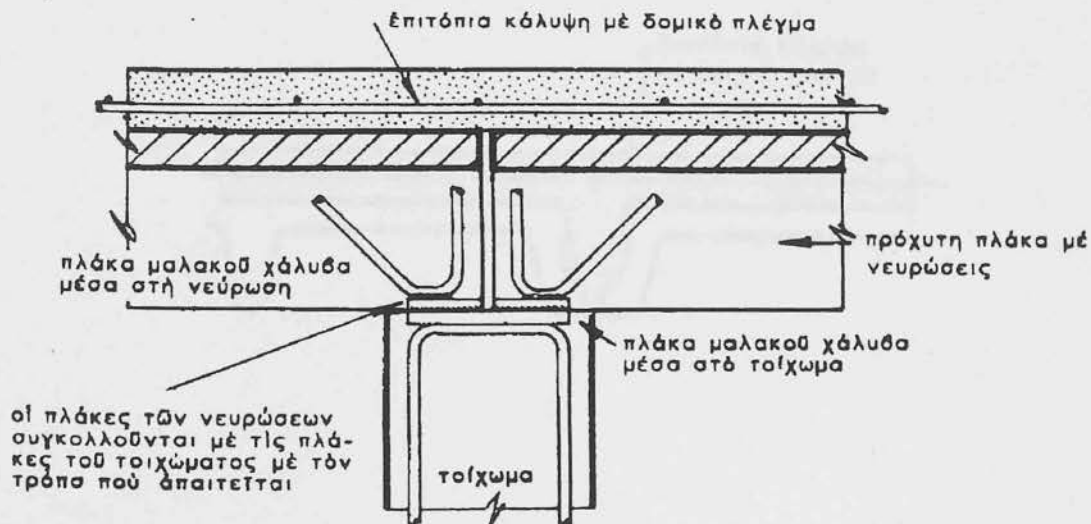
Λεπτομέρεια 6.22 Επιτόπια σκυροδέτηση και τοποθέτηση οπλισμού



Λεπτομέρεια 6.23 Επιτόπια σκυροδέτηση και τοποθέτηση του οπλισμού



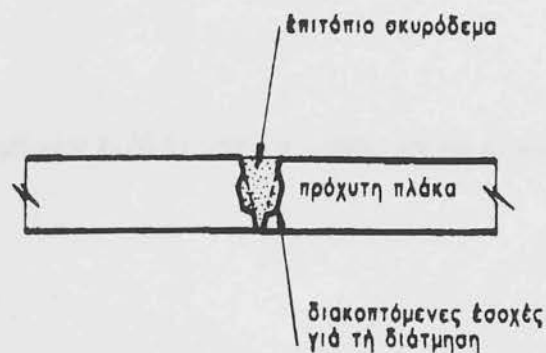
Λεπτομέρεια 6.24 Επιτόπια στερέωση με κονίαμα



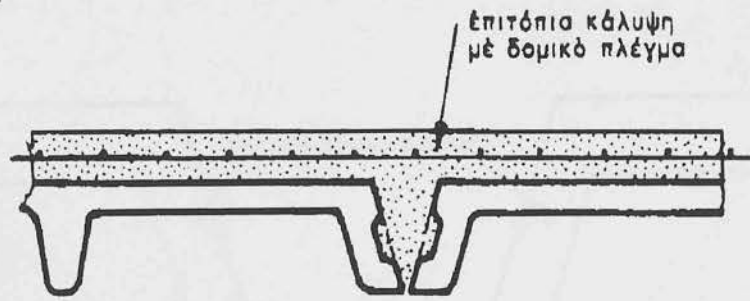
Λεπτομέρεια 6.25 Επιτόπια σκυροδέτηση, οπλισμός και συγκόλληση

Συνδέσεις μεταξύ παρακείμενων πρόχυτων στοιχείων πατωμάτων και στεγών

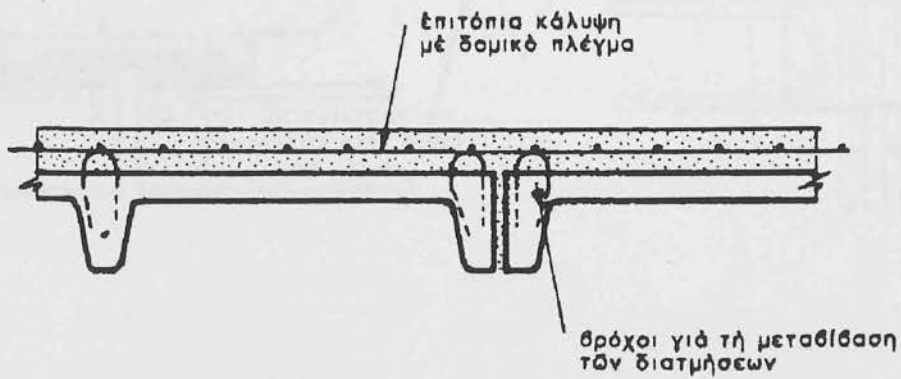
Πρέπει να υπολογίζονται οι ακόλουθες τυπικές λεπτομέρειες για τις δυνάμεις που δρουν στην υπόψη σύνδεση. Οι πλάκες πατωμάτων πρέπει να υπολογίζονται στο σύνολο, για να λειτουργούν διαφραγματικά, κατανέμοντας την τέμνουσα ανάμεσα στα κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής. Πρέπει να παίρνεται υπόψη η ενοποιητική επίδραση των περιμετρικών δοκών. Ο οπλισμός των στοιχείων δεν φαίνεται στο σχήμα.



Λεπτομέρεια 6.26 Επιτόπια σκυροδέτηση. Αυτή η σύνδεση εξαρτάται από τον περιμετρικό οπλισμό για την ολοκλήρωση του συστήματος μεταβίβασης των τεμνουσών

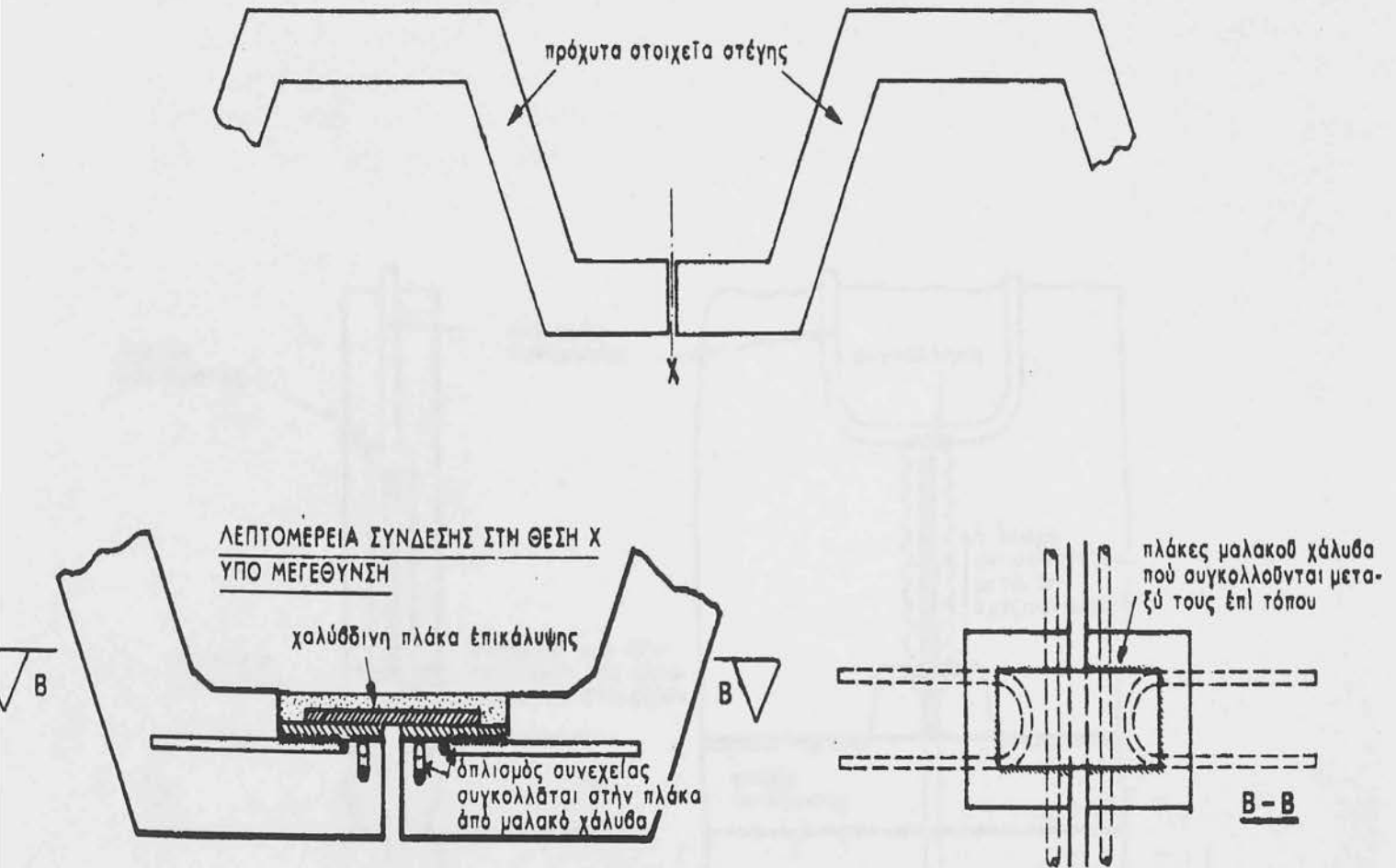


Λεπτομέρεια 6.27 Επιτόπια σκυροδέτηση και τοποθέτηση του οπλισμού



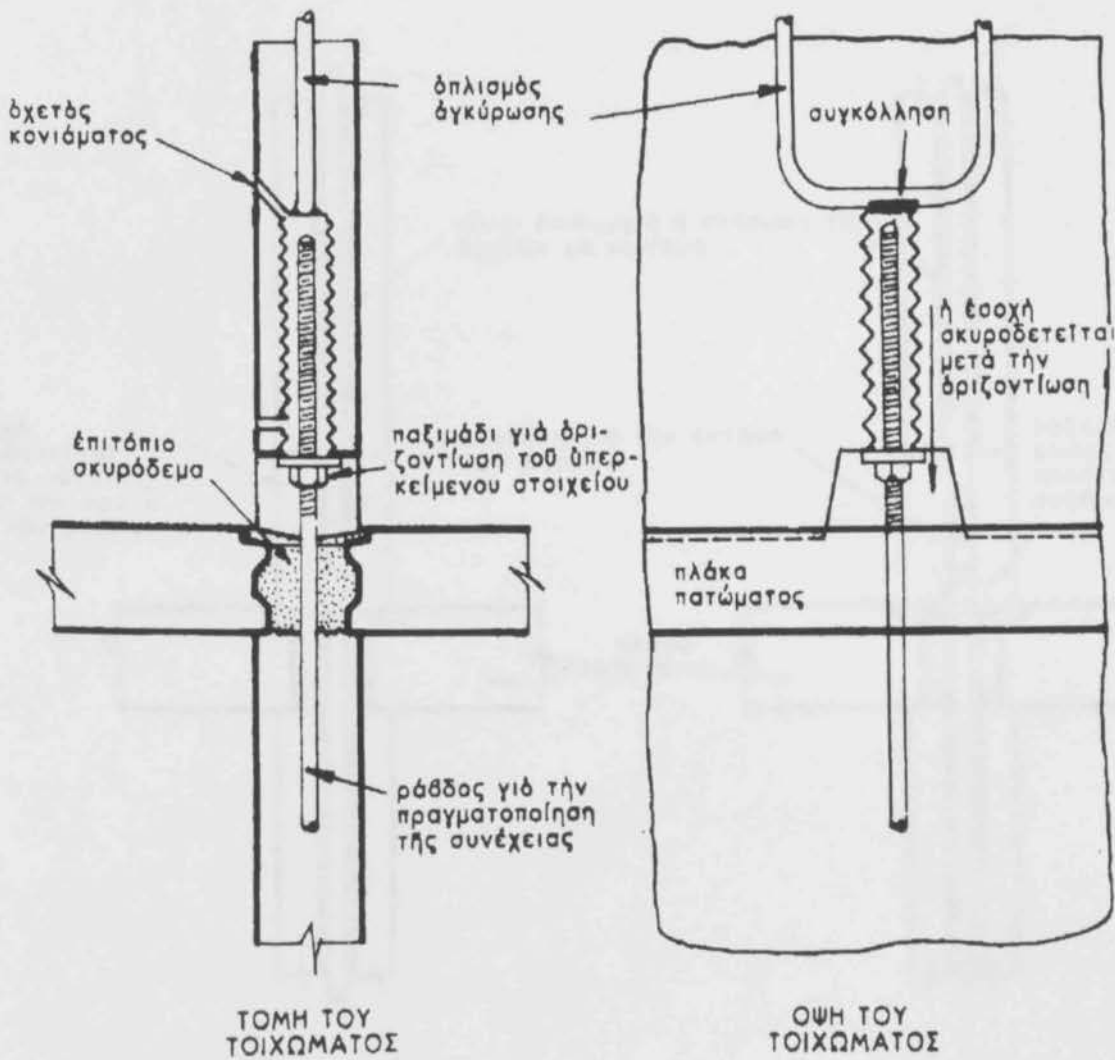
Λεπτομέρεια 6.28 Επιτόπια σκυροδέτηση και τοποθέτηση του οπλισμού

Επιτόπια μετρήσιμη παραμόρφωση στο πλαίσιο πηκτοειδούς τοιχοποιίας



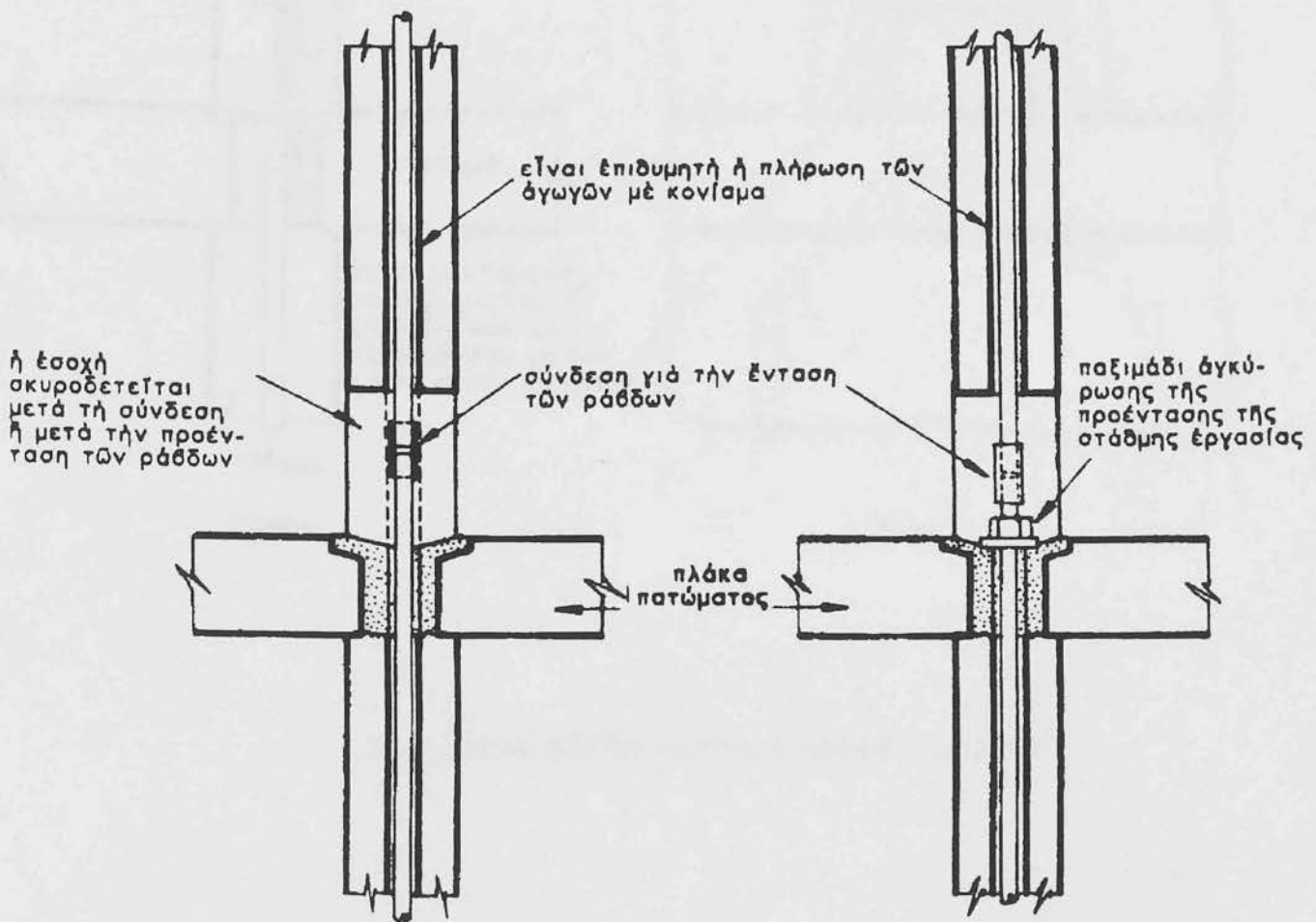
Λεπτομέρεια 6.29 Επιτόπια συγκόλληση και στερέωση με κονίαμα. Η χαλύβδινη πλάκα επικάλυψης κάμπτεται επί τόπου για να ταιριάξει στη διαφορετική καμπύλωση των παρακείμενων στοιχείων

Συνδέσεις μεταξύ παρακείμενων στοιχείων προκατασκευασμένων Τοιχωμάτων

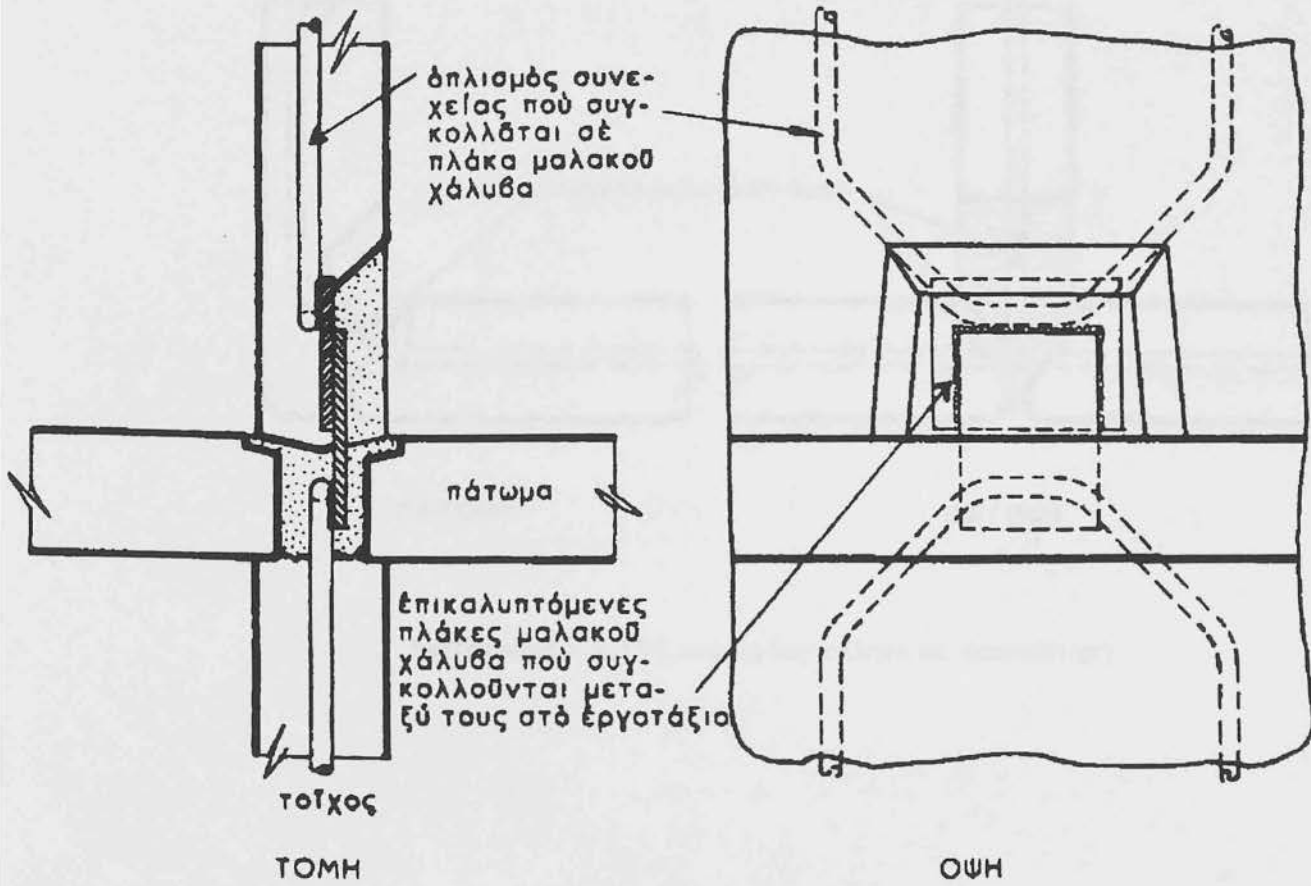


Λεπτομέρεια 6.30 Επιτόπια σκυροδέτηση και χύτευση κονιάματος

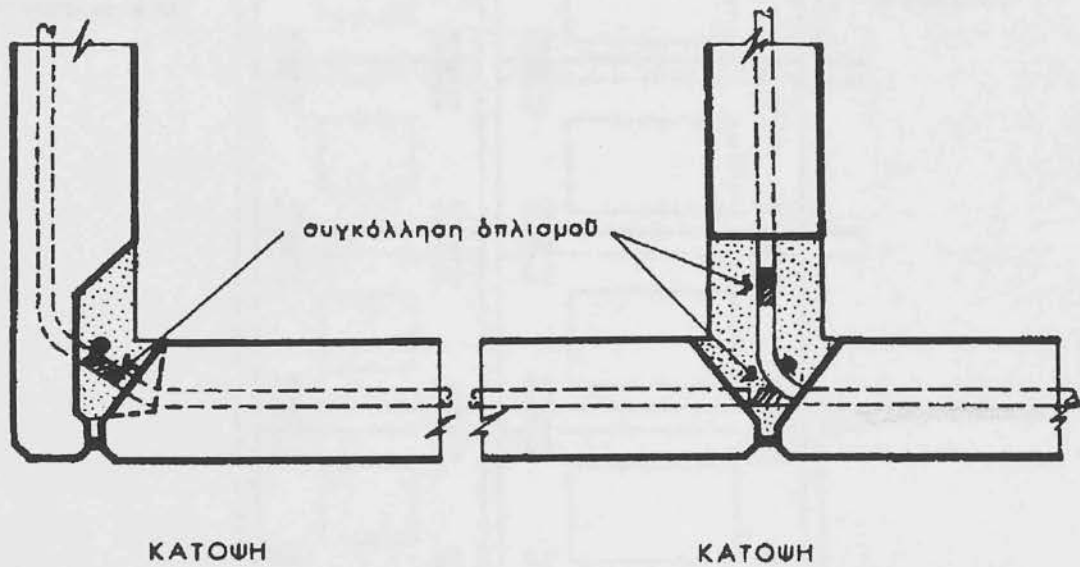
Πρέπει να υπολογίζονται οι ακόλουθες τυπικές λεπτομέρειες για τις δυνάμεις που δρουν στην υπόψη σύνδεση. Η παραγωγή ενός όλκιμου και εύκολα συναρμολογούμενου πρόχυτου τοιχίου εμποδίζεται από μεγάλα προβλήματα, και ως τώρα δεν έχει αναπτυχθεί καμία καθολική λύση. Οι παρακάτω λεπτομέρειες (αλλά και η λεπτομέρεια 6.30), μπορούν να προσαρμοστούν έτσι, ώστε να χρησιμοποιούνται σε εσωτερικά ή εξωτερικά τοιχώματα, δηλαδή επενδύσεις. Ο οπλισμός των στοιχείων δεν φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.



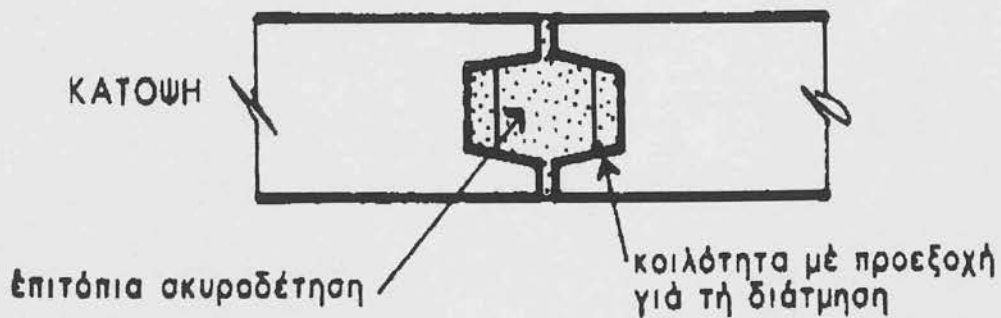
Λεπτομέρεια 6.31 Επιτόπια σκυροδέτηση, προένταση και πλήρωση των αγωγών με κονίαμα



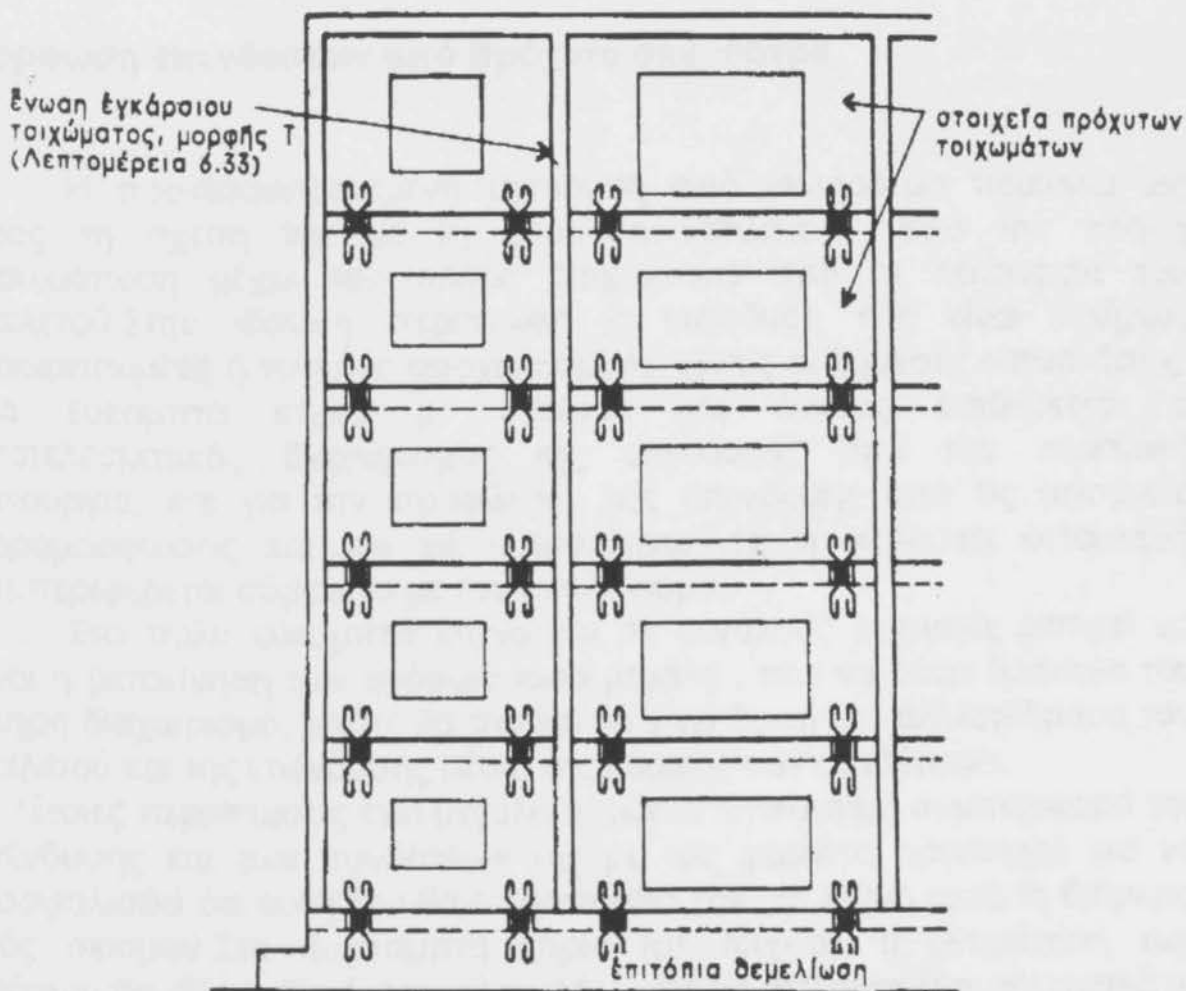
Λεπτομέρεια 6.32 Επιτόπια συγκόλληση και σκυροδέτηση



Λεπτομέρεια 6.33 Επιτόπια συγκόλληση και σκυροδέτηση



Λεπτομέρεια 6.34 Επιτόπια σκυροδέτηση



Λεπτομέρεια 6.35 Διάταξη ενώσεων στην όψη του τοίχου

Μόρφωση επενδύσεων από πρόχυτο σκυρόδεμα

Η προκατασκευασμένη επένδυση από σκυρόδεμα ποικίλλει ως προς τη σχέση της με τη φέρουσα κατασκευή, από την πλήρη ενσωμάτωση μέχρι τον πλήρη διαχωρισμό από τη λειτουργία του σκελετού. Στην ιδανική περίπτωση η επένδυση είτε είναι πλήρως ενσωματωμένη ή πλήρως αποχωρισμένη, χωρίς ενδιάμεσες καταστάσεις. Στα εύκαμπτα κτίρια με στύλους και δοκούς επιδιώκεται ο αποτελεσματικός διαχωρισμός της επένδυσης από την πλασιακή λειτουργία, και για την προφύλαξη της επένδυσης από τις σεισμικές παραμορφώσεις και για να εξασφαλιστεί ότι η φέρουσα κατασκευή συμπεριφέρεται σύμφωνα με τον υπολογισμό.

Στα πολύ εύκαμπτα κτίρια και σε μεγάλους σεισμούς μπορεί να είναι η μετακίνηση των ορόφων τόσο μεγάλη, που να κάνει δύσκολο τον πλήρη διαχωρισμό, οπότε θα πρέπει να γίνει δεκτή μια αλληλεπίδραση του σκελετού και της επένδυσης μέσω της κάμψης των συνδέσεων.

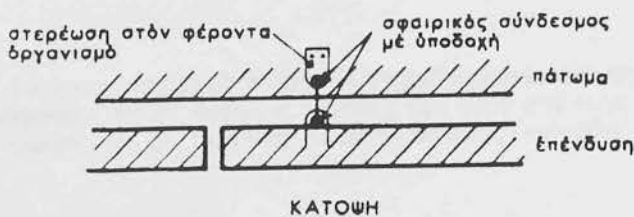
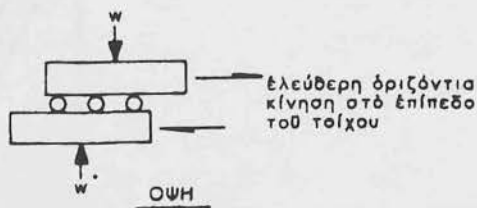
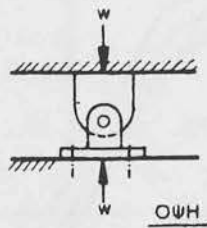
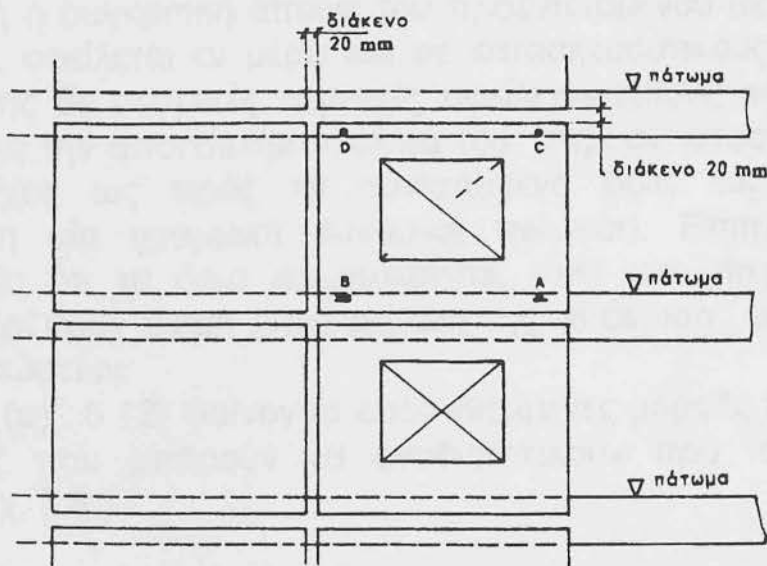
Σε τέτοιες περιπτώσεις έχει μεγάλη σημασία η πλάσιμη συμπεριφορά της επένδυσης και των συνδέσεων της με τον φέροντα οργανισμό για να εξασφαλισθεί ότι αυτή δεν θα αποσπασθεί από το κτίριο κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Στα δύσκαμπτα κτίρια (με τοιχεία), η μετακίνηση των ορόφων θα είναι γενικά αρκετά μικρή, ώστε να απλοποιείται σημαντικά το πρόβλημα της μόρφωσης συνδέσεων που προσφέρουν πλήρη διαχωρισμό.

Από τη άλλη μεριά, η προφύλαξη της επένδυσης και του σκελετού λαμβάνεται υπόψη κατά τη μελέτη. Υπάρχει μια αυξανόμενη τάση χρησιμοποίησης πλήρως αποχωρισμένων από τον σκελετό πρόχυτων κτιριακών επενδύσεων σε περιοχές ισχυρών σεισμών όπως η Καλιφόρνια η Ιαπωνία και η Νέα Ζηλανδία. Αυτό έγινε σε σύγχρονα μεγάλα κτίρια του Τόκιο, όπως το 47 όροφο Keio Plaza Hotel. Δυστυχώς είναι λίγα αυτά που έχουν δημοσιευτεί σχετικά με τις λεπτομέρειες συνδέσεων σε πλήρως διαχωρισμένες επενδύσεις. Στο κτίριο του Uchida, ένα χαλύβδινο 25ώροφο, ο διαχωρισμός της επένδυσης ήταν μερικός και οι συνδέσεις σχεδιασμένες έτσι που να μην αποσπώνται τα πετάσματα με μετακίνηση του ορόφου κατά 50 mm.

Τα διάκενα μεταξύ των προκατασκευασμένων στοιχείων προσδιορίζονται συχνά στα 20 mm για την αντιμετώπιση των σεισμικών κινήσεων και κατασκευαστικών ανοχών, είναι όμως δυνατό από τον υπολογισμό των μετακινήσεων να καθορισθούν μικρότερα ή μεγαλύτερα διάκενα.

Η στεγάνωση των διάκενων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικών νερόχυτων στον αρμό ή με μαστίχη δεν είναι επί του παρόντος γνωστή.

Οι αρχές της στερέωσης για πλήρως διαχωρισμένη πρόχυτη επένδυση δίνονται διαγραμματικά στο (σχ. 6.11). Αυτού του είδους οι συνδέσεις πρέπει να γίνονται με ανοξειδωτα υλικά, και να σχεδιάζονται έτσι ώστε να μεταφέρουν τα φορτία βαρύτητας και ανέμου από την επένδυση πίσω στη φέρουσα κατασκευή καθώς και να επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση του σκελετού.



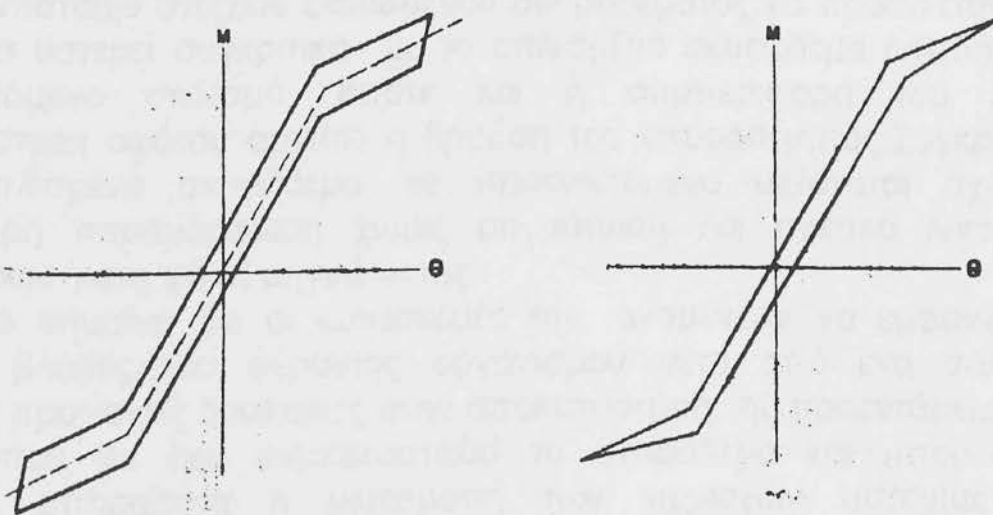
Σχ. 6.11 Σχηματική παράσταση της στερέωσης πρόχυτης επένδυσης που είναι πλήρως διαχωρισμένη από τη λειτουργία του φέροντος οργανισμού

Μόρφωση και υπολογισμός του προεντεταμένου σκυροδέματος

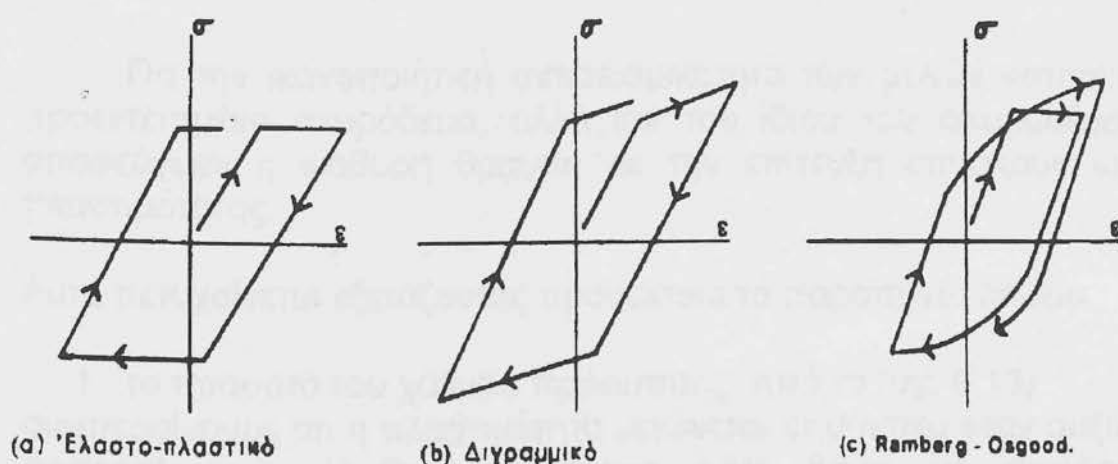
Τα μέλη από προεντεταμένο σκυρόδεμα κατασκευών που υπέστησαν σεισμούς, έχουν ως επί το πλείστον συμπεριφερθεί καλά. Οι αστοχίες οφείλοντο σε κυρίως ανεπαρκή μόρφωση της σύνδεσης ή στη φέρουσα κατασκευή. Το προεντεταμένο σκυρόδεμα έχει καθιερωθεί περισσότερο στη γεφυροποιία και είναι λιγότερο διαδεδομένο στη οικοδομική, σχετικά δε λίγες κατασκευές έχουν φέροντα οργανισμό από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Αυτή η συγκριτική άποψη του προεντεταμένου σκυροδέματος στην οικοδομή, οφείλεται εν μέρει και σε κατασκευαστικούς και οικονομικούς λόγους, στις δε σεισμικές περιοχές οφείλεται επίσης και σε διιστάμενες απόψεις για την αποτελεσματικότητά του, στην αντίσταση σεισμών. Για να γίνει έλεγχος ως προς τα συνιστώμενα όρια καμπυλότητας, είναι απαραίτητη μία γραμμική δυναμική ανάλυση. Επιπλέον ο Blakeley υποστηρίζει ότι τα όρια καμπυλότητας είναι μια υπερβολικά αυστηρά επιδή επιτρέπουν μικρή μόνο μείωση της απόκρισης μέσω ανελαστικών παραμορφώσεων.

Στο (σχ. 6.12) φαίνονται εξιδανικευμένες μορφές του διαγράμματος υστέρησης που μπορούν να αντιδιασταλούν πρό το διάγραμμα του χάλυβα (σχ. 5.8).



Σχ. 6.12 Εξιδανικευμένα διαγράμματα ροπής – γωνίας στροφής για το προεντεταμένο σκυρόδεμα



Σχ. 5.8 Εξιδανικευμένοι βρόχοι υστέρησης για την κυκλική συμπεριφορά του χάλυβα

Από το μικρό εύρος των βρόχων υστέρησης γίνεται φανερό ότι η ποσότητα ενεργειακών απωλειών λόγω υστέρησης γίνεται φανερό ότι η ποσότητα των ενεργειακών απωλειών λόγω υστέρησης του προεντεταμένου σκυροδέματος είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με τον χάλυβα ή το οπλισμένο σκυρόδεμα.

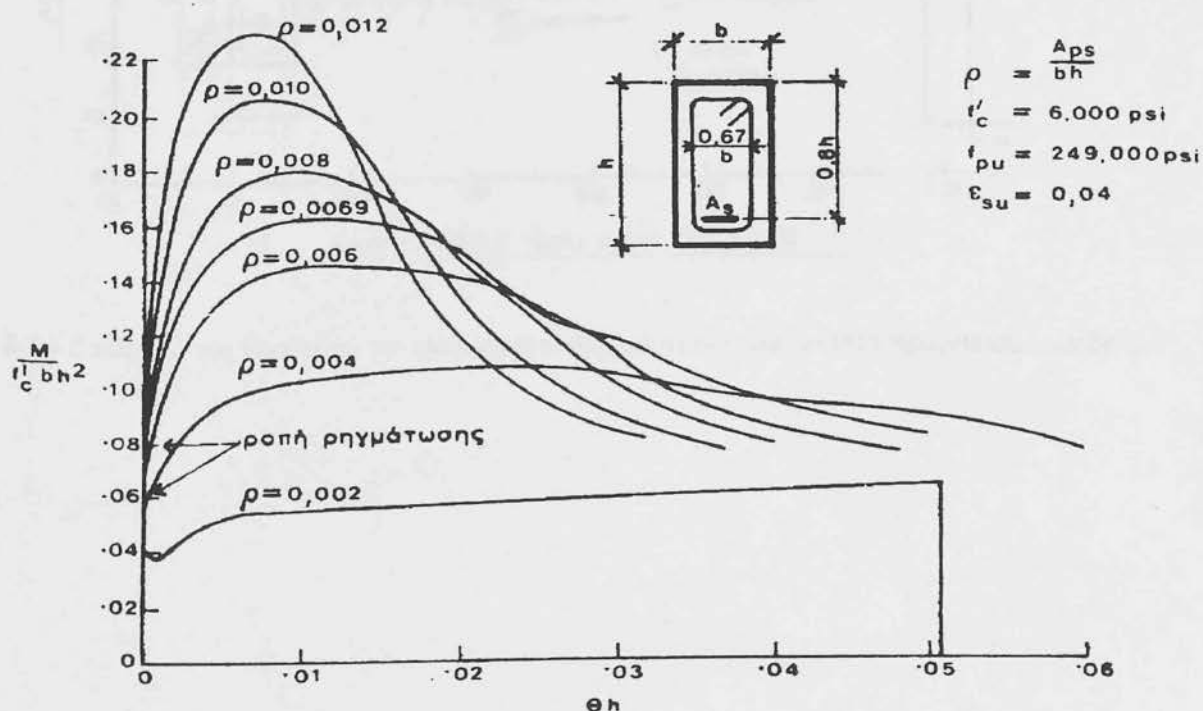
Από την άλλη πλευρά, η ικανότητα του προεντεταμένου σκυροδέματος να αποθηκεύει ελαστική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από ότι σε ένα αντίστοιχο στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος. Το προεντεταμένο σκυρόδεμα υστερεί συγκριτικά με το οπλισμένο σκυρόδεμα επειδή δεν έχει θλιβόμενο οπλισμό, οπότε και η συμπεριφορά του είναι ανεπαρκέστερη αφού αρχίζει η θραύση του σκυροδέματος. Συγκριτικά με το οπλισμένο σκυρόδεμα, το προεντεταμένο υφίσταται σχετικά περισσότερη παραμόρφωση χωρίς ρηγμάτωση και σχετικά λιγότερη παραμόρφωση στη φάση ρηγμάτωσης.

Αυτό σημαίνει ότι οι κατασκευές του, αναμένεται να εμφανίζουν λιγότερες βλάβες του φέροντος οργανισμού μετά από ένα σεισμό, υπάρχουν προφανείς δυσκολίες στην αποκατάσταση της προεντάσεως σε διατομές που θα έχει αντικατασταθεί το σκυρόδεμα και μπορεί να αποδεχθεί απαραίτητη η μετατροπή των περιοχών αστοχίας σε οπλισμένο σκυρόδεμα. Υποστηρίζεται ότι τα κτίρια προεντεταμένου σκυροδέματος μπορεί να είναι πιο εύκαμπτα από αντίστοιχες κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και ότι μπορεί να συμβούν περισσότερες βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως.

Για την ικανοποιητική αντισεισμικότητα των μελών κατασκευής με προεντεταμένο σκυρόδεμα, αλλά και του ίδιου του σκυροδέματος, να αποφεύγεται η ψαθυρή θραύση με την επίτευξη επαρκούς ωφέλιμης πλαστιμότητας.

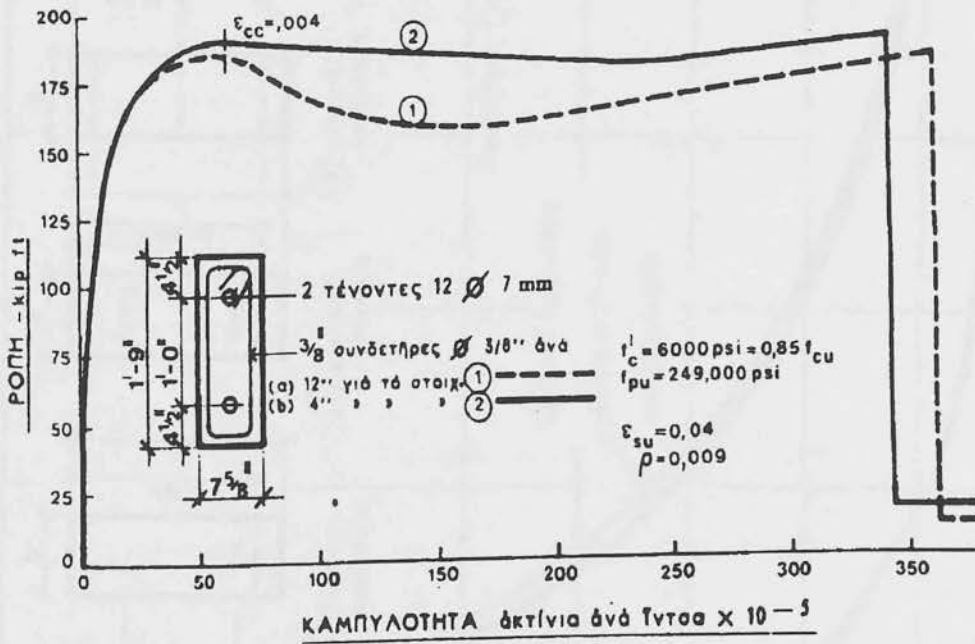
Αυτό πετυχαίνεται εξετάζοντας προσεκτικά τα παραπάνω σημεία :

1. το ποσοστό του χάλυβα προέντασης. Από το (σχ. 6.13) συμπεραίνουμε ότι η πλαστιμότητα μειώνεται σημαντικά όταν αυξάνεται το ποσοστό του χάλυβα προέντασης ρ . Με βάση τις απαιτήσεις του κανονισμού η τιμή του ρ για την αποφυγή ψαθυρής θραύσης κάτω από στατική φόρτιση. Για να εξασφαλιστεί επαρκής πλαστιμότητα για τον αντισεισμικό υπολογισμό, σαν πιο κατάλληλη συνιστάται μια μειωμένη τιμή $\rho < \rho_{\text{ή}} = \text{από } 0,005$.



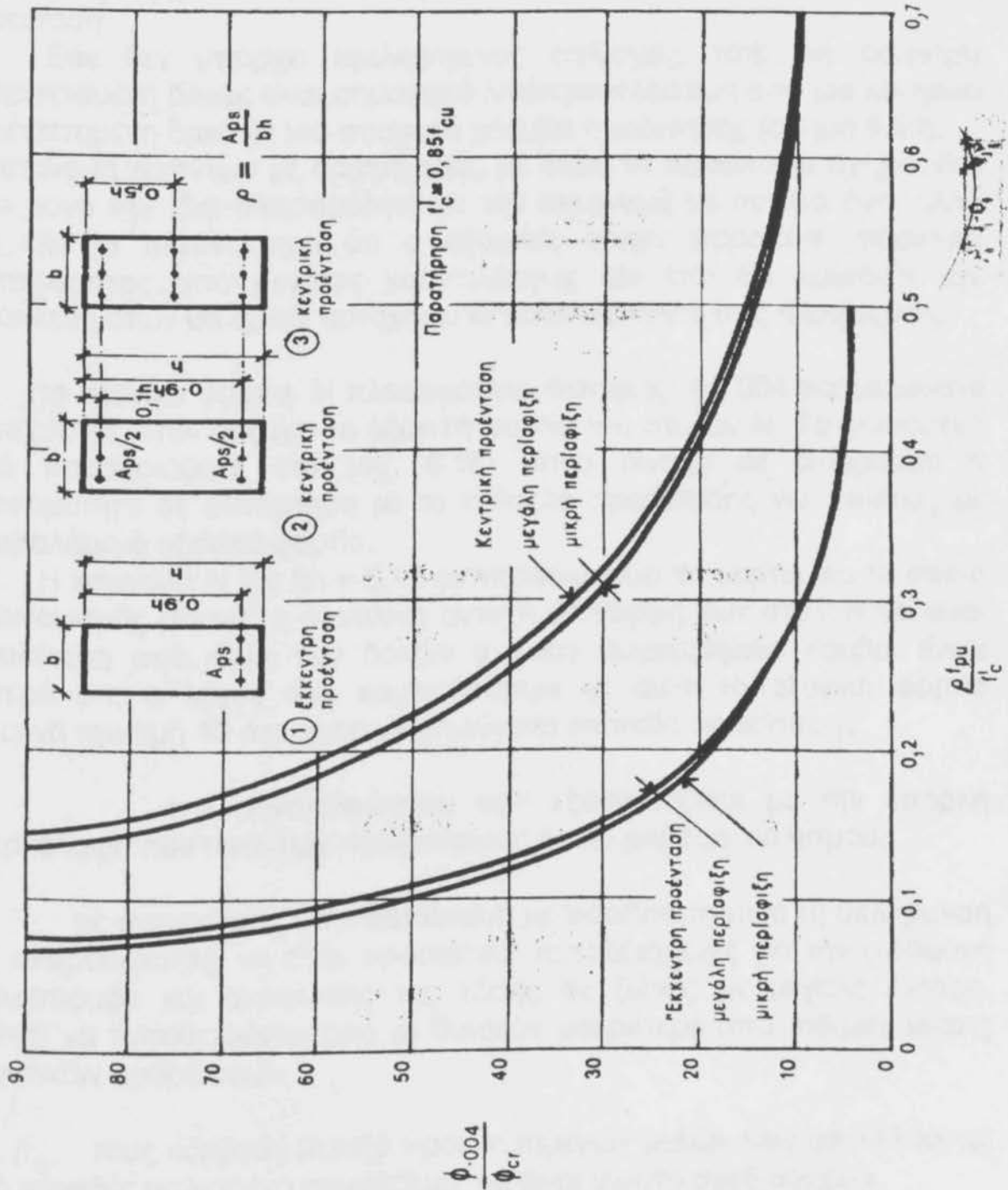
Σχ. 6.13 Διαγράμματα ροπών – καμπυλοτήτων για προεντεταμένες δοκούς ορθογωνικής διατομής, που δείχνουν την επίδραση του ποσοστού του χάλυβα προέντασης πάνω στην πλαστιμότητα

2. το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού. Το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού έχει συγκριτικά μικρή επίδραση στη ωφέλιμη πλαστιμότητα δοκών υπό μέση προένταση. Στο (σχ. 6.14) φαίνεται ότι ο τριπλασιασμός του εγκάρσιου οπλισμού έχει συγκριτικά μικρή επίδραση στη διατήρηση της αντοχής κάτω από μεγάλες καμπυλότητες και μόλις που επέδρασε στο εύρος της περιοχής των παραμορφώσεων του σκυροδέματος πριν τη θραύση, ϵ_c , ή = από 0,004.



Σχ. 6.14 Επίδραση του ποσοστού του εγκάρσιου οπλισμού στην πλαστιμότητα προεντεταμένων δοκών

Η μικρή επίδραση του οπλισμού περίσφγιξης στην πλαστιμότητα φαίνεται και από το (σχ. 6.15).



Σχ. 6.15 Μεταβολή του λόγου καμπυλοτήτων κατά τη λογιστική θραύση του σκυροδέματος (πλαστιμότητα διατομής) για δοκούς προεντεταμένου σκυροδέματος

D.j.DOWRICK . Αντισεισμικός Σχεδιασμός Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, Μ. Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph. D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα σελ. 248.

3. την κατανομή του χάλυβα προέντασης. Στις περιοχές αλλαγής προσήμου της ροπής όπου και υπάρχουν οι μεγαλύτερες απαιτήσεις πλαστιμότητας, συνήθως η απαιτούμενη κατανομή της προέντασης είναι σχεδόν αξονική. Στα σημεία της κατασκευής που δεν παρατηρούνται αλλαγές προσήμου στην ένταση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί έκκεντρα προένταση.

Εάν δεν υπάρχει εφελκόμενος οπλισμός, τότε μία έκκεντρα προεντεταμένη δοκός είναι σημαντικά λιγότερο πλαστική από μία κεντρικά προεντεταμένη δοκό με ίσο ποσοστό χάλυβα προέντασης (σχήμα 6.15).

Η κατανομή τενόντων με αριθμό τρία, με βάση το παραπάνω σχήμα, δεν δίνει μόνο την ίδια πλαστιμότητα με την κατανομή με αριθμό δύο, αλλά έχει και το πλεονέκτημα ότι ο αξονικός τένων παραμένει πρακτικά ανεπηρέαστος από μεγάλες καμπυλότητες και έτσι θα κρατήσει την κατασκευή ότων θα έχουν αστοχήσει οι τένοντες κοντά στις ακραίες ίνες.

4. το αξονικό φορτίο. Η πλαστιμότητα διατομής $\phi 0,004/f_{cr}$ μειώνεται με ταχύτητα, όταν αυξάνει το αξονικό φορτίο του στύλου N. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται στο (σχ. 6.16) όπου δίνεται σε διάγραμμα η πλαστιμότητα σε συνάρτηση με το επίπεδο προέντασης για στύλους με μεταβαλλόμενο αξονικό φορτίο.

Η καμπύλη $N / f_c b h = 0,12$ αντιπροσωπεύει το φορτίο για το οποίο ο Κανονισμός απαιτεί η συνολική αντοχή σε κάμψη των στύλων να είναι μεγαλύτερη από αυτή των δοκών σ' έναν συγκεκριμένο κόμβο. Είναι φανερό ότι, ο λόγος των καμπυλοτήτων γι' αυτό το αξονικό φορτίο ξεπερνά την τιμή 10 στα χρησιμοποιούμενα επίπεδα προέντασης.

5. την μονολιθικότητα, που εξασφαλίζεται με την επαρκή υπερκάλυψη των τενόντων προεντάσεως ή των ράβδων οπλισμού,

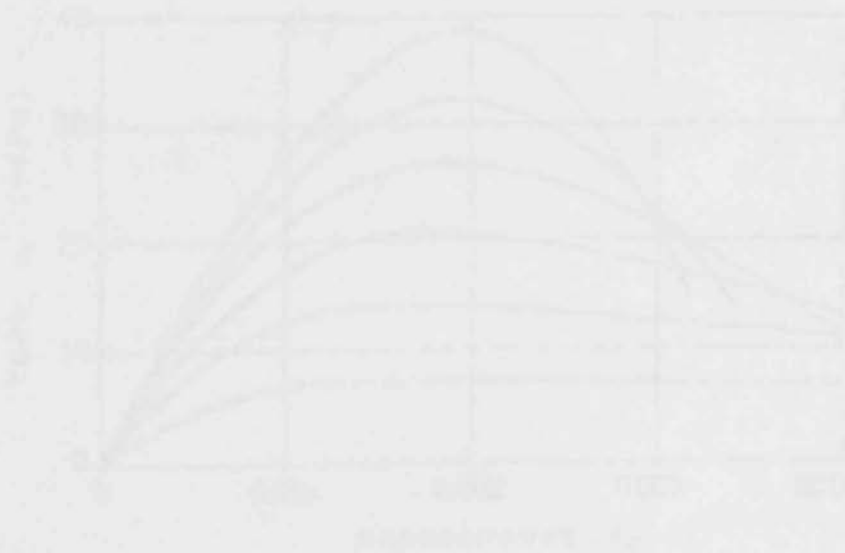
6. τις αγκυρώσεις στην κατασκευή με προένταση μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος, να είναι προσεκτικά τοποθετημένες για την αποφυγή συνωπισμού και ανύψωσης της τάσης σε ζώνες με μεγάλη ένταση. Πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν μακρύτερα από πιθανές θέσεις πλαστικών αρθρώσεων,

7. τους κόμβους μεταξύ προεντεταμένων μελών που αποτελούνται από σύνηθες οπλισμένο σκυρόδεμα, να είναι σωστά σχεδιασμένοι,

8. τις ενώσεις με χρήση μηχανολογικών διατάξεων ,

9. ο εγκάρσιος οπλισμός φαίνεται να παίζει δευτερεύοντα ρόλο στο πλήρως προεντεταμένο σκυρόδεμα, αλλά όσο χαμηλότερο το επίπεδο της προέντασης, τόσο περισσότερο χρειάζεται ο οπλισμός περίσφιγξης όπως στους δοκούς ή στους στύλους οπλισμένου σκυροδέματος.

10. η τσιμεντένεση των τενόντων σε σκυρόδεμα που εντείνεται μετά τη σκλήρυνση, επιτακτική σε μερικές σεισμογενείς χώρες, βασίζεται στον φόβο απελευθέρωσης της αγκύρωσης κάτω από αναστρεφόμενη φόρτιση. Πάντως, όπου οι αγκυρώσεις είναι ενεργές, η χρήση τενόντων χωρίς συνάφεια σε σεισμικές περιοχές είναι εξασφαλισμένη. Στη συνθήκη αυτή είναι φανερό ότι ανταποκρίνονται οι αγκυρώσεις με σπείρωμα και περικόχλιο και τα συστήματα με διαμόρφωση διερεύνησης στο άκρο, ενώ μερικά συστήματα με σφήνωση μπορούν να αποδεχθούν κάτω από αναστρεφόμενη φόρτιση.

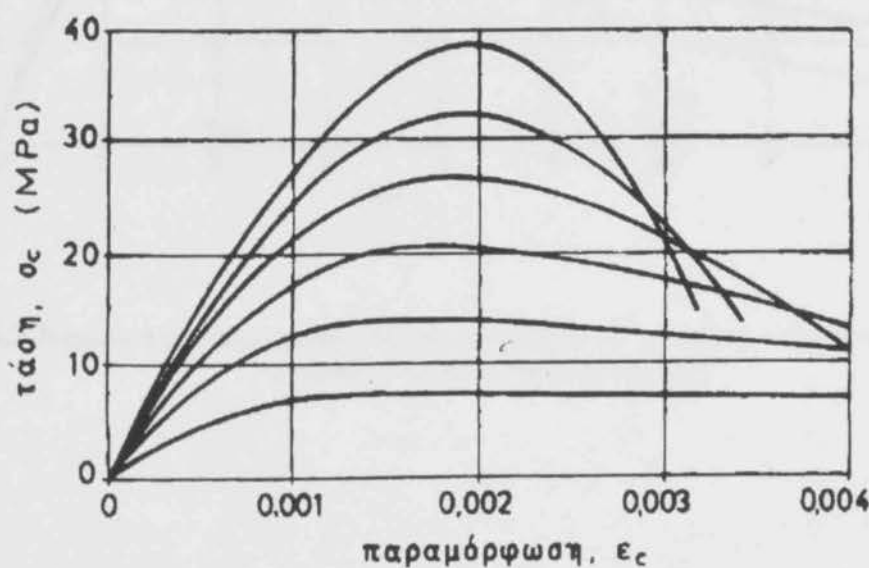


Το απερίσφικτο σκυρόδεμα

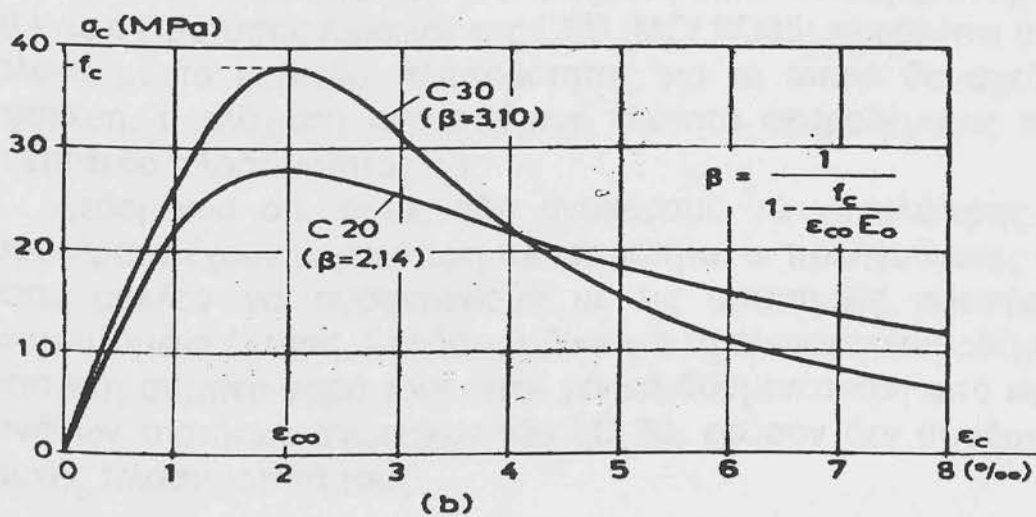
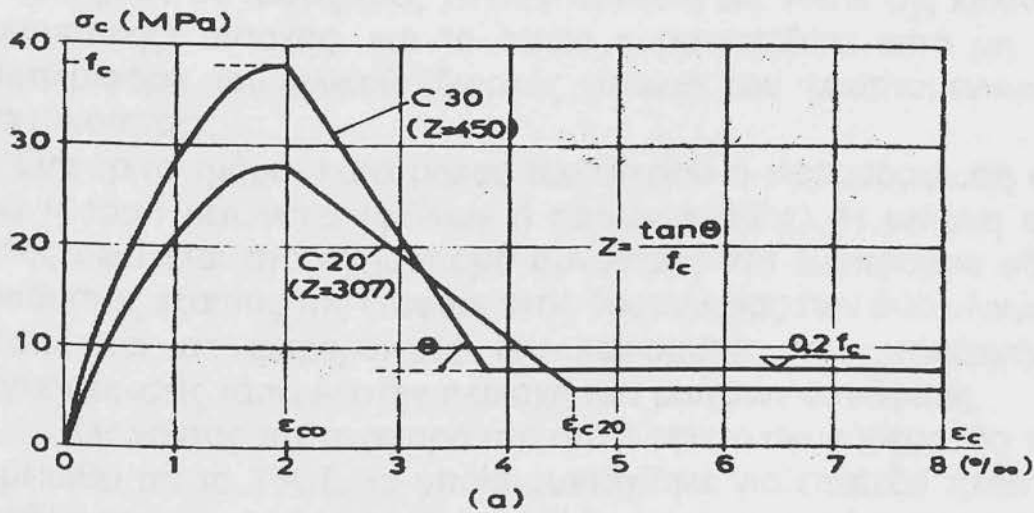
Για τον προσδιορισμό των διαγραμμάτων τάσεων – παραμορφώσεων για σεισμική φόρτιση χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, πειραματικές διατάξεις στις οποίες το υλικό υποβάλλεται σε επαναλαμβανόμενη φόρτιση – αποφόρτιση, χωρίς εναλλαγή προσήμου, ή ανακυκλιζόμενη (με εναλλαγή προσήμου) φόρτιση στατικού τύπου (μικρή ταχύτητα φόρτισης). Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων από τέτοιες δοκιμές με την πραγματική συμπεριφορά σε σεισμική ένταση, στη διάρκεια της οποίας οι παραμορφώσεις επιβάλλονται με πολύ ταχύ ρυθμό, είναι πάντοτε προς το μέρος της ασφάλειας, όσον αφορά την αντοχή του υλικού.

Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα από τη πειραματική έρευνα είναι ότι η περιβάλλουσα μιας ανακυκλιζόμενης φόρτισης, η καμπύλη δηλαδή κάτω από την οποία βρίσκονται όλα τα σημεία σί – εϊ που αντιστοιχούν σε διαδοχικές φορτίσεις – αποφορτίσεις, ταυτίζεται σχεδόν με την καμπύλη που προκύπτει από τη μονότονη (δηλ. χωρίς αποφόρτιση) επιβολή του φορτίου μέχρι τη θραύση, με πιθανή εξαίρεση την περιοχή των προχωρημένων αναλαστικών παραμορφώσεων.

Η καμπύλη που προκύπτει από το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων (σχήματα 5.1, 5.2) αποτελείται από τρία τμήματα :



Σχ. 5.1 Διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων για κυλίνδρους από σκυρόδεμα σε μονοαξονική σύνθλιψη



Σχ. 5.2 Αναλυτικά μοντέλα για τον υπολογισμό της καμπύλης τάσεων – παραμορφώσεων του σκυροδέματος σε μονότονη σύνθλιψη

α) Το αρχικό, περίπου γραμμικό τμήμα (με βάση το οποίο αναπτύχθηκε η θεωρία των επιτρεπόμενων τάσεων).

β) Ένα δεύτερο τμήμα, που ορίζεται από τις παραμορφώσεις που αντιστοιχούν σε τάσεις ίσες 70 % (περίπου) ως 100% της κυλινδρικής (ή πρισματικής) αντοχής, και το οποίο χαρακτηρίζεται από μη γραμμική συμπεριφορά του υλικού (διαρκής μείωση του εφαπτομενικού μέτρου ελαστικότητας).

γ) Ένα τρίτο τμήμα, κατά μήκος του οποίου η παραμόρφωση αυξάνεται ενώ η τάση μειώνεται (φθίνων ή κατιών κλάδος). Η μείωση αυτής της τάσης οφείλεται στο σχηματισμό συνάφειας στη διεπιφάνεια αδρανών – κονιάματος εξαιτίας της διαφορετικής δυσκαμψίας των δύο υλικών, καθώς επίσης και σε μικρορωγμές του κονιάματος που προέρχονται από συγκεντρώσεις τάσεων στην περιοχή των ρωγμών συνάφειας.

Κλείνοντας την αναφορά στο απερίσφικτο σκυρόδεμα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι το Σ.Κ.Σ. το οποίο συντάχθηκε για επίπεδο πλαστιμότητας προβλέπει για τριώροφα και άνω ελάχιστη επιτ. ποιότητα σκυροδέματος C16 ενώ ο Πρότυπος Κώδικας της CEB (MC/ SD85) προβλέπει ότι, ανάλογα με το επίπεδο πλαστιμότητας για το οποίο θα σχεδιαστεί η κατασκευή, η ελάχιστη επιτρεπόμενη πύοτητα σκυροδέματος είναι C25 (για επίπεδο πλαστιμότητας III).

Δεδομένου ότι, όπως ήδη αναφέραμε, τα χαμηλότερης αντοχής σκυροδέματα έχουν μεγαλύτερη πλαστιμότητα, οι προηγούμενες διατάξεις πρέπει μάλλον να συσχετισθούν με τις απαιτήσεις συνάφειας υπό ανακυκλιζόμενη ένταση. Ωστόσο, ειδικά για τα ελαφροσκυροδέματα (που η σεισμική συμπεριφορά τους είναι γενικά δυσμενέστερη από εκείνη των συνηθών πιοτήτων ανώτερων του LC 30, εφόσον δεν αποδुकνύεται η επαρκής πλαστιμότητά τους.

Το περισφιγμένο σκυρόδεμα

Όπως είναι γνωστό η αντοχή, αλλά και η ικανότητα παραμόρφωσης του σκυροδέματος αυξάνεται σημαντικά όταν αυτό βρίσκεται υπό τριαξονική ένταση. Στην πράξη, η τριαξονική επιπόνηση δημιουργείται όταν οι εγκάρσιοι οπλισμοί (κλειστοί συνδετήρες ή σπείρες) παρεμποδίζουν την πλευρική διόγκωση ενός μανοαξονικά θλιβόμενου στοιχείου. Το σκυρόδεμα το οποίο υφίσταται την ευνοϊκή αυτή λειτουργία του εγκάρσιου οπλισμού ονομάζεται περισφιγμένο (ή εγκιβωτισμένο).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ένα βαθμό περίσφιξης μπορεί να συνεισφέρουν και οι διαμήκεις οπλισμοί ενός στοιχείου, ιδιαίτερα όταν αποτελούνται από ράβδους μεγάλης διαμέτρου, διαταγμένες σε πυκνές αποστάσεις. Ακόμη, ρόλο περίσφιξης μπορεί να παίξει σε ορισμένες περιπτώσεις και το αξονικό φορτίο (δημιουργία τριαξονικής έντασης).

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο απερίσφικτο σκυρόδεμα, η ανελαστική συμπεριφορά του υλικού οφείλεται στη δημιουργία εσωτερικών ρωγμών συνάφειας μεταξύ αδρανών και κονιάματος, φαινόμενο που επηρεάζει απαοφασιστικά το φθίνοντα κλάδο του διαγράμματος $\sigma - \epsilon$.

Η παρουσία της περίσφιξης αρχίζει να επηρεάζει τη συμπεριφορά του σκυροδέματος από τη στιγμή που η εσωτερική ρηγμάτωση προκαλεί διόγκωση του υλικού. Έτσι οι εγκάρσιοι οπλισμοί δεν επηρεάζουν το πρώτο τμήμα της καμπύλης $\sigma - \epsilon$ και συνεισφορά τους αρχίζει να γίνεται σημαντική στην περιοχή του φθίνοντα κλάδου.

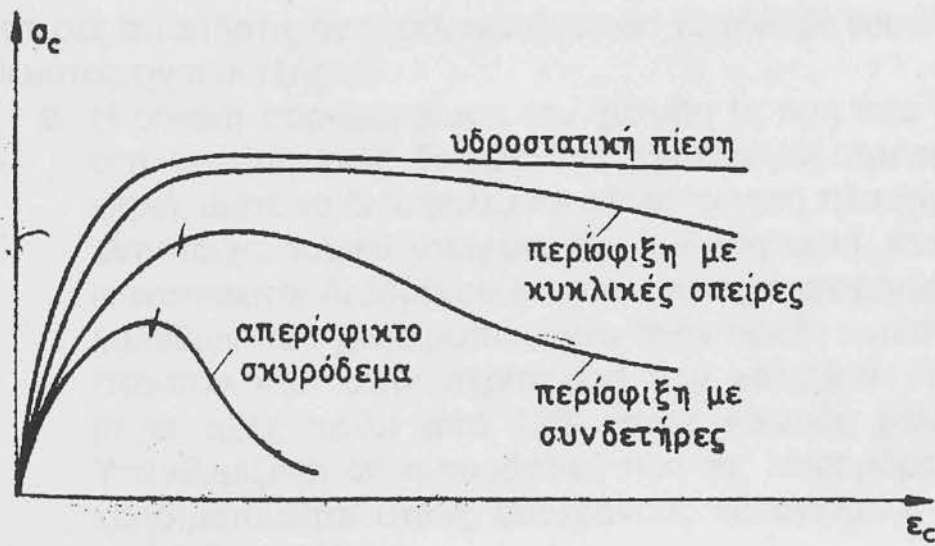
Να σημειωθεί ότι η περίσφιξη έχει ένα ευνοϊκό κλάδο και συγκεκριμένα:

α) αυξάνει την αντοχή του σκυροδέματος, με αποτέλεσμα να αναπληρώνονται τυχόν απώλειες που δημιουργούνται από την αποφλοίωση (θραύση του σκυροδέματος της επικάλυψης των οπλισμών) των στοιχείων, η οποία επέρχεται όταν οι θλιπτικές παραμορφώσεις ξεπερνούν το 4%.

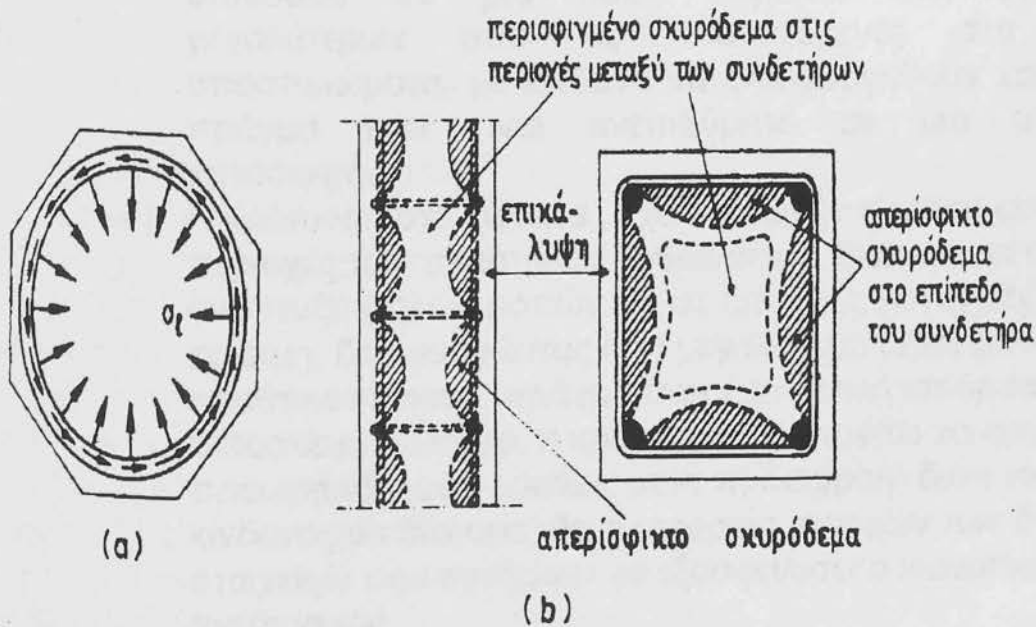
β) Μειώνει την κλίση του φθίνοντα κλάδου στο διάγραμμα $\sigma - \epsilon$ και επομένως αυξάνει τη μέγιστη χρήσιμη παραμόρφωση ϵ_{cu} (σε τιμές που μπορεί να ξεπερνούν κατά πολύ την τιμή 3.5 % που δέχονται οι Κανονισμοί), δηλαδή αυξάνει την πλαστιμότητά του σκυροδέματος. Αυτός είναι και ο σημαντικότερος ρόλος της περίσφιξης και το κλειδί για την υλοποίηση των απαιτήσεων των σύγχρονων κανονισμών.

Όπως φαίνεται στο ποιοτικό διάγραμμα του (σχ. 5.5) η περίσφιξη από κυκλική σπείρα μπορεί να φθάσει κοντά σ' εκείνη που αντιστοιχεί σε υδροστατική πίεση (πλήρης τριαξονική κατάσταση). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι, λόγω του σχήματός τους, οι κυκλικές σπείρες βρίσκονται σε περιφερειακό εφελκυσμό και δημιουργούν συνεχή πίεση περίσφιξης (σ_l) σε όλη την περιφέρεια (σχ. 5.6 a).

Από την άλλη μεριά, οι τετραγωνικοί ή ορθογωνικοί συνδετήρες μπορούν να προσφέρουν σημαντική πίεση μόνο στις γωνίες τους, δεδομένου ότι η διόγκωση του σκυροδέματος στο εσωτερικό τους εκτρέπει τις πλευρές των συνδετήρων προς τα έξω (<<βέλος κάμψης>>) αφήνοντας τμήματα της διατομής (μορφής τόξου, σχ. 5.6b χωρίς περίσφιξη). Τα τμήματα αυτά είναι ακόμη μεγαλύτερα στις διατομές ανάμεσα από τους συνδετήρες, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχ. 5.6b



Σχ. 5.5 Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων σκυροδέματος για διάφορα είδη περίσφιξης



Σχ. 5.6 Συνήθη είδη περίσφιξης : α) Με κυκλική σπείρα . b) με τετραγωνικούς συνδετήρες

Ο Χάλυβας

Οι κυριότερες απαιτήσεις αντισεισμικότητας για το χάλυβα του οπλισμένου σκυροδέματος είναι οι εξής :

- a. Η οριακή παραμόρφωση του χάλυβα (η τιμή που αντιστοιχεί στη θραύση ενός δοκιμίου σε εφελκυσμό) πρέπει να είναι ψηλή, ώστε να διασφαλίζεται ικανοποιητική πλαστιμότητα στα αντιστοιχα δομικά στοιχεία. Η απαίτηση αυτή, κατά κανόνα, ικανοποιείται δεδομένου ότι, οι οριακές παραμορφώσεις των χαλύβων που χρησιμοποιούνται στην πράξη κυμαίνονται από περίπου 4%, στην περίπτωση των χαλύβων προέντασης, μέχρι τιμές πάνω από 12% στους κοινούς χάλυβες 5.6 . Υπενθυμίζεται ότι η συμβατική τιμή της παραμόρφωσης που χρησιμοποιείται στους σύγχρονους κανονισμούς κυμαίνεται από 0.5 ως 1% .
- b. Το πραγματικό όριο διαρροής του χάλυβα δεν πρέπει να ξεπερνά σημαντικά την προδιαγραφόμενη τιμή του, διότι αυξημένη αντοχή του οπλισμού ενός στοιχείου, σημαίνει δυνατότητα για ανάπτυξη ψηλότερης τέμνουσας από εκείνη που εκτιμήθηκε κατά το σχεδιασμό. Οι ψηλές τιμές τέμνουσας επηρεάζουν δυσμενώς τη σεισμική συμπεριφορά ενός στοιχείου, μειώνοντας σημαντικά την πλαστιμότητα του. Επίσης , αύξηση της προδιαγραφόμενης αντοχής του οπλισμού σε μία δοκό σημαίνει ανάπτυξη ροπών μεγαλύτερων από τις αναμενόμενες στα γειτονικά υποστυλώματα, με κίνδυνο να δημιουργηθούν και εκείσεις , πράγμα που είναι ανεπιθύμητο σε μια αντισεισμική κατασκευή.
- c) Η κράτυνση στο χάλυβα , έχει καταρχήν ευνοϊκή επιρροή στις περιοχές των πλαστικών αρθρώσεων, διότι επιτρέπει την ανάπτυξη ψηλών ροπών και σε διατομές γειτονικές προς την κρίσιμη, δημιουργώντας έτσι μεγαλύτερα μήκη ζωνών πλαστικοποίησης, πράγμα που έχει θετική επίδραση στην κατασκευή. Ωστόσο, η κράτυνση δεν πρέπει να αρχίζει πρόωρα (δηλαδή αμέσως μετά τη διαρροή) διότι τότε υπάρχει κίνδυνος να διαταραχθεί η ιεραρχία αντοχών των δομικών στοιχείων που επιδιώκει να εξασφαλίσει ο ικανοτικός σχεδιασμός.

Έτσι και στην περίπτωση αύξησης της αντοχής μιας δοκού λόγω κράτυνσης, υπάρχει ο κίνδυνος να δημιουργηθούν πλαστικές αρθρώσεις στα γειτονικά υποστυλώματα. Εξάλλου, αύξηση των αναπτυσσόμενων ροπών σ' ένα στοιχείο λόγω κράτυνσης του χάλυβα, προκαλεί και ανάλογη αύξηση των τεμνουσών δυνάμεων, με δυσμενείς επιπτώσεις στην πλαστιμότητα του στοιχείου.

- e) Ο χάλυβας σ' ένα στοιχείο με απαιτήσεις αντισεισμικότητας πρέπει να είναι σε θέση να συνεργάζεται με το περιβάλλον σκυρόδεμα, ακόμη και στις περιοχές όπου παρουσιάζονται σημαντικές ανακυκλιζόμενες παραμορφώσεις, όπως είναι οι περιοχές των πλαστικών αρθρώσεων. Επομένως το πρόβλημα της συνάφειας χάλυβα – σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα κρίσιμο στις αντισεισμικές κατασκευές.

Με βάση τις προηγούμενες απαιτήσεις θα προέκυπτε καταρχήν το συμπέρασμα ότι ο καταλληλότερος χάλυβας για αντισεισμικές κατασκευές είναι τύπου S 220 με νευρώσεις σχετικά με τις ποιότητες του χάλυβα σύμφωνα με το ΣΚΣ. Πράγματι, οι χάλυβες αυτοί (αντίστοιχοι του σημερινού Stl) χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα ψηλές οριακές παραμορφώσεις και σχετικά χαμηλές τιμές κράτυνσης, που εμφανίζονται αρκετά αργότερα από τη διαρροή. Εξάλλου οι νευρώσεις είναι απαραίτητες για τη διασφάλιση ικανοποιητικής συνάφειας υπό ανακυκλιζόμενη ένταση. Ωστόσο, ο προηγούμενος συλλογισμός προσκρούει σε μια σειρά πρακτικών προβλημάτων.

Για παράδειγμα, η χρήση χαλύβων χαμηλής αντοχής έχει, κατά κανόνα, ως συνέπεια να προκύπτουν ψηλά ποσοστά οπλισμού και, συχνά, απαιτήσεις για ράβδους μεγάλης διαμέτρου. Πέρα από τις οικονομικές επιπτώσεις που έχει κάτι τέτοιο (αύξηση κόστους εργατικών, χρόνου κατασκευής κ.λ.π.), τα ψηλά ποσοστά οπλισμού μειώνουν την πλαστιμότητα ενός στοιχείου, ενώ οι μεγάλης διαμέτρου ράβδοι έχουν προβληματικότερη συμπεριφορά σε σχέση με τη συνάφεια και τη ρηγμάτωση. Ακόμη, δεν θα πρέπει να αγνοηθούν ορισμένα καθαρά πρακτικά προβλήματα, όπως η επιτόπου αναγνώριση των ποιοτήτων των χαλύβων, που αποτελεί και το βασικό λόγο για τον οποίο δεν κυκλοφορεί σήμερα (στην Ελλάδα) το Stl με νευρώσεις.

Ωστόσο, ορισμένοι κανονισμοί, όπως ο Νεοζηλανδικός συνιστούν τη χρήση χαλύβων τύπου αντίστοιχου προς το S220 για τα οριζόντια στοιχεία παραλαβής των σεισμικών δυνάμεων και χαλύβων αντίστοιχων προς το S400 για τα κατακόρυφα στοιχεία.

Συνεργασία χάλυβα – Σκυροδέματος : Συνάφεια

Όπως είναι γνωστό, η λειτουργία του οπλισμένου σκυροδέματος (Ο/Σ) ως σύνθετου υλικού στηρίζεται στη συνάφεια μεταξύ των δύο υλικών που το συνθέτουν, η εξασφάλιση της οποίας αποτελεί βασικό στόχο της διαστασιολόγησης και κατασκευαστικής διαμόρφωσης των δομικών στοιχείων. Από την επάρκεια της συνάφειας εξαρτάται η ικανοποιητική συμπεριφορά των στοιχείων από Ο/Σ αναφορικά με τις αγκυρώσεις, τα ματίσματα, τη ρηγμάτωση και τις παραμορφώσεις.

Ιδιαίτερα καθοριστικός είναι ο ρόλος της συνάφειας στη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών από Ο/Σ, δεδομένου ότι, εκτός από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν, η συνάφεια επηρεάζει τη δυσκαμψία και την ικανότητα απόσβεσης σεισμικής ενέργειας. Το ΣΚΣ αναφέρει ότι σε στοιχεία με απαιτήσεις αντισεισμικότητας οι συνθήκες συνάφειας μπορεί να θεωρηθούν ως ευνοϊκές όταν οι ράβδοι είναι καλά εγκιβωτισμένες με εγκάρσιο οπλισμό, αναγνωρίζοντας έτσι τον ευνοϊκό ρόλο της περίσφιξης αναφορικά και με τη συνάφεια.

Αντισεισμικός Σχεδιασμός Δομικών Στοιχείων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Οι βασικές αρχές που διέπουν τον αντισεισμικό σχεδιασμό των δομικών στοιχείων είναι οι εξής :

- 1) Η απόσβεση της σεισμικής ενέργειας πρέπει να γίνεται κυρίως από τα στοιχεία που διαθέτουν τη μεγαλύτερη πλαστιμότητα και που είναι σχετικά εύκολο να επισκευασθούν. Για ένα κτίριο από Ο/Σ η αρχή αυτή μεταφράζεται στην απαίτηση να προηγείται η αστοχία των δοκών εκείνης των υποστυλωμάτων, ενώ για μια γέφυρα η απαίτηση είναι, κατά κανόνα, να γίνεται η απόσβεση ενέργειας στα βάθρα και όχι στην επιδομή ή στην θεμελίωση.
- 2) Η απόσβεση της σεισμικής ενέργειας πρέπει να γίνεται μέσα από καμπτικούς μηχανισμούς διαρροής και όχι από διατμητικούς ή ολισθητικούς. Αυτό σημαίνει ότι η αστοχία ενός δομικού στοιχείου σε κάμψη πρέπει πάντα να προηγείται της αστοχίας σε διάτμηση, καθώς και της ατοχίας των αγκυρώσεων του οπλισμού.
- 3) Οι κόμβοι στους οποίους συντρέχουν διάφορα δομικά στοιχεία δεν πρέπει να αστοχούν προτού τα στοιχεία αυτά εξαντλήσουν την αντοχή τους.
- 4) Ο απαιτούμενος για τη διασφάλιση πλάστιμης συμπεριφοράς ο οπλισμός δομικών στοιχείων δεν πρέπει να είναι τόσοσ, ώστε να προκαλεί ανυπερβλήτες κατασκευαστικές δυσκέρειες.

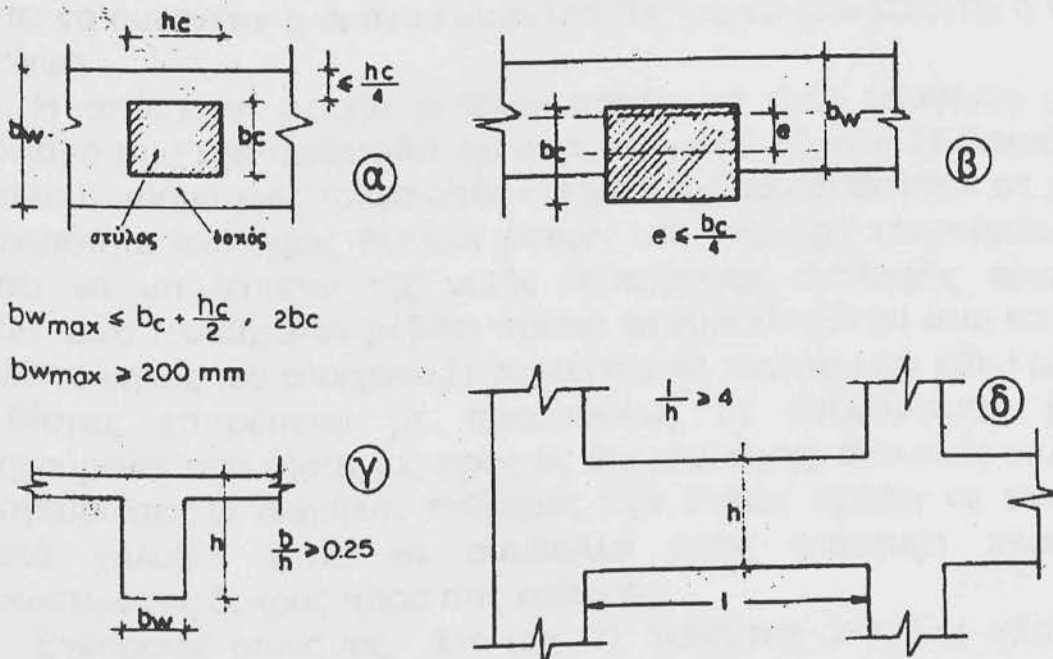
Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να υπενθυμιστούν δύο γενικές αρχές που συχνά λησμονούνται στη καθημερινή πρακτική του σχεδιασμού κατασκευών από Ο/Σ. Η πρώτη είναι η ανάγκη για καλή μορφολογία των κατασκευών. Πράγματι, η επιμελημένη διαστασιολόγηση και κατασκευαστική διαμόρφωση των δομικών στοιχείων πολύ λίγο μπορεί να μειώσει τις δυσμενείς συνέπειες μιας έντονα προβληματικής μορφολογίας. Η δεύτερη αρχή αφορά την ανάγκη για συστηματικό ποιοτικό έλεγχο. Ο έλεγχος αυτός πρέπει να καλύπτει όλα τα στάδια παραγωγής και χρήσης ενός έργου και συγκεκριμένα τη μελέτη, τη κατασκευή και τη συντήρηση στη διάρκεια της χρήσης.

Παρακάτω θα δοθούν οι μέθοδοι διαστασιολόγησης και κατασκευαστικής διαμόρφωσης των στοιχείων με βάση το ΣΚΣ και τον MC/SD.

Δοκοί

• Γεωμετρικός περιορισμός : Δεν πρέπει να έχουν λόγο πλάτους προς ύψος μικρότερο από 0,3 ούτε πλάτος μικρότερο από 250 mm, ούτε μεγαλύτερο από το πλάτος του στύλου της στήριξης συν μια απόσταση εκατέρωθεν του στύλου, ίση με τα τρία τέταρτα του ύψους δοκού.

Επιβάλλονται μόνο για στάθμη πλαστιμότητας III (σχ 1) και αποβλέπουν στην εξασφάλιση καλής συνεργασίας δοκών – στύλων (σχ. 1α, 1β), ευστάθειας στο εγκάρσιο επίπεδο (σχ. 1γ) και αποφυγή δυσμενών συνδυασμών καμπτικής και διατμητικής καταπόνησης (σχ. 1δ).



$b_{wmax} \leq b_c + \frac{h_c}{2}, 2b_c$
 $b_{wmax} \geq 200 \text{ mm}$

Σχ. 1 Γεωμετρικοί περιορισμοί δοκών για στάθμη πλαστιμότητας III

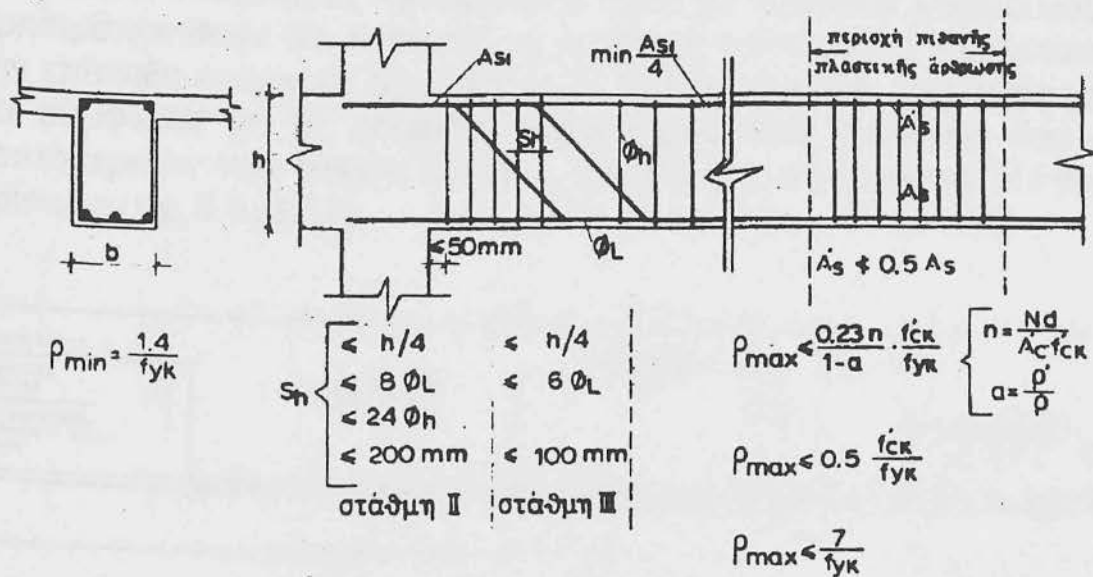
• Διαμήκης οπλισμός : Ελάχιστη διάμετρος κάθε διαμήκους ράβδου = 12 . Για να εξασφαλίζεται επαρκής πλαστιμότητα, ο διαμήκης εφελκυόμενος οπλισμός δεν πρέπει να υπερβαίνει σε ποσοστό το 2,5 . Η ελάχιστη ποσότητα οπλισμού σαν κλάσμα της συνολικής επιφάνειας της διατομής (h * b) του κορμού πρέπει να είναι 1/4 fy (fy σε N/mm2) όπου h είναι το συνολικό ύψος της δοκού και b το πλάτος του κορμού.

Σεισμοί και Κατασκευές Ευγενίδειο Ίδρυμα 1984 (Ο.Α.Σ.Π.) (παρ. 2)σελ 1247
 D.j.DOWRICK .Αντισεισμικός Σχεδιασμός Earthquake resistant design Copyright 1977,by john Wiley & Soonw, Ltd
 Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, ph.
 D., Πολ.Μηχ.Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα (παρ. 1,3)σελ.215.

Ράβδοι που τέμνονται πρὸς τα πάνω δεν συνιστώνται για αντισεισμικές κατασκευές. Η διακοπή των διαμήκων ράβδων πρέπει να γίνεται αφού παρθούν υπόψη οι πιο δυσμενείς συνθήκες φόρτισης. Δεν πρέπει να διακόπτεται μεγάλος αριθμός ράβδων στην ίδια διατομή. Τα άγκιστρα και οι καμπές των ράβδων πρέπει να ακολουθούν του BS 4466 – η εφαρμογή του οποίου θα οδηγήσει στην τυποποίηση των σχημάτων των ράβδων, θα πρέπει όμως να δίνεται η οφειλόμενη προσοχή στις πιέσεις άντυγος, οι οποίες στο εσωτερικό της καμπύλωσης μιας ράβδου που δεν επεκτείνεται ή δεν θεωρείται ότι εκτείνεται πέρα από ένα σημείο που βρίσκεται σε απόσταση ὅση το τετραπλάσιο της διαμέτρου της ράβδου από το πέρασ της καμπύλωσης, δεν χρειάζεται έλεγχο, επειδή οι διαμήκεις τάσεις που αναπτύσσονται στη ράβδο στην περιοχή της καμπύλωσης είναι μικρές – εκτός του ότι σε περιοχές μεγάλης έντασης θα πρέπει να αυξάνεται η ακτίνα καμπυλότητας για να αποφεύγεται η τοπική σύνθλιψη

Η απόσταση μεταξύ ράβδων πρέπει να είναι σύμφωνη με τον κανονισμό που έχει υιοθετηθεί ὄχι μικρότερη από 25 mm. Σε δοκούς που αποτελούν τμήμα μιας πλαισιωτής κατασκευής που ανθίσταται σε ροπές, η δυνατότητα ανάληψης θετικών ροπών στις περιοχές στηριγμάτων δεν πρέπει να υπολείπεται της μισής δυνατότητας ανάληψης αρνητικών ροπών. Δύο τουλάχιστον ράβδοι πρέπει να τοποθετούνται άνω και κάτω, σε ὄλο το μήκος του στοιχείου. Η συγκέντρωση των άνω και κάτω ράβδων σε δέσμες επιτρέπεται με προϋπόθεση τη συμμόρφωση με τις προηγούμενες απαιτήσεις ως πρὸς τις υπερκαλύψεις, διακοπές οπλισμού και αγκυρώσεις. Ο διαμήκης οπλισμός των δοκών πρέπει να είναι από μαλακό χάλυβα, ὡστε να συμβάλλει στην ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς παρά στις κολώνες.

Εγκάρσιος οπλισμός: Στο (σχ. 2), φαίνονται οι κύριες απαιτήσεις για τη διάταξη και την ποσότητα των εγκάρσιων οπλισμών, ανεξάρτητα από τις απαιτήσεις του υπολογισμού σε διάτμηση. Οι οπλισμοί αυτοί ἔχουν προορισμό να δημιουργήσουν συνθήκες περίσφιξης που θα αυξήσει την οριακή παραμόρφωση και θα βελτιώσει τα χαρακτηριστικά συνάφειας.



στάθμη III: $\rho_h \geq \frac{h}{80} \cdot \frac{f_{yk}}{f_{ykt}} \cdot (\rho + \rho')$
 π.χ. $f_{yk} = f_{ykt}$, $\rho + \rho' = 0.01$, $h = 80$
 $\rho_h = 0.01$
 $b = 20 \text{ cm}$, $S = 10 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 1.0 \text{ cm}^2$

Σχ.2 Όπλιση δοκού

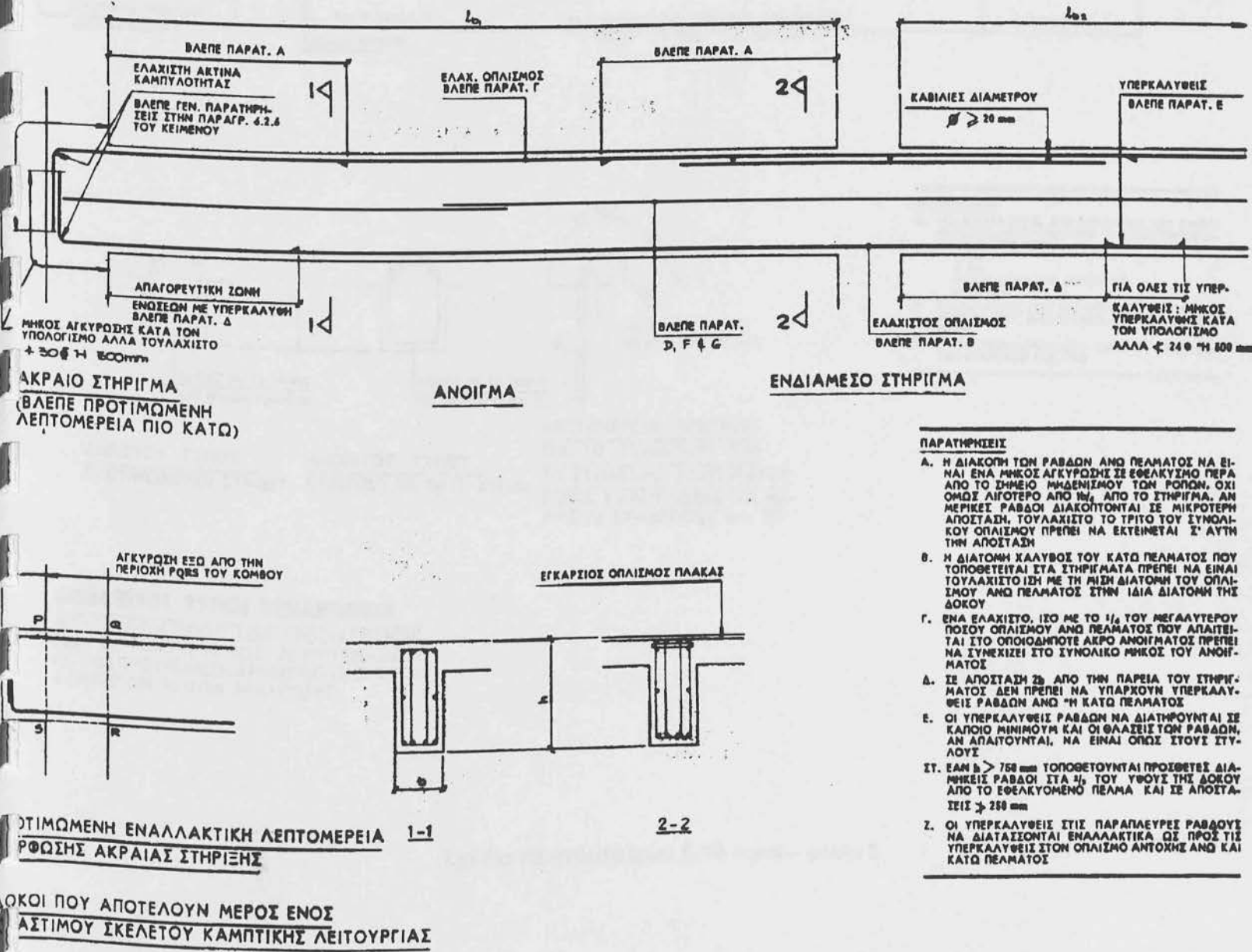
Σχ. 2 Όπλιση Δοκού

Υπολογισμός σε διάτμηση : Οι τέμνουσες δυνάμεις πρέπει να υπολογίζονται με την παραδοχή ότι οι ροπές στα άκρα της δοκού, αντιστοιχούν στη καμπτική αντοχή των ακραίων διατομών, με τους πραγματικούς οπλισμούς. Για τον υπολογισμό σε στάθμη III, οι καμπτικές ροπές πολλαπλασιάζονται σε $\gamma_n = 1,25$. Στις περιοχές πλαστικής αρθρώσεως, δεν επιτρέπεται η συμμετοχή του σκυροδέματος στην ανάληψη των διατμητικών δυνάμεων.

Συνδετήρες Δοκών : Η ελάχιστη διάμετρος των συνδετήρων των δοκών να είναι 10mm. Σε μια απόσταση ίση με το τετραπλάσιο του στατικού ύψους από το άκρο του στοιχείου, δεν πρέπει η ελάχιστη συνολική διατομή των συνδετήρων A_n να είναι μικρότερη από αυτής που υπολογίζεται.

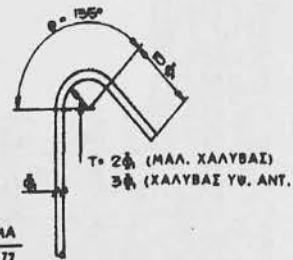
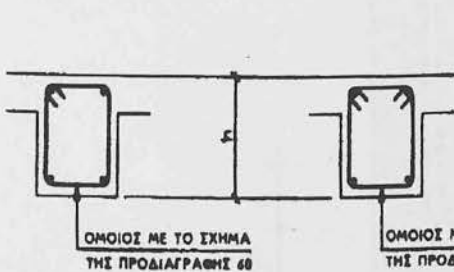
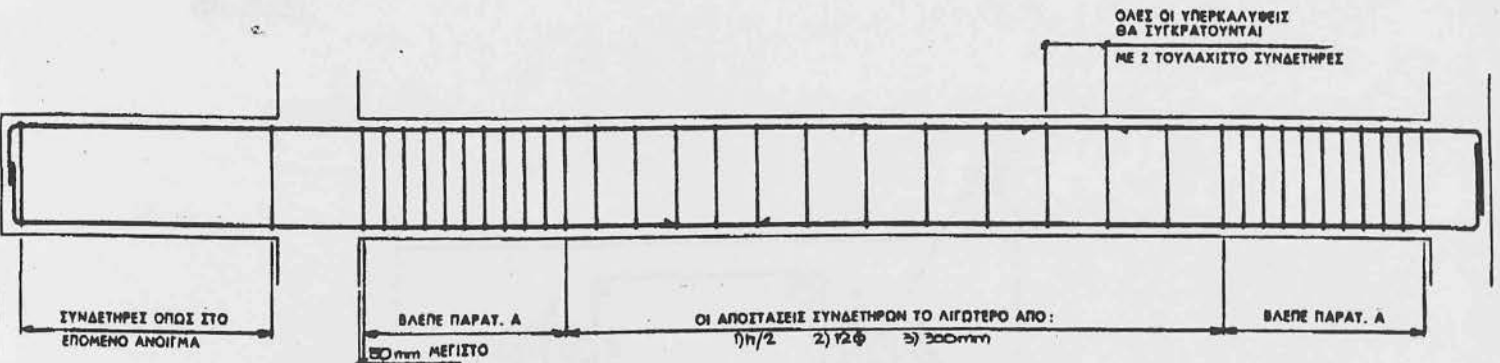
Σεισμοί και Κατασκευές Ευγενίδειο Ίδρυμα 1984 (Ο.Α.Σ.Π.) σελ.1248
 D.j.DOWRICK .Αντισεισμικός Σχεδιασμός. Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd
 Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph.D., Πολ.Μηχ.Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα (παρ. 1,2) σελ..215.

Η διάτμηση δεν πρέπει να αναλαμβάνεται από κεκαμμένες ράβδους. Οι κλειστοί συνδετήρες προτιμούνται όπου είναι δυνατό, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και ανοικτοί, με ράβδους για κλείσιμο, με προϋπόθεση την επίτευξη επαρκούς αγκύρωσης. Οι τοποθετούμενοι συνδετήρες πρέπει να σύμφωνοι με τις ελάχιστες απαιτήσεις που φαίνονται στα σχέδια λεπτομερειών των δοκών, όπου οι διατμήσεις υπολογισμού δεν είναι πια κρίσιμες (σχ. 6.9, 6.10).



Σχέδιο Λεπτομερειών 6.9 Δοκοί - φύλλο 1

D.J. DOWRICK. Αντισεισμικός Σχεδιασμός. Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd. Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph.D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα (παρ. 1,2) σελ. 215.



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Α. ΕΠΙ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ 2b ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΕΙΑ ΤΟΥ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΟΙ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ ΘΑ ΕΙΝΑΙ ΛΙΓΩΤΕΡΟ ΑΠΟ:
 - 1) b/4
 - 2) 8φ
 - 3) 24 x ΔΙΑΜ. ΤΟΥ ΣΥΝΔΕΤΗΡΑ
 - 4) 300 mm
- Β. φ = ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΡΑΒΔΟΥ, ΑΝΘ' Η ΚΑΤΩ, ΣΤΟ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ
- Γ. ΓΙΑ ΤΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΜΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΒΛΕΠΕ ΒΒΙ-ΤΣΗ STANDARD 4466 : 1969

ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΠΡΟΤΙΜΩΜΕΝΟΙ ΣΥΝΔΕΤ. ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΜΕ ΟΡΙΖ. ΣΥΝΔ.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΓΚΥΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΔΕΤΗΡΑ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΓΩΝΙΑ ΚΑΜΠΥΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΡΙΚΟΥΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ θ = 180°

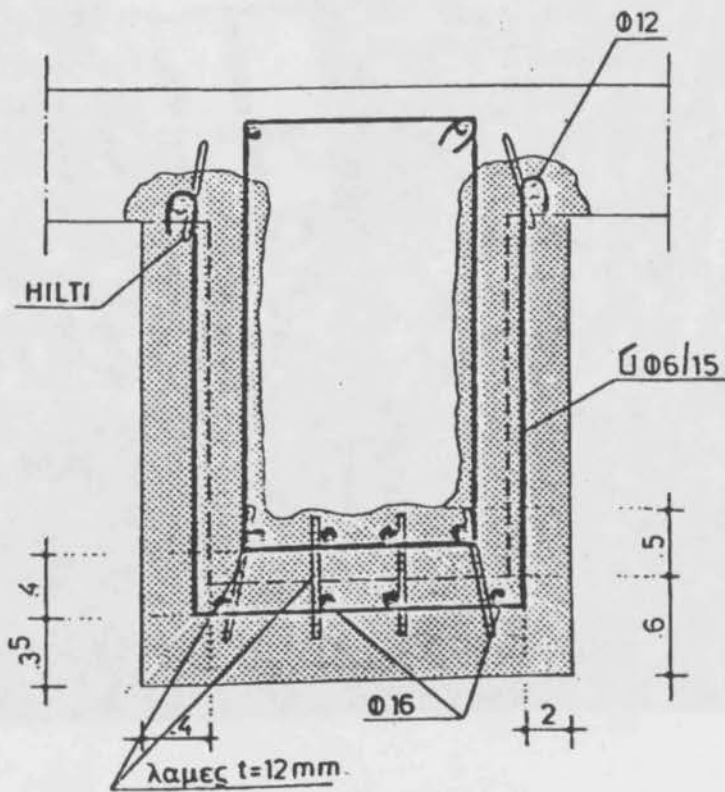
ΑΠΟΔΕΚΤΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ

ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ΟΠΩΣ ΤΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΜΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ 73 ΕΩΣ 75 ΕΠΙΤΡΕΠΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΜΗΚΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ

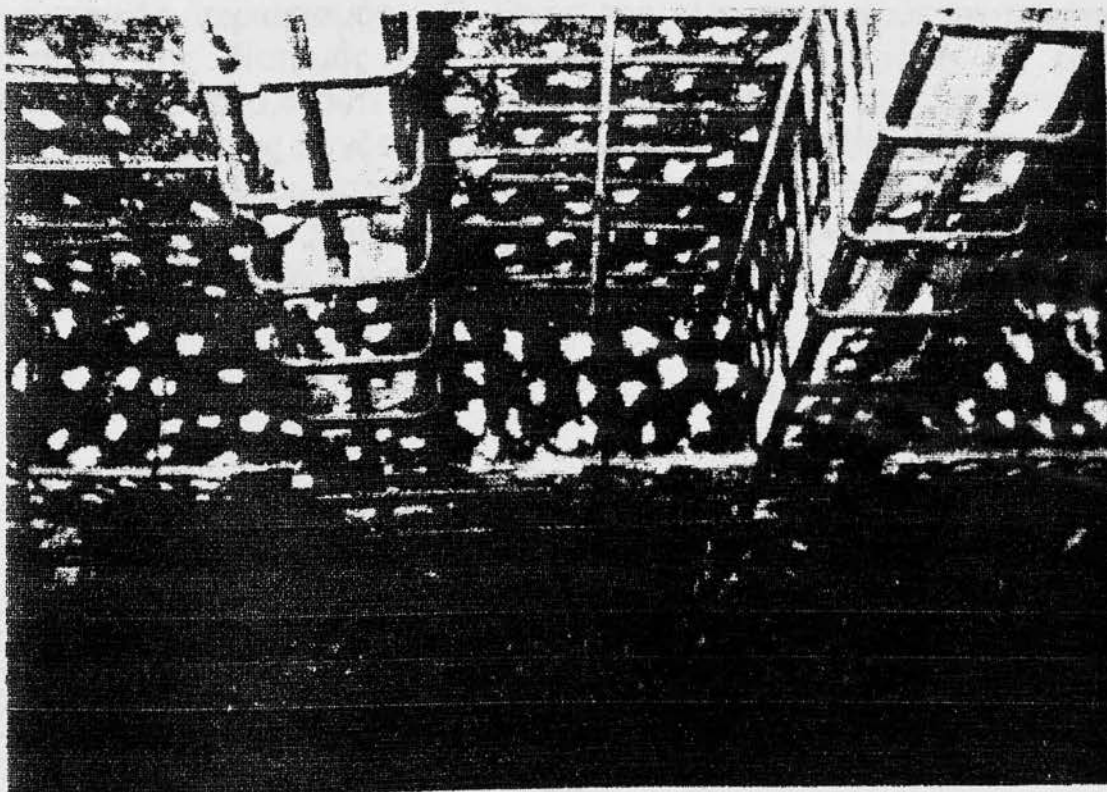
Σχέδιο Λεπτομερειών 6.10 Δοκοί - φύλλο 2

D.J. DOWRICK . Αντισεισμικός Σχεδιασμός Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph. D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα (παρ. 1,2) σελ. 215.

Σκόπιμο είναι όλες οι ράβδοι του μανδύα να συνδέονται με υπάρχουσες. Η σύνδεση με η/ση γίνεται όπως και στα υποστυλώματα (σχ. 3 και Φωτ.3).



Σχ. 3 Ενίσχυση δοκού με μανδύα



Φωτογραφία 3

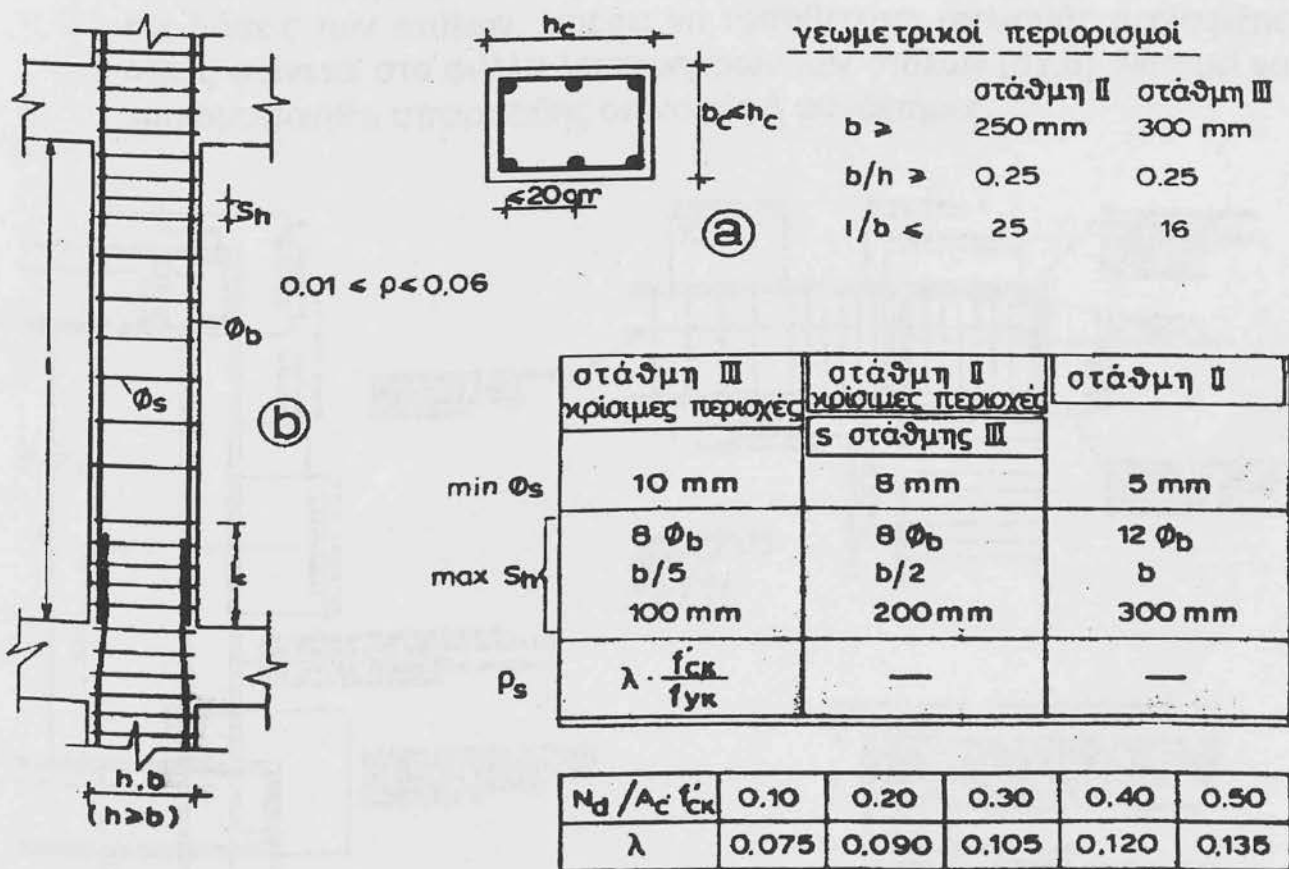
Προβλήματα παρουσιάζει η στερέωση των συνδετήρων, που μπορεί να αντιμετωπισθεί με τους παρακάτω τρόπους :

- Στερέωση με ατσαλόκαρφα στο υπάρχον σκυρόδεμα μέσω διαμήκων ράβδων λ.χ. Φ12 (σχ. 3).
- Η/ση στο πλέγμα του μανδύα των πλακών
- Η/ση των ράβδων της δοκού με τον κατακόρυφο σπλισμό του υποστυλώματος, αφού ήδη έχει υπολογιστεί ηστατική μορφή της ενισχυμένης δοκού για την παραλαβή ροπών στους κόμβους πράγμα που σημαίνει μειωμένο βαθμό στις στηρίξεις.

Υποστυλώματα

Γεωμετρικός περιορισμός : Ο λόγος της ελάχιστης προς τη μέγιστη διάσταση της διατομής του υποστυλώματος δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0,4 ούτε καμία διάσταση μικρότερη από 300 mm. Η ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων πρέπει να είναι 10 mm, η δε ελάχιστη διάμετρος συμπληρωματικών συνδετήρων πρέπει να είναι 8 mm.

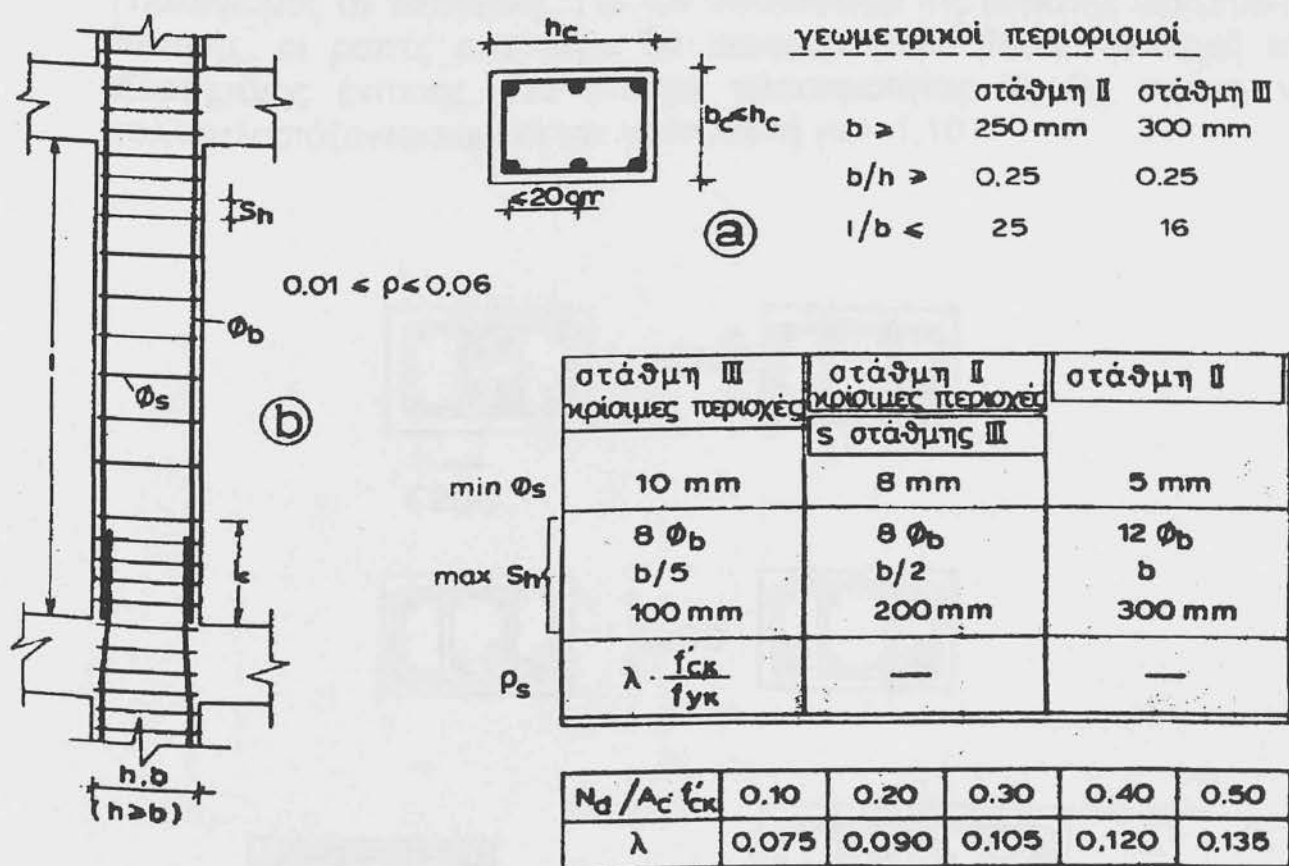
Να τονισθεί ότι επιβάλλονται με κριτήρια ανάλογα μ' αυτά των δοκών και με την πρόβλεψη του κινδύνου από πλευρική αστάθεια (σχ. 3α).



Σχ. 3α Διαστάσεις και όπλιση υποστυλωμάτων

Σεισμοί και Κατασκευές Ευγενίδειο Ίδρυμα 1984 (Ο.Α.Σ.Π.) Τόμος 2 (παρ.2) σελ.1244
 D.J. DOWRICK Αντισεισμικός Σχεδιασμός. Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd
 Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβόπουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph.D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα Παρ.1) σελ.212

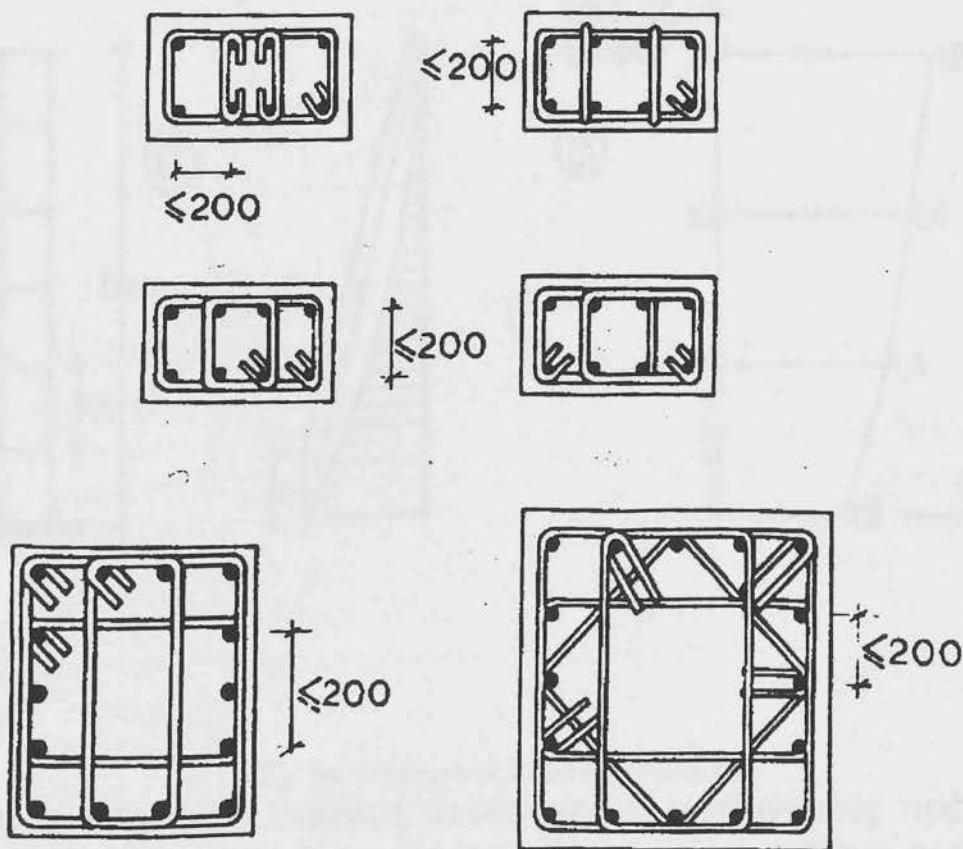
Εγκάρσιος οπλισμός : Στο (σχ. 3), φαίνονται οι απαιτήσεις για τους ελάχιστους εγκάρσιους οπλισμούς. Στις κρίσιμες περιοχές, χρειάζονται περισσότεροι και πυκνότεροι, καλά αγκυρωμένοι ειδικοί εγκάρσιοι οπλισμοί, για αύξηση της πλαστιμότητας, πλευρική "στήριξη" του διαμήκους οπλισμού και αντοχή σε διάτμηση.



Σχ. 3 Διαστάσεις και όπλιση υποστυλωμάτων

Το (σχ. 4) δείχνει χαρακτηριστικά περιπτώσεις διάταξης των οπλισμών σε ορθογωνικές διατομές, με τη διαφορά ότι ο ειδικός εγκάρσιος οπλισμός σε ποσότητα μισή από την απαιτούμενη, πρέπει να τοποθετηθεί μέσα στην περιοχή της σύνδεσης που ορίζεται από το αβαθέστερο ζύγωμα, όπου τέτοια μέλη συνδέονται και με τις τέσσερις πλευρές του στύλου και του οποίου το πλάτος είναι τουλάχιστον τα τρία τέταρτα του πλάτους του στύλου. Εάν όμως μία γωνία τέτοιου στύλου, απαρεμπόδιστη από καμπτόμενα μέλη, υπερβαίνει, τα 100 mm, τότε πρέπει να τοποθετηθεί πλήρης ο εγκάρσιος ειδικός οπλισμός μέσα στη σύνδεση.

Υπολογισμός σε διάτμηση : Για τον υπολογισμό της μέγιστης διατμητικής δύναμης, οι ροπές στα άκρα θα θεωρούνται με βάση την αρχή της εξαρτημένης έντασης. Για στάθμη πλαστιμότητας III, θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται και επί τον συντελεστή $\gamma_n = 1,10$.

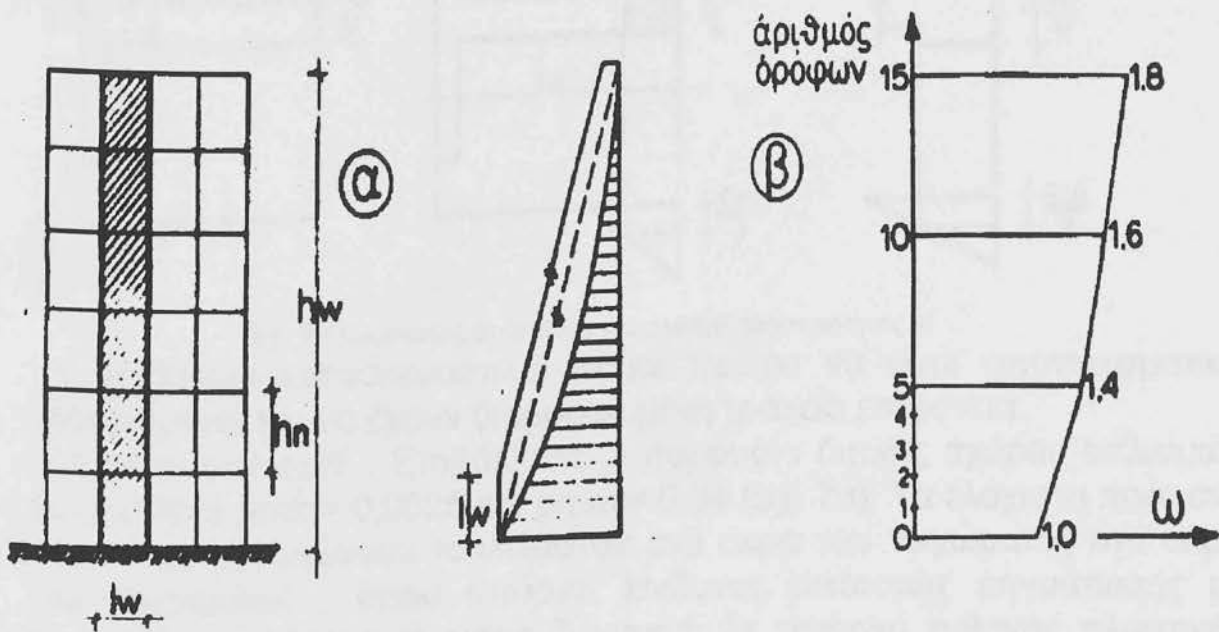


Σχ. 4 Τυπικές διατάξεις συνδετήρων στύλων

ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

Υπολογισμός εντάσεως : Στις κατασκευές από Ο/Σ ο ρόλος των τοιχωμάτων είναι κατά κύριο λόγο η ανάληψη των σεισμικών φορτίων. Στις περισσότερες μάλιστα περιπτώσεις τα τοιχώματα αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της σεισμικής φόρτισης, ενώ τα συνυπάρχοντα πλαίσια διαστασιολογούνται με στόχο να λειτουργήσουν ως μια δεύτερη γραμμή αντισεισμικής άμυνας, μετά από τυχόν αστοχία των τοιχωμάτων.

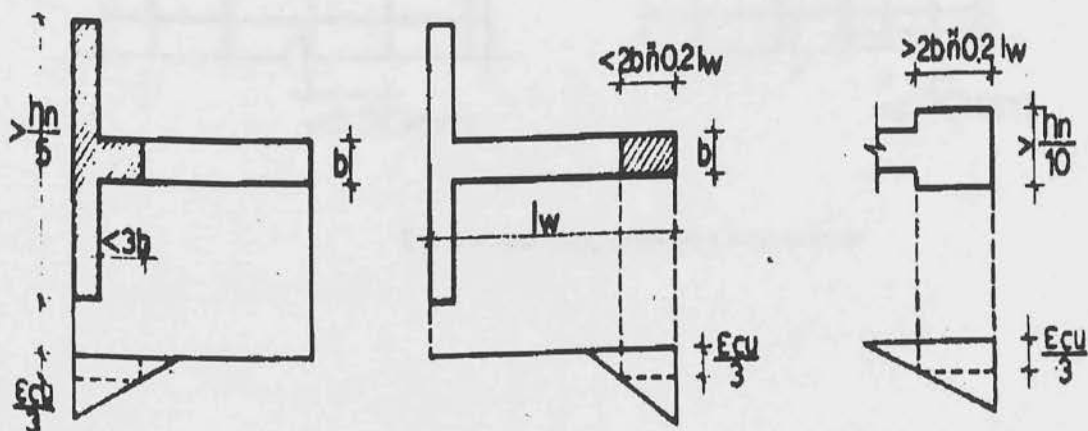
Οι ροπές υπολογισμού καθ' ύψος του τοιχώματος πρέπει να παίρνονται από μια γραμμική " περιβάουσα " μετατοπισμένη κατακόρυφα σε ύψος ίσο με το μήκος του τοιχώματος. (σχ. 5α).



Σχ. 5α Υπολογισμός εντάσεως τοιχώματος

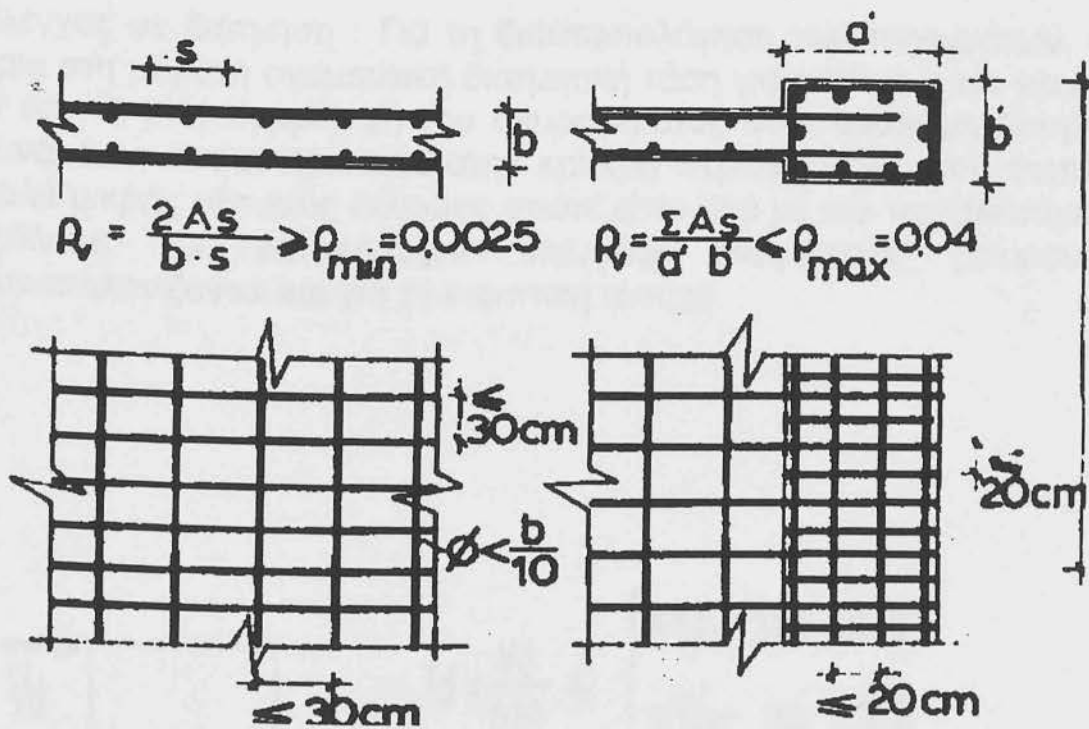
Όταν είναι αποδεκτός ο στατικός υπολογισμός, οι τέμνουσες πρέπει να πολλαπλασιάζονται με τον δυναμικό συντελεστή ω που παίρνει τιμή μέχρι $\omega = 1,8$ για αριθμό ορόφων 15 σ. 5β. Για στάθμη πλαστιμότητας III, οι τέμνουσες δυνάμεις πρέπει να είναι συμβιβαστές με τις πραγματικές καμπτικές αντοχές, που μπορούν να αντρυχθούν στη βάση του τοιχώματος και μάλιστα με όριο διαρροής του χάλυβα ίσο με $1,25 \cdot f_{yk}$. Αν M_{sd} είναι η ροπή υπολογισμού και M_{rd} η πραγματική αντοχή, τότε η τέμνουσα πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί τον συντελεστή $\gamma_n = M_{rd} : M_{sd}$ με μέγιστη τιμή 4.

Γεωμετρικοί περιορισμοί : Γενικά ορίζονται ως τοιχώματα, κατακόρυφα στοιχεία με σχέση πλευρών μεγαλύτερη από 4, με ελάχιστο πάχος 15cm. Ανοίγματα στα τοιχώματα πρέπει να αποφεύγονται, εκτός αν διατάσσονται κανονικά σχηματίζοντας κατάλληλα σχεδιασμένους συνδέσμους, ή με υπολογισμό αποδεικνύεται ότι η επιρροή τους είναι αμελητές. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στα άκρα των τοιχωμάτων όπου υφίσταται κίνδυνος πλευρικής αστάθειας. Στο (σχ. 6) φαίνονται μερικές απαιτήσεις για υπολογισμό σε στάθμη πλαστιμότητας III.

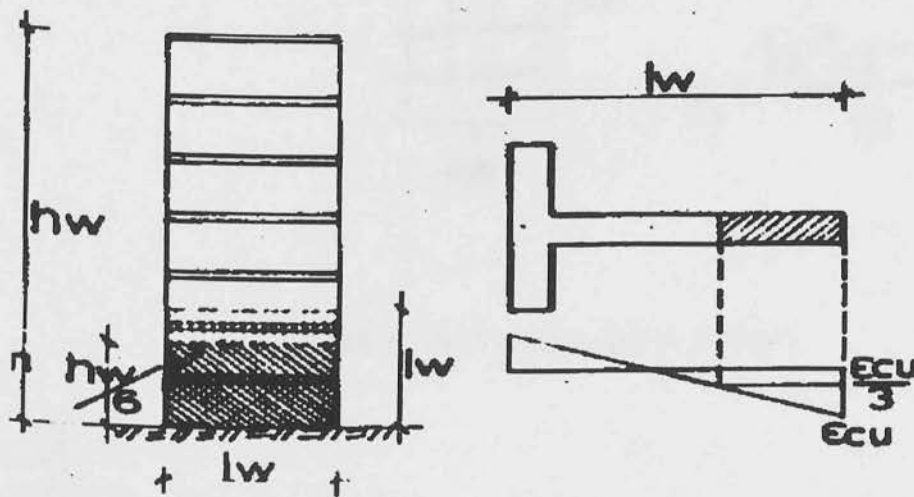


Σχ. 6 Γεωμετρικές απαιτήσεις για στάθμη πλαστιμότητας III

Οι οριζόντιοι κατασκευαστικοί αρμοί πρέπει να είναι αποτελεσματικά καθορισμένοι και να έχουν διαμορφωμένη τραχεία επιφάνεια. Ελάχιστοι οπλισμοί : Επιβάλλεται η παρουσία διπλής σχάρας οπλισμών σε ποσοστά $\rho_{min} = 0,0025$ και $\rho_{max} = 0,04$ (σχ. 7α). Τα ελάχιστα ποσοστά πρέπει να μεγαλώνουν τουλάχιστον στα άκρα του τοιχώματος στα άκρα του τοιχώματος, όπου υπάρχει κίνδυνος απότομης ρηγμάτωσης με παρουσί μικρής κατακόρυφης δύναμης. Σε περιοχή πιθανής πλαστικής αρθρώσεως, πρέπει να αποφεύγονται τα ματίσματα των κατακόρυφων οπλισμών, ιδιαίτερα των κύριων (όχι περισσότερο από το ένα τρίτο των ράβδων). Ειδικός έλεγχος χρειάζεται στους αρμούς διακοπής. Στις κρίσιμες περιοχές των τοιχωμάτων (σχ. 8) με απαιτούμενο ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού $\rho > 0,0075$, η ανάγκη περίσφιξης του σκυροδέματος, συγκράτησης των κύριων οπλισμών και καλύτερης αγκύρωσης των οπλισμών διατηρήσεως, επιβάλλει τη διάταξη ειδικών



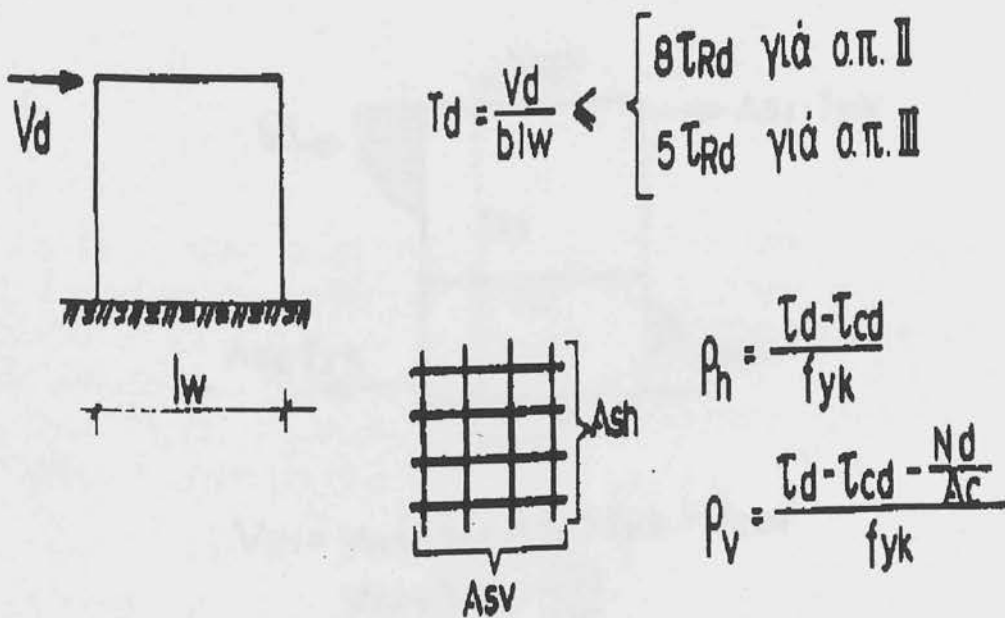
Σχ. 7 Απαιτήσεις οπλισμού τοιχωμάτων



Σχ. 8 Κρίσιμες περιοχές

εγκάρσιων οπλισμών, έτσι ώστε να δημιουργούνται στα άκρα του τοιχώματος " κρυφοκολώνες". Οι απαιτήσεις είναι ίδιες με αυτές που ισχύουν για τους στύλους, (απορία) και εφαρμόζονται σε μήκος που εξαρτάται από τη θέση του ουδέτερου άξονα και την επιθυμητή στάθμη πλαστιμότητας.

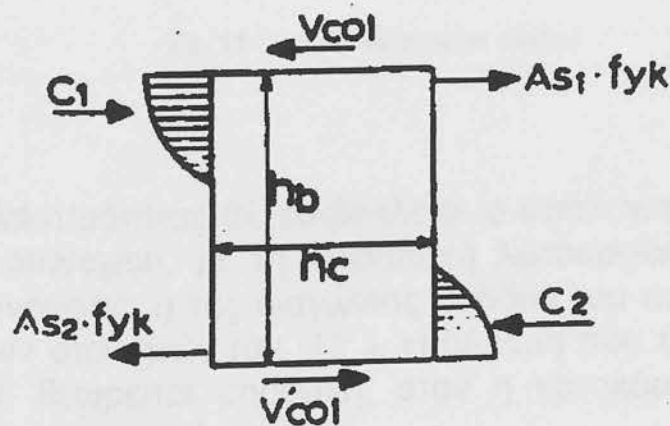
Ελέγχος σε διάτμηση : Για τη διαστασιολόγηση των τοιχωμάτων, τίθεται όρια στη μέγιστη ονομαστική διατμητική τάση για στάθμη II και για στάθμη III (σχ. 9). Η συμμετοχή του σκυροδέματος στην ανάληψη διατμητικών δυνάμεων, δεν επιτρέπεται στην κρίσιμη περιοχή εκτός από πειπτώσεις πολύ μικρής αξονικής δύναμης οπότε είναι ίδια με την προβλεπόμενη για σύλους. Οι κατακόρυφοι οπλισμοί διατμήσεως μπορούν να συναπολογίζονται και για τη καμπτική αντοχή.



Σχ. 9 Έλεγχος τοιχώματος σε διάτμηση

ΚΟΜΒΟΙ

Υπολογισμός εντάσεως : Για στάθμη πλαστιμότητας III, επιβάλλεται ο υπολογισμός της εντάσεως του κόμβου που αντιστοιχεί στην εξάντληση της αντοχής των δοκών, εκτός από τις περιπτώσεις που επιτρέπεται η πιθανή πλαστική άρθρωση στον στύλο (σχ. 10).



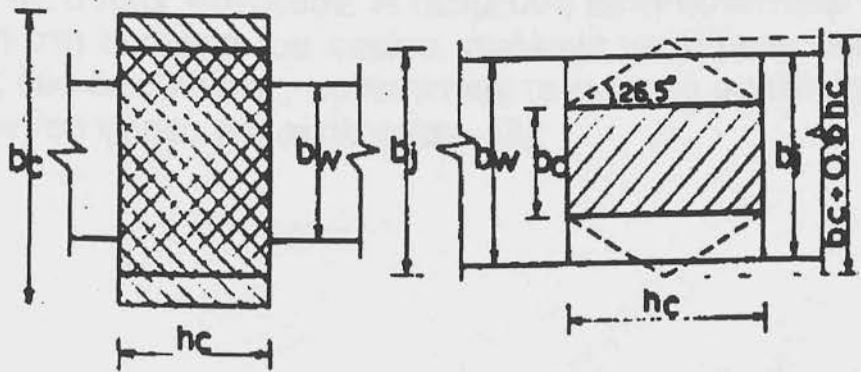
$$V_{jh} = \gamma_n (A_{s1} + A_{s2}) f_{yk} - V_{col}$$

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{h_b}{h_c}$$

Σχ. 10 Υπολογισμός εντάσεως κόμβου

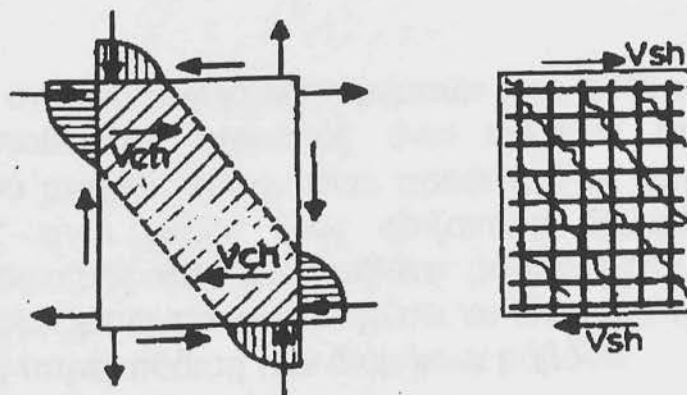
Γεωμετρικά στοιχεία : Οι ελάχιστες διαστάσεις του κόμβου, καθορίζονται με κριτήριο τον περιορισμό της ονομαστικής οριζόντιας διατμητικής τάσεως, υπό διαφορετικού πάχους δοκού – στύλου, το πλάτος του κόμβου ορίζεται κατά το (σχ. 11).

Έλεγχος διατμήσεως – σπλισμοί : Για στάθμη πλαστιμότητας II, είναι αρκετή η συνέχιση των συνδετήρων της κρίσιμης περιοχής του στύλου μέσα στο σώμα του κόμβου, εκτός από τις περιπτώσεις συνάντησης τεσσάρων δοκών, οπότε αρκεί το μισό των συνδετήρων.



Σχ. 11 Γεωμετρικά στοιχεία κόμβου

Για στάθμη πλαστιμότητας III, επιβάλλεται ο υπολογισμός οριζοντίου και κατακόρυφου οπλισμού, με τη παραδοχή λειτουργίας δύο μηχανισμών μετάδοσης τέμνουσας: i) της διαγώνιας ράβδου του σκυροδέματος και ii) του δικτύου των οπλισμών (σχ. 12). Η δύναμη που αναλαμβάνεται από το σκυρόδεμα, θεωρείται μηδενική, όταν η κατακόρυφη τάση από το στύλο είναι μικρή ($\sigma_m < 0,1 f'_{ck}$).

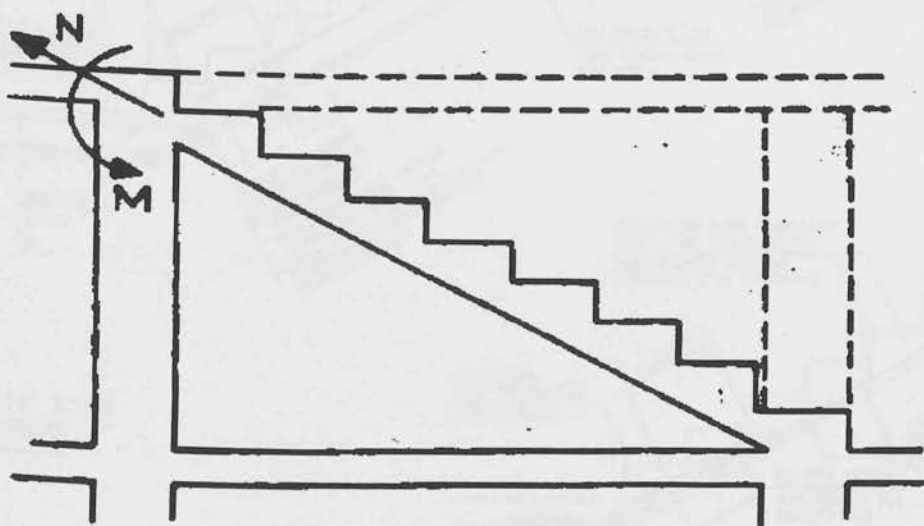


α) διαγώνια ράβδος σκυροδέματος β) δίκτυωμα οπλισμών

Σχ. 12 Μηχανισμοί αναλήψεως τέμνουσας

ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΑ

Οι σκάλες επιβάλλουν μια πρόσθετη δέσμευση σχετικής κινητότητας στις πλάκες τις οποίες συνδέουν. Η δέσμευση αυτή συνιστάται να λαμβάνεται υπ' όψη στη ακαμψία του κτιρίου. Ανάλογα με τη μετακίνηση των άκρων κατά τις δύο διευθύνσεις, προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη για τον οπλισμό του ίδιου του φορέα της σκάλας (σχ. 13).



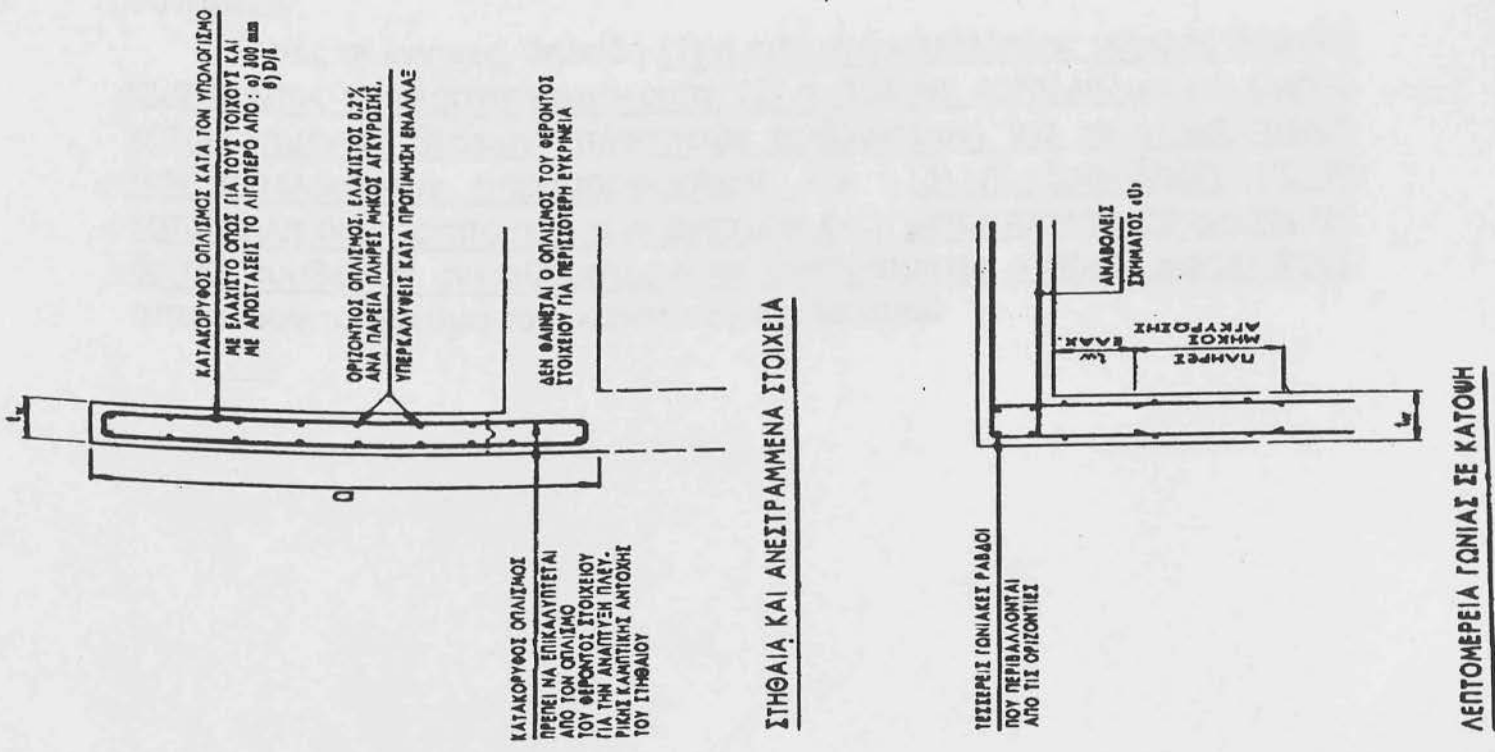
Σχ. 13 Δυνάμεις στη σκάλα

Όπως φαίνεται στο στο φύλλο λεπτομερειών (σχ. 6.12) κάθε πλατύσκαλο πρέπει να τοποθετείται οπλισμός άνω παρειάς έναντι καμπτικών εφελκυσμών που μπορεί να μην είναι προφανείς σε μια απλή ανάλυση. Εάν οι σκάλες είναι μέρος ενός οριζοντίου διαφράγματος ή μιας πλαισιωτής κατασκευής που αναλαμβάνει ροπές, πρέπει να οπλίζονται αντίστοιχα. Η οφειλόμενη προσοχή πρέπει να δίνεται στις αλλαγές κλίσης για την πλευρική παρεμπόδιση των διαμήκων ράβδων.

Αναστραμμένες δοκοί και στηθαία

Οι αναστραμμένες δοκοί και τα στηθαία να υπολογίζονται προσεκτικά έναντι σεισμικών επιταχύνσεων, οι οποίες μπορεί να ξεπεράσουν κατά πολύ αυτές που παρουσιάζονται αλλού στην κατασκευή λόγω συντονισμού ή του φαινομένου <<μαστιγίου>>. Η διάταξη του οπλισμού σε γωνίες και συμβολές πρέπει να είναι όπως στους τοίχους (σχ.2.13)

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**
- Α. Θ ΕΙΝΑΙ Η ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΡΑΒΔΟΥ
 - Β. ΑΝ ΤΑ ΣΤΗΘΑΙΑ Ή ΤΑ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΤΕΙΝΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΤΕ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΜΟΡΦΩΣΕ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ
 - Γ. Ο ΚΑΤΑΚΡΥΦΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΙΝΑΙ ΠΡΟΤΙΜΟΤΕΡΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΟΡΦΗ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ ΑΝ ΟΜΩΣ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΣΚΕΛΟΥΣ ΕΙΝΑΙ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟ ΚΡΗΜΙ-ΜΟΠΟΥΝΤΑΙ ΔΙΑΔΥΝΗΟΙ ΑΝΑΒΟΛΕΙΣ



Σχέδιο λεπτομερειών 6.13 Στηθαία και αναστραμμένα στοιχεία.

D.J. DOWRICK . Αντισεισμικός Σχεδιασμός. Earthquake resistant design Copyright 1977, by John Wiley & Sons, Ltd Μετάφραση της 2^{ης} Αγγλικής έκδοσης του 1978 από τους Γιάννη Κουβάτουλο, M.Sc., Πολ. Μηχ. Βλάση Κουμούση, Ph. D., Πολ. Μηχ. Εκδότης Μόσχος Γκιούρδα σελ. 229

ΕΠΙΛΟΓΟΣ – Πνεύμα Νέων Κανονισμών

Οι νέοι κανονισμοί επιβάλλουν αντισεισμικό σχεδιασμό που ενθαρρύνει περισσότερο τη χρήση μορφών κατασκευών που είναι πιθανότερο να διαθέτουν πλαστιμότητα παρά αυτών που δεν την διαθέτουν. Γενικά αυτό σχετίζεται με θέματα κανονικότητας κατασκευής και προσεκτικής επιλογής των θέσεων, που συχνά ονομάζονται πλαστικές αρθρώσεις, όπου μπορούν να αναπτυχθούν μετελαστικές παραμορφώσεις. Σε συνδυασμό με την προσεκτική επιλογή της διαμόρφωσης της κατασκευής αυξάνουν εκούσια οι απαιτούμενες αντοχές για τις ανεπιθύμητες μορφές μετελαστικών παραμορφώσεων σε σχέση μ' αυτές των επιθυμητών.

Έτσι για κατασκευές από σκυρόδεμα και τοιχοποιία, η απαιτούμενη διατμητική αντοχή πρέπει να υπερβαίνει την απαιτούμενη διατμητική αντοχή πρέπει να υπερβαίνει την απαιτούμενη καμπτική, ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα συμβούν μετελαστικές διατμητικές παραμορφώσεις, που συνδυάζονται με μεγάλη αποδιοργάνωση της ακαμψίας και της αντοχής, που μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία. Θεωρούν δηλαδή ότι η πλεονάζουσα αντοχή δεν είναι ουσιώδης και ούτε απαραίτητα επιθυμητή, η έμφαση στο σχεδιασμό μετατέθηκε από την αντίσταση στις μεγάλες σεισμικές δυνάμεις στην "υπεκφυγή" αυτών των δυνάμεων.

Αυτές οι έννοιες, δηλαδή (1) η επιλογή κατάλληλης μορφής δομικού συστήματος μετελαστική απόκριση, (2) η επιλογή καταλλήλων και σωστά κατανεμημένων θέσεων {πλαστικών αρθρώσεων} για τη συγκέντρωση των μετελαστικών παραμορφώσεων, και (3) η εξασφάλιση, με τη κατάλληλη διαφοροποίηση των αντοχών ότι η μετελαστική παραμόρφωση δε θα συμβεί σε ανεπιθύμητες ή σε ανεπιθύμητες στατικές καταστάσεις αποτελούν το πνεύμα του ικανοτικού σχεδιασμού