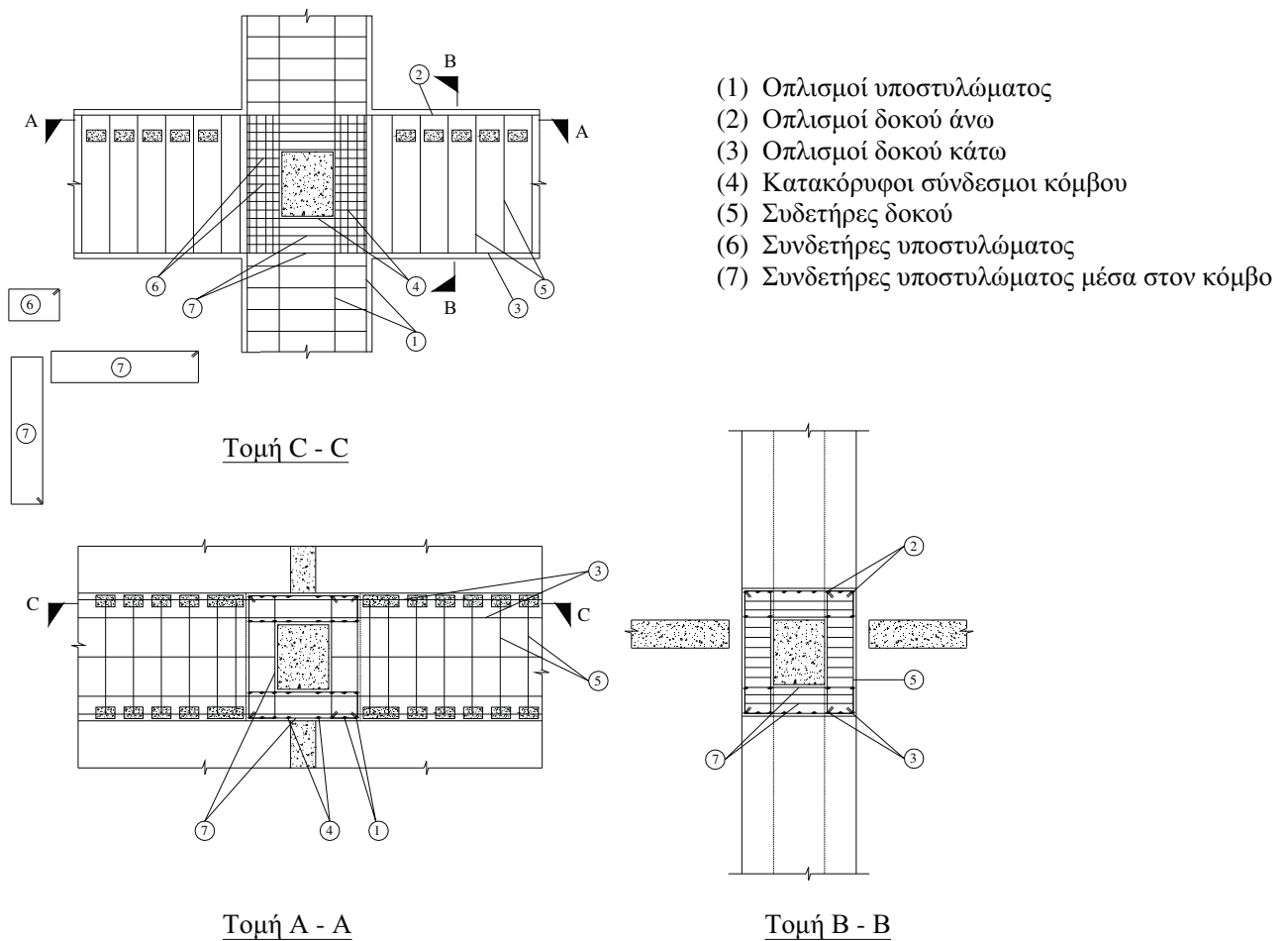


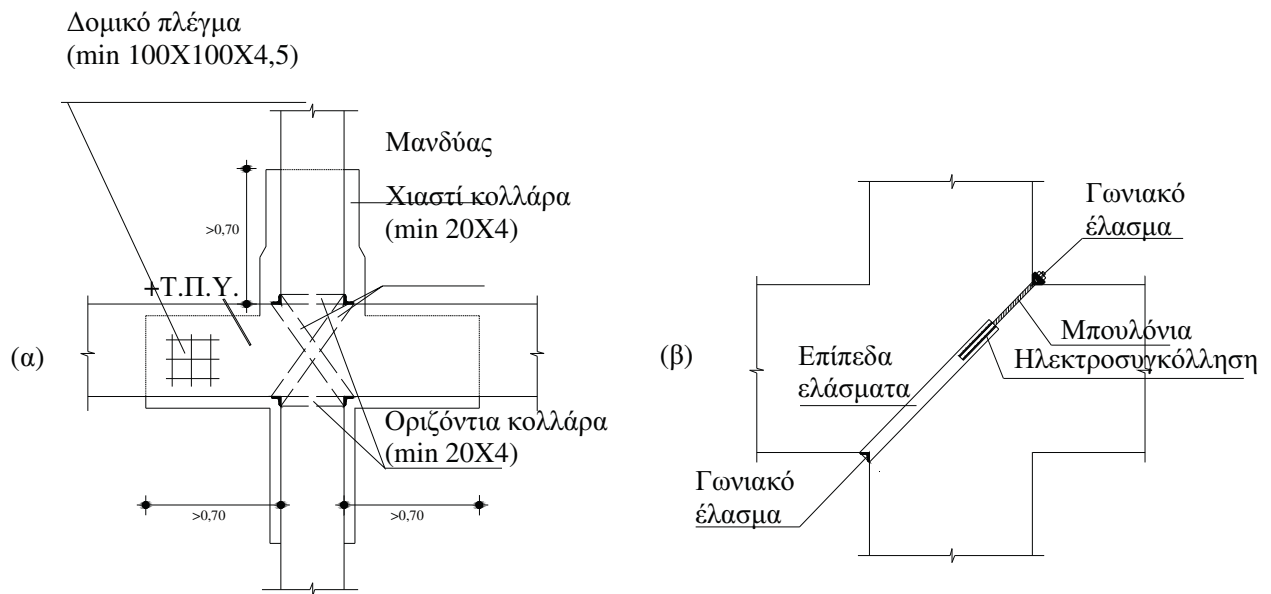
#### 5.4.4.2.2 Η τεχνική των χιαστί κολλάρων

Ένας άλλος πρακτικός τρόπος ενίσχυσης κόμβων είναι με την χρήση χιαστί κολλάρων [4]. Οι λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής φαίνονται στα σχήματα 1.36 και 1.37. Τα χιαστί κολλάρια τοποθετούνται και εντείνονται με μηχανικό τρόπο, περισφίγγοντας έτσι την περιοχή του κόμβου. Επίσης τοποθετούνται δύο οριζόντια κολλάρια στις διατομές παρειάς των υποστυλωμάτων τα οποία συγκολλούνται πάνω στα χιαστί κολλάρια, σταθεροποιώντας έτσι το σύστημα περισφίγξης. Πολλές φορές η όλη περιοχή των κόμβων καλύπτεται με έναν μανδύα από έγχυτο ή κατά προτίμηση εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οπλισμένο με ένα ελαφρύ ανοξειδωτο πλέγμα. Άλλες φορές η τεχνική συνδυάζεται με την τεχνική του μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός ο συνδυασμός έχει διερευνηθεί πειραματικά [16] και τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν έναν ιδιαίτερα υψηλό βαθμό ενίσχυσης του κόμβου.

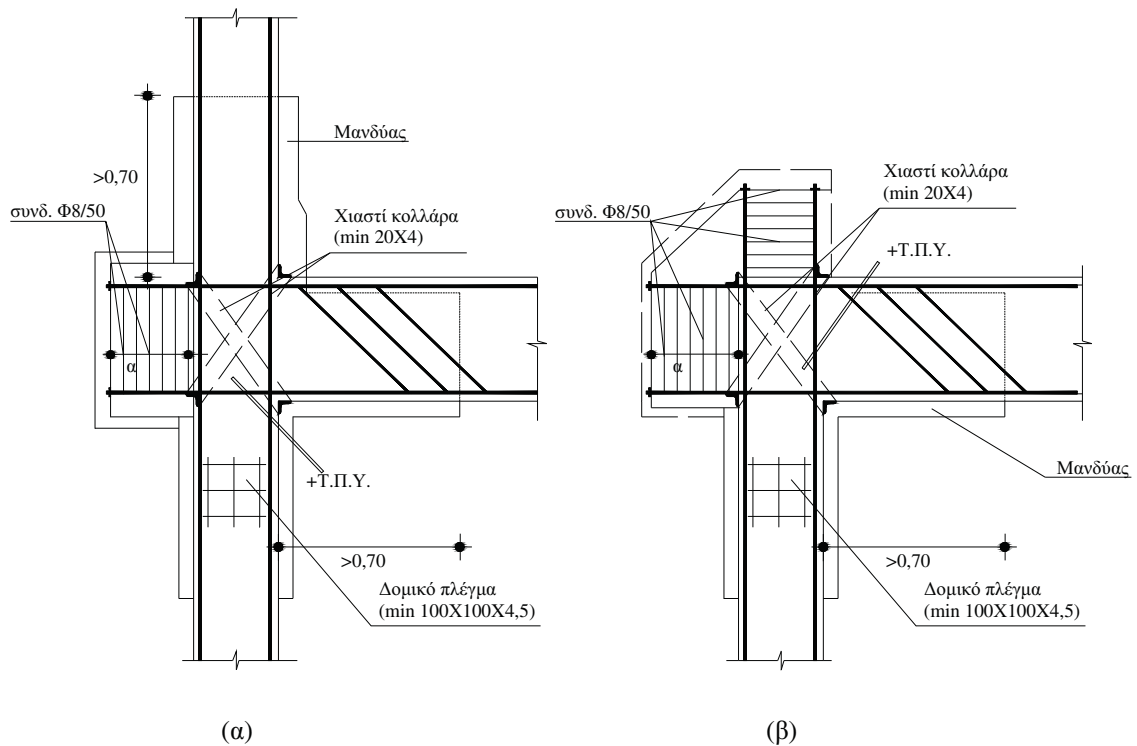


Σχήμα 1.35 Ενίσχυση κόμβου με μανδύα

Η εφαρμογή της τεχνικής είναι ιδιαίτερα προβληματική όταν στον κόμβο συντρέχουν τέσσερις δοκοί, επειδή η διέλευση των χιαστί διαγωνίων θα πρέπει να γίνει με διάτρηση των εγκαρσίων δοκών και η διατομή των κολλάρων να μετατραπεί σε κυκλικές ράβδους. Γι' αυτό σ' αυτές τις περιπτώσεις η τεχνική δεν φαίνεται να έχει πεδίο εφαρμογής.



Σχήμα 1.36 Ενίσχυση με χιαστί κολλάρα,  
α) Γενική διάταξη, β) Λεπτομέρεια εφαρμογής



Σχήμα 1.37 Εφαρμογή χιαστί κολλάρων σε εξωτερικούς κόμβους  
α) Με υποστύλωμα στον ανώτερο όροφο  
β) Χωρίς υποστύλωμα στον ανώτερο όροφο

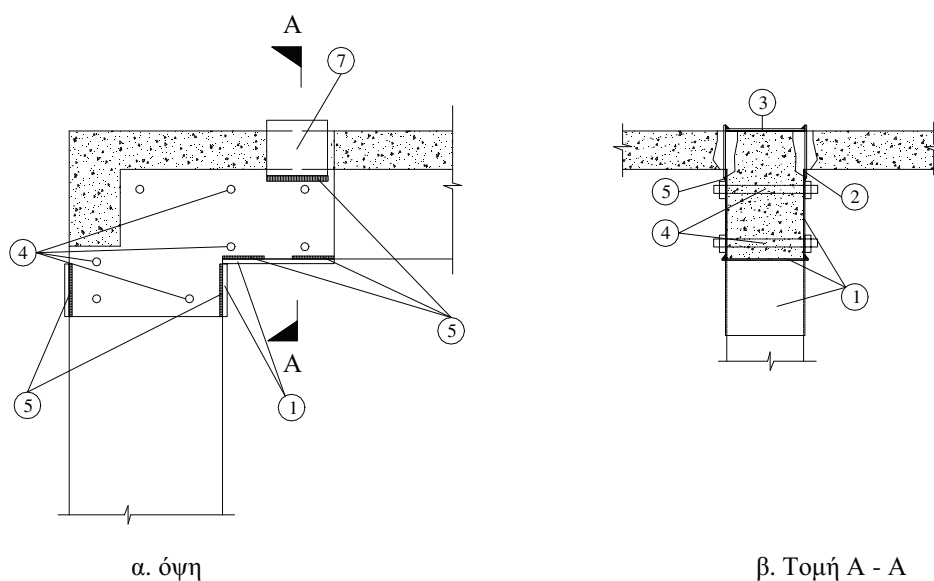
Για την εφαρμογή της τεχνικής σε εξωτερικούς κόμβους, όπου συχνότερα απαντάται το πρόβλημα, η εφαρμογή της τεχνικής συνιστάται με επέκταση της δοκού ή στην περίπτωση ανωτάτου ορόφου με επέκταση της δοκού και του υποστυλώματος.

Τα άκρα των διαμήκων οπλισμών της δοκού ή/και του υποστυλώματος αποκαλύπτονται και επί αυτών ηλεκτροσυγκολλούνται νέα τμήματα οπλισμών σε μήκος τουλάχιστον 200 mm πέραν από τις εξωτερικές παρειές του κόμβου. Στην συνέχεια τοποθετούνται πυκνοί συνδετήρες S500<sub>s</sub> της τάξεως Φ8/50.

Στην πράξη έχει επικρατήσει η ονομασία της τεχνικής ως “τεχνική της καμπούρας”, λόγω του σχήματος που δημιουργείται. Λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.37. Είναι εξάλλου προφανές ότι η επέκταση της δοκού ή/και του υποστυλώματος δεν εξυπηρετεί μόνο την σταθεροποίηση των κολλάρων σε θέση αλλά επιπλέον βελτιώνει την ακύρωση των ράβδων των δοκών και των υποστυλωμάτων που συντρέχουν στον κόμβο.

#### 5.4.4.2 Η τεχνική των επικολλητών φύλλων

Η χρήση των επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) είναι μία τεχνική που χωρίς αμφιβολία προσφέρει σημαντικά στην ενίσχυση του κόμβου. Στο Σχήμα 1.38 παρουσιάζεται η εφαρμογή της τεχνικής με χαλύβδινα ελάσματα, όπως προτείνεται από το εγχειρίδιο της [56]. Τα ελάσματα προεκτείνονται εκατέρωθεν του κόμβου, στις συντρέχουσες δοκούς και τα υποστυλώματα, σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το αντίστοιχο πλάτος του κόμβου.

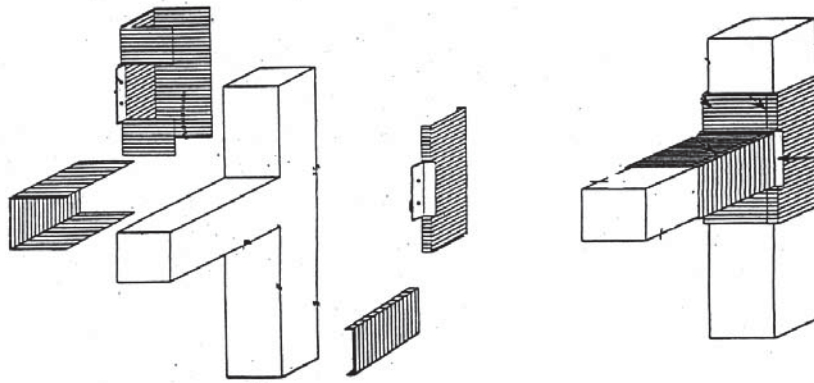


- (1) Μεταλλικά ελάσματα
- (2) Μεταλλικό έλασμα
- (3) Μεταλλική ταινία
- (4) Προεντεταμένοι κοχλίες
- (5) Συγκολλήσεις

Σχήμα 1.38 Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα

Εξάλλου όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο σχήμα, η σύνδεση των ελασμάτων με τον υπάρχοντα φορέα, δεν επαφίεται μόνο στην κόλληση μέσω κόλλας αλλά χρησιμοποιούνται και βίδες ή ντίτζες που συσφίγγουν τα ελάσματα των απέναντι παρειών.

Σε μία πρόσφατη πειραματική έρευνα [41], που χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα, η βελτίωση της συμπεριφοράς των κόμβων ήταν αξιοσημείωτη. Όχι μόνο αυξήθηκε η διατμητική αντοχή των κόμβων αλλά και βελτιώθηκε δραστικά η πλαστιμότητα τους. Στο Σχήμα 1.39 παρουσιάζονται λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής έτσι όπως εφαρμόστηκε στην πειραματική διαδικασία. Είναι προφανές ότι τα κυματοειδή ελάσματα προσφέρουν καλύτερη περίσφιγξη από τα επίπεδα λόγω της μεγαλύτερης δυσκαμψίας τους στην εγκάρσια διεύθυνση.



Σχήμα 1.39 Ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα

Η εφαρμογή επικολητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP, έχει και πλεονέκτημα της μεγάλης ευκολίας τοποθέτησης των φύλλων στην δύσκολη περιοχή του κόμβου. Τα φύλλα επικολώνονται με κόλλα όχι μόνο στον κόμβο αλλά και στα συντρέχοντα υποστυλώματα και δοκούς, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής με χαλύβδινα ελάσματα.

Αν και η πειραματική έρευνα βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη, τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά [57]. Παρ' όλα αυτά οι τεχνικές δυσκολίες εφαρμογής της τεχνικής στην πράξη λόγω της παρουσίας πλακών και εγκαρσίων δοκών, σε συνδυασμό με την έλλειψη επαρκούς επιστημονικής τεκμηρίωσης, ιδίως για ένταση από σεισμικές δράσεις, δεν ενθαρρύνουν προς το παρόν την εφαρμογή της τεχνικής.

#### 5.4.4.3 Διαστασιολόγηση κόμβων

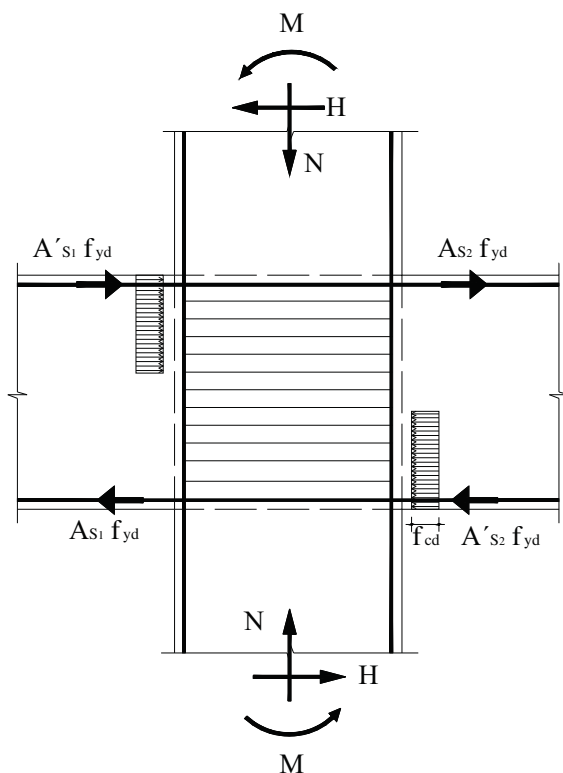
Η διαστασιολόγηση των επισκευασμένων/ενισχυμένων κόμβων χρησιμοποιώντας διορθωτικό συντελεστή αντοχής:

$k_r = 0,9$  για την περίπτωση επισκευής με κόλλες

$k_r = 0,8$  για κάθε άλλη περίπτωση επισκευής/ενίσχυσης

Στο Σχήμα 1.40 δίνεται η σχηματική παράσταση των εσωτερικών δυνάμεων ενός κόμβου.

Οι μηχανισμοί μεταφοράς τέμνουσας στους κόμβους και οι κανόνες διαστασιολόγησής-τους, αναπτύσσονται αναλυτικότερα αλλού [8].



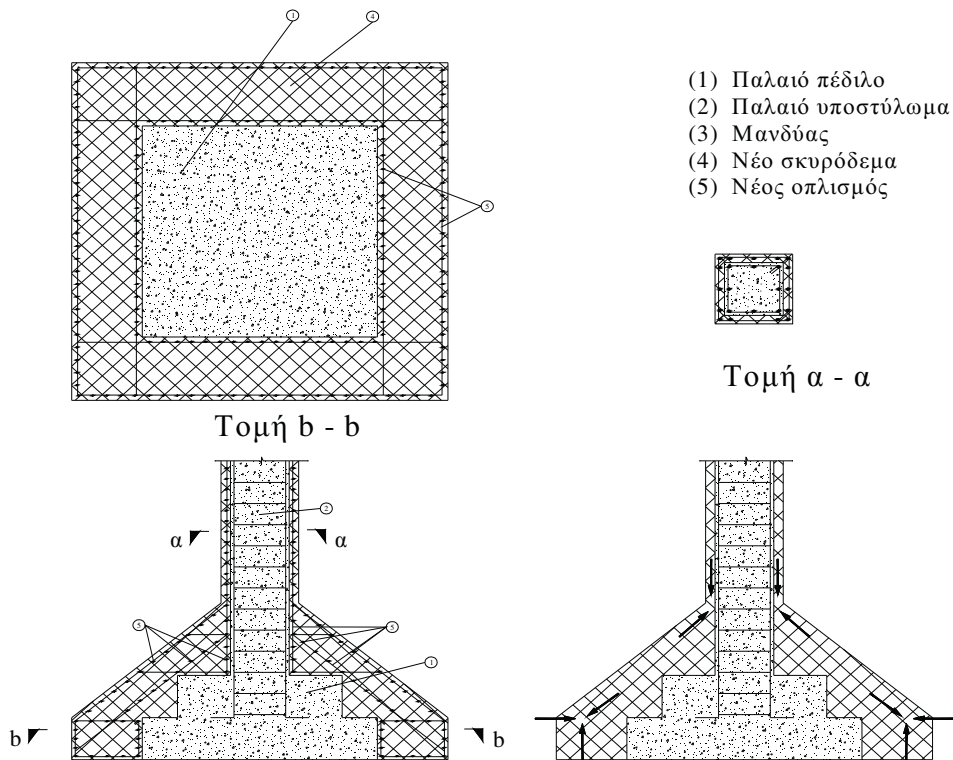
Σχήμα 1.40 Εσωτερικές δυνάμεις κόμβου

#### 5.4.5 Ενισχύσεις στοιχείων θεμελίωσης

Τα θέματα που αφορούν εν γένει την ενίσχυση της θεμελίωσης μιας κατασκευής είναι κυρίως θέματα της Εδαφομηχανικής και ως εκ τούτου δεν αποτελούν αντικείμενο του παρόντος αφού τις περισσότερες φορές η λύση ενίσχυσης περιλαμβάνει επεμβάσεις στο έδαφος θεμελίωσης όπως π.χ. ενίσχυση του εδάφους με τιμμεντενέσεις, κατασκευή ριζοπασσάλων κ.α. Μπορούμε όμως να αναφερθούμε στον τρόπο ενίσχυσης των στοιχείων θεμελίωσης και ειδικότερα στον τρόπο αντιμετώπισης ενός συνήθους προβλήματος που αφορά την ανάγκη για αύξηση της επιφάνειας της βάσης των πεδύλων ή των πεδילוδοκών μιας κατασκευής. Δύο διατάξεις που έχουν προταθεί στον βιβλιογραφία [56] αναπαριστώνται στα Σχήματα 1.41 και 1.42.

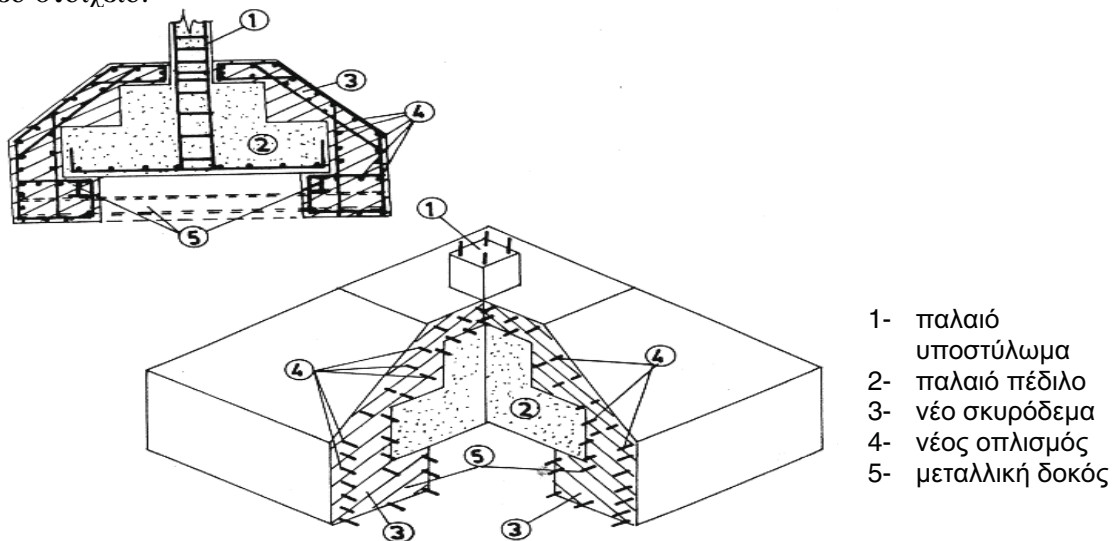
Η πρώτη διάταξη (Σχ.1.41) προτείνεται στην περίπτωση θεμελίωσης με πέδιλα όταν εκτός από την αύξηση της βάσης του πεδύλου, η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου (υποστυλώματος ή τοιχώματος) με την τεχνική των μανδύων. Όπως φαίνεται στο σχήμα η επέκταση του πεδύλου υλοποιείται στη βάση του πεδύλου με την μορφή ενός περιμετρικού δακτυλίου με κλειστούς συνδετήρες που λόγω του μεγάλου μήκους τους κατασκευάζονται με τμήματα υπερκαλυπτόμενα στα άκρα τους. Με τον τρόπο αυτό παραλαμβάνονται οι δυνάμεις εκτροπής που δημιουργούνται για την μεταφορά των αξονικών δυνάμεων του μανδύα στο έδαφος ή αντιστρόφως των εδαφικών πιέσεων προς τον μανδύα (Σχ. 1.41).

Όμως εφόσον εξασφαλιστούν επαρκή μέτρα διατημητικής σύνδεσης (π.χ. βλήτρα) στις διεπιφάνειες παλιού και νέου πεδύλου, η ανάγκη για παραλαβή των δυνάμεων εκτροπής είναι μειωμένη.



Σχήμα 1.41 Ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδυών, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.

Η δεύτερη διάταξη (Σχ.1.42) προτείνεται στην περίπτωση θεμελίωσης με πέδιλα όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει ενίσχυση με μανδύες του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση θεμελίωσης με πεδילוδοκούς, ανεξάρτητα της κατασκευής ή όχι μανδυών στα κατακόρυφα στοιχεία. Όπως φαίνεται στο σχήμα, τώρα το νέο τμήμα του πεδίου επεκτείνεται και κάτω από το παλιό πέδιλο /πεδילוδοκό, έτσι ώστε οι εδαφικές πιέσεις να μεταφερθούν απ' ευθείας στο παλιό πέδιλο/πεδילוδοκό. Είναι προφανές ότι η διάταξη αυτή έχει αρκετές δυσκολίες για την εφαρμογή της αφού απαιτείται η περιμετρική εκσκαφή κάτω από το παλιό πέδιλο και επιπλέον χρειάζεται προσωρινή στήριξη σ' αυτήν την περιοχή με μεταλλικές διατομές I οι οποίες τελικά ενσωματώνονται στο νέο στοιχείο.

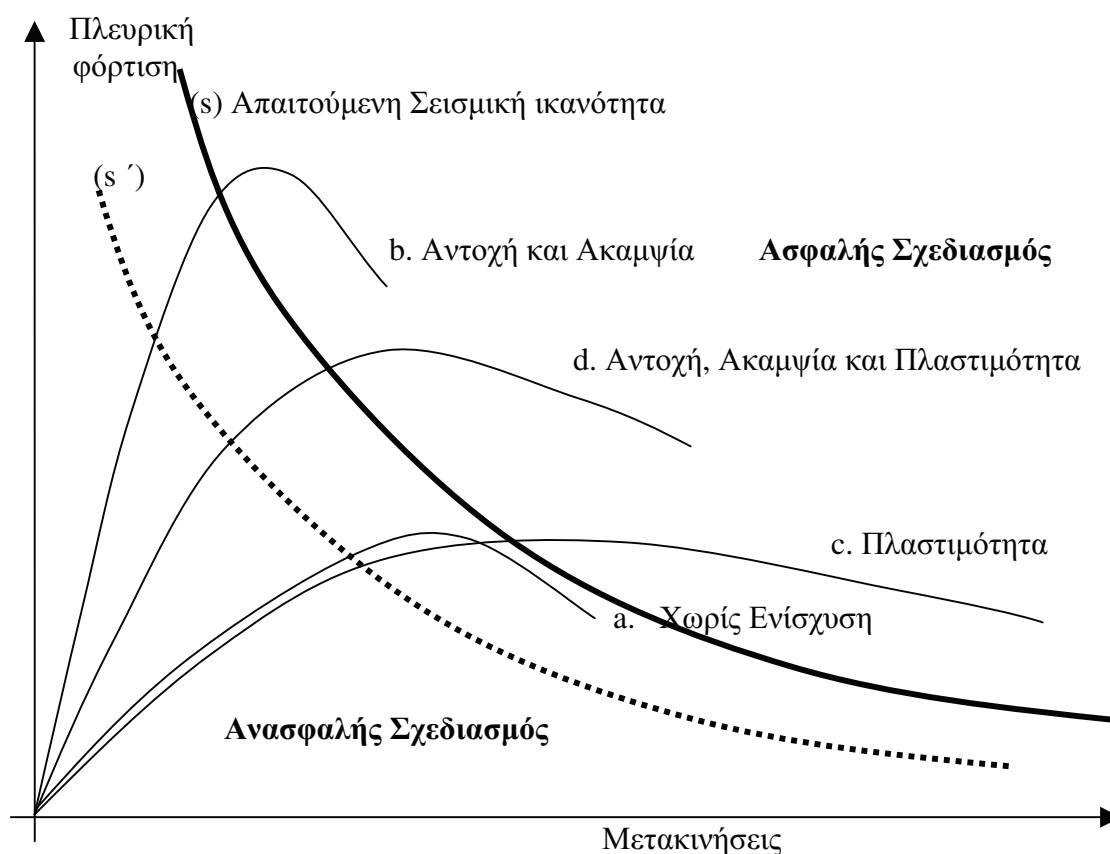


Σχήμα 1.42 Ενίσχυση πεδίων, όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω και εκτιμώντας τις κατασκευαστικές δυσκολίες της δεύτερης διάταξης, θα μπορούσε να προταθεί η χρήση της πρώτης διάταξης για κάθε περίπτωση που απαιτείται αύξηση της επιφανείας βάσης των στοιχείων θεμελίωσης, ανεξάρτητα δηλαδή της μορφής των (πέδιλο ή πεδιλοδοκός) και της ύπαρξης ή όχι μανδύα στα φέροντα κατακόρυφα στοιχεία. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της εδαφικής πίεσης που ασκείται στο νέο στοιχείο θεμελίωσης πρέπει να μεταφερθεί στο παλιό στοιχείο με διατμητικούς συνδέσμους που κατανομούνται ομοιόμορφα στις διεπιφάνειες παλαιού-νέου σκυροδέματος.

## 5.5 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟ

Στην συνέχεια των όσων αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3 (Κριτήρια Σχεδιασμού Επεμβάσεων) στο Σχήμα 1.43 παρουσιάζονται ποιοτικά διαγράμματα Πλευρικών Δυνάμεων-Μετακινήσεων, για τις τρεις βασικές στρατηγικές που αντιστοιχούν σε τρεις κατηγορίες μεθόδων αντισεισμικής ενίσχυσης. Στο παραπάνω σχήμα η καμπύλη υπερβολικής μορφής (s) αναπαριστά την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα της κατασκευής. Ως εκ τούτου, η καμπύλη αυτή υποδηλώνει το όριο μεταξύ της ασφαλούς και της ανασφαλούς επιλογής της λύσης ενίσχυσης. Δηλαδή μία κατασκευή θεωρείται ασφαλής μόνο εφόσον η καμπύλη που αναπαριστά τη συμπεριφορά της επεκτείνεται στην περιοχή πάνω από την καμπύλη (s) που απεικονίζει τον ασφαλή σχεδιασμό. Διαφορετικά απαιτείται ενίσχυση της κατασκευής [31].



Σχήμα 1.43 Στρατηγικές ενίσχυσης

Η καμπύλη (a) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής πριν την ενίσχυση.  
 Η καμπύλη (b) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την ενίσχυση της, όταν επιτυγχάνεται η αύξηση της πλευρικής αντίστασης και της δυσκαμψίας του φορέα.

Η καμπύλη (c) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την ενίσχυση της, όταν επιτυγχάνεται η αύξηση της πλαστιμότητας του φορέα.

Η καμπύλη (d) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την ενίσχυση της, όταν συγχρόνως επιτυγχάνεται η αύξηση της πλευρικής αντίστασης, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας του φορέα.

Η καμπύλη (s') αναπαριστά την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα της κατασκευής μετά την ενίσχυσή της, όταν επιτυγχάνεται μείωση της εισαγόμενης σεισμικής έντασης του φορέα.

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου και της επιμέρους κατασκευαστικής τεχνικής που θα ακολουθηθεί δεν είναι πάντα εύκολη. Αρχικά χρειάζεται να αξιολογηθούν όλες οι εναλλακτικές διαδικασίες λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες του έργου και ακόμη νομικούς, πολεοδομικούς, και άλλους τυχόν περιορισμούς.

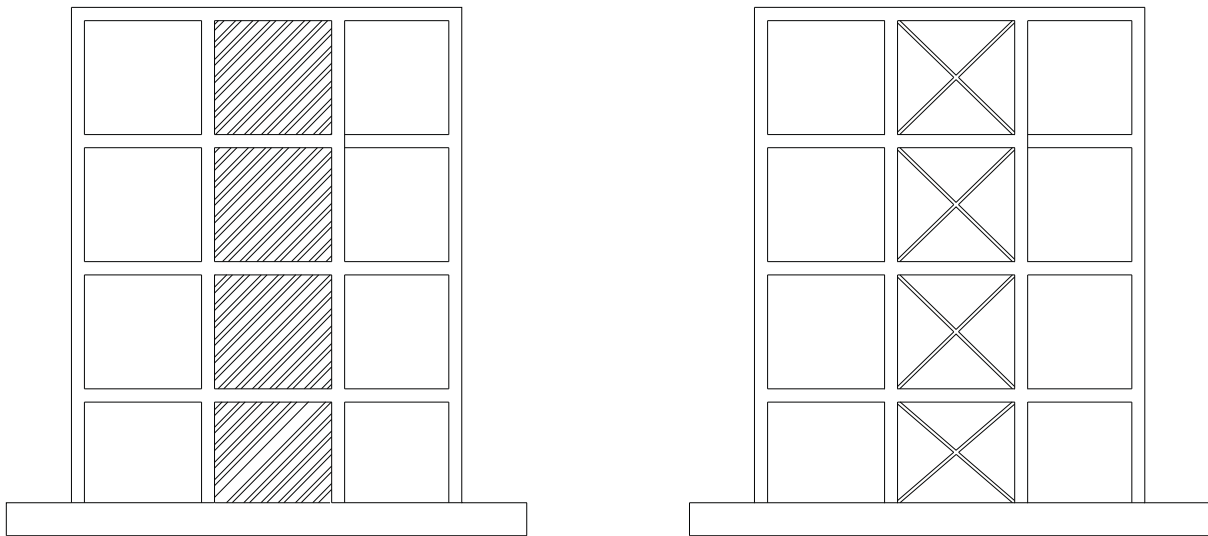
Στη συνέχεια θα πρέπει να αξιολογηθούν άλλοι σημαντικοί παράγοντες όπως το κόστος και η διάρκεια της επέμβασης, το μέγεθος της ενόχλησης των ενοίκων, και η διαθεσιμότητα κατάλληλου εξειδικευμένου προσωπικού.

Διάφορες μέθοδοι και τεχνικές χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη για την αντισεισμική ενίσχυση μίας κατασκευής ως σύνολο. Ειδικότερα όσον αφορά τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, θα μπορούσε κανείς να διακρίνει έξι κύριες μεθόδους επέμβασης, ανάλογα με το είδος των πρόσθετων στοιχείων που χρησιμοποιείται σε κάθε μέθοδο [2,22,38]. Εξάλλου ένα πλήθος εναλλακτικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια κάθε μίας από αυτές τις μεθόδους.

Οι μέθοδοι αυτές είναι οι εξής:

- Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής (Σχ.1.44α).  
Στοχεύει σε μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής.
- Κατασκευή δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής (Σχ.1.44β).  
Στοχεύει σε μέτρια αύξηση της αντοχής και κυρίως σε αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε συνέχεια και σύνδεση με υπάρχοντα υποστυλώματα της κατασκευής.  
Στοχεύει στη βελτίωση της πλαστιμότητας της κατασκευής και σε μερική αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας.
- Κατασκευή μανδύων σε κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής.  
Στοχεύει βασικά στην αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων στην κατασκευή.  
Στοχεύει σε μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας, αντοχής και πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Ενσωμάτωση στην κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας, ιξώδους ή υστερητικής συμπεριφοράς.  
Στοχεύει στην μείωση της εισαγόμενης σεισμικής έντασης της κατασκευής.





Σχήμα 1.44 (α) Τοιχώματα εντός πλαισίων  
(β) Δικτυωτά συστήματα

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, σε όλες τις παραπάνω μεθόδους προβλέπεται η προσθήκη νέων στοιχείων που προσαρμόζονται πάνω στην υφιστάμενη κατασκευή. Απαιτούνται ως εκ τούτου ειδικοί έλεγχοι στις θέσεις αλληλεπίδρασης που θα επιβεβαιώνουν τις ικανότητες των συνδέσεων για τη μεταφορά δυνάμεων μεταξύ των νέων στοιχείων και της υφισταμένης κατασκευής.

Πρέπει πάντως να επισημανθεί ιδιαίτερα ότι αυτού του είδους οι επεμβάσεις αλλάζουν ριζικά το αρχικό στατικό σύστημα της κατασκευής και γι' αυτό θα πρέπει να αποφασίζονται με σύνεση. Απαιτείται πλέον ένας εξολοκλήρου νέος σχεδιασμός της κατασκευής που πιθανότατα θα απαιτήσει εκτεταμένες επεμβάσεις σε πολλές περιοχές της κατασκευής, όπως π.χ. στη θεμελίωση.

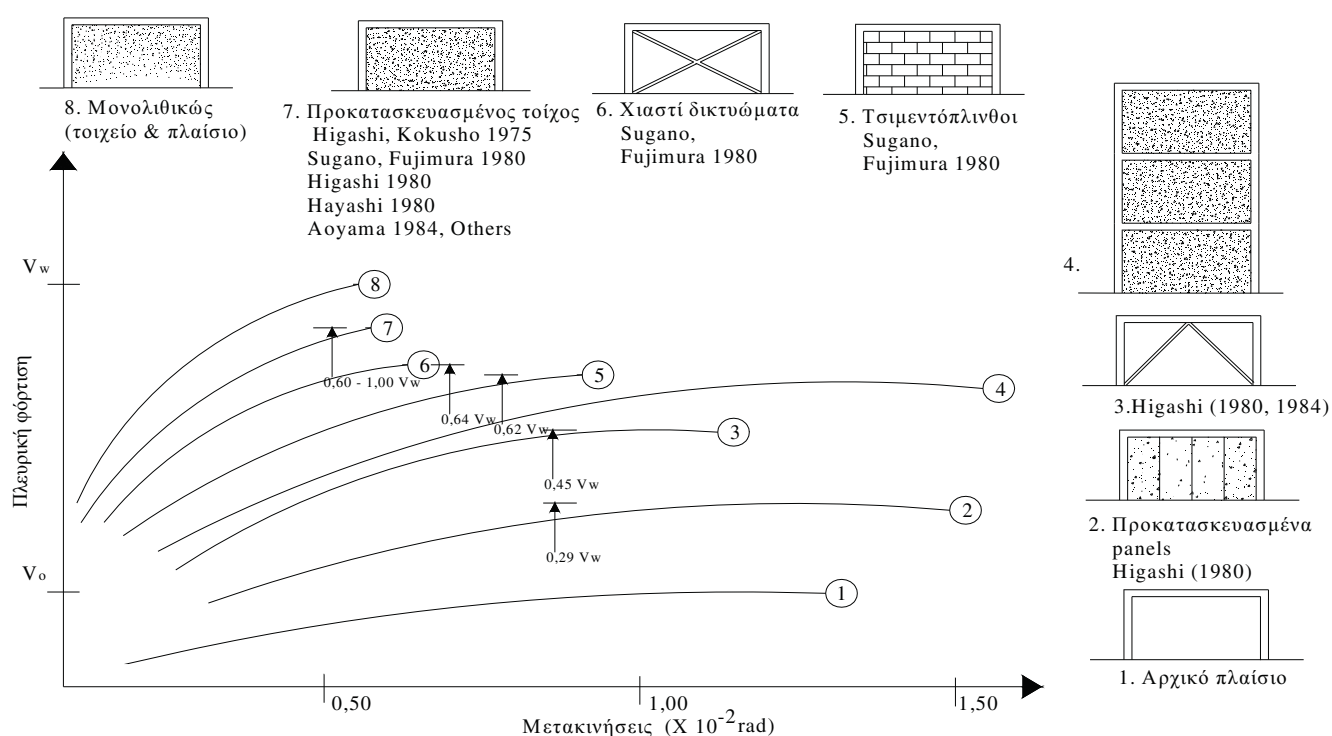
Συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα μπορούσε κανείς, ανάλογα με τον κύριο επιδιωκόμενο στόχο, να ταξινομήσει τις μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης των κατασκευών ως εξής:

α) Αν ο κύριος επιδιωκόμενος στόχος είναι η αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής, τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φορέα, ακολουθεί η μέθοδος της προσθήκης δικτυωτών συστημάτων και στην συνέχεια έπεται η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων κατ' επέκταση υφισταμένων υποστυλωμάτων της κατασκευής.

β) Αν ο κύριος επιδιωκόμενος στόχος είναι η αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής, τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η κατασκευή μανδύων σε ένα πλήθος επιλεγμένων υποστυλωμάτων της κατασκευής, και ακολουθεί η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.

γ) Αν ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η σύγχρονη αύξηση αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας της κατασκευής τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε από τις μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης που ήδη έχουν αναφερθεί και η επιλογή της ειδικότερης τεχνικής θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη τον επιθυμητό βαθμό αύξησης του μεγέθους καθενός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση που η απαιτούμενες αυξήσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές και για τα τρία χαρακτηριστικά, η λύση πιθανότατα θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει και την προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι συχνά είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός μεθόδων ή επί μέρους τεχνικών έτσι ώστε να προκύψει η βέλτιστη τεχνοοικονομική λύση. Στο Σχήμα 1.45 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από πειραματικές έρευνες που έγιναν στην Ιαπωνία [53] και αφορούν μία σειρά από μεθόδους και τεχνικές που διερευνήθηκαν για την ενίσχυση δίτυλων πλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Συγκριτικά αποτελέσματα από πειραματικές έρευνες διαφορετικών ερευνητών για διάφορες μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος, με προσθήκη νέων στοιχείων εντός των πλαισίων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2 [22]. Εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί ότι μεγάλες αυξήσεις αντοχής και δυσκαμψίας συνοδεύονται συνήθως από μικρές ανελαστικές παραμορφώσεις της κατασκευής, και το αντίστροφο ισχύει για μικρές αυξήσεις αντοχής.



Σχήμα 1.45 Αποτελεσματικότητα διαφόρων μεθόδων ενίσχυσης

| ΤΕΧΝΙΚΗ<br>ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ             | Αντοχή         |                | Δυσκαμψία |           | Πλαστιμότητα |              |
|----------------------------------|----------------|----------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
|                                  | $V_u'/V_{u,m}$ | $V_u'/V_{u,f}$ | $K'/K_m$  | $K'/K_f$  | $\mu'/\mu_m$ | $\mu'/\mu_f$ |
| Τοιχώματα από έγχυτο σκυρόδεμα   | 0.50~1.0       | 3.5~5.5        | 0.75~1.0  | 12.5~25.5 | 0.85~0.95    | 0.90         |
| Προκατασκ.. τοιχώματα            | 0.20~0.80      | 1.20~4.20      | 0.15~0.85 | 3.5~20.5  | 0.70~3.95    | 0.70~3.80    |
| Οπλισμένη τοιχοποιία             | 0.60           | 3.50           | 0.35      | 7.30      | 0.50         | —            |
| Μεταλλικά πλαίσια και δικτυώματα | 0.35~0.65      | 1.70~3.70      | 0.05~0.30 | 1.60~6.50 | 0.50~4.35    | 1.45~4.25    |

Πίνακας 1.2 Ενίσχυση πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος

$V_u$ ,  $K$  και  $\mu$  είναι αντιστοίχως η τέμνουσα αντοχής, η ελαστική δυσκαμψία και η πλαστιμότητα του ενισχυμένου πλαισίου.

$V_u$ ,  $K$  και  $\mu$  είναι αντιστοίχως η τέμνουσα αντοχής, η ελαστική δυσκαμψία και η πλαστιμότητα των πλαισίων αναφοράς.

Ο δείκτης  $f$  υποδηλώνει το αρχικό πλαίσιο.

Ο δείκτης  $m$  υποδηλώνει ένα πλαίσιο αναφοράς όπου το τοίχωμα έχει σκυροδετηθεί συγχρόνως (δηλαδή έχει μονολιθική σύνδεση) με το πλαίσιο.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, μπορούμε να διακρίνουμε έξι κύριες μεθόδους συνολικής ενίσχυσης μιας κατασκευής:

- (α) Κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων.
- (β) Προσθήκη δικτυωτών συστημάτων εντός πλαισίων.
- (γ) Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.
- (δ) Κατασκευή μανδύων σε κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής.
- (ε) Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων στην κατασκευή.
- (στ) Ενσωμάτωση στην κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας (σεισμική μόνωση).

Στην συνέχεια αναπτύσσονται οι τεχνικές και οι διαδικασίες εφαρμογής των τριών πρώτων μεθόδων. Η τέταρτη μέθοδος, που αφορά τους μανδύες, είναι η συνήθης μέθοδος ενίσχυσης μεμονωμένων υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων και για το λόγο αυτόν η ανάπτυξη του σχετικού αντικειμένου δεν επαναλαμβάνονται εδώ.

Οι δύο τελευταίες μέθοδοι, δημιουργούν ισχυρότατη μεταβολή του στατικού συστήματος της κατασκευής και δεν αποτελούν συνήθεις επιλογές στην πράξη. Εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις και δεν θα αναπτυχθούν περαιτέρω.

### 5.5.1 Κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων

Η προσθήκη νέων τοιχωμάτων εντός υφισταμένων πλαισίων της κατασκευής θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα. Η μέθοδος εφαρμόζεται επίσης για να διορθωθούν σφάλματα σχεδιασμού που σχετίζονται με την μόνωση του φορέα και ειδικότερα όταν διαπιστώνεται ασυμμετρία κατανομής δυσκαμψίας καθ' ύψος ή εκκεντρότητες δυσκαμψίας σε κάτοψη.

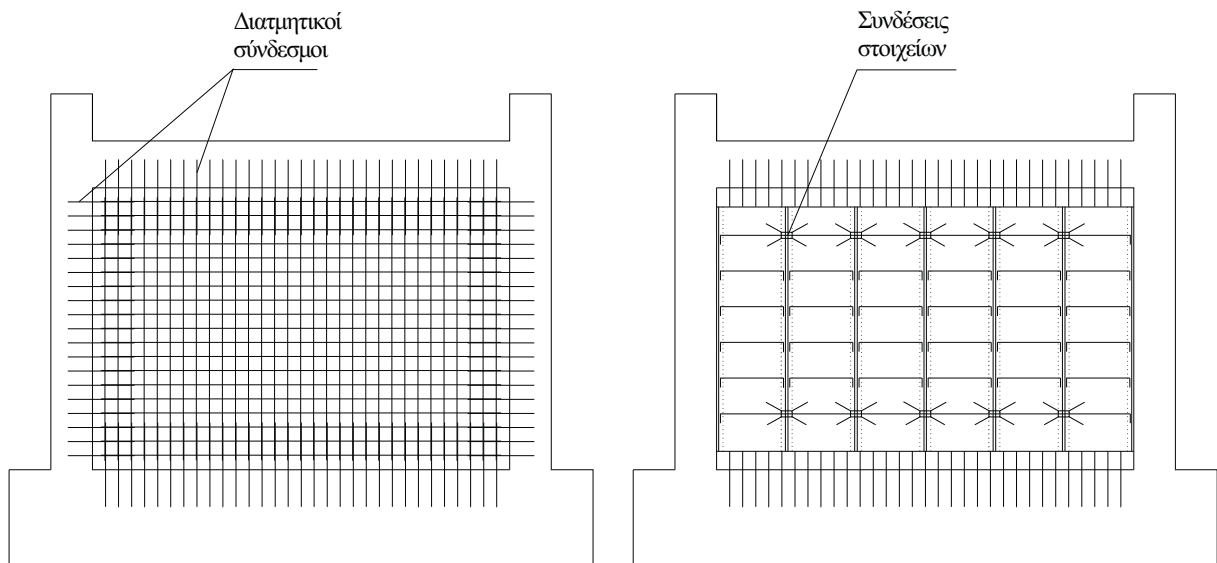
Είναι προφανές ότι ο καθορισμός του απαραίτητου πλήθους και της σωστής θέσης των τοιχωμάτων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Στη μόνωση του νέου φορέα, λαμβάνονται οπωσδήποτε υπόψη οι περιορισμοί που προβλέπονται στον αντισεισμικό κανονισμό για την αποφυγή απότομης μεταβολής της δυσκαμψίας καθ' ύψος της κατασκευής.

**Οι τεχνικές προσθήκης τοιχωμάτων** που χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του τοιχώματος που χρησιμοποιείται:

- Τοιχώματα από σκυρόδεμα κατασκευαζόμενα στον τόπο του έργου.
- Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels).
- Τοιχοποιία από συμπαγείς οπτόπλινθους ή τσιμεντοπλίνθους.

#### **Τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα**

Τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κατασκευάζονται σε κατάλληλα επιλεγμένα πλαίσια του φέροντος οργανισμού της κατασκευής και συνδέονται κατά μήκος της περιμέτρου τους με τα υπάρχοντα υποστύλωματα και τις δοκούς (Σχ. 1.46) [53].



Σχήμα 1.46 Τεχνικές κατασκευής τοιχωμάτων εντός πλαισίων  
 (α) Με έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση  
 (β) Με προκατασκευασμένα τοιχώματα χωρίς πλευρική σύνδεση

Στις περιπτώσεις που επιδιώκεται μία περισσότερο πλάσטיμη συμπεριφορά της κατασκευής, η σύνδεση γίνεται μόνο στις δοκούς, δηλαδή στο πάνω και κάτω μέρος του τοιχώματος, ενώ στα πλάγια, μεταξύ του τοιχώματος και των υποστυλωμάτων δεν γίνεται σύνδεση και αφήνεται ένα μικρό κενό.

Η θεμελίωση των νέων τοιχωμάτων συνδέεται πάντοτε με την υπάρχουσα θεμελίωση, ακόμα και στην περίπτωση που τα τοιχώματα δεν συνδέονται με τα υποστυλώματα του πλαισίου. Στο Σχήμα 1.47 παρουσιάζονται, από τη βιβλιογραφία, οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες της θεμελίωσης από μία εφαρμογή της μεθόδου.

Είναι άξιο προσοχής ότι στη συνήθη περίπτωση σύνδεσης των νέων τοιχωμάτων με τα υποστυλώματα, τα τελευταία αποτελούν πλέον τα άκρα ενός νέου τοιχώματος όπου προφανώς αναμένεται ιδιαίτερα αυξημένη ένταση. Ως εκ τούτου τις περισσότερες φορές τα άκρα του νέου τοιχώματος επεκτείνονται σε ένα μανδύα γύρω από τα υποστυλώματα, ενισχύοντας έτσι και αυτήν την περιοχή.

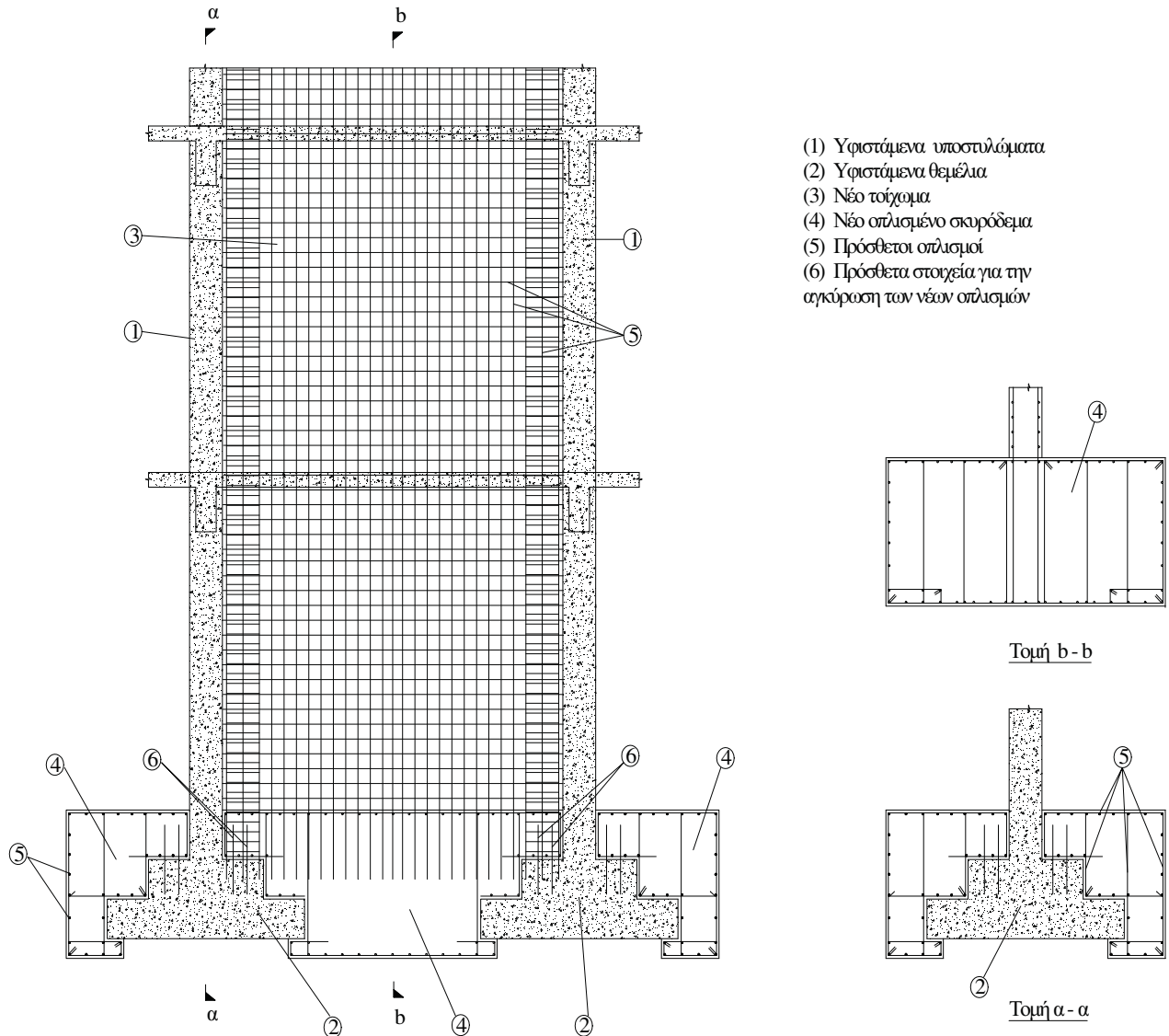
**Κρίσιμο σημείο εφαρμογής της μεθόδου** είναι η εξασφάλιση της μεταφοράς των οριζοντίων δράσεων στα νέα τοιχώματα. Απαιτείται δηλαδή έλεγχος στις στάθμες των ορόφων ότι οι δοκοί που συντρέχουν στο τοίχωμα (με διεύθυνση τον ισχυρό άξονα του τοιχώματος) έχουν επαρκή διαμήκη οπλισμό για την μεταφορά των οριζοντίων δράσεων του ορόφου. Αν ο οπλισμός αυτός είναι ανεπαρκής η ενίσχυση περιλαμβάνει και την προσθήκη νέων οριζοντίων στοιχείων σύνδεσης.

Ένας τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτήν τη σύνδεση είναι ο εξής:

Αρχικά νέες οριζόντιες διαμήκεις ράβδοι οπλισμού αγκυρώνονται στο νέο τοίχωμα στις στάθμες των ορόφων με διεύθυνση τον ισχυρό άξονα του τοιχώματος. Στη συνέχεια οι οπλισμοί αυτοί συγκολλούνται επάνω σε ισχυρές μεταλλικές πλάκες που έχουν αγκυρωθεί πάνω στις δοκούς, που συντρέχουν στο τοίχωμα και έχουν την ίδια ως άνω διεύθυνση. Τελικά οι οπλισμοί καλύπτονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μετά από κατάλληλη προεργασία (εκτράχυνση και καθαρισμό) της επιφάνειας της δοκού.

Ειδικά μέτρα λαμβάνονται πάντοτε για την εξασφάλιση της συνέχειας στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος με κατάλληλους διατμητικούς συνδέσμους. Συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανικά ή χημικά χαλύβδινα βλήτρα αφού προηγουμένως εκτραχυνθεί και καθαριστεί η επιφάνεια των παλαιών στοιχείων.

Ο έλεγχος που γίνεται στις διεπιφάνειες πρέπει να εξασφαλίζει ότι η διατμητική ένταση που αναπτύσσεται σ' αυτές τις διατομές μπορεί να αναληφθεί μέσω των μηχανισμών ανάληψης φορτίου που θα αναπτύξει η σύνδεση. Η εκτίμηση του διατμητικού φορτίου της διεπιφάνειας συνήθως γίνεται θεωρώντας μονολιθική σύνδεση του νέου τοιχώματος με το πλαίσιο, δηλαδή αγνοείται η ολίσθηση μεταξύ των δύο στοιχείων.

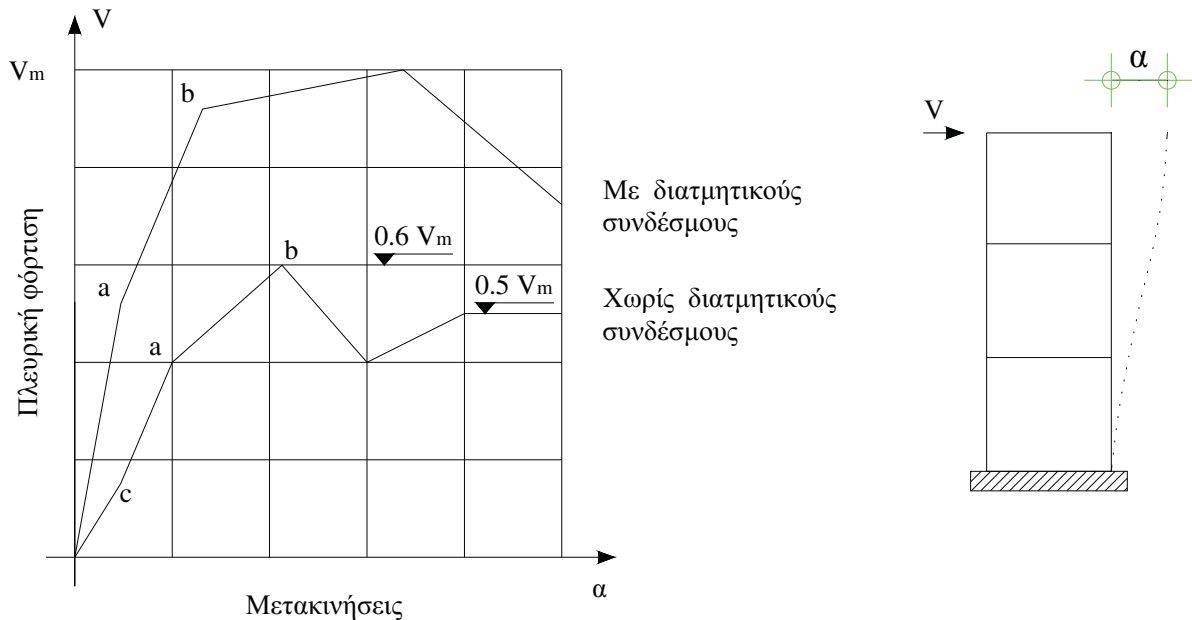


Σχήμα 1.47 Παράδειγμα θεμελίωσης νέου τοιχώματος εντός υφισταμένου πλαισίου

Από μία εκτεταμένη θεωρητική και πειραματική, ερευνά για το θέμα [45,46,47] έχουν προκύψει τα παρακάτω χρήσιμα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα των διατμητικών συνδέσεων στη σύνδεση τοιχωμάτων και περιμετρικών πλαισίων.

- Η αντοχή και η δυσκαμψία των τοιχοπληρωμένων πλαισίων είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι. Στο Σχήμα 1.48 [22] παρουσιάζονται αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν την παραπάνω παρατήρηση.
- Η συγκέντρωση τάσεων στις γωνίες ως και οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις των μελών των περιμετρικών πλαισίων, είναι μικρότερες στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι.
- Η ύπαρξη ανοιγμάτων στα τοιχοπληρωμένα πλαίσια μειώνει δραστικά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου όταν δεν χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι. Η

αντοχή και η δυσκαμψία που επιτυγχάνεται είναι ιδιαίτερα μικρές συγκρινόμενες με αυτές του αντίστοιχου μονολιθικού τοιχώματος. Αντιθέτως, όταν χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι, η ύπαρξη των ανοιγμάτων έχει μικρή επίδραση στην μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας και είναι ανάλογη με αυτή που παρατηρείται στην αντίστοιχη περίπτωση για μονολιθικά τοιχώματα.



Σχήμα 1.48 Αποτελεσματικότητα διατμητικών συνδέσμων στην σύνδεση νέων τοιχωμάτων με τα υπάρχοντα πλαίσια

**Δύο προβλήματα** που αφορούν τη σύνδεση των τοιχωμάτων με τα περιβάλλοντα πλαίσια απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

Το πρώτο πρόβλημα οφείλεται στα αποτελέσματα της συστολής ξήρανσης του νέου σκυροδέματος, και εκδηλώνεται με ρηγμάτωση της διεπιφάνειας, εκεί όπου το υψηλότερο τμήμα του τοιχώματος εφάπτεται στον πυθμένα της δοκού του πλαισίου. Εδώ η συστολή ξήρανσης αντιμετωπίζεται συνήθως με σκυρόδεμα ειδικής σύνθεσης, όπου έχουν χρησιμοποιηθεί ειδικά πρόσμικτα.

Εναλλακτικά, πολλές φορές το τοίχωμα σκυροδετείται μέχρι ύψος 20cm περίπου χαμηλότερα από τον πυθμένα της δοκού και μετά πάροδο ικανού χρόνου από την ημέρα σκυροδέτησης, συμπληρώνεται το υπόλοιπο (δηλαδή το τμήμα του τοιχώματος κοντά στον πυθμένα της δοκού) με εποξειδικό ή πολυεστερικό κονίαμα. Μερικές φορές ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες του έργου το τοίχωμα μπορεί να σκυροδετηθεί μέχρι ύψος 5-7 mm χαμηλότερα από τον πυθμένα της δοκού, οπότε πλέον το κενό συμπληρώνεται με ρητινοειδή κόλλα χρησιμοποιώντας την τεχνική των ρητινενέσεων.

Το δεύτερο πρόβλημα αφορά μόνο την περίπτωση των έγχυτων τοιχωμάτων και ειδικότερα την δυσκολία σκυροδέτησης του υψηλότερου τμήματος του τοιχώματος λόγω ανεπαρκούς πρόσβασης από την κορυφή. Γι' αυτό η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, αποτελεί έναν πρόσθετο λόγο προτίμησης.

Μερικές φορές η ενίσχυση με πρόσθετα τοιχώματα μπορεί να γίνει **εξωτερικά του φορέα**. Συχνά αυτό οφείλεται σε λειτουργικούς λόγους, όπως π.χ. σε περιπτώσεις που στα επιλεγμένα πλαίσια του φορέα προϋπάρχουν τοιχοπληρώσεις των οποίων η διατήρηση κρίνεται

απαραίτητη. Όμως σ' αυτήν την περίπτωση απαιτούνται πρόσθετα μέτρα εξασφάλισης της μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των νέων τοιχωμάτων και του υφισταμένου φορέα. Επίσης, στην περίπτωση που απαιτείται η διατήρηση των τοιχοπληρώσεων η ενίσχυση μπορεί να γίνει με την μορφή μονόπλευρων ή αμφίπλευρων μανδύων από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αποφεύγοντας έτσι τη χρήση ξυλοτύπου.

### **Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)**

Η τεχνική της προσθήκης προκατασκευασμένων τοιχωμάτων (panels) εντός πλαισίων της κατασκευής έχει αρκετά κατασκευαστικά πλεονεκτήματα και είναι οικονομικότερη λύση συγκρινόμενη με αυτήν της προσθήκης νέων τοιχωμάτων από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Όμως η προσφορά τους στην συνολική δυσκαμψία και αντοχή του φορέα είναι μικρότερη όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο Σχήμα 1.45 και τον Πίνακα 1.2.

Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλυφθεί το σύνολο του ανοίγματος του πλαισίου ή τμήμα του. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους και με τα υποστυλώματα του πλαισίου ή όχι (Σχ.1.46β). Η σύνδεση με το περιβάλλον πλαίσιο γίνεται με ειδικές τεχνικές αγκύρωσης, που επιδρούν σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της τεχνικής. Πολλές φορές πάντως, όταν επιδιώκεται μία περισσότερο πλάστιμη συμπεριφορά του φορέα, η σύνδεση γίνεται μόνο με τις δοκούς και δεν υπάρχει επαφή με τα υποστυλώματα.

Τα προκατασκευασμένα τοιχώματα μπορεί να είναι είτε **συμπαγή από οπλισμένο σκυρόδεμα** είτε **τύπου “σάντουιτς”** με εξωτερικούς φλοιούς από οπλισμένο σκυρόδεμα ή ενισχυμένα μεταλλικά φύλλα, και εσωτερικό γέμισμα είναι κάποιο υλικό με μονωτικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται εξωτερικά μεταλλικά φύλλα, απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για προστασία από οξείδωση και φωτιά.

### **Τοιχώματα από οπλισμένη ή άοπλη τοιχοποιία**

Η χρησιμοποίηση οπλισμένης ή άοπλης τοιχοποιίας από συμπαγή τούβλα ή τσιμεντοπλίνθους επαρκούς αντοχής, είναι μία δημοφιλής πρακτική λιγότερο αποτελεσματική αλλά αρκετά οικονομική που συμβάλλει σημαντικά στην κατανάλωση της σεισμικής ενέργειας που εισάγεται στην κατασκευή. Στην περίπτωση της οπλισμένης τοιχοποιίας, οι οπλισμοί αγκυρώνονται στο περιμετρικό πλαίσιο με ειδικές κόλλες αγκύρωσης ή με ειδικά αγκύρια και ηλεκτροσυγκόλληση των οπλισμών.

Βασικό μειονέκτημα της τεχνικής είναι ότι στην συνήθη αναλυτική εργασία ρουτίνας των μελετητών εφαρμογής, οι αβεβαιότητες των χαρακτηριστικών της τοιχοπλήρωσης καθώς επίσης και των χαρακτηριστικών της σύνδεσης στις διεπιφάνειες τοιχοπλήρωσης-πλαισίου δεν επιτρέπουν μία αξιόπιστη πρόβλεψη της συμπεριφοράς του φορέα στον ίδιο βαθμό αξιοπιστίας που ισχύει για τα αποτελέσματα της ανάλυσης στον γυμνό φορέα οπλισμένου σκυροδέματος. Ως εκ τούτου η χρησιμοποίηση της τεχνικής γίνεται στην πράξη με εμπειρικό τρόπο για να εξισορροπηθούν υφιστάμενες έντονες ασυμμετρίες κατανομής των τοιχοπληρώσεων ή και άλλων δύσκαμπτων στοιχείων της κατασκευής όπως π.χ. κλιμακοστασίων, σε κάτοψη ή καθ' ύψος της κατασκευής.

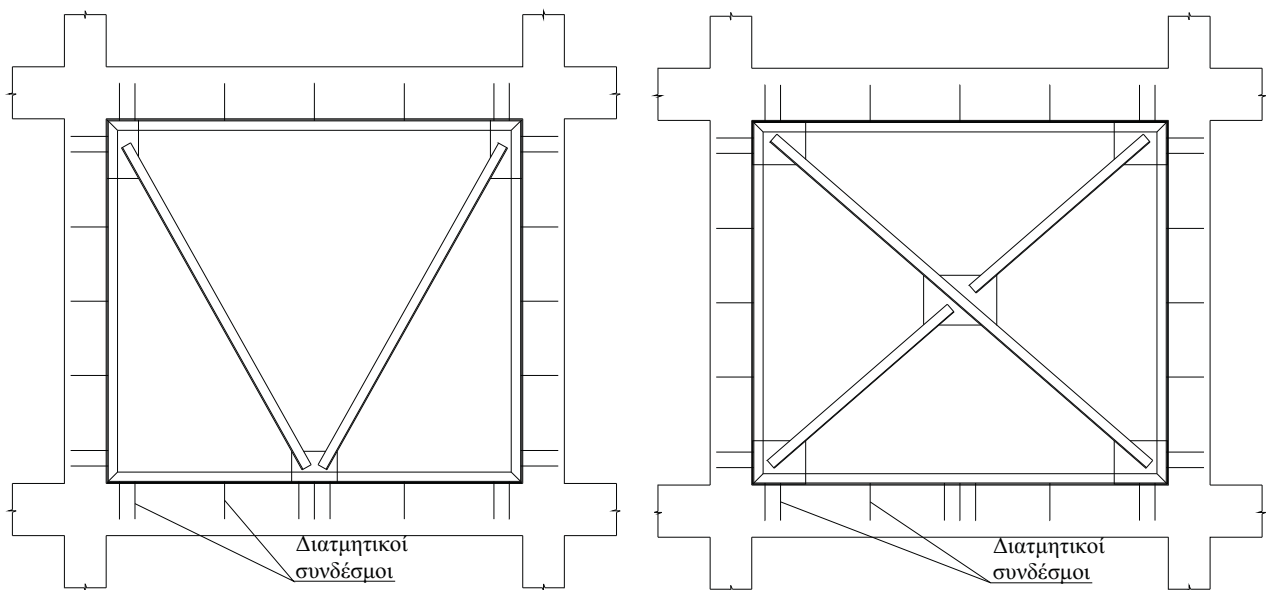
Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι είναι μειονέκτημα της τεχνικής το μεγάλο ίδιο βάρος της τοιχοποιίας, που όμως στις περιπτώσεις ισογείων μαλακών ορόφων, όπου αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται συχνότερα, αντιμετωπίζεται χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

## **5.5.2 Προσθήκη δικτυωτών συστημάτων εντός πλαισίων.**

Η μέθοδος της κατασκευής δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων του φέροντος οργανισμού μίας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερα

σημαντική αύξηση στην αντοχή και στη δυσκαμψία της κατασκευής ενώ συγχρόνως μπορεί να συνεισφέρει και στην πλαστιμότητα της (βλ. Σχ.1.45). Τα συστήματα αυτά συνήθως είναι μεταλλικά και σπανίως είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ως εκ τούτου η ανάπτυξη που ακολουθεί αφορά την πρώτη περίπτωση. Εξάλλου η δυνατότητα ανελαστικής παραμόρφωσης των μεταλλικών στοιχείων προσφέρει ένα σημαντικό παράγοντα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας.

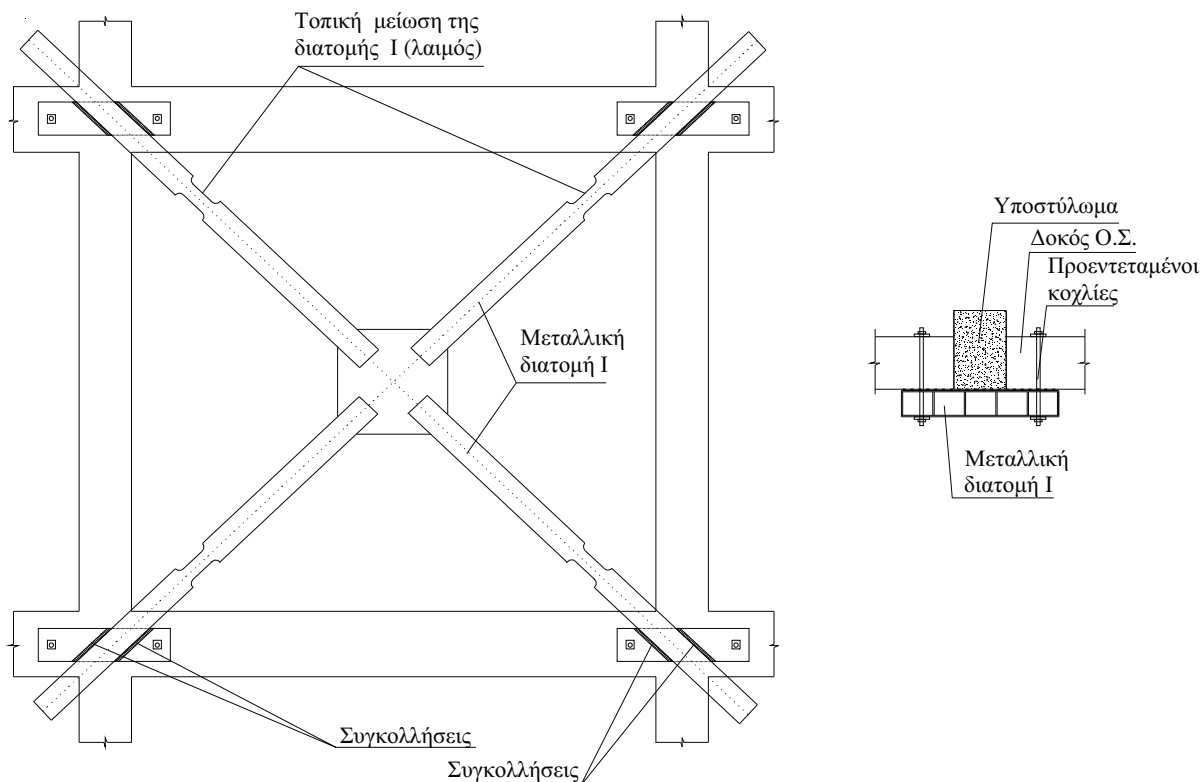
Χρησιμοποιείται με παρόμοιο τρόπο όπως στις μεταλλικές κατασκευές και εφαρμόζεται εύκολα σε βιομηχανικούς χώρους και σε ισόγειους μαλακούς ορόφους κτιρίων. Έχει το πλεονέκτημα του μικρού ίδιου βάρους και της ταχύτητας κατασκευής ενώ δεν εμποδίζεται ο φωτισμός των χώρων. Πολλές φορές η εφαρμογή γίνεται εξωτερικά των πλαισιωμάτων της κατασκευής για κατασκευαστική διευκόλυνση, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που προϋπάρχουν τοιχοπληρώσεις εντός των πλαισίων. Διάφορες διατάξεις δικτυωμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη όπως π.χ. με σχήμα Κ, ρόμβου ή χιαστί διαγωνίων που είναι και η πλέον συνήθης διάταξη (Σχ.1.49) [22].



Σχήμα 1.49 Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων

Σε μερικές περιπτώσεις η επαφή στον φέροντα οργανισμό της κατασκευής γίνεται με συνεχή σύνδεση ενός μεταλλικού πλαισίου, πάνω στο οποίο συνδέονται οι ράβδοι του δικτυώματος (Σχ.1.49). Σε άλλες περιπτώσεις οι ράβδοι του δικτυώματος προσαρμόζονται με ειδικές διατάξεις, απευθείας επάνω στον φέροντα οργανισμό (Σχ.1.50) [22].





Σχήμα 1.50 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σύνδεσης μεταλλικών δικτυωμάτων

**Κρίσιμα σημεία εφαρμογής της μεθόδου** είναι :

α) Οι κατασκευαστικές διατάξεις σύνδεσης των μεταλλικών στοιχείων με τον φέροντα οργανισμό της κατασκευής. Στο Σχήμα 1.49 απεικονίζονται σχετικές διατάξεις από τη βιβλιογραφία [22].

β) Ο λυγισμός των μεταλλικών ράβδων των δικτυωμάτων. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα μίας πειραματικής διερεύνησης της μεθόδου για ανακυκλιζόμενες δράσεις, ο λυγισμός των ράβδων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Στην περίπτωση χιαστί διαγωνίων μπορούν να θεωρηθούν συνθήκες αμφίπακτου στύλου. Για την μείωση των κινδύνων λυγισμού των μεταλλικών ράβδων, στην περίπτωση των χιαστί διαγωνίων, έχει προταθεί [22] ένα τοπικό “αδυνάτισμα” της διατομής κοντά στα σημεία σύνδεσης με τα πλαίσια (Σχ.1.50), που μειώνει τον κίνδυνο λυγισμού από εκκεντρότητες φορτίου.

γ) Η ανακατανομή της έντασης στον φορέα. Νέα εντατικά μεγέθη εισάγονται πλέον στον φορέα ιδιαίτερα στα στοιχεία του περιβάλλοντος πλαισίου. Επαρκής αντοχή των κόμβων (δοκών-υποστυλωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος) είναι απαραίτητη, επειδή αποτελούν τις περιοχές αλληλεπίδρασης του παλαιού φορέα με τα νέα στοιχεία. Πιθανή ανεπάρκεια των κόμβων συνεπάγεται την τροποποίηση της κατασκευαστικής διάταξης σύνδεσης των μεταλλικών στοιχείων στον φέροντα οργανισμό της κατασκευής, έτσι ώστε να περιλαμβάνονται στην ενίσχυση και οι κόμβοι.

### 5.5.3 Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.

Η προσθήκη τοιχωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος σε συνέχεια και σύνδεση με τα υπάρχοντα υποστυλώματα της κατασκευής, αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο αύξησης της πλαστιμότητας της κατασκευής με παράλληλη μέτρια αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της (βλ. Σχ.1.45). Εφαρμόζεται σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του φορέα συνδυαζόμενη συνήθως με την ενίσχυση μεμονωμένων υποστυλωμάτων που έχουν ανεπαρκή αντοχή ή/και πλαστιμότητα.

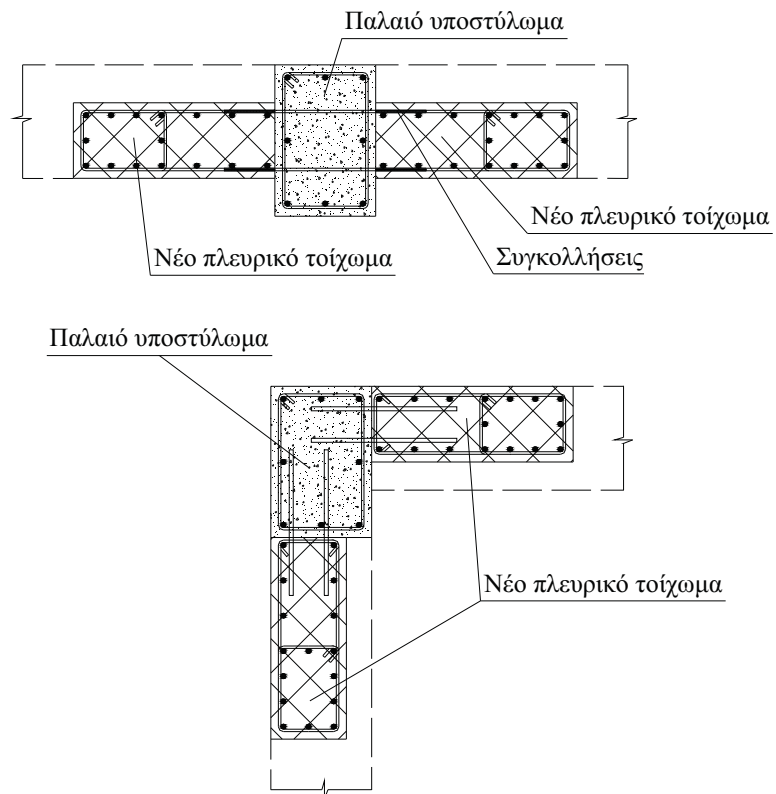
Η προσθήκη του τοιχώματος γίνεται προς την επιδιωκόμενη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης της κατασκευής. Πολλές φορές σε γωνιακά υποστυλώματα, γίνεται προσθήκη τοιχωμάτων σε δυο διευθύνσεις (Σχ.1.51) [31]. Τα τοιχώματα κατασκευάζονται συνήθως από έγχυτο σκυρόδεμα ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προκατασκευασμένα στοιχεία. Σκόπιμο είναι να προηγείται αποφόρτιση και υποστύλωση πλακών και δοκών, έτσι ώστε, μετά την επέμβαση, τα νέα στοιχεία να παραλάβουν μέρος των κατακόρυφων φορτίων.

Η μέθοδος αυτή έχει τύχει ευρείας εφαρμογής στην Ελλάδα, κυρίως επειδή δεν απαιτεί ιδιαίτερα εξειδικευμένο προσωπικό. Επιπλέον οι αβεβαιότητες των μοντέλων ανάλυσης είναι πολύ μικρότερες απ' ό,τι στις μεθόδους που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες, του παρόντος Κεφαλαίου.

**Κρίσιμα σημεία εφαρμογής της μεθόδου** είναι η σύνδεση των παλαιών και των νέων στοιχείων και η ανακατανομή της έντασης στην γειτονία της επέμβασης. Ειδικότερα:

α) Η σύνδεση των παλαιών και των νέων στοιχείων γίνεται μετά από εκτράχυνση της επιφανείας επαφής των παλαιών στοιχείων και χρήση διατμητικών συνδέσμων όπως αυτά αναλυτικότερα αναφέρθηκαν προηγουμένως στην μέθοδο κατασκευής τοιχωμάτων εντός πλαισίων. Εξάλλου προβλήματα όπως τα σχετιζόμενα με την συστολή ξήρανσης του νέου σκυροδέματος και την δυσκολία σκυροδέτησης αντιμετωπίζονται με τους ίδιους τρόπους που ήδη αναφέρθηκαν στην παραπάνω περίπτωση (τοιχώματα εντός πλαισίων).

β) Πέραν από το γενικότερο θέμα της ανακατανομής της έντασης στο σύνολο του φορέα, αξίζει ιδιαίτερη προσοχή η περιοχή σύνδεσης των νέων στοιχείων με τις γειτονικές δοκούς. Η καμπτική ένταση στις δημιουργούμενες νέες παρειές στήριξης των δοκών είναι πολύ υψηλότερη από την προηγούμενη (πριν την επέμβαση). Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη επαρκής αντοχή ή πλαστιμότητα της περιοχής για την αντιμετώπιση της έντασης.



Σχήμα 1.51 Προσθήκη τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων

## 5.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βιντζηλαίου Ε. και Πεδιαδίτης Π., (1983), “Παραμετρική Διερεύνηση Μανδύων Υποστρωμάτων”, Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Γιάννενα.
2. Δρίτσος Σ., (2000α), “Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα” Πάτρα.
3. Δρίτσος Σ., (2000β), “Ενισχύσεις/Επισκευές Κατασκευών από ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ-Σχεδιασμός και Διαστασιολόγηση” Διδακτικό Βιβλίο, Εκδ.Πανεπ.Πατρών, Πάτρα.
4. Ε.Μ.Π., (1987), “Συστάσεις για τις Επισκευές Κτιρίων Βλαμμένων από Σεισμό”, Αθήνα.
5. Καραγιάννης Χ., Χαλιορής Κ., Σίδηρης Κ., Οικονόμου Χ., (1996), “Πειραματική Διερεύνηση της Ικανότητας Ακραίων Κόμβων ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ Επισκευασμένων με Ρητίνες”, Πρακτικά 12<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Τόμος III, Λεμεσός, Κύπρος.
6. Νεοκλέους Κ., Πηλακούτας Κ., Δρίτσος Σ., Τριανταφύλλου Θ., (1999), “Σχεδιασμός Οπλισμένου Σκυροδέματος με Ινοπλισμένα Πολυμερή”, Πρακτικά 13<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Ρέθυμνο.
7. (ΟΑΣΠ), (1999), Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ.)”, ΦΕΚ 2184/Β/20.12.99.
8. Πενέλης Γ., Κάππος Α., (1990), “Αντισεισμικές Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα” Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
9. Πενέλης Γ., (1999), “Ενίσχυση-Επισκευή μετά από Σεισμό”, Εισήγηση στο 13<sup>ο</sup> Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Ρέθυμνο.
10. Τάσιος Θ., (1981), “Η Μηχανική της Επισκευής Υποστρωμάτων με Μανδύα”, Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Λευκωσία.
11. Τάσιος Θ., Λέφας Ι., (1983), “Εμπειρικές Σχέσεις Προγνώσεως Συμπεριφοράς Δομικών Στοιχείων υπό Ανακυκλιζόμενη Φόρτιση”, Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Γιάννενα.
12. Τάσιος Θ., (1984), “Επισκευές Μετά από τον Σεισμό”, Πρακτικά Συνεδρίου: Σεισμοί και Κατασκευές, Ο.Α.Σ.Π., Τόμος Ι, Αθήνα.
13. Τριανταφύλλου Θ., (1998), “Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών και Κατασκευών”, Εκδόσεις Παν.Πατρών, Πάτρα.
14. Τριανταφύλλου Θ., (1999), “Νέα Τεχνική Ενίσχυσης Στοιχείων Οπλισμένου Σκυροδέματος με Σύνθετα Υλικά: Διαδικασία Ανάλυσης και Διαστασιολόγησης”, Πρακτικά 13<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Ρέθυμνο.
15. Τριανταφύλλου Θ., (2000), “Ενισχύσεις Κατασκευών με Σύνθετα Υλικά-Υπολογισμοί”, Δελτ. Συλ. Πολιτικών Μηχανικών, Νο 275.
16. Τσώνος Α., (2000), “Σεισμική Συμπεριφορά Επισκευασμένων και Ενισχυμένων Δοκιμίων Κόμβων από Ο.Σ”, Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική περιοχή Α.
17. ΥΠΕΧΩΔΕ, (1995), Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων “Κανονισμός για την Μελέτη και την Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα”, Αθήνα.
18. ΥΠΕΧΩΔΕ, (1997), Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων “Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος-97” Υπ.Απόφ. Δ14/19164, 28-3-1997, ΦΕΚ 315Β/17-4-1997.
19. Φαρδής Μ., (2000), “Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος”, Εκδόσεις Παν.Πατρών, Μέρος 1, Πάτρα.
20. Χρονόπουλος Μ., (1985), “Συστάσεις και Πρακτικοί Κανόνες για τον Επανελέγχο Επισκευασμένων-Ενισχυμένων Υποστρωμάτων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”, Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Πάτρα.

21. Bresson J., (1971), 'Nouvelles Recherches et Applications Concernant L' Utilization des Collages dans les Structures'; Beton Plaque, Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Serie: Beton & Beton Arme, No 116, Supplement No 278.
22. CEB Bulletin No 162, (1983), "Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading", Paris.
23. CEN Tech. Com., 250/SC8 Eurocode 8-Part 1.2, (1995), 'Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: General Rules for Buildings " ENV 1998-1-2, Brussels.
24. CEN Tech. Com., 250/SC8 Eurocode 8-Part 1.4, (1996), 'Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: Strengthening and Repair of Buildings', prENV 1998-1-4., Brussels.
25. Chronopoulos M., Scarpas A., Tassios T., (1994), 'Response of Original and Repaired R.C. Joints Under Cyclic Imposed Deformations" Proc. of 10<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Vienna.
26. Comite Eurointernational du Beton, (1993), 'CEB-FIP Model Code 1990" T.Telford, London.
27. Dritsos S., Pilakoutas K., (1992), 'Composite Technique for Repair/Strengthening of R.C. members"; Proc. of 2<sup>nd</sup> International Symposium on Composite Materials and Structures, Beijing, China.
28. Dritsos S., Georgopoulos T., Pilakoutas K., (1993), 'Experimental Study on a Composite Technique for Repair/Strengthening of R.C. Columns" Proc. of 5<sup>th</sup> International Conference on Structural Faults and Repair, Edinburgh.
29. Dritsos S., (1994), 'Ultimate Strength of Flexurally Strengthened R.C. Members"; Proc. of 10<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Vienna.
30. Dritsos S., Pilakoutas K., (1994), 'Repair/Strengthening Techniques for Structurally Damaged R.C. Columns"; Proc. of 5<sup>th</sup> U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Chicago, Illinois.
31. Dritsos S., (1995), 'Seismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings in Greece"; Journal of Structural Engineering, Vol.22(1).
32. Dritsos S., (1996 $\alpha$ ), 'Strengthening of RC Beams by New Cement Based Layers"; Proc of International Conference: Concrete Repair Rehabilitation and Protection, Dundee.
33. Dritsos S., (1996 $\beta$ ), 'Flexural Behaviour of Retrofitted RC Beams"; Proc. of 11<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco.
34. Dritsos S., (1997), 'Concrete Jacketing for Reinforced Concrete Columns"; Journal of Construction Repairs, Vol.11(4).
35. Dritsos S., (1997), 'Analysis of Retrofitted Reinforced Concrete Beams"; Proc. of 7<sup>th</sup> International Conference on Structural Faults and Repair, Edinburgh.
36. Dritsos S., Taylor C., and Vadoros K., (1997), 'Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Structures by Concrete Jacketing"; Proc. of 7<sup>th</sup> International Conference on Structural Faults and Repair, Edinburgh.
37. Dritsos S., Georgakopoulou M., (1999), 'Concrete Jacketing for Seismic Strengthening"; Proc. of fib Symposium 1999/Structural Concrete-The Bridge Between People. Prague CD Proceedings.
38. FEMA-273/1997, (1997), NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Issued by FEMA Washington D.C..
39. FEMA-274/1997, (1997), NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Issued by FEMA Washington D.C..

40. Frangou M., Pilakoutas K., Dritsos S., (1993), 'Repair/Strengthening of Columns by a Simple Localized Strengthening Technique', Proc. of 5<sup>th</sup> International Conference on Structural Faults and Repair, Edinburgh.
41. Globarah A., Tarek S. Aziz, Asharaf Biddah, (1997), 'Rehabilitation of Reinforced Concrete Frame Connections Using Corrugated Steel Jacketing', ACI Structural Journal, No 94(3).
42. Jones R., Swamy R.N., Charif A., (1988), 'Plate Separation and Anchorage of Reinforced Concrete Beams Strengthened by Epoxy-bonded Steel Plates', The Structural Engineer 66, No 5.
43. Kahn L., (1980), 'Strengthening of Existing R.C. Columns for Earthquake Resistance', Proc. of 7<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul.
44. Lander M., (1987), 'Field Measurements on Subsequently Strengthened Concrete Slabs', Douglas McHenry International Symposium on Concrete and Concrete structures , Publication SP-55, American Concrete Institute. Detroit.
45. Liauw T., Lee S., (1977), 'On the Behaviour and the Analysis of Multistorey Infilled Frames Subject to Lateral Loading', The Inst. of Civil Eng., Vol. 63.
46. Liauw T., Kwan K., (1977), 'Non- Linear Analysis on Multistorey Infilled Frames', The Inst. of Civil Eng., Vol. 63.
47. Liauw T., (1979), 'Tests on Multistorey Infilled Frames Subjected to Dynamic Lateral Loading', ACI Journal, Vol. 76(4).
48. Mirmiran A., Shahawy M., Samaan M., EI Echary H., Mastrapa J., Pico O., (1998), 'Effect of Concrete Parameters on FRP-Confined Concrete', ASCE Journal of Composites for Construction, Vol. 2(4).
49. Oehlers D., Morgan J., (1990), 'Premature Failure of Externally Plated Reinforced Concrete Beams', ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 116(4).
50. Oehlers D., (1992), 'Reinforced Concrete Beams with Plates Glued to Their Soffits', ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 118(8).
51. Pilakoutas K., Dritsos S., (1992), 'Design of Structural Repair Schemes of RC Structures', Proc. of the 10<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Madrid.
52. Spadea G., Bencardino F., Swamy R.N., (2000), 'Strengthening Through Bonded External Reinforcement Design for Extended Durable Service Life', Proc. of 2<sup>nd</sup> International Symposium: Cement and Concrete Technology in the 2000 s, Istanbul.
53. Sugano S., (1981), 'State-of-the-Art in Aseismic Strengthening of Existing RC Buildings in Japan', Takenaka, Rep. No 25.
54. Swamy R.N, Jones R., Bloxham J., (1987), 'Structural Behaviour of Reinforced Concrete Beams Strengthened by Epoxy-Bonded Steel Plates', The Structural Engineer, 65A, No2.
55. Tassios T., (1982), 'The Mechanics of Column Repair with a Reinforced Concrete Jacket', Proc. of 7<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Athens.
56. UNDP/UNIDO, (1983), 'Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick Masonry Buildings', Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Regions, Vol.5, Vienna.
57. Ze-Jun Geng, Michael J.Chajes, Tsu-Wei Chou, David Yen-Cheng Pan, (1998), 'The Retrofitting of Reinforced Concrete Column-to-Beam Connections' Journal of Composites Science and Technology.



## 6 ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

### 6.1 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

- Το παρόν κεφάλαιο, όπως εξ άλλου και όλο το εγχειρίδιο, δεν έχει νομική ισχύ. Κατά συνέπεια, σε περίπτωση αντιφάσεων, υπερισχύουν οι διατάξεις των σχετικών κανονισμών και υπουργικών αποφάσεων.
- Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται γενικά σε κατασκευές με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία (άοπλη, διαζωματική, οπλισμένη). Ιδιαίτερη όμως έμφαση δίδεται σε κτιριακές κατασκευές από άοπλη και διαζωματική τοιχοποιία, οι οποίες αποτελούν τη συντριπτική πλειονότητα των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία στη χώρα μας. Ορισμένες από τις προτεινόμενες μεθόδους και τεχνικές μπορούν να εφαρμόζονται και σε ειδικές κατασκευές (π.χ. καμπαναριά, καμινάδες, γέφυρες, δεξαμενές, υδραγωγεία κ.λ.π.) μετά από κατάλληλη προσαρμογή, όπου χρειάζεται.
- Οι συστάσεις του παρόντος κεφαλαίου πρέπει να εφαρμόζονται από τους μελετητές και κατασκευαστές με τον απαιτούμενο πρόσθετο βαθμό προσωπικής κρίσης ώστε να καλύπτεται η μεγάλη ποικιλία, ιδιομορφία και ιδιοτυπία των εμφανιζομένων στην πράξη περιπτώσεων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία.
- Σημαντικό ποσοστό των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία στη χώρα μας προστατεύεται από ειδικές νομικές διατάξεις λόγω ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής, καλλιτεχνικής, ιστορικής και πολιτιστικής αξίας (μνημεία και διατηρητέα κτίρια). Οι επεμβάσεις στα κτίρια αυτά διέπονται από ειδικό καθεστώς αρχών που περιγράφεται σε διεθνείς χάρτες, διακηρύξεις κ.λ.π. Υπό την έννοια αυτή, η επιλογή των κατάλληλων τεχνικών και μεθόδων επέμβασης σε τέτοιες κατασκευές απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, γνώση, εμπειρία και ευαισθησία.

### 6.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

#### 6.2.1 Εισαγωγή

Ο φέρων οργανισμός κτιρίων από (μη οπλισμένη) φέρουσα τοιχοποιία εμφανίζει πολύ μεγάλη ποικιλία και πολυτυπία ακολουθώντας την εξέλιξη της δομητικής τεχνικής για σειρά αιώνων. Τα βασικά στοιχεία που καθορίζουν τη σύνθεση του φέροντος οργανισμού και την απόκριση των κτιρίων και συγχρόνως αποτελούν τους παράγοντες διάκρισής τους σε κατηγορίες, είναι [12]:

- α. Ο τύπος των πατωμάτων και στεγών (οριζόντιος φέρων οργανισμός).
- β. Ο τύπος των φερουσών τοιχοποιιών (κατακόρυφος φέρων οργανισμός).
- γ. Η παρουσία (ή απουσία) και ο τύπος διαζωμάτων και ελκυστήρων.
- δ. Η παρουσία ( και σύνδεση) εγκαρσίων τοίχων.

#### 6.2.2 Τύποι πατωμάτων και στεγών

Τα βασικά μηχανικά χαρακτηριστικά των πατωμάτων ή δωμάτων που επηρεάζουν καθοριστικά τη συμπεριφορά των κτιρίων υπό κατακόρυφα αλλά κυρίως υπό οριζόντια σεισμικά φορτία είναι τα ακόλουθα [12]:

- α. Ο βαθμός της διαφραγματικής λειτουργίας.
- β. Ο ισότροπος ή μη χαρακτήρας της απόκρισής τους.



γ. Το βάρος του πατώματος.

δ. Η εμφάνιση ή μη οριζόντιων ωθήσεων υπό κατακόρυφα φορτία.

Οι βασικοί τύποι πατωμάτων που συνήθως συναντώνται σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία και η αξιολόγησή τους με βάση τα παραπάνω κριτήρια είναι οι ακόλουθοι:

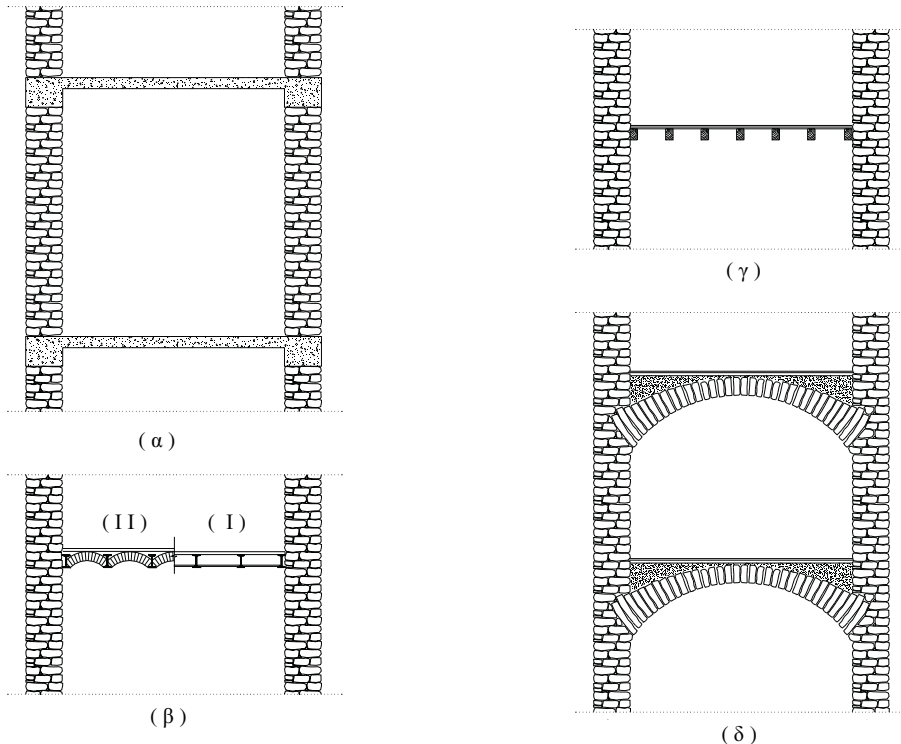
**α. Πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, (Σχ. 6.2.1α):**

- Εμφανίζουν πολύ μεγάλη – πρακτικά άπειρη – δυσκαμψία μέσα στο επίπεδό τους και κατά συνέπεια εξασφαλίζουν πλήρη διαφραγματική λειτουργία, με την προϋπόθεση καλής σύνδεσης με τις φέρουσες τοιχοποιίες επί των οποίων εδράζονται.
- Καταλύτης της ισότροπης εμφάνισης της διαφραγματικής τους λειτουργίας είναι η επάρκεια ή μη της σύνδεσής τους με τις υποκείμενες φέρουσες τοιχοποιίες στις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου.
- Το βάρος των πλακών οπλισμένου σκυροδέματος συγκρινόμενο με αυτό των άλλων τύπων πατωμάτων είναι μέσο έως μεγάλο ανάλογα με το μέγεθος του ανοίγματος που καλούνται να γεφυρώσουν.
- Δεν ασκούν οριζόντιες ωθήσεις υπό κατακόρυφα φορτία επί των τοιχοποιιών στις οποίες στηρίζονται.

**β. Πατώματα επί σιδηροδοκών με πλινθοπλήρωση, (Σχ. 6.2.1β):**

Αποτελούνται από φέρουσες σιδηροδοκούς (διπλά ταυ) ανά αποστάσεις 0.60m περίπου και διακρίνονται σε δύο τύπους ανάλογα με το είδος της πλινθοπλήρωσης. Ελαφρού τύπου με επίπεδες διάτρητες πλίνθους που γεφυρώνουν το κενό με απλή παράθεσή τους μεταξύ των σιδηροδοκών (τύπος β<sub>I</sub>), και βαρέως τύπου με καμαρωτή πλινθοδόμηση από μικρές συνήθεις διάτρητες πλίνθους (τύπος β<sub>II</sub>):

- Εξασφαλίζουν μικρή (τύπος β<sub>I</sub>) έως μέση (τύπος β<sub>II</sub>) δυσκαμψία στο επίπεδό τους με αντίστοιχη διαφοροποίηση της διαφραγματικής λειτουργίας του πατώματος.



α. Πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος

β. Πατώματα επί σιδηροδοκών με πλινθοπλήρωση

γ. Ξύλινα πατώματα

δ. Κτιστά πατώματα μονής ή διπλής καμπυλότητας

Σχ. 6.2.1 Τύποι πατωμάτων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία [12]

- Εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση της διαφραγματικής λειτουργίας κατά κατεύθυνση εξ αιτίας της έδρασης των μεταλλικών δοκών επί των φερουσών τοιχοποιιών σε μία μόνο από τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου. Ιδιαίτερα τα πατώματα ελαφρού τύπου εμφανίζουν έντονη ανισοτροπία δυσκαμψίας εντός του επιπέδου τους λόγω μικροολισθήσεων μεταξύ επίπεδων πλίνθων και σιδηροδοκών.
- Το βάρος τους κυμαίνεται από σχετικά μικρό έως μέσο για τα ελαφρού τύπου πατώματα επίπεδης πλινθοπλήρωσης και από μέσο έως μεγάλο για τα βαρέως τύπου πατώματα με καμαρωτή πλινθοδόμηση. Σημαντικό για τα πατώματα με καμαρωτή πλινθοδομή είναι το βάρος της επιπεδωτικής στρώσης μπάζων (χρήση κοινών ή ελαφρών υλικών π.χ. κίσηρη).
- Δεν ασκούν οριζόντιες ωθήσεις υπό τα κατακόρυφα φορτία επί των φερουσών τοιχοποιιών. Οι σχετικά ασθενείς ωθήσεις των καμαρών στα πατώματα βαρέως τύπου, αλληλοαναιρούνται στις μεσαίες σιδηροδοκούς, ενώ στις ακραίες σιδηροδοκούς αναλαμβάνονται από αυτές με υποβοήθησή τους μέσω εγκάρσιων μεταλλικών ράβδων – ελκυστήρων, που συνδέουν τις σιδηροδοκούς μεταξύ τους.

#### **γ. Ξύλινα πατώματα (σανίδωμα επί ισχυρών ξύλινων δοκών), (Σχ. 6.2.1γ):**

Αποτελούνται από σανίδες, σε απλή παράθεση ή συνδεδεμένες με διαμήκη εντορμία (ραμποτέ), καρφωμένες επί ισχυρών ξύλινων δοκών ανά αποστάσεις 0.40 έως 0.60m περίπου. Πολλές φορές υπάρχει ελαφρό ταβάνωμα (λεπτό μη φέρον σανίδωμα) καρφωμένο επί των κάτω πελμάτων των ξύλινων δοκών. Πολύ σπάνια το σανίδωμα είναι διπλό, αποτελούμενο από δύο επάλληλες στρώσεις διασταυρούμενων σανίδων:

- Εξασφαλίζουν μικρή και σε περίπτωση διπλού σανιδώματος μέση δυσκαμψία στο επίπεδό τους με αντίστοιχη διαφοροποίηση της διαφραγματικής λειτουργίας του πατώματος.
- Εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση της διαφραγματικής λειτουργίας κατά κατεύθυνση εξ αιτίας της έδρασης των ξύλινων φερουσών δοκών επί των φερουσών τοιχοποιιών σε μία μόνο από τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου.
- Το βάρος τους είναι σχετικά μικρό.
- Δεν ασκούν οριζόντιες ωθήσεις υπό τα κατακόρυφα φορτία επί των φερουσών τοιχοποιιών.

#### **δ. Κτιστά πατώματα μονής ή διπλής καμπυλότητας, (Σχ. 6.2.1δ):**

Αποτελούνται από πλινθόκτιστες ή λιθόκτιστες καμάρες (απλή καμπυλότητα), διασταυρούμενες καμάρες (σταυροθόλια) ή θόλους (διπλή καμπυλότητα). Η επιπέδωση εξασφαλίζεται με μάζωμα.

- Εξασφαλίζουν μεγάλη δυσκαμψία και ισχυρή διαφραγματική λειτουργία σε οριζόντια διεύθυνση, είναι όμως σχετικά ασαφής η στάθμη του διαφραγματικού επιπέδου.
- Η ισότροπη ή μη απόκρισή τους εξαρτάται από το βαθμό δομητικής εμπλοκής του πατώματος με τους φέροντες τοίχους της περιμέτρου (σε περίπτωση καμαρωτού πατώματος μονής καμπυλότητας είναι αμφίβολη έως ανύπαρκτη η δομητική σύνδεση στη διεύθυνση των γενετειρών).
- Το βάρος τους είναι πολύ μεγάλο, ιδιαίτερα στην περίπτωση επιπέδωσης του δαπέδου με κοινά και όχι ελαφρά υλικά.
- Είναι ο μοναδικός τύπος πατωμάτων που ασκούν σημαντικές, έως μεγάλες κατά περίπτωση, ωθήσεις υπό τα κατακόρυφα φορτία επί των τοιχοποιιών στις οποίες εδράζονται. Εξ αιτίας, τόσο των ωθήσεων αλλά και του μεγάλου βάρους του πατώματος απαιτείται μεγάλο πάχος φερουσών τοιχοποιιών.

Οι στέγες κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία αποτελούνται συνήθως από ξύλινα ζευκτά ανά αποστάσεις 1.0 έως 2.0m με τεγίδες, σανίδωμα και επικεράμωση. Τα ζευκτά εδράζονται στο κορυφαίο διάζωμα των φερουσών τοιχοποιιών ή σε ξύλινες δοκούς (ποταμοί) ενσωματωμένες κατά μήκος της στέψης των τοίχων. Η εγκάρσια σύνδεση των ζευκτών

εξασφαλίζεται μέσω εγκάρσιων συνδέσμων σε κατακόρυφα επίπεδα, αντιανέμιων συνδέσμων στα κεκλιμένα επίπεδα της στέγης, καθώς και μέσω των ξύλινων τεγίδων που φέρουν το σανίδωμα. Σε περίπτωση ορθογωνικής κάτοψης με δικλινή στέγη τα ζευκτά τοποθετούνται παράλληλα προς τη μικρή διάσταση του κτιρίου. Σε περίπτωση περίπου τετραγωνικής κάτοψης, καθώς και στα άκρα τετρακλινών στεγών επί ορθογωνικών κατόψεων, διαμορφώνονται διασταυρούμενα ημιζευκτά με κεντρικό ή κεντρικούς ορθοστάτες (παπάδες). Τέλος, στην πολύ συνηθισμένη περίπτωση ακανόνιστης κάτοψης με προεξέχουσες πτέρυγες η στέγη προκύπτει ακανόνιστης μορφής. Τα χαρακτηριστικά της μηχανικής συμπεριφοράς των ξύλινων στεγών είναι τα ακόλουθα:

- Προϋποθέσεις για την ανάπτυξη άξιας λόγου διαφραγματικής λειτουργίας είναι η άρτια δικτύωση των ζευκτών (ύπαρξη επαρκών ορθοστατών και διαγωνίων ράβδων) η εξασφάλιση της συνέχειας στις ματίσεις των επιμήκων δοκών κάτω πέλματος, οι ισχυρές συνδέσεις στους κόμβους, η επαρκής σύνδεση των ζευκτών στις θέσεις έδρασής τους με ξύλινους ποταμούς ή προτιμότερο με ισχυρό κορυφαίο διάζωμα και η ύπαρξη ισχυρών εγκάρσιων και ιδιαίτερα αντιανέμιων συνδέσμων ή ισχυρού πλήρους σανιδώματος.
- Η μειωμένη εξασφάλιση ή απουσία κάποιας από τις παραπάνω προϋποθέσεις δημιουργεί κατά περίπτωση γενική ή κατά διεύθυνση (ανισοτροπία) μείωση της διαφραγματικής λειτουργία της στέγης.
- Το βάρος των ξύλινων στεγών κυμαίνεται μεταξύ ευρέων ορίων και καθορίζεται κυρίως από το βάρος της επικάλυψης. Οι συνηθέστεροι τύποι επικάλυψης κατά αύξουσα σειρά βάρους είναι οι ακόλουθοι:
  - i. Ελαφρά κεραμίδια ευρωπαϊκού τύπου (γαλλικά).
  - ii. Ρωμαϊκά ή Βυζαντινά καρφωτά κεραμίδια.
  - iii. Βυζαντινά κολυμβητά κεραμίδια.
  - iv. Επικάλυψη με λίθινες πλάκες (Πηλίου ή Ελευθερουπόλεως).
- Πολλές φορές η ανεπαρκής δικτύωση των ζευκτών έχει ως συνέπεια την έντονη καμπτική καταπόνηση των ράβδων άνω και κάτω πέλματος και σημαντικές βυθίσεις με συνέπεια την έδραση της στέγης επί των εσωτερικών (συνήθως ασθενών) διαχωριστικών τοιχοποιιών με δυσμενείς συνέπειες για την ασφάλεια της κατασκευής.
- Σε περίπτωση ανεπαρκούς δικτύωσης και ασθενών συνδέσεων στους κόμβους των ζευκτών σε συνδυασμό με απουσία επαρκών εσωτερικών τοιχοποιιών, εμφανίζεται "κάθισμα και άνοιγμα" της στέγης με συνέπεια την ανάπτυξη οριζόντιων ωθήσεων από τους κεκλιμένους αμείβοντες επί των περιμετρικών τοιχοποιιών έδρασης των ζευκτών.

### 6.2.3 Τύποι φερουσών τοιχοποιιών

Οι συνηθέστεροι τύποι τοιχοποιιών που συναντώνται σε κτίρια από άοπλη φέρουσα τοιχοποιία είναι οι ακόλουθοι:

- α. Λιθοδομή φυσικών λίθων (συνήθως αργολιθοδομή με ημιλάξευτα αγκωνάρια. Σε λιθοδομές μεγάλου πάχους συναντάται η λεγόμενη τρίστρωτη ή σακοειδής λιθοδομή που αποτελείται από δύο ανεξάρτητους τοίχους-όψεις από αργολιθοδομή ενώ το μεταξύ τους κενό συμπληρώνεται με σχετικά χαλαρό υλικό από θραύσματα λίθων και κονίαμα).
- β. Πλινθοδομή πλήρων οπτοπλίνθων.
- γ. Πλινθοδομή διάτρητων οπτοπλίνθων.
- δ. Πλινθοδομή ωμοπλίνθων.

- ε. Ξυλόπηκτη τοιχοποιία (Τσατμάς: Ξύλινο δικτύωμα και πλήρωση των κενών με πλινθοδομή πλήρων οπτοπλίνθων ή ωμοπλίνθων).
- στ. Ξυλόπλεκτη τοιχοποιία (Μπαδγατότοιχος: Ξύλινοι ορθοστάτες με αμφίπλευρακαρφωτούς ή και πλεκτούς λεπτούς ξύλινους πηχίσκους ή κλαδιά λυγαριάς και πεταχτό επίχρισμα).

Το κονίαμα δόμησης συνήθως είναι των ακόλουθων τύπων:

- α. Ασβεστοσιμεντοκονίαμα.  
β. Ασβεστοκονίαμα.  
γ. Αργιλοκονίαμα.

Πολύ συχνά συνυπάρχουν στο ίδιο κτίσμα τοιχοποιίες διαφόρων τύπων, σπάνια όμως διαφοροποιείται το κονίαμα δόμησης σε τοίχους του ίδιου κτιρίου, εκτός αν πρόκειται για μεταγενέστερες φάσεις, αναδομήσεις ή προσθήκες.

Οι τοιχοποιίες μικρότερου βάρους και χαμηλότερης κατά τεκμήριο αντοχής, όπως πλινθοδομές διάτρητων πλίνθων και ξυλόπηκτες ή ξυλόπλεκτες τοιχοποιίες, συναντώνται συνήθως στους ανώτερους ορόφους, είτε χρησιμοποιούνται ως εσωτερικοί διαχωριστικοί και συχνά μη φέροντες τοίχοι. Αντίθετα, οι τοιχοποιίες μεγαλύτερου βάρους και υψηλότερης αντοχής, όπως λιθοδομές και πλινθοδομές πλήρων πλίνθων, συναντώνται συνήθως στους κατώτερους ορόφους. Η θεμελίωση και οι φέρουσες τοιχοποιίες τυχόν υπογείων ή ημιυπόγειων χώρων σε υφιστάμενα κτίρια είναι σχεδόν αποκλειστικά κατασκευασμένες από λιθοδομή. Ειδικά για τη θεμελίωση πρέπει να σημειωθεί ότι συνήθως είναι αβαθής και αποτελείται από συνεχή λιθοδομή ισοπαχή με την τοιχοποιία του υπερκείμενου ορόφου ή με ελαφρά διαπλάτυνση μονόπλευρα ή αμφίπλευρα ανάλογα με την ποιότητα του εδάφους θεμελίωσης.

Κύριο χαρακτηριστικό των φερουσών τοιχοποιιών και ιδιαίτερα των λιθοδομών και πλινθοδομών πλήρων πλίνθων είναι το σχετικά μεγάλο βάρος ιδιαίτερα σε σχετικά υψηλά κτίρια όπου το πάχος των τοίχων είναι σεβαστό. Έτσι στα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία ένα σχετικά μικρό ποσοστό της μάζας βρίσκεται συγκεντρωμένο στις στάθμες των πατωμάτων και της στέγης.

Στην παρούσα παράγραφο πρέπει να γίνει αναφορά και στη μεγάλη κατηγορία κτιρίων που εμφανίζουν μικτό φέροντα οργανισμό με πλάκες, δοκούς και υποστύλωματα από οπλισμένο σκυρόδεμα στο εσωτερικό και φέρουσες τοιχοποιίες στην περίμετρο. Τα κτίρια αυτά, που συχνά είναι πολυώροφα, αποτέλεσαν υβριδικές κατασκευές της μεταβατικής περιόδου των αρχών του 20ου αιώνα, πριν από την πλήρη επικράτηση των κτιρίων με αμιγή σκελετό οπλισμένου σκυροδέματος.

Το μέγεθος, το πλήθος, αλλά κυρίως η απόσταση από τις γωνίες και η σχετική καθ' ύψος τοποθέτηση των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα) στο ισόγειο και τους υπερκείμενους ορόφους επηρεάζει καθοριστικά τη συμπεριφορά της φέρουσας τοιχοποιίας, τόσο υπό κατακόρυφα, κυρίως όμως υπό οριζόντια (σεισμικά) φορτία. Κατά κανόνα σε κτίρια που έχουν κατασκευασθεί εμπειρικά ή με μεταγενέστερες επεμβάσεις ή προσθήκες ορόφων καθ' ύψος, παρατηρείται το ιδιαίτερα δυσμενές φαινόμενο της αναντιστοιχίας των ανοιγμάτων καθ' ύψος. Είναι φανερό ότι η αναντιστοιχία αυτή προκαλεί έντονη διατάραξη στη ροή των τάσεων προς τη θεμελίωση.

#### **6.2.4 Διαζώματα - Ελκυστήρες**

Τα διαζώματα και οι ελκυστήρες αποτελούν βασικά δομικά στοιχεία που ασκούν καθοριστική επιρροή στην απόκριση των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία υπό οριζόντια

(σεισμικά) φορτία. Οι συνηθέστεροι τύποι διαζωμάτων και ελκυστήρων είναι οι ακόλουθοι (βλέπε Σχ. 6.2.2):

- α. Ξύλινα, μεταλλικά, ή (σε σχετικά πρόσφατες κατασκευές) από οπλισμένο σκυρόδεμα υπέρθυρα (πρέκια) στα ανώφλια των ανοιγμάτων ή και σε ενδιάμεσες στάθμες στο ύψος των ορόφων (μη συνεχή διαζώματα).
- β. Συνεχή ξύλινα (ξύλοδεσιές), μεταλλικά, ή (σε σχετικά πρόσφατες κατασκευές) από οπλισμένο σκυρόδεμα οριζόντια διαζώματα στις στάθμες των ανωφλίων των ανοιγμάτων ή στις στάθμες των ορόφων και της στέγης.
- γ. Μεταλλικοί ελκυστήρες (παθητικοί ή ελαφρά προεντεταμένοι) ή παθητικοί ξύλινοι ελκυστήρες στις στάθμες των ορόφων, της στέγης, ή και των ανωφλίων.
- δ. Κατακόρυφα διαζώματα ξύλινα, από οπλισμένο σκυρόδεμα, ή σπανιότερα μεταλλικά.

Τα ανεξάρτητα πρέκια φέρουν απλώς την τοιχοποιία της ζώνης πάνω από τα ανώφλια των ανοιγμάτων χωρίς να συμβάλλουν στη συνολική απόκριση του κτιρίου υπό οριζόντια (σεισμικά) φορτία. Αρκετές φορές τα ανώφλια διαμορφώνονται σε μορφή τοξυλίου πλινθοδομής, οπότε το πρέκι είτε απουσιάζει, είτε τοποθετείται ως ελκυστήρας.

Τα συνεχή οριζόντια ξύλινα ή μεταλλικά διαζώματα αποτελούνται συνήθως από δύο παράλληλες μεταξύ τους ράβδους ενσωματωμένες στο ίδιο επίπεδο στις δύο όψεις της τοιχοποιίας και συνδεδεμένες με εγκάρσιες ράβδους κατά το πάχος του τοίχου ανά διαστήματα. Ουσιαστικά πρόκειται για “δικτυώματα μορφής σκάλας” σε οριζόντιο επίπεδο, τα οποία διασταυρώνονται στις γωνίες του κτιρίου (Σχ. 6.2.3, 6.2.4). Πολλές φορές οι εσωτερικές ράβδοι των διαζωμάτων αγκυρώνονται στα άκρα τους στις εξωτερικές όψεις των γωνιών των τοίχων μέσω εγκάρσιων μεταλλικών τεμαχίων ράβδων (Σχ. 6.2.2f, 6.2.4). Στην περίπτωση αυτή τα διαζώματα λειτουργούν και ως ελκυστήρες.

Ο κύριος ρόλος των συνεχών οριζόντιων διαζωμάτων είναι να ενισχύσουν την εκτός επιπέδου καμπτική λειτουργία των τοιχοποιιών, αναλαμβάνοντας τις οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις κάθετα στο επίπεδο του τοίχου και μεταφέροντάς τις στους εγκάρσιους τοίχους. Για το λόγο αυτό, σε παχείς τοίχους οι ξυλοδεσιές αποτελούνται συνήθως από δύο παράλληλες ξύλινες δοκούς στις όψεις της τοιχοποιίας που συνδέονται μεταξύ τους με ορθοστάτες. Αντίστοιχα, τα διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα καταλαμβάνουν ολόκληρο το πλάτος της τοιχοποιίας, ενώ έχουν σχετικά χαμηλό ύψος, καθώς καλούνται να λειτουργήσουν ως δοκοί καμπτόμενες σε οριζόντιο επίπεδο (Σχ. 6.2.2a,b).

Οι ελκυστήρες είναι συνήθως χαλύβδινες λεπίδες ορθογωνικής διατομής ή μικρές χαλύβδινες δοκοί διατομής I ή Π, τοποθετούνται κατά τη δόμηση των τοίχων και προεντείνονται μετά την ολοκλήρωση του φέροντα οργανισμού. Συχνά συναντώνται και ξύλινοι ελκυστήρες που τοποθετούνται σε επαφή με την εσωτερική όψη των τοίχων και φέρουν στα άκρα τους μεταλλικές καρφωτές λεπίδες για την αγκύρωσή τους στην εξωτερική όψη των εγκάρσιων τοίχων. Η προένταση είναι ελαφρά και επιτυγχάνεται είτε με ράβδους αγκύρωσης κατάλληλου σχήματος, είτε με συστροφή της μεταλλικής λεπίδας σε σημεία όπου αυτή είναι προσπελάσιμη. Σημειώνεται ότι, η συμβολή της προέντασης των ελκυστήρων στην ανάπτυξη πρόθλιψης στην τοιχοποιία είναι συνήθως αμελητέα. Η προένταση επιβάλλεται κυρίως για την άρση τυχόν ανοχών μήκους ώστε η ενεργοποίηση του ελκυστήρα να είναι άμεση.

Ο κύριος ρόλος των οριζόντιων μεταλλικών ή ξύλινων ελκυστήρων είναι να αποτρέψουν την αποκόλληση υπό σεισμική καταπόνηση των διασταυρούμενων τοίχων καθ' ύψος των κατακόρυφων ακμών σε γωνίες τύπου Γ ή Τ.

Ορατοί ξύλινοι ή μεταλλικοί ελκυστήρες συναντώνται σε όλες σχεδόν τις κατασκευές που έχουν καμαρωτά ή θολωτά πατώματα, τόξα, αψίδες και τρούλους όπως τα Ρωμαϊκά, Βυζαντινά ή Οθωμανικά μνημεία. Οι ελκυστήρες τοποθετούνται στη στάθμη γένεσης των καμπύλων φορέων ώστε να αναλάβουν τις οριζόντιες ωθήσεις που αναπτύσσονται υπό τα

κατακόρυφα φορτία. Οι ελκυστήρες αυτοί συνδέονται συνήθως στα άκρα τους με ξυλοδεσιές ενσωματωμένες στους εγκάρσιους τοίχους.

Τα κατακόρυφα διαζώματα (όταν υπάρχουν), σε συνεργασία με τα οριζόντια διαζώματα, συγκροτούν στο επίπεδο της τοιχοποιίας πλαίσια αυξημένης δυσκαμψίας που αφενός ενισχύουν τη λειτουργία δίσκου της τοιχοποιίας και αφετέρου εγκιβωτίζουν και περισφίγγουν τμήματα της τοιχοποιίας αποτρέποντας την πρόωρη ρηγμάτωσή της υπό σεισμική καταπόνηση εντός του επιπέδου της.

Είναι φανερό ότι ο ρόλος των διαζωμάτων και των ελκυστήρων είναι να εξασφαλίζουν τη λειτουργία των φερουσών τοιχοποιιών ως ενιαίου συνόλου υπό οριζόντια σεισμική καταπόνηση.

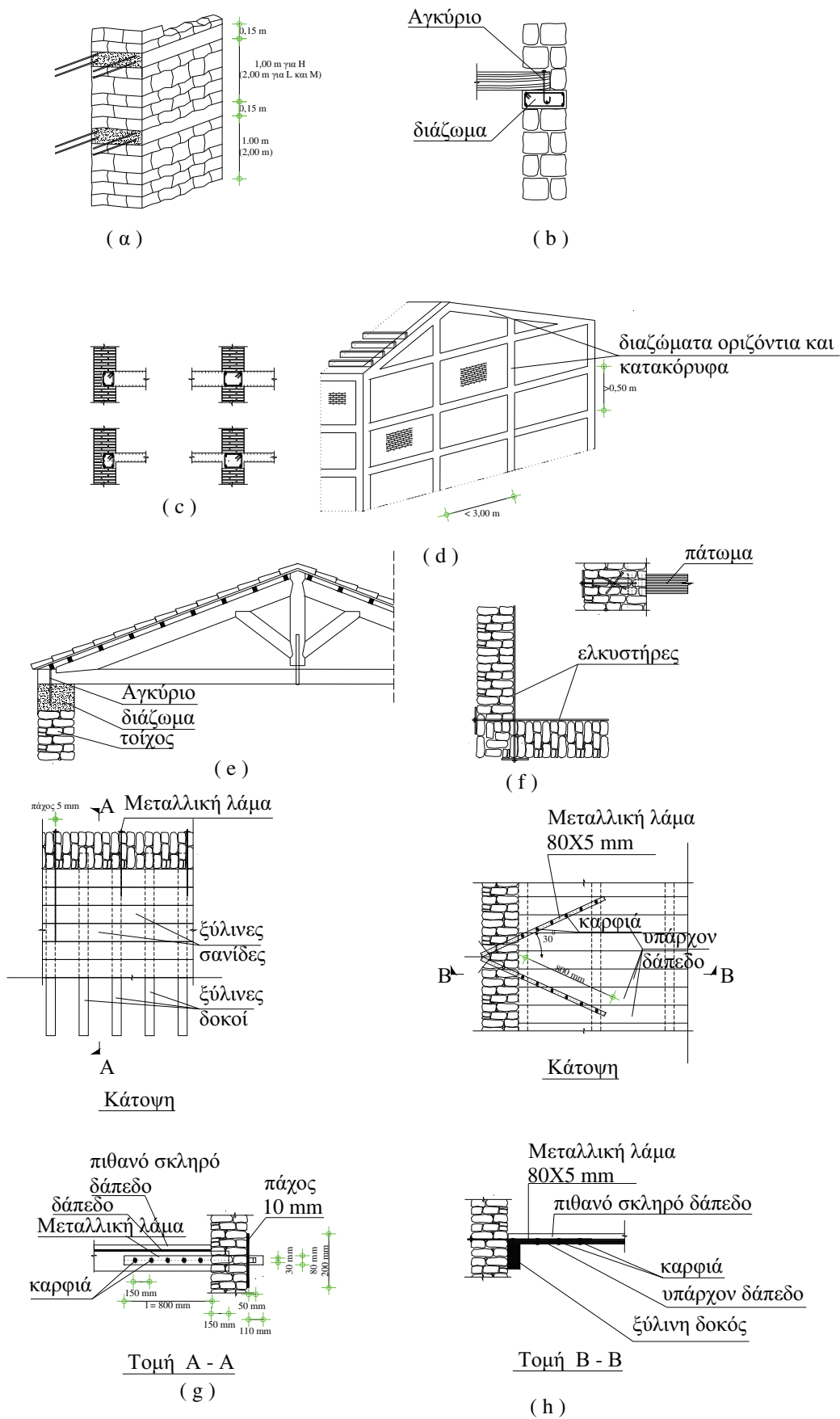
Πρέπει να σημειωθεί ότι, ο νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός αναγνωρίζει τη βασική συμβολή των διαζωμάτων στην πρόσδοση κάποιου βαθμού πλαστιμότητας σε φέροντες οργανισμούς από τοιχοποιία και διαφοροποιεί αντίστοιχα τις τιμές των συντελεστών σεισμικής συμπεριφοράς :

α. Τοιχοποιία με οριζόντια διαζώματα:  $q = 1.5$ .

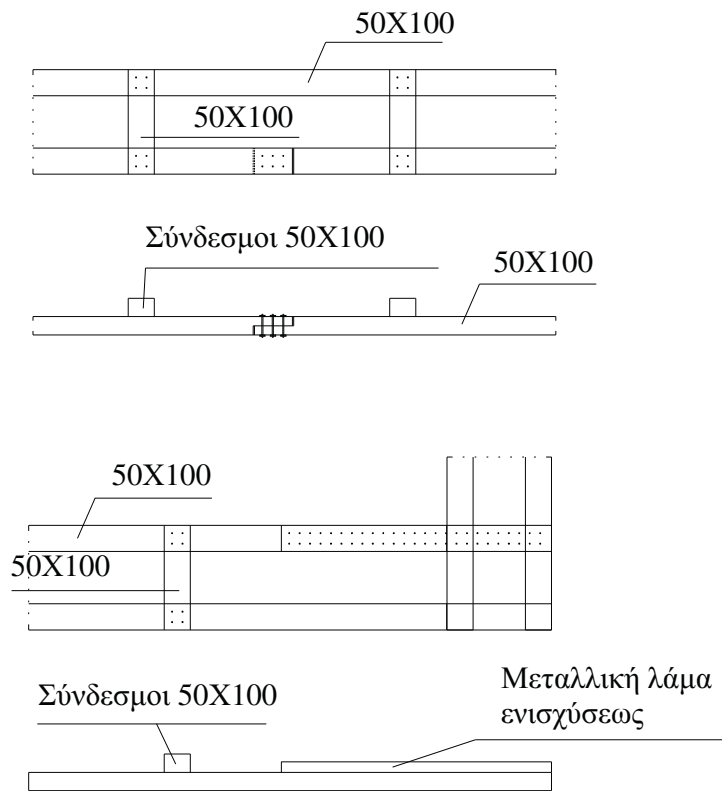
β. Τοιχοποιία με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα:  $q = 2.0$ .

γ. Τοιχοποιία οπλισμένη (κατακορύφως και οριζοντίως):  $q = 2.5$ .

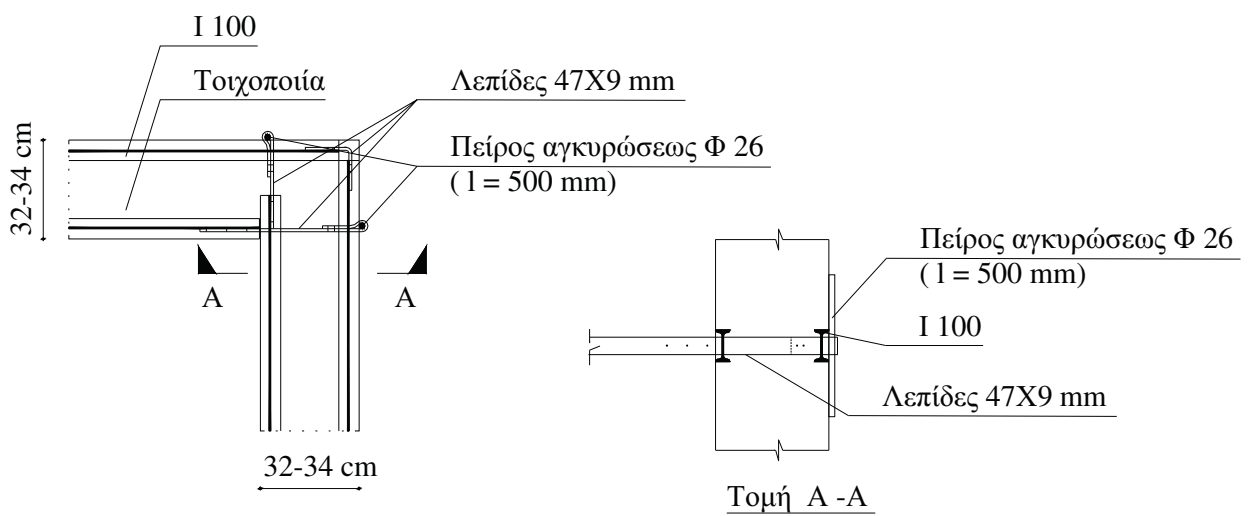
Είναι γνωστό ότι ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς υπεισέρχεται ως διαιρέτης στη σχέση υπολογισμού της σεισμικής επιτάχυνσης σχεδιασμού, με αποτέλεσμα η ύπαρξη διαζωμάτων να προκαλεί σημαντική μείωση της οριζόντιας επιτάχυνσης σχεδιασμού του κτιρίου. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι τιμές του  $q$  για κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα ή χάλυβα, με αποτέλεσμα οι σεισμικές δράσεις σχεδιασμού κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία να προκύπτουν συγκριτικά σημαντικά υψηλότερες.



Σχ. 6.2.2 Τύποι διαζωμάτων, ελκυστήρων και συνδέσεων πατωμάτων και στεγών με τις φέρουσες τοιχοποιίες [5], [6], [12]



Σχ. 6.2.3 Μορφή και γωνιακές συνδέσεις ξύλινων διαζωμάτων [5], [12]



Σχ. 6.2.4 Μορφή, γωνιακή σύνδεση και ακραία αγκύρωση μεταλλικού διαζώματος-ελκυστήρα [12]



## 6.3 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

### 6.3.1 Εισαγωγή

Είναι φανερό ότι, οι συνδυασμοί υλικών και τύπων πατωμάτων και στεγών, υλικών και τύπου δόμησης φερουσών τοιχοποιιών, υλικών και μορφής διαζωμάτων και ελκυστήρων, (ή και η απουσία τους) παράγουν μια μεγάλη πολυτυπία κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία.

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκε ποιοτικά ο ρόλος των επί μέρους δομικών στοιχείων που συγκροτούν τον φέροντα οργανισμό κτιρίων από τοιχοποιία. Στην παρούσα παράγραφο θα επιχειρηθεί η σκιαγράφηση της απόκρισης και παθολογίας των κτιρίων υπό κατακόρυφα και ιδιαίτερα υπό οριζόντια σεισμικά φορτία. Άλλες αιτίες (που μερικές φορές είναι σημαντικές) δεν εξετάζονται στο παρόν εγχειρίδιο (π.χ. περιβαλλοντικές δράσεις).

### 6.3.2 Παθολογία κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία υπό κατακόρυφα φορτία

Η μεταβίβαση των κινητών κατακόρυφων φορτίων και των ιδίων βαρών των οριζόντιων δομικών στοιχείων (πατώματα, στέγες) στα κατακόρυφα (φέρουσες τοιχοποιίες) και από εκεί, μαζί με τα σημαντικά ίδια βάρη των τοίχων, στη θεμελίωση και το έδαφος, είναι συνήθως σαφής και εξασφαλισμένη σε όλους του τύπους κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία.

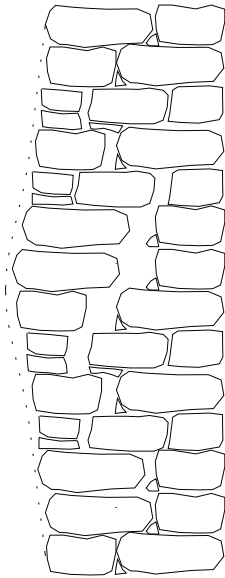
Τα τυχόν προβλήματα είναι συνήθως περιορισμένα και μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- α. Προβλήματα τοπικής ανεπάρκειας λόγω κακού σχεδιασμού (τοπική ρηγμάτωση τοιχοποιίας υπό ισχυρά μοναχικά φορτία ή λόγω αναντιστοιχίας ανοιγμάτων καθ' ύψος).
- β. Προβλήματα τοπικής ή γενικής ανεπάρκειας από διαφορικές καθιζήσεις της θεμελίωσης.
- γ. Προβλήματα τοπικής ανεπάρκειας από επεμβάσεις, διαρρυθμίσεις ή προσθήκες κατ' επέκταση.
- δ. Προβλήματα τοπικής ή γενικής ανεπάρκειας από προσθήκες καθ' ύψος.
- ε. Προβλήματα τοπικής ή γενικής ανεπάρκειας από αλλαγή χρήσης (αύξηση κινητών φορτίων).
- στ. Προβλήματα τοπικής ή γενικής ανεπάρκειας από γήρανση υλικών.

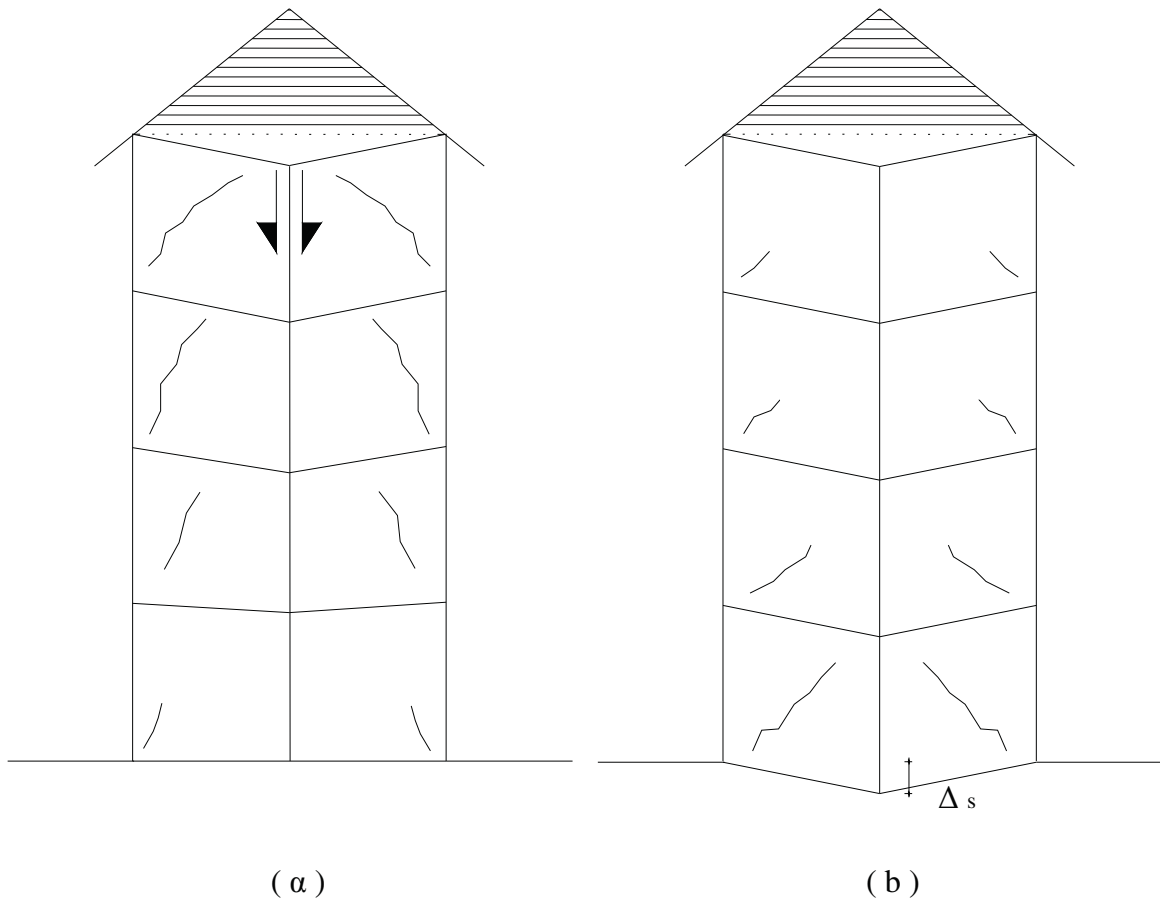
Οι βλάβες από τα κατακόρυφα φορτία είναι συνήθως των ακόλουθων τύπων:

- α. Όταν υπάρχει τοπική υπέρβαση της θλιπτικής αντοχής είτε από κακό σχεδιασμό είτε από συγκέντρωση φορτίου, εμφανίζονται είτε σχεδόν κατακόρυφες ρηγματώσεις που οφείλονται στις εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται σε μονοαξονικά θλιβόμενη τοιχοποιία, είτε, ιδιαίτερα σε περίπτωση τρίστρωτης λιθοδομής, εμφανίζεται κατακόρυφο επίπεδο ρηγμάτωσης – διαχωρισμού κατά το πάχος του τοίχου που εκδηλώνεται με μονόπλευρο είτε αμφίπλευρο φούσκωμα της τοιχοποιίας (Σχ. 6.3.1).
- β. Σε περίπτωση διαφορικών καθιζήσεων εμφανίζονται λοξές ρηγματώσεις μιας διεύθυνσης κατά μήκος της θλιβόμενης διαγωνίου σε πεσσούς ή δίσκους τοιχοποιίας κατά μήκος του πόδα, των οποίων εκδηλώνεται διαφορική καθίζηση (Σχ. 6.3.2b). Οι βλάβες παρουσιάζονται εντονότερες στους χαμηλούς ορόφους.
- γ. Σε περίπτωση διαφορικής βράχυνσης υπό τα κατακόρυφα φορτία σε μεσαίους συνήθως τοίχους, εμφανίζονται λοξές ρηγματώσεις μιας διεύθυνσης στους εγκάρσιους τοίχους,

παρόμοιες με αυτές της περίπτωσης (β), με τη διαφορά ότι οι βλάβες εμφανίζονται εντονότερες στους ανώτερους ορόφους (Σχ. 6.3.2α).



Σχ. 6.3.1 Μονόπλευρο φούσκωμα τρίστρωτης λιθοδομής με ασύνδετες όψεις υπό κατακόρυφα θλιπτικά φορτία [6,12].



Σχ. 6.3.2 Εικόνα ρηγμάτωσης λόγω διαφορετικής βράχυνσης μεσαίου τοίχου (α) και λόγω διαφορετικής καθίζησης μεσαίου τοίχου (b) [11], [12]

### 6.3.3 Παθολογία κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία υπό σεισμική καταπόνηση

Ενώ η φόρτιση υπό τα κατακόρυφα φορτία ορίζεται με σχετική σαφήνεια, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με τη σεισμική φόρτιση. Ακόμη και μετά τις σημαντικότερες απλοποιήσεις της μετάβασης από τη φυσική διέγερση στο φάσμα επιταχύνσεων σχεδιασμού του κανονισμού και τη θεώρηση της δράσης του σεισμού κατά τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου, είναι γνωστό ότι τόσο το μέγεθος όσο και η κατανομή της σεισμικής τέμνουσας καθ' ύψος (αλλά και μεταξύ των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων κάθε ορόφου) εξαρτάται από τα γεωμετρικά και τα δυναμικά μηχανικά χαρακτηριστικά του φέροντα οργανισμού.

Στην περίπτωση των κτιρίων με σκελετό από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα είναι επαρκώς ικανοποιητική η προσομοίωση του φέροντα οργανισμού με γραμμικά μέλη και η θεώρηση διαφραγματικής λειτουργίας των πλακών στη συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων. Τα χαρακτηριστικά αυτά περιορίζουν το πλήθος των ιδιομορφών ταλάντωσης που απαιτείται να ληφθούν υπόψη ώστε να ενεργοποιηθεί ένα ικανοποιητικό ποσοστό της μάζας του κτιρίου. Όταν μάλιστα η συγκρότηση του φέροντα οργανισμού είναι σχετικά κανονική, το υψηλό ποσοστό ενεργοποιούμενης μάζας που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιομορφή και η μορφή της ταλάντωσης του φέροντα οργανισμού επιτρέπει την απλοποιητική ψευδοστατική θεώρηση και την τριγωνική καθ' ύψος κατανομή της σεισμικής τέμνουσας βάσης στις στάθμες των ορόφων.

Στην περίπτωση κτιρίων με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία είναι απαραίτητη η θεώρηση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων για μια ικανοποιητική προσομοίωση του φέροντα οργανισμού, ενώ είναι συνήθως άγνωστος ο βαθμός διαφραγματικής λειτουργίας των πατωμάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά αυξάνουν υπερβολικά το πλήθος των ιδιομορφών ταλάντωσης που απαιτούνται ώστε να ενεργοποιηθεί ένα μεγάλο ποσοστό της μάζας του κτιρίου, με αποτέλεσμα η δυναμική προσέγγιση του προβλήματος να γίνεται εξαιρετικά δύσκολη. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι, με εξαίρεση τα μη κανονικά κτίρια, δεν είναι γενικά απαραίτητη η δυναμική ανάλυση κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, διότι αυτά είναι συνήθως ιδιαίτερα δύσκαμπτα. Καθώς όμως δεν υπάρχει συνήθως σημαντική συγκέντρωση μαζών στις στάθμες των πατωμάτων (μεγάλο ποσοστό της μάζας είναι διανεμημένο επιφανειακά στους τοίχους), απέχει πολύ από την πραγματικότητα η θεώρηση τριγωνικής κατανομής της σεισμικής τέμνουσας και η συγκέντρωσή της στις στάθμες των ορόφων κατά την ψευδοστατική ανάλυση υπό σεισμική καταπόνηση.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις σε συνδυασμό με την πολυμορφία και πολυτυπία των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία αλλά και τη δυσκολία εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών, περιορίζουν τη δυνατότητα σχετικά σαφούς προσομοίωσης του φέροντα οργανισμού και σκιαγράφησης της απόκρισής του υπό οριζόντια σεισμικά φορτία μόνο σε ακραίες περιπτώσεις, όπως οι ακόλουθες [12]:

#### **α. Πατώματα και δώμα από πλάκες Ο/Σ – Τοιχοποιία υψηλών αντοχών με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα και ελκυστήρες: Γενικά ικανοποιητική συμπεριφορά υπό οριζόντια σεισμική φόρτιση.**

- Σαφής διαφραγματική λειτουργία του στατικού προσομοιώματος.
- Εφαρμογή στις στάθμες των πλακών των συγκεντρωμένων σεισμικών τεμνουσών που αντιστοιχούν στα μόνιμα και κινητά φορτία των πατωμάτων (οι δυνάμεις αυτές αποτελούν σχετικά σημαντικό ποσοστό της συνολικής τέμνουσας βάσης λόγω μικρού σχετικά πάχους και βάρους των φερουσών τοιχοποιιών).
- Εφαρμογή σε όλους τους κόμβους του προσομοιώματος επί των τοίχων, της αδρανειακής οριζόντιας σεισμικής δύναμης που αντιστοιχεί στη μάζα που είναι συγκεντρωμένη στον κάθε κόμβο.
- Η συγκεντρωμένη σεισμική τέμνουσα κάθε ορόφου κατανέμεται από το διάφραγμα

του δαπέδου στα κατακόρυφα στοιχεία του ορόφου ανάλογα με τη δυσκαμψία τους, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται κυρίως στους τοίχους που διήκουν κατά τη διεύθυνση του σεισμού.

- Η ύπαρξη διαζωμάτων και ελκυστήρων αποτρέπει την αποκόλληση των τοίχων καθ' ύψος κατακόρυφων ακμών σε γωνίες τύπου Γ ή Τ.
- Η ύπαρξη διαζωμάτων ανακουφίζει την καταπόνηση των τοίχων που διήκουν κάθετα στη διεύθυνση του σεισμού, με αποτέλεσμα να προκύπτει συνήθως κρίσιμη η καταπόνηση των εγκάρσιων τοίχων και πεσσών για σεισμό μέσα στο επίπεδό τους (λειτουργία δίσκου - σχετικά υψηλή αντοχή τοιχοποιίας).
- Σε περιπτώσεις μεγάλου σχετικά ύψους ορόφων και μεγάλων σχετικά αποστάσεων των εγκάρσιων φερόντων τοίχων, είναι πιθανόν να αποδειχθεί κρίσιμη η καταπόνηση μερικών επιμήκων τοίχων σε κάμψη εκτός του επιπέδου τους.

**β. Εύκαμπτα ξύλινα πατώματα και στέγη – Παχείς τοίχοι χαμηλής αντοχής χωρίς διαζώματα και ελκυστήρες. Γενικά ανεπαρκής συμπεριφορά υπό οριζόντια σεισμική φόρτιση.**

- Απουσία διαφραγματικής λειτουργίας.
- Συνήθως παραλείπονται τελείως τα πατώματα κατά τη διαμόρφωση του στατικού προσομοιώματος.
- Εφαρμογή σε όλους τους κόμβους των τοιχοποιιών του προσομοιώματος της αδρανειακής οριζόντιας σεισμικής δύναμης που αντιστοιχεί στη μάζα κάθε κόμβου (οι δυνάμεις αυτές αποτελούν πολύ μεγάλο ποσοστό του συνόλου της σεισμικής τέμνουσας βάσης λόγω του μεγάλου βάρους των φερουσών τοιχοποιιών).
- Εφαρμογή στους κόμβους των τοιχοποιιών, που αντιστοιχούν στις στάθμες των πατωμάτων, των αδρανειακών οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων που αντιστοιχούν στη δύναμη έδρασης του πατώματος (οι δυνάμεις αυτές είναι συνήθως μικρό ποσοστό της τέμνουσας βάσης).
- Αναμένεται πρόωρη αποκόλληση των διασταυρούμενων τοίχων λόγω απουσίας διαζωμάτων και ελκυστήρων και ανεξάρτητη απόκρισή τους ως ελεύθερων προβόλων.
- Κρίσιμη προκύπτει η καταπόνηση των τοίχων για σεισμό κάθετα στο επίπεδό τους (κάμψη εκτός επιπέδου – πολύ χαμηλή αντοχή τοιχοποιίας).

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι η μεγάλη πλειοψηφία των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία βρίσκεται συνήθως μεταξύ των δύο ακραίων προηγούμενων περιπτώσεων, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη τόσο η προσομοίωση και ανάλυση τους όσο και η πρόγνωση της απόκρισής τους υπό οριζόντια σεισμική φόρτιση.

Στο Σχ. 6.3.3 φαίνονται οι τυπικές μορφές απόκρισης μονώροφου κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία υπό σεισμική καταπόνηση.

- Οι περιπτώσεις (α) και (β) αντιστοιχούν σε πλήρη απουσία διαφράγματος και διαζωμάτων με αποτέλεσμα οι τοίχοι να είναι ασύνδετοι και μετά τον αποχωρισμό τους να λειτουργούν ανεξάρτητα (κρίσιμη η εκτός επίπεδου καμπτική λειτουργία των τοίχων που είναι κάθετοι στη διεύθυνση του σεισμού).
- Στην περίπτωση (γ) υπάρχει περιμετρικό διάζωμα αλλά όχι διάφραγμα στη στέψη των τοιχοποιιών. Υπό σεισμική καταπόνηση συνήθως αποφεύγεται ο αποχωρισμός των τοίχων στις γωνίες, αλλά η σχετικά μικρή εγκάρσια δυσκαμψία του διαζώματος δεν μπορεί να αποτρέψει την τοπικά έντονη εκτός επιπέδου κάμψη των τοίχων κάθετα στη διεύθυνση του σεισμού (λειτουργία τριέρειστης πλάκας σε κατακόρυφο επίπεδο).
- Στην περίπτωση (δ) υπάρχει πλήρης διαφραγματική λειτουργία στο επίπεδο της στέψης των τοίχων, η οποία εξασφαλίζει τη μεταφορά και ανάληψη του συνόλου σχεδόν της σεισμικής τέμνουσας από τους τοίχους κατά τη διεύθυνση του σεισμού (λειτουργία δίσκου

– υψηλή αντοχή τοιχοποιίας).

Με βάση την ανάλυση της συμπεριφοράς του τυπικού μονώροφου κτιρίου που προηγήθηκε παρουσιάζονται στο Σχ. 6.3.4 οι πιθανοί μηχανισμοί αστοχίας ενός μεμονωμένου τοίχου ή πεσσού.

- Ο τοίχος πρόβολος εμφανίζεται ιδιαίτερα ασθενής έναντι σεισμικής ώθησης κάθετα στο επίπεδό του (Σχ. 6.3.4a). Αντιστέκεται στις αδρανειακές δυνάμεις κυρίως με το βάρος του και την αμελητέα καμπτική αντοχή της διατομής της βάσης του. Έτσι, ο τοίχος ανατρέπεται υπό στατικό σεισμικό συντελεστή που κυμαίνεται από  $\varepsilon = t/2h$  έως  $\varepsilon = t/h$ , εάν η σεισμική τέμνουσα εφαρμόζεται στη στέψη ή το κέντρο βάρους του αντίστοιχα.
- Σε περίπτωση που ο τοίχος-πρόβολος καταπονείται εντός του επιπέδου του, η αντίστασή του είναι πολύ μεγαλύτερη καθώς λειτουργεί ως δίσκος (shear wall). Υπάρχουν διάφορες μορφές αστοχίας ενός τέτοιου τοίχου που εξαρτώνται από τη γεωμετρία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας:
  - i. Ολίσθηση ή καθαρή διατμητική αστοχία κατά μήκος ενός οριζόντιου αρμού (Σχ. 6.3.4b).
  - ii. Διαγώνια ρηγμάτωση από λοξές κύριες εφελκυστικές τάσεις είτε με τεθλασμένη αποκόλληση-ολίσθηση κατακόρυφων και οριζόντιων αρμών είτε και με ρηγμάτωση πλίνθων ή λίθων (Σχ. 6.3.4c).
  - iii. Καμπτική αστοχία από συντριβή (πυκνά σχεδόν κατακόρυφα ρήγματα και εγκάρσια διάρρηξη) της θλιβόμενης γωνίας της βάσης αμέσως μετά την οριζόντια ρηγμάτωση κατά μήκος της εφελκυσόμενης ζώνης (Σχ. 6.3.4d).

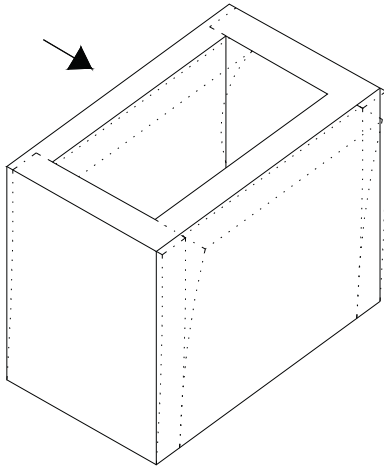
Η συμπεριφορά και απόκριση ενός κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία είναι πολύ πιο σύνθετη από αυτή ενός μεμονωμένου τοίχου χωρίς ανοίγματα. Στο Σχ. 6.3.5 φαίνονται οι τυπικές μορφές ρηγματώσεων που εμφανίζονται σε ένα τυπικό όροφο κτιρίου με ικανοποιητικά οριζόντια διαζώματα.

- Σε τοίχους κάθετα στη διεύθυνση της σεισμικής καταπόνησης εμφανίζονται, λόγω ανεπαρκούς διαφραγματικής λειτουργίας, ρωγμές τύπου **b** από κάμψη εκτός επιπέδου (bending). Σε περίπτωση ανεπαρκούς σύνδεσης στις ακμές με τους εγκάρσιους τοίχους, οι ρωγμές αυτές οδηγούν σε αποκόλληση των τοίχων και αστοχία τους σύμφωνα με το Σχήμα 6.3.4a.
- Σε τοίχους κατά τη διεύθυνση της σεισμικής καταπόνησης, οι πεσσοί μεταξύ των ανοιγμάτων είναι πιο εύκαμπτοι από τις ζώνες τοιχοποιίας πάνω και κάτω από τα παράθυρα. Έτσι, ουσιαστικά όλες οι παραμορφώσεις εμφανίζονται στους πεσσούς. Στις διατομές πόδα και κεφαλής των πεσσών εμφανίζονται οι ισχυρότερες ορθές (θλιπτικές και εφελκυστικές) τάσεις, ενώ η σταθερή καθ' ύψος του πεσσού τέμνουσα δύναμη προκαλεί τις μέγιστες διατμητικές τάσεις περί το κέντρο του. Η υπέρβαση της χαμηλής καμπτικής εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας προκαλεί τις καμπτικές ρωγμές τύπου **f** (flexure), ενώ η υπέρβαση της λοξής εφελκυστικής αντοχής της υπό τις κύριες ορθές τάσεις στο σώμα του πεσσού προκαλεί τις λοξές χιαστί καμπτοδιατμητικές ρωγμές τύπου **s** (shear).
- Τελικά οι πεσσοί, ανάλογα με τη γεωμετρία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας, αστοχούν είτε από χαίνοντα χιαστί καμπτοδιατμητικά ρήγματα, είτε από υπέρβαση της θλιπτικής αντοχής στα άκρα της κεφαλής ή της βάσης τους μετά από διαδοχικούς κύκλους επέκτασης των ρηγμάτων τύπου **f**.

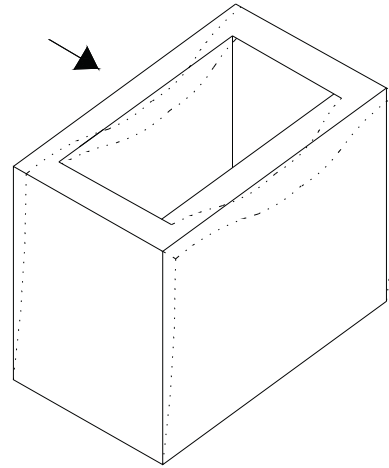
Η ιδεατή κατανομή τάσεων στους πεσσούς φαίνεται στο Σχ. 6.3.6, όπου :

- $\sigma_0$  : θλιπτικές τάσεις από τα κατακόρυφα φορτία
- $\sigma_M$  : θλιπτικές ή εφελκυστικές τάσεις από τη γενική ροπή ανατροπής
- $\sigma_F$  : θλιπτικές – εφελκυστικές τάσεις από κάμψη κάθε πεσσού
- $\tau$  : διατμητικές τάσεις στους πεσσούς

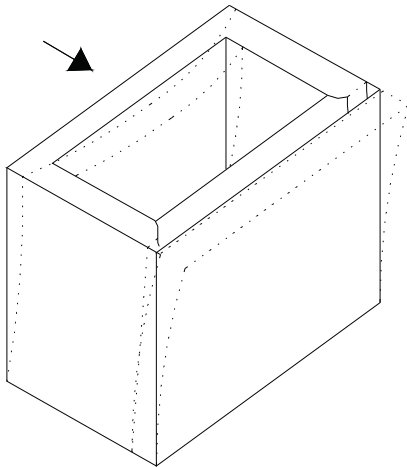
Στην περίπτωση ενός πολυώροφου κτιρίου με εύκαμπτα ξύλινα πατώματα χωρίς οριζόντια διαζώματα στο επίπεδο των ορόφων και με σχετικά αραιά ανοίγματα (Σχ. 6.3.7), οι ζώνες σύζευξης των ισχυρών πεσσών - προβόλων είναι οι πλέον ευαίσθητες περιοχές και καταπονούνται σε κάμψης και διάτμησης. Οι ζώνες αυτές αστοχούν συνήθως με χιαστί καμπτοδιατμητικά ρήγματα πριν από την αστοχία των πεσσών. Η αστοχία των ζωνών αυτών προκαλεί απώλεια στήριξης των πατωμάτων. Η πρόωγη αστοχία των ζωνών σύζευξης μπορεί να αποτραπεί είτε από άκαμπτα διαφράγματα (π.χ. πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος), είτε από ισχυρά διαζώματα στα επίπεδα των πατωμάτων.



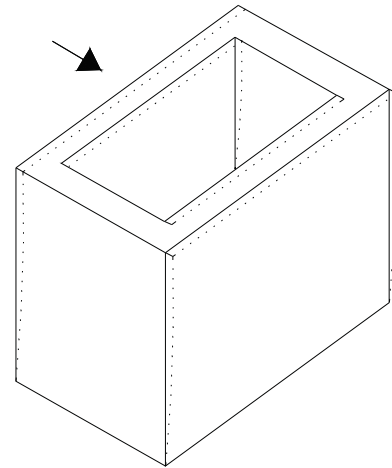
α.



γ.



β.



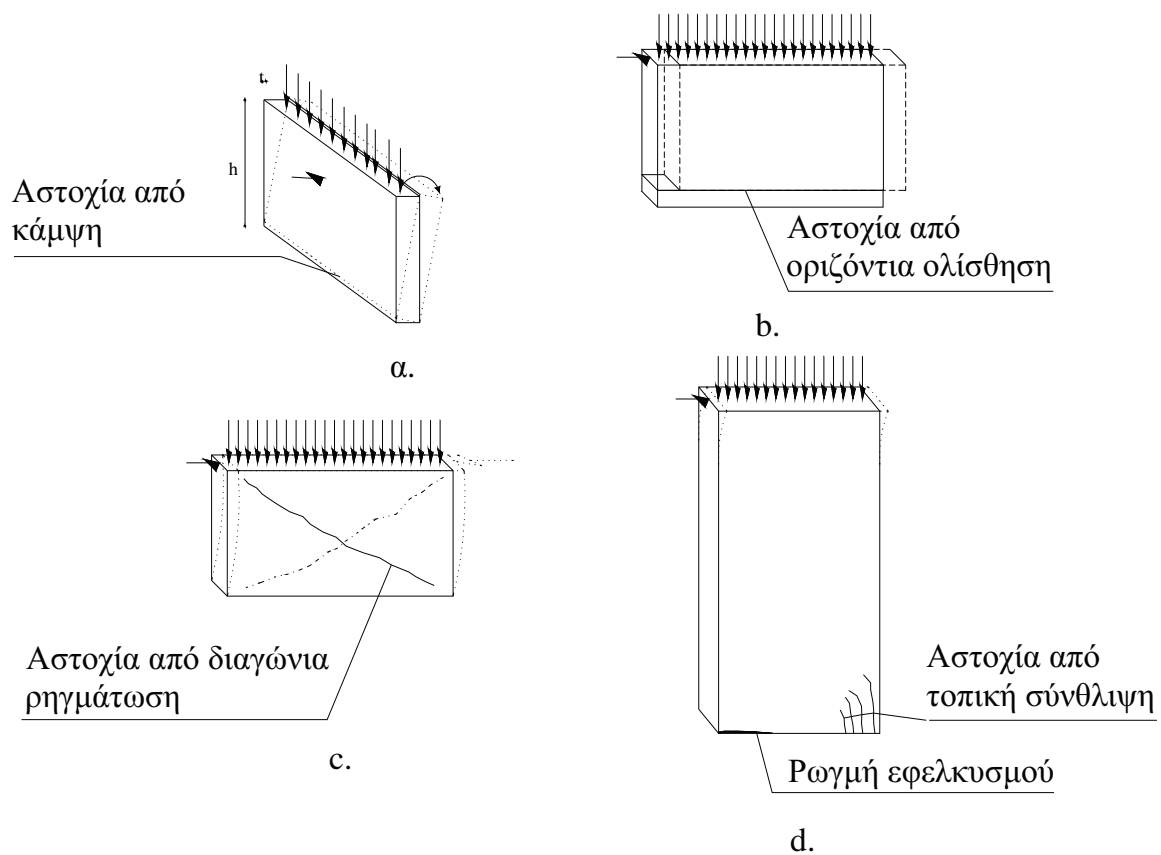
δ.

Σχ. 6.3.3 Τυπικές μορφές απόκρισης κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας υπό σεισμική καταπόνηση [5], [10], [12]

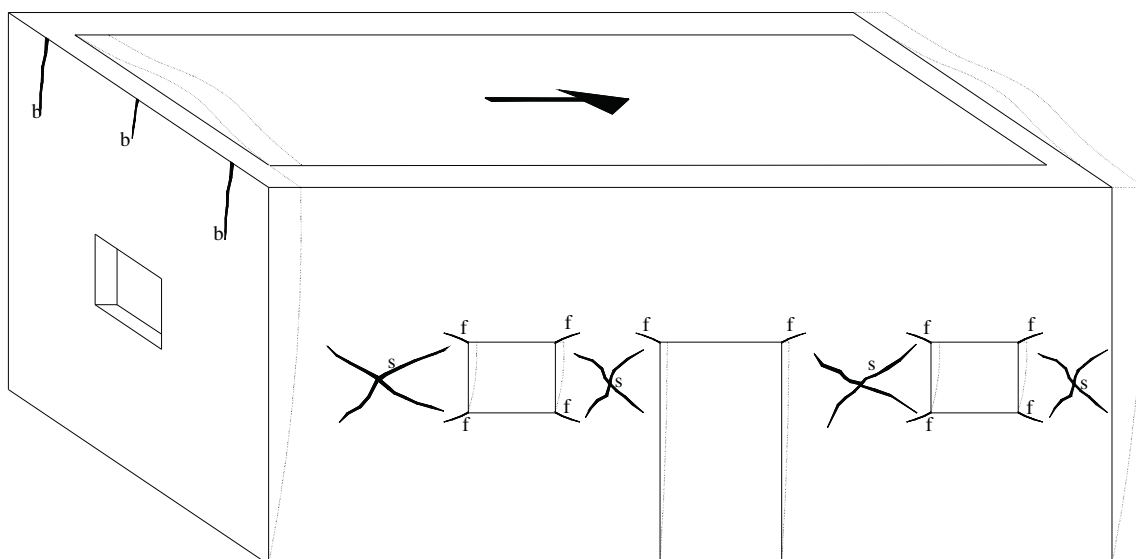
(α) και (β): Ασύνδετοι φέροντες τοίχοι

(γ): Φέροντες τοίχοι με κορυφαίο διάζωμα

(δ): Φέροντες τοίχοι με διάφραγμα στο επίπεδο της στέψης τους

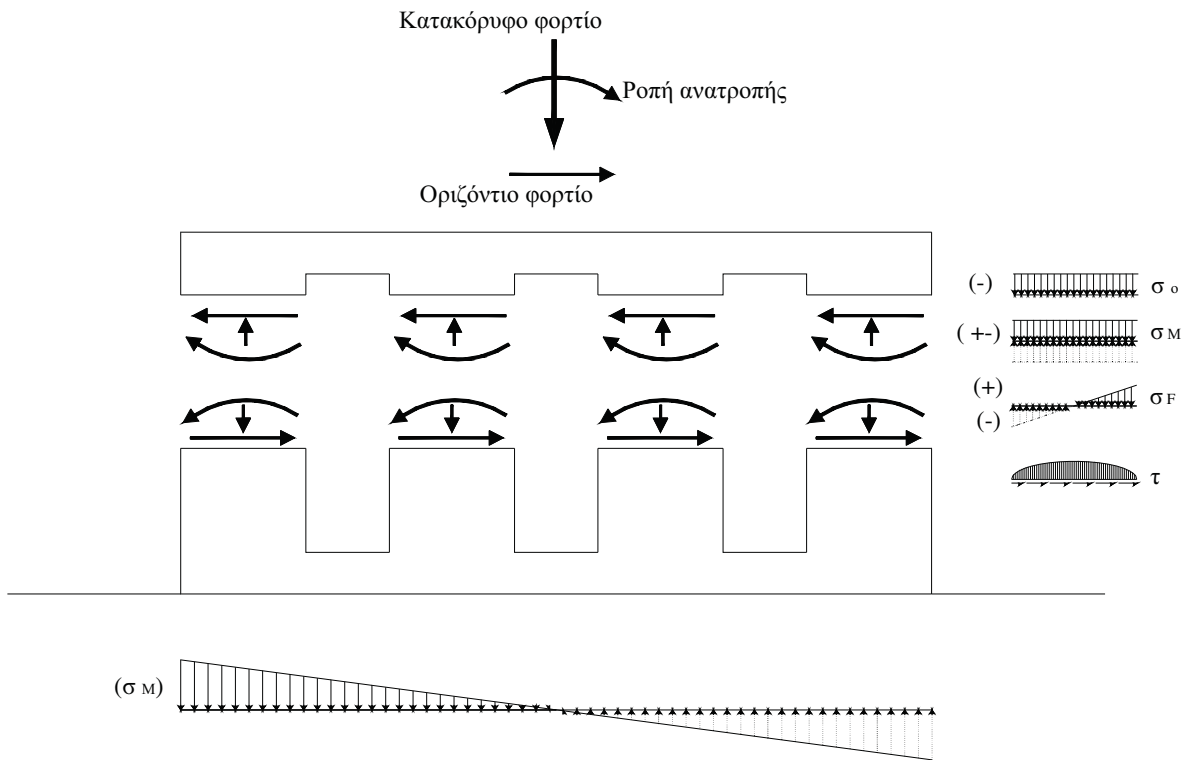


Σχ. 6.3.4 Μηχανισμοί αστοχίας ενός μεμονωμένου τοίχου-προβόλου [5], [10], [12]  
 (α) Σεισμική τέμονουσα εκτός επιπέδου, (b, c, d) Σεισμική τέμονουσα εντός επιπέδου

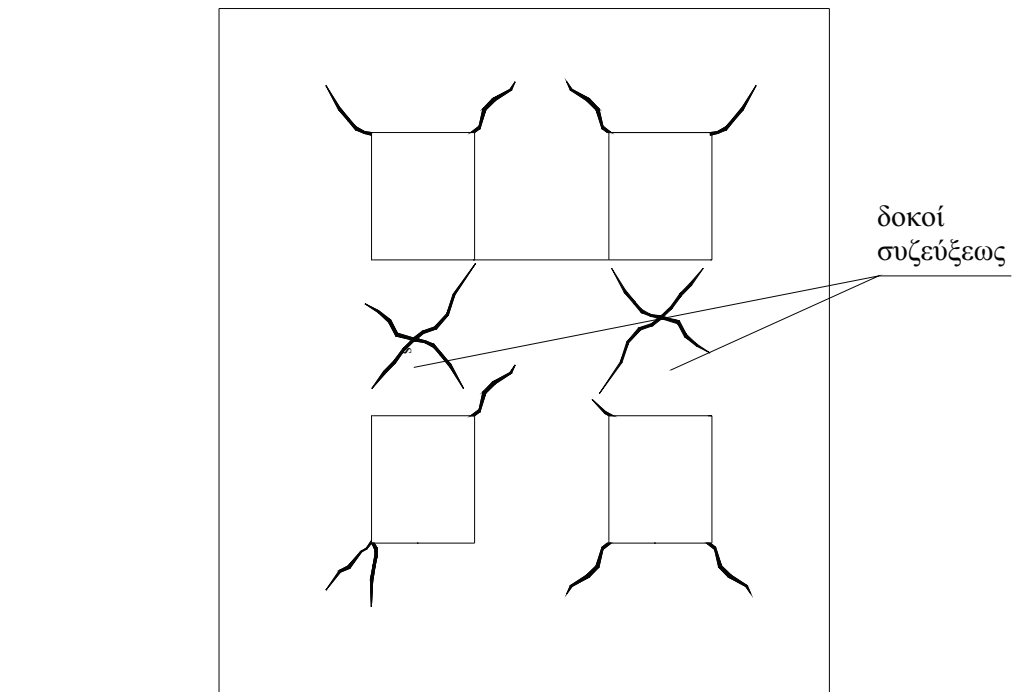


b : ρωγμές απο κάμψη εκτός επιπέδου  
 s : ρωγμές διαγώνιου εφελκυσμού  
 f : ρωγμές καμπτικού εφελκυσμού

Σχ. 6.3.5 Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε τυπικό όροφο κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία [5], [10], [12]



Σχ. 6.3.6 Ιδεατή κατανομή εξωτερικών δράσεων, φορτίων διατομής και τάσεων σε επίπεδο τοίχου υπό σεισμική καταπόνηση [5], [10], [12]



Σχ. 6.3.7 Μηχανισμός αστοχίας στις ζώνες σύζευξης πεσσών ενός διώροφου τοίχου χωρίς διαζώματα ή άκαμπτα διαφράγματα στις στάθμες των ορόφων [5], [10], [12]



## 6.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό επισημαίνονται ορισμένα κριτήρια και αρχές επεμβάσεων που εντάσσονται μεν στα κριτήρια και τις αρχές που διέπουν τις επεμβάσεις σε όλους τους τύπους φερόντων οργανισμών, έχουν όμως ιδιαίτερη σημασία και αξία για τις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία.

### 6.4.1 Κριτήρια επεμβάσεων

Πέραν των καθαρά τεχνικών κριτηρίων (ενδεχόμενη ανεπάρκεια φορέα, ένταση και έκταση των βλαβών) βασικά κριτήρια επιλογής του τύπου και της έκτασης επέμβασης (επισκευή, ενίσχυση, μερική ή ολική καθαίρεση και ανακατασκευή) αποτελούν και τα εξής:

- Ο χαρακτηρισμός του κτιρίου ως μνημείου ή διατηρητέου.
- Το οικονομικό κόστος επέμβασης και μελλοντικής συντήρησης, ως προς την εγκατεστημένη αξία (στο κόστος επέμβασης πρέπει να συμπεριληφθεί και το κόστος των ανακατασκευαζομένων μη φερόντων στοιχείων, εγκαταστάσεων κ.λ.π.).
- Ο χρόνος εκτέλεσης των εργασιών.
- Το κοινωνικό και ψυχολογικό κόστος των ενοίκων αλλά και του κοινωνικού συνόλου.
- Η δυνατότητα επαρκούς και ευσταθούς υποστήλωσης κατά τη διάρκεια των εργασιών επισκευής.

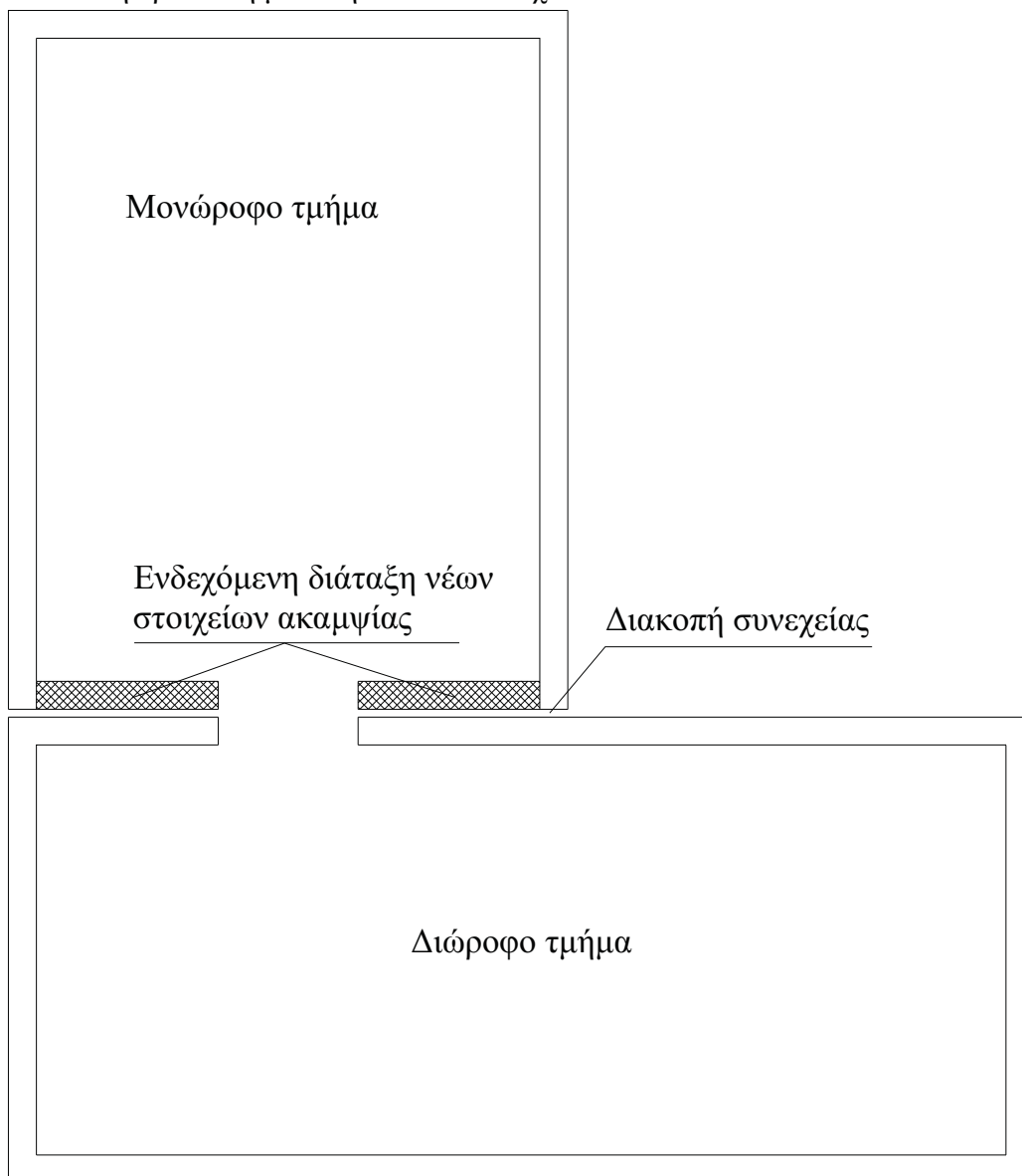
### 6.4.2 Αρχές επεμβάσεων

Σε γενικές γραμμές οι διατιθέμενες γνώσεις (θεωρητικές, εργαστηριακές και εμπειρικές) για τις επισκευές και ενισχύσεις είναι πολύ πιο φτωχές από τις γνώσεις που αναφέρονται στην κατασκευή νέων κτιρίων. Το γεγονός αυτό ισχύει σε μεγαλύτερο βαθμό για τις επεμβάσεις σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Υπό την έννοια αυτή, ορισμένες γενικές αρχές επεμβάσεων έχουν ιδιαίτερη αξία, ακόμη και στην περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να τεκμηριωθούν πλήρως ακόμη και με τη χρήση εκλεπτυσμένων προσομοιωμάτων ανάλυσης και διαστασιολόγησης. Τέτοιες αρχές είναι, μεταξύ άλλων, και οι εξής:

- Είναι σκόπιμη, εφόσον είναι εφικτή, η μείωση του βάρους της κατασκευής με την αφαίρεση ή αντικατάσταση με ελαφρύτερα, δομικών ή διακοσμητικών στοιχείων μεγάλου βάρους, όπως επιστεγάσματα, γείσα, παραπέτα, εξώστες, καμινάδες, επικαλύψεις στεγών, κ.λ.π.
- Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την εξασφάλιση της ευστάθειας εξωστών πακτωμένων σε τοιχοποιία, όταν πρόκειται να γίνουν επεμβάσεις σε υπερκείμενο τοίχο που δρα ως αντίβαρο για την πάκτωση του εξώστη.
- Είναι σκόπιμη η αναδόμηση (συμπλήρωση) ανοιγμάτων που βρίσκονται κοντά στις γωνιές του κτιρίου και εξασθενούν τη σύνδεση των διασταυρούμενων τοίχων.
- Η προσθήκη νέων τοίχων σε κατάλληλες θέσεις με στόχο τη διόρθωση έντονης εκκεντρότητας μεταξύ κέντρου βάρους και κέντρου στροφής του κτίσματος (μη κανονική κάτοψη) είναι συχνά προτιμότερη από την υιοθέτηση ισχυρών και εκτεταμένων ενισχύσεων.
- Σε περίπτωση έντονης ασυμμετρίας σε κάτοψη ή καθ' ύψος (π.χ. σύνδεση μονώροφου με διώροφο τμήμα), η δημιουργία κατασκευαστικού αρμού με διακοπή της συνέχειας υφιστάμενων και προσθήκη νέων τοίχων στο επίπεδο του αρμού είναι συχνά προτιμότερη από την αμφίβολη προσπάθεια ενίσχυσης των υφιστάμενων δομικών στοιχείων (Σχ. 6.4.1).
- Κριτήριο για την επιλογή των μεθόδων και τεχνικών επεμβάσεων πρέπει να αποτελεί

(πέραν της οικονομίας) και η τεχνική δυνατότητα ή σκοπιμότητα εφαρμογής τους υπό τις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες (προσπελασιμότητα, επίπεδο εξοπλισμού και εμπειρίας συνεργείων, επίπεδο επίβλεψης, δυνατότητα ελέγχου ποιότητας, σημασία και γενικότερη αξία κτίσματος).

- Σε περίπτωση αντίστοιχων βλαβών ή αμφιβολιών ως προς την επάρκειά τους, είναι σκόπιμη η βελτίωση των συνδέσεων μεταξύ φερόντων στοιχείων (σύνδεση αλληλοτεμνόμενων ή απέναντι τοίχων, αγκύρωση διαφραγμάτων στα κατακόρυφα στοιχεία κ.λ.π.).
- Είναι γενικά επιθυμητή η βελτίωση της διαφραγματικής λειτουργίας με την αύξηση της δυσκαμψίας, της ατένειας και της αντοχής των πατωμάτων.
- Στην περίπτωση που κατά την κατασκευή δεν είχε προβλεφθεί διάφραγμα στο επίπεδο των πατωμάτων ή της στέγης, η προσθήκη νέου διαφράγματος τις περισσότερες φορές έχει ως συνέπεια τη δραστική μείωση τοπικών ενισχύσεων.



Σχ. 6.4.1 Δημιουργία κατασκευαστικού αρμού σε περίπτωση έντονης ασυμμετρίας καθ' ύψος [4], [6], [10], [12]

## 6.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

### 6.5.1 Βαθύ αρμολόγημα

**Πότε εφαρμόζεται:** Η μέθοδος αυτή συνιστάται για τοιχοποιίες από λιθοδομή μικρού πάχους ( $t < 300-400\text{mm}$ ) ή πλινθοδομές που παρουσιάζουν ρηγματώσεις εύρους μέχρι και  $10\text{mm}$  [11].

#### **Στάδια υλοποίησης:**

**Στάδιο 1:** Καθαίρεση του επιχρίσματος σε μεγάλο πλάτος γύρω από τις ρωγμές (συνολικά  $60\text{cm}$  περίπου). Σε περίπτωση ύπαρξης πολλών ρωγμών σε ένα τοίχο, συνιστάται η ολική αφαίρεση του επιχρίσματος (Σχ. 6.5.1).

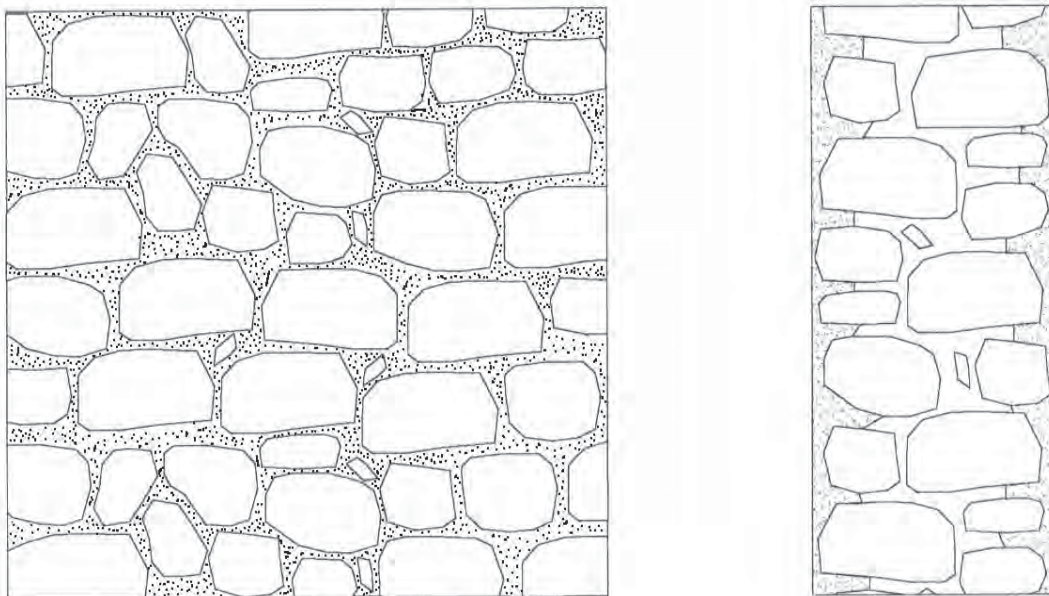
**Στάδιο 2:** Διεύρυνση των χειλιών της ρωγμής.

**Στάδιο 3:** Ξύσιμο των ρωγμών με συρματόβουρτσα με ιδιαίτερη επιμονή για να αφαιρεθούν τα σαθρά τμήματα του κονιάματος.

**Στάδιο 4:** Πλύσιμο με νερό υπό πίεση.

**Στάδιο 5:** Εισαγωγή νέου κονιάματος (με ψιλό μυστρί) όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη ρωγμή.

**Στάδιο 6:** Εξωτερικό αρμολόγημα και τελικό επίχρισμα. (Εναλλακτικά, πριν το τελικό επίχρισμα, μπορεί να τοποθετηθεί κοτετσόσυρμα που στερεώνεται με φουρκέτες μπηγμένες στο κονίαμα των αρμών των τοίχων).



Σχ. 6.5.1 Η μέθοδος του αρμολογήματος (ολική αφαίρεση επιχρίσματος) [11]

**Υλικά:** Προτείνονται κατά σειρά τα παρακάτω κονιάματα:

- Κονιάματα συμβατά με τα υφιστάμενα αλλά μεγαλύτερης αντοχής και χρόνου ζωής (κατά το δυνατό)
- Αν τα κονιάματα αυτά δεν είναι εφικτό να παραχθούν, προτείνονται τσιμεντοκονιάματα υψηλής αντοχής

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Ο βαθμός αποτελεσματικότητας αυτής της μεθόδου εξαρτάται από το βαθμό αντικατάστασης του υπάρχοντος κονιάματος χαμηλής αντοχής από

νέο κονίαμα υψηλής αντοχής. Γενικώς επαυξάνεται η αντοχή της τοιχοποιίας αλλά ο βαθμός αυτής της επαύξησης προσδιορίζεται δύσκολα. Τα συμβατά κονιάματα δημιουργούν καλύτερη πρόσφυση με τα υπάρχοντα, σε αντίθεση με τα μη συμβατά κονιάματα.

**Μειονεκτήματα:** Η βελτίωση της αντοχής της τοιχοποιίας επιτυγχάνεται τοπικά, στις περιοχές όπου έχει αντικατασταθεί το παλιό κονίαμα.

**Ανασχεδιασμός:** Είναι δύσκολο να δοθούν γενικοί κανόνες αναδιαστασιολόγησης. Για περιπτώσεις όπου είναι δυνατό το σφράγισμα των ρωγμών σε μεγάλο βάθος προτείνονται οι πιο κάτω σχέσεις [11]:

#### Θλιπτική αντοχή

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \zeta f_{wc,0}$$

όπου

$$1 / \gamma_{Rd} \approx 0.80$$

$f_{wc,0}$  η αρχική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

$$\zeta = 1 + \omega \frac{\text{ΟΓΚΟΣ ΝΕΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ}}{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ}} \quad (\text{εμπειρικός συντελεστής})$$

$$\omega = 4-8 \text{ για λιθοδομή}$$

$$1-2 \text{ για οπτοπλινθοδομή}$$

Οι χαμηλότερες τιμές εφαρμόζονται για τοιχοποιίες με καλό παλιό κονίαμα και πλήρεις αρμούς.

#### Εφελκυστική αντοχή

$$\text{Οριζόντια} \quad f_{wc, h} \approx \lambda f_{mt}$$

$$\text{Κατακόρυφη} \quad f_{wc, v} \approx 2\lambda f_{mt}$$

όπου το  $\lambda$  λαμβάνεται ίσο με 0.50 και  $f_{mt}$  είναι η μέση εφελκυστική αντοχή του κονιάματος

#### Διατμητική αντοχή

$$f_{wv} \approx f_{mt} + 0.40 \times 0.75\sigma_0$$

### 6.5.2 Οπλισμένο ή ινοπλισμένο επίχρισμα

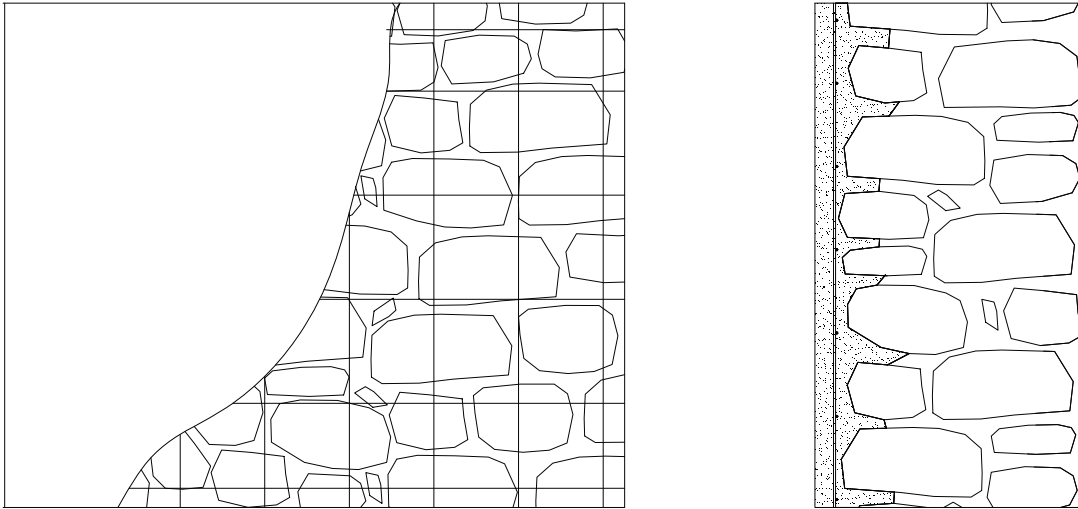
**Πότε εφαρμόζεται:** Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με την προηγούμενη κατά τις περιπτώσεις όπου δεν είναι απαιτητή η διατήρηση της όψης της λιθοδομής και με στόχο την αύξηση των αντοχών της τοιχοποιίας. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί είτε μονόπλευρα (Σχ. 6.5.2), μέσω κατάλληλων φωλιών στην τοιχοποιία για την αποτελεσματική αγκύρωση του επιχρίσματος, είτε αμφίπλευρα, με κατάλληλες διαμπερείς συνδέσεις [11].

#### **Στάδια υλοποίησης:**

**Στάδιο 1:** Διαμόρφωση αγκυρώσεων σε ικανοποιητικό βάθος στην επιφάνεια του τοίχου και στο περιμετρικό σύστημα δαπέδου, οροφής και σημείων επαφής με εγκάρσιους τοίχους για την καλή στήριξη του επιχρίσματος.

**Στάδιο 2:** Δημιουργία εύπλαστου επιχρίσματος με τη χρήση ινών ή εναλλακτικά διάταξη ελαφρού δομικού πλέγματος ή κοτετσούρματος καλά τεντωμένου και αγκυρωμένου βαθιά στους αρμούς του τοίχου.

**Στάδιο 3:** Τοποθέτηση επιχρίσματος σε διαδοχικές φάσεις και διαμόρφωση της τελικής όψης, απαλλαγμένης από ίνες (σε περίπτωση χρήσης ινοπλισμένου επιχρίσματος). Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται συστηματική και προσεκτική συντήρηση με συχνά καταβρέγματα και για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.



Σχ. 6.5.2 Οπλισμένο επίχρισμα τοποθετημένο μονόπλευρα [11]

**Υλικά:** Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου απαιτούνται:

- Μεταλλικές αγκυρώσεις
- Ίνες ή μεταλλικό πλέγμα ή κοτετσόσυρμα
- Επιχρίσματα υψηλής αντοχής (πλούσια σε τσιμέντο, με μικρό λόγο νερού προς τσιμέντο και χρήση υπερρευστοποιητή). Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 30 mm περίπου.

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Αύξηση της διατμητικής και καμπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας αυτής της μεθόδου εξαρτάται από το πάχος του επιχρίσματος και την καλή αγκύρωσή του με την τοιχοποιία.

**Μειονεκτήματα:** Συγκέντρωση και εγκλωβισμός υγρασίας στη διεπιφάνεια μεταξύ τοιχοποιίας και επιχρίσματος με σταδιακή αποδιοργάνωση του υφιστάμενου κονιάματος της τοιχοποιίας και με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής της. Στην περίπτωση εφαρμογής αυτής της μεθόδου συνιστάται να λαμβάνεται ειδική πρόνοια για τον τρόπο απομάκρυνσης της υγρασίας.

**Αναδιαστασιολόγηση:** Η εκτίμηση της αντοχής βασίζεται σε λύση οριακού φορτίου. Η φέρουσα ικανότητα του συνόλου προκύπτει ως άθροισμα της φέρουσας ικανότητας των επιχρισμάτων και της ρηγματωμένης τοιχοποιίας, καταλλήλως διορθωμένων, ώστε να ληφθεί υπ' όψη η μη ταυτόχρονη αστοχία των επιμέρους στοιχείων, καθώς και οι μεγάλες αβεβαιότητες του προσομοιώματος. Προτείνεται η παρακάτω σχέση, η οποία μπορεί να ισχύει και για την περίπτωση των μανδύων [11]:

$$f_{w, overall} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (k f_c + f_{w, f})$$

όπου

$$1 / \gamma_{Rd} \approx 0.80$$

$k = 1$  ή  $2$  για μονόπλευρο και για αμφίπλευρο μανδύα αντιστοίχως  
 $f_{w,f}$  η τελική αντοχή της τοιχοποιίας σε θλίψη

$$f_c = \rho \frac{2}{3} f_{yd} \quad (\rho = \rho_v = \rho_h)$$

### 6.5.3 Συρραφή μεγάλων ρωγμών

**Πότε εφαρμόζεται:** Στις περιπτώσεις μεγάλων ρωγμών. Ως τέτοιες μπορούν να θεωρηθούν διαμπερείς ρωγμές που διακόπτουν τη συνέχεια της τοιχοποιίας. Επίσης, ρωγμές μεγάλου εύρους ( $>10\text{mm}$ ) ή ρωγμές μεγάλου μήκους που μπορεί να εκτείνονται οριζόντια και κατακόρυφα (Σχ. 6.5.3) ή διαγώνια (Σχ. 6.5.4) στην επιφάνεια του τοίχου.

#### Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Αν έχουν παρουσιαστεί βλάβες σε πρέκια ή στις γωνίες σύνδεσης των τοίχων θα πρέπει να προηγείται η αποκατάσταση αυτών των τμημάτων πριν από οποιαδήποτε εργασία συρραφής ρωγμών στους τοίχους διότι υπάρχει ο κίνδυνος περαιτέρω αστοχιών λόγω της έκτασης των εργασιών συρραφής των ρωγμών.

Στάδιο 2: Αφαίρεση των επιχρισμάτων και αποσαφήνιση της έκτασης των ρωγμών.

Στάδιο 3: Αφαίρεση διαδοχικά λίθων εκατέρωθεν της ρωγμής, διάνοιξη και εκτράχυνση του αυλακιού πλάτους περίπου  $15\text{cm}$ . Σε περίπτωση πλινθοδομής, η διάνοιξη του αυλακιού μπορεί να γίνει και με μηχανικά μέσα. Διάνοιξη δευτερευόντων αυλακιών μήκους  $40\text{cm}$ , εγκάρσια στις ρωγμές και σε διαστήματα  $60\text{cm}$  περίπου.

Στάδιο 4: Καθαρισμός από τη σκόνη και ύγρανση.

Στάδιο 5: Τοποθέτηση  $2\Phi 12$  ή  $2\Phi 14$  κατά μήκος των ρωγμών.

Στάδιο 6: Τοποθέτηση  $2\Phi 6$  σε κάθε εγκάρσιο αυλάκι.

Στάδιο 7: Γέμιση όλων των αυλακιών με σκυρόδεμα υψηλής αντοχής ή χρήση εκτοξευόμενου κονιάματος.

Στάδιο 8: Σε περιπτώσεις διαμπερών ρωγμών, η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και στις δύο πλευρές του τοίχου και γίνεται σύνδεση μεταξύ τους με λεπτές ράβδους οπλισμού.

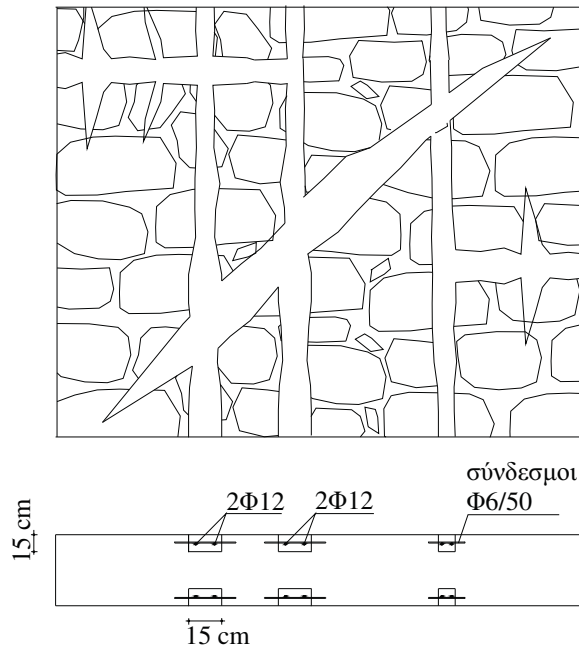
Σημείωση: Σε περίπτωση που οι ραφές πρέπει να εκτείνονται στο ύψος ολόκληρου ορόφου και εάν δεν είναι δυνατή η τοπική μείωση του πάχους του τοίχου, ώστε να ενσωματωθούν σ' αυτόν οι ραφές, είναι δυνατή η κατασκευή (εξεχουσών) νευρώσεων σε κατάλληλες θέσεις (Σχ. 6.5.5). Αυτές οι νευρώσεις πρέπει να διατάσσονται κατά ζεύγη (μέσα-έξω), ενώ απαιτείται καλή εγκάρσια σύνδεσή τους. Αυτή η σύνδεση μπορεί να επιτυγχάνεται π.χ. με την αφαίρεση λίθων ή πλίνθων ανά αποστάσεις καθ' ύψος, οπότε δημιουργείται διαμπερής οπή η οποία γεμίζει με σκυρόδεμα. Όταν οι τοίχοι είναι λεπτοί, οι ζώνες ραφής μεταπίπτουν σε ενισχυτικά υποστυλώματα και δοκούς, τα οποία μπορεί να είναι πλήρως ενσωματωμένα στον τοίχο ή και να εξέχουν εν μέρει (Σχ. 6.5.6).

**Υλικά:** Για τις πιο πάνω εργασίες απαιτούνται:

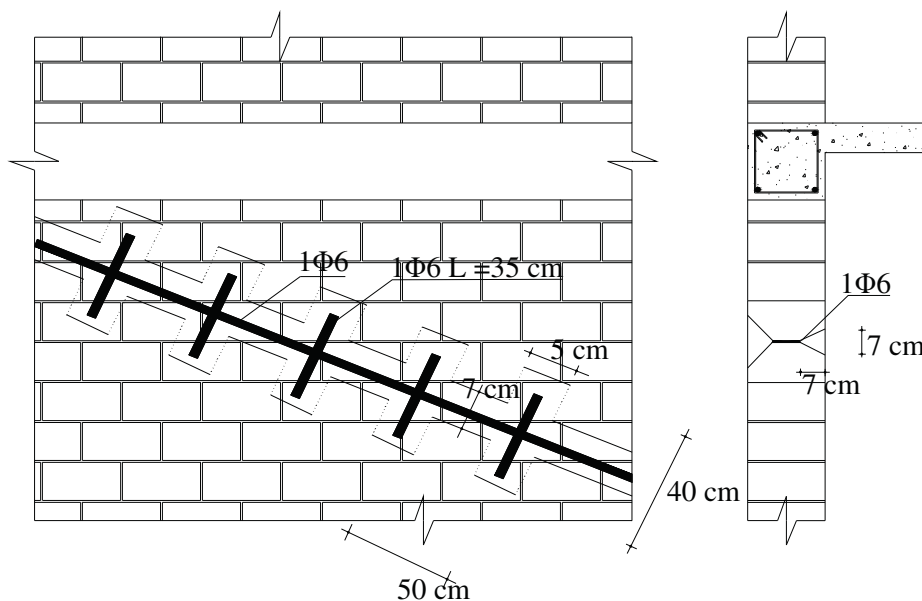
- Μηχανικά μέσα για διάνοιξη των αυλακιών
- Ράβδοι οπλισμού
- Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Με τη μέθοδο αυτή αυξάνεται η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας.

**Μειονεκτήματα:** Εκτενείς εργασίες που επιβάλλουν σχολαστική επιμέλεια και ιδιαίτερη φροντίδα στήριξης των τοίχων στη φάση που διανοίγονται τα αυλάκια. Αλλοίωση σε πολλές θέσεις της εξωτερικής όψης των τοίχων.



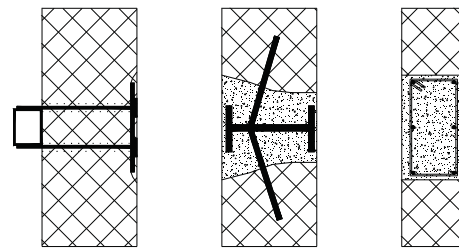
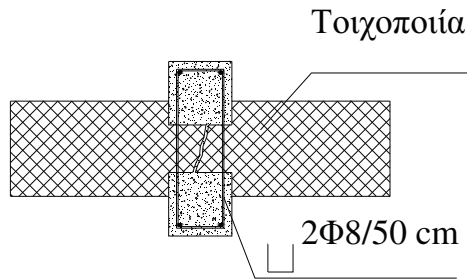
Σχ. 6.5.3 Οριζόντιες και κατακόρυφες ζώνες ραφής [3], [4], [6], [10]



Επισκευή οπτοπλινθοδομής με λεπτή ζώνη ραφής

- α. Κατασκευή ευθύγραμμου αυλακιού σχήματος V βάθους 4 έως 6 cm στη μία ή και τις δύο πλευρές του τοίχου κατά μήκος του ρήγματος
- β. Γίνονται κλειδιά σε σχήμα V, κάθετα προς το προηγούμενο αυλάκι, μήκους περίπου 40 cm.
- γ. Καθαρισμός, ύγρανση, τοποθέτηση ράβδων Φ6 μέσα στο αυλάκι και στερέωση με φουρκέτες.
- δ. Εκτόξευση τσιμεντοκονιάματος 1: 4

Σχ. 6.5.4 Διαγώνιες ζώνες ραφής [1], [2], [3]



Σχ. 6.5.5 Εξέχουσες ζώνες ραφής με ενδιάμεσες συνδέσεις ανά αποστάσεις [4], [6], [10], [11]

Σχ. 6.5.6 Ενισχυτικά υποστυλώματα ή δοκοί ραφής [4], [6], [10], [11]

**Αναδιαστασιολόγηση:** Μέσω αυτής της μεθόδου βελτιώνεται κυρίως η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας. Για τον υπολογισμό της αυξημένης αντοχής σε διάτμηση, γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές [11]:

- Αμελείται η ευμενής επιρροή της κατακόρυφης τάσης
- Αμελείται η συνεισφορά της τριβής κατά μήκος της ρωγμής
- Αμελείται η βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας λόγω άλλων μεθόδων (π.χ. λόγω αρμολογήματος)
- Η τέμνουσα αναλαμβάνεται μέσω δράσης βλήτρου και δράσης σφικτήρα, ταυτοχρόνως επιστρατευομένων. Η δυσμενής αλληλεπίδραση των μηχανισμών λαμβάνεται υπ' όψη μέσω μείωσης στο 50% της συμμετοχής του καθενός ανεξαρτήτως του άλλου
- Λόγω ελλιπούς αγκύρωσης ιδίως περί τα άκρα της ρωγμής, θεωρείται ότι τα 2/3 των οριζόντιων και των κατακόρυφων ραφών συμμετέχουν στην ανάληψη τέμνουσας
- Λόγω της γεωμετρίας της ρωγμής η συνισταμένη δύναμη βλήτρου και η συνισταμένη δύναμη εξόλκευσης απέχουν απόσταση ίση προς τα 2/3 του μήκους της ρωγμής από τον πόλο περιστροφής ( $l$  : μήκος ρωγμής)

Οι σχέσεις υπολογισμού προκύπτουν (βάσει και του Σχ. 6.5.7) ως εξής :

$$(\Sigma M)_0 = 0 \text{ ή}$$

$$\gamma_{sd} V_{sd} h \leq \frac{1}{\gamma_{Rd}} \left[ \left( \frac{2}{3} n_v \frac{D_u^v}{2} + \frac{2}{3} n_h \frac{B_u^h}{2} \right) \frac{2}{3} h + \left( \frac{2}{3} n_v \frac{B_u^v}{2} + \frac{2}{3} n_h \frac{D_u^h}{2} \right) \frac{2}{3} \ell \right]$$

Εάν  $n_v = n_h = n$ ,  $B_u^v = B_u^h = B_u$ ,  $D_u^v = D_u^h = D_u$ , τότε

$$V_{sd} \leq 0.15n \left( 1 + \frac{\ell}{h} \right) (B_u + D_u)$$

Για καλή ποιότητα κατασκευής και καλή συνάφεια μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος, καθώς και μεταξύ ραφής και τοίχου, οι δυνάμεις συνάφειας και οι δυνάμεις βλήτρου μπορούν να ληφθούν απ' τις ακόλουθες σχέσεις :

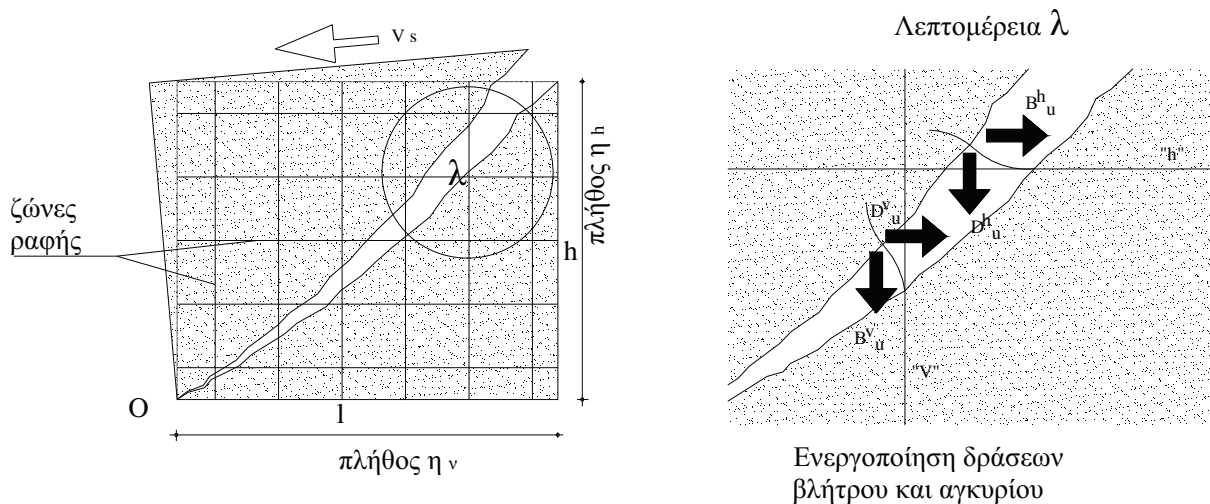
$$B_u \approx k \frac{\pi \Phi^2}{4} \frac{f_{sy}}{\gamma_s} (*) \leq a \frac{1}{3} (h \text{ ή } \ell) \frac{f_{ct}}{\gamma_c} (**)$$

$$D_u \approx k 1.5 \Phi^2 \sqrt{\frac{f_{sy} f_{cc}}{\gamma_s \gamma_c}} (*) \leq 2A \sqrt{\frac{f_{ct} f_{wc}}{\gamma_c \gamma_m}} (**)$$

(\*) συνάφεια οπλισμού με σκυρόδεμα



|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| (**)       | συνάφεια ραφής με τοίχο              |
| $f_{cc}$   | θλιπτική αντοχή σκυροδέματος         |
| $f_{ct}$   | εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος      |
| $f_{wc}$   | θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας          |
| $a$        | μήκος επαφής μεταξύ ραφής και τοίχου |
| $A$        | διατομή ραφής                        |
| $k$        | πλήθος ράβδων ανά ζώνη               |
| $\Phi$     | διάμετρος ράβδων                     |
| $\gamma_c$ | = 1.50                               |
| $\gamma_s$ | = 1.25                               |
| $\gamma_m$ | = 3.00                               |



Σχ. 6.5.7 Ζώνες ραφής [7], [11]

#### 6.5.4 Καθαίρεση και τοπική ανακατασκευή

**Πότε εφαρμόζεται:** Στις περιπτώσεις που η τοιχοποιία παρουσιάζει τοπικό “καμπούριασμα”, είτε στη μια πλευρά είτε και στις δύο (Σχ. 6.5.8). Επίσης εφαρμόζεται και στις περιπτώσεις που υπάρχει κατάρρευση γωνιών είτε στο πάνω μέρος είτε στο κάτω (Σχ. 6.5.9 και 6.5.10).

##### Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Υποστύλωση του υπερκειμένου ορόφου ή της στέγης στην περιοχή καθαίρεσης των λίθων.

Στάδιο 2: Συμπλήρωση της καθαίρεσης μέχρι τη γειτονική υγιή περιοχή.

Στάδιο 3: Πλύσιμο και επεξεργασία των επιφανειών.

Στάδιο 4: Ανακατασκευή της τοιχοποιίας με χρήση άφθονου χυτού τσιμεντοκονιάματος και με χρήση νέων λίθων αν οι παλιοί κρίνονται ακατάλληλοι.

Στάδιο 5: Στην περίπτωση καθαίρεσης και ανακατασκευής του άνω τμήματος γωνίας γίνεται συρραφή στο άνω μέρος (Σχ. 6.5.9). Στην περίπτωση κατάρρευσης του κάτω μέρους γωνίας, είναι καλύτερα να σκυροδετηθεί υποστύλωμα στη γωνία και να συνδεθεί στο πάνω μέρος με το διάζωμα (σχήμα 6. 5.10).

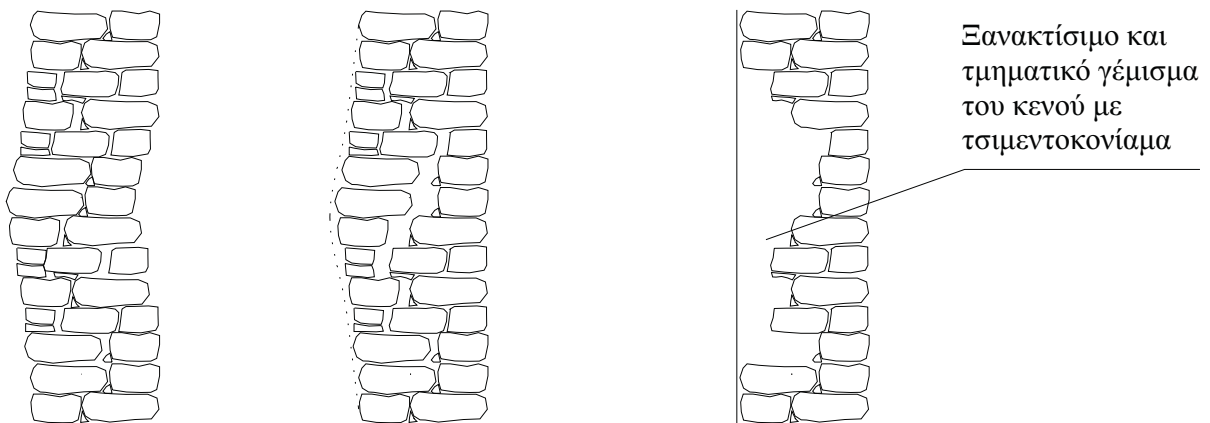
**Υλικά:** Για τις πιο πάνω εργασίες απαιτούνται:

- Ξύλινα ή μεταλλικά στοιχεία για την υποστήριξη της στέγης

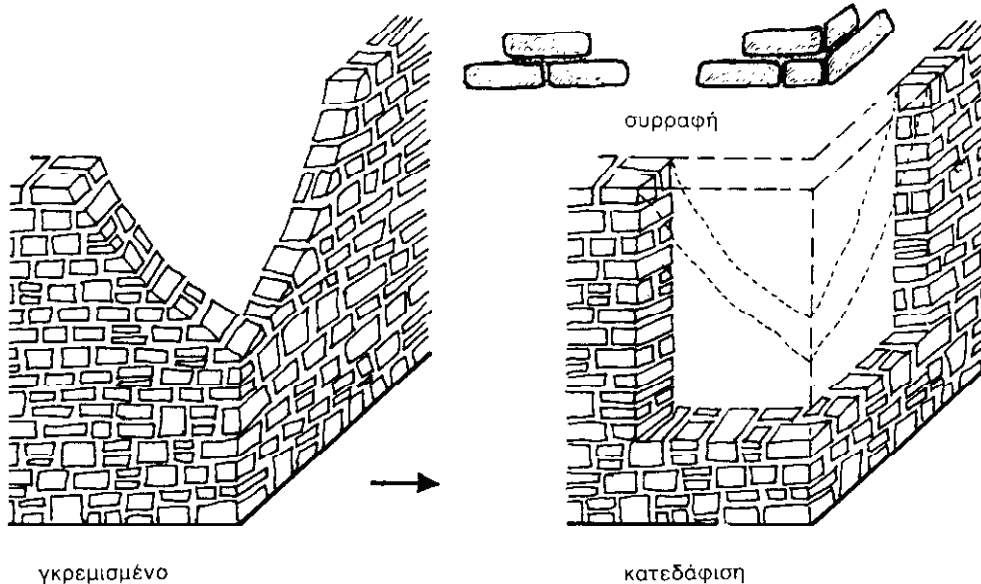
- Τσιμεντοκονιάματα
- Νέοι λίθοι
- Σκυρόδεμα και σπλισμοί για γωνιακό υποστύλωμα (Σχ. 6.5.10)

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Ανακτάται και εν μέρει αυξάνεται τοπικά η αντοχή της τοιχοποιίας στην ανακατασκευασμένη περιοχή.

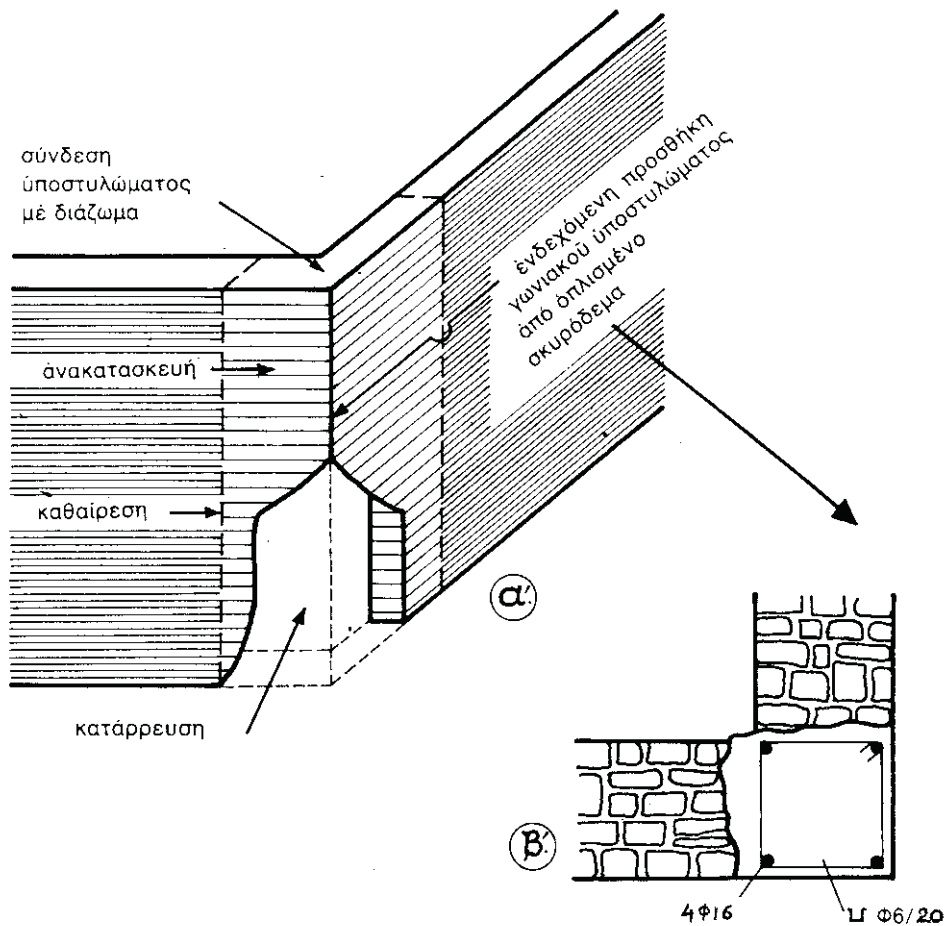
**Μειονεκτήματα:** Σχολαστική εργασία στη φάση υποστύλωσης της στέγης ή τμήματος της τοιχοποιίας προς αποφυγή περαιτέρω πρόκλησης βλαβών λόγω της καθαίρεσης τμήματος του τοίχου.



Σχήμα 6.5.8 “Καμπούριασμα” τοιχοποιίας [4], [6], [11]



Σχ. 6.5.9 Κατάρρευση άνω μέρους γωνίας [2], [4], [6], [10], [11]



Σχ. 6.5.10 Κατάρρευση κάτω μέρους γωνίας (ενδεικτική όπλιση) [2], [4], [6], [10], [11]

### 6.5.5 Συρραφή αποκολλημένων τοίχων

**Πότε εφαρμόζεται:** Στις περιπτώσεις όπου έχει δημιουργηθεί ρωγμή αποκόλλησης ή μερική κατάρρευση στη θέση ένωσης εξωτερικών (γωνιακών) ή εσωτερικών τοίχων, κάθετα μεταξύ τους.

Διακρίνονται τρεις περιπτώσεις αποκατάστασης των αποκολλημένων τοίχων:

- Λιθοσυρραφή (μέσα - έξω) (Σχ. 6.5.11)
- Προσθήκη ελκυστήρων (Σχ. 6.5.12)
- Ενσωμάτωση υποστύλωματος (η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στις περιπτώσεις καθαίρεσης και ανακατασκευής. Σχετική περιγραφή έγινε στην προηγούμενη παράγραφο)

#### - Λιθοσυρραφή

##### Στάδια υλοποίησης:

**Στάδιο 1:** Υποστύλωση της στέγης στην περιοχή συμβολής των τοίχων και μερική στήριξη των τοίχων αναλόγως του βαθμού βλάβης.

**Στάδιο 2:** Αφαίρεση “συζυγών” πλίνθων ή λίθων “1” και “2” ( Σχ. 6.5.11) και προσθήκη νέου κοινού στοιχείου “3” κολυμβητά με πλούσιο τσιμεντοκονίαμα (επανάληψη κάθε 70cm περίπου μέσα - έξω).

**Στάδιο 3:** Συμπλήρωση κενών ανάμεσα στους τοίχους με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα.

Πρόσθετα μπορούν να εφαρμοστούν και τα παρακάτω στάδια που αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα της τοιχοποιίας.

Στάδιο 4: Κάλυψη μέσα-έξω με κοτετσόσυρμα και επίχρισμα τσιμεντοκονιάς.

Στάδιο 5: Προσθήκη ή επισκευή διαζώματος.

Σημείωση: Εναλλακτικά μπορούν να διαταχθούν χαλύβδινες λάμες που περιβάλλονται από ισχυρό τσιμεντοκονίαμα, τοποθετούμενες ανάμεσα σε δύο στρώσεις πλίνθων. Οι λάμες αυτές μπορούν να λειτουργήσουν ως σπλισμός σύνδεσης γωνίας χωρίς ωστόσο να μπορούν να επαναφέρουν τους τοίχους στην αρχική τους θέση (Σχ. 6.5.13). Η μέθοδος αυτή είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε αργολιθοδομές στις οποίες δεν υπάρχουν σαφείς οριζόντιοι αρμοί κονιάματος. Στην περίπτωση αυτή οι λάμες μπορεί να αντικαθίστανται με ράβδους, μετά από τυφλή διάτρηση των λίθων. Η αγκύρωση των ράβδων γίνεται με τσιμεντένεμα ή κόλλα.

**Υλικά:** Για τις πιο πάνω εργασίες απαιτούνται:

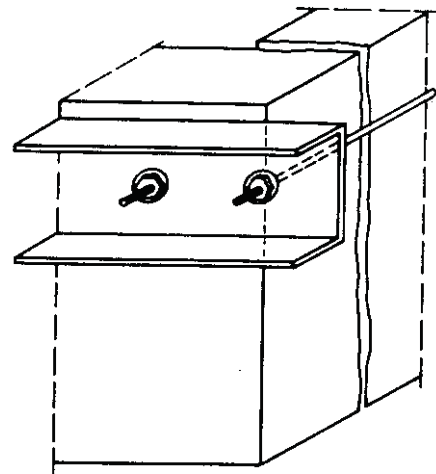
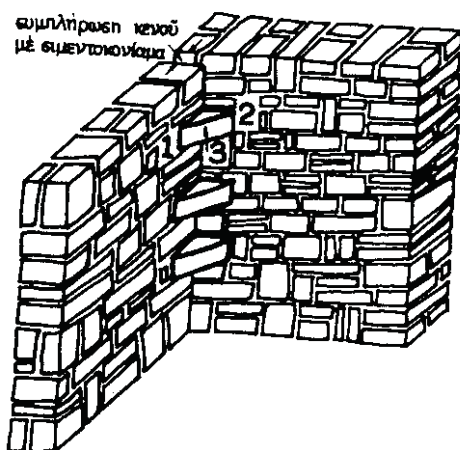
- Ξύλινα ή μεταλλικά στοιχεία για την υποστήριξη της στέγης
- Τσιμεντοκονιάματα
- Νέοι λίθοι μεγάλων διαστάσεων για τη συνένωση των δύο τοίχων

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Ανακτάται και εν μέρει αυξάνεται τοπικά η αντοχή της τοιχοποιίας στην ανακατασκευασμένη περιοχή.

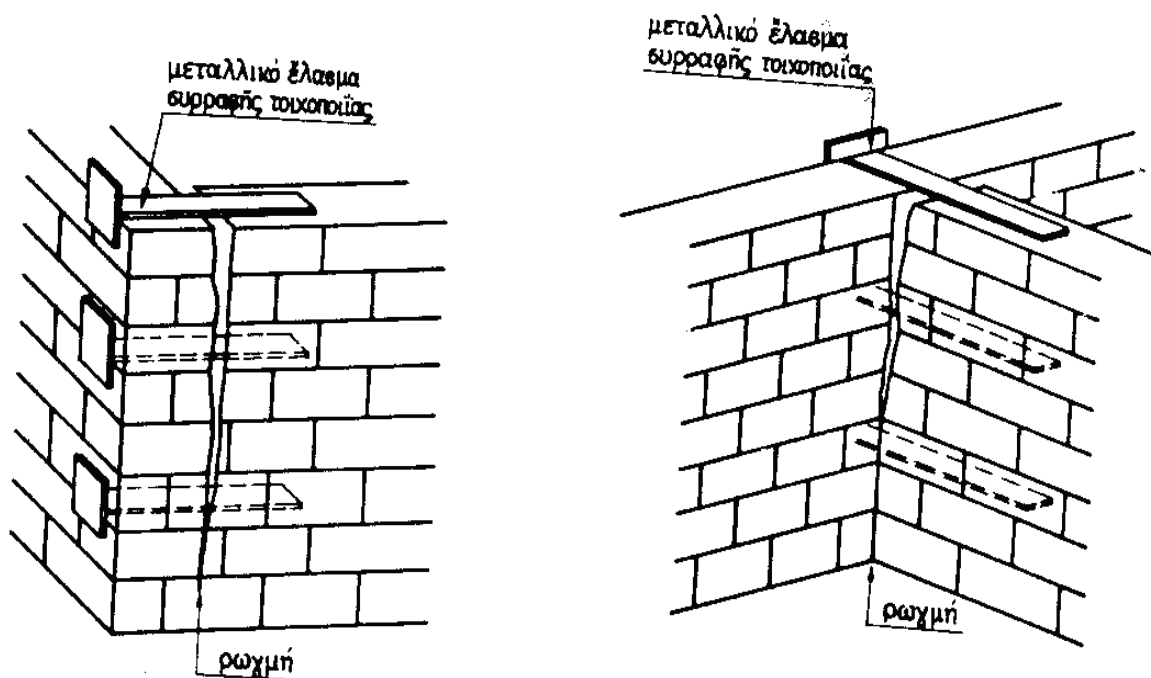
**Μειονεκτήματα:** Σχολαστική εργασία στη φάση υποστύλωσης της στέγης ή τμήματος της τοιχοποιίας προς αποφυγή περαιτέρω πρόκλησης βλαβών λόγω της καθαίρεσης λίθων από τους τοίχους ειδικά σε μια περιοχή με σχετική αποδιοργάνωση.

#### - Προσθήκη ελκυστήρων

Προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η επαρκής αντοχής της τοιχοποιίας στη θέση προσαρμογής των ελκυστήρων. Στη θέση αυτή προσάγονται οι δυνάμεις προέντασης, με επακόλουθο την ανάπτυξη υψηλών τοπικών τάσεων στην τοιχοποιία, για την οποία θα πρέπει να εξασφαλίζεται εκ των προτέρων επαρκής αντοχή και διάταξη διανομής των τάσεων αυτών σε μεγάλη επιφάνεια. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου αποτελεί επέμβαση “υψηλής τεχνολογικής στάθμης”. Για το λόγο αυτό η περιγραφή της μεθόδου γίνεται στο επόμενο.



Σχ. 6.5.11 Λιθοσυρραφή στη γωνία τοίχου [4], [6], [10], [11]      Σχ. 6.5.12 Διάταξη ελκυστήρων για τη σύνδεση αποκολλημένων τοίχων [4], [6], [10], [11]



Σχ. 6.5.13 Τοποθέτηση χαλύβδινων λαμών στις γωνίες [4], [6], [10], [11]

### 6.5.6 Επισκευή ή κατασκευή διαζωμάτων

**Πότε εφαρμόζεται:** Στις περιπτώσεις όπου επιδιώκεται καθολική αύξηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου, βελτίωση της διαφραγματικής λειτουργίας, ομοιόμορφη κατανομή φορτίων στέγης και παράλληλη βελτίωση ενδογενών προβλημάτων της κατασκευής, όπως προβλήματα γωνιών και διασταυρώσεων τοίχων, έδρασης και αγκύρωσης δαπέδων και στεγών κ.λ.π. Η επισκευή των υφιστάμενων διαζωμάτων γίνεται όπως στις δοκούς. Εδώ περιγράφεται ο τρόπος κατασκευής νέων διαζωμάτων. Εναλλακτικά, αναλόγως των τοπικών συνθηκών και κυρίως του τρόπου έδρασης της στέγης, μπορεί να επιλεγεί ένας από τους τέσσερις παρακάτω τύπους κατασκευής διαζώματος:

#### **Τύπος 1**

Για την κατασκευή αυτού του τύπου διαζώματος απαραίτητως θα πρέπει να υπάρχει συνεχής κενός διαθέσιμος χώρος μεταξύ της στέγης του τοίχου και του αμείβοντα της στέγης (σχήμα 6.5.14).

#### **Στάδια υλοποίησης:**

Στάδιο 1: Υποστύλωση της στέγης.

Στάδιο 2: Αφαίρεση τμήματος της επικάλυψης της στέγης στη θέση κατασκευής του διαζώματος.

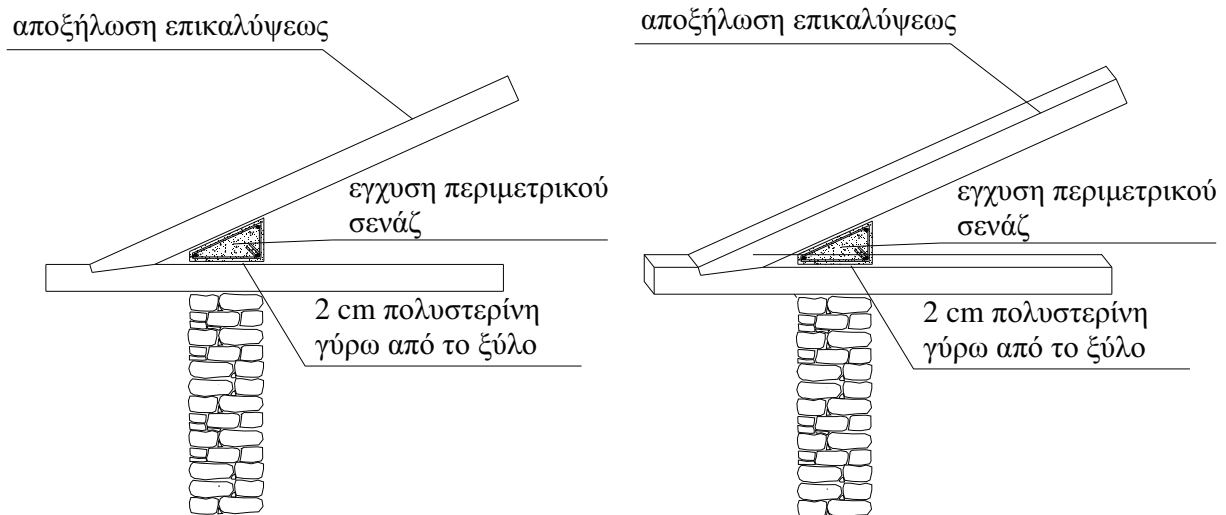
Στάδιο 3: Διάνοιξη οπών στο πάνω μέρος του τοίχου και εμφύτευση οπλισμών για την καλύτερη αγκύρωση - σύνδεση του διαζώματος με τον τοίχο.

Στάδιο 4: Προστασία των πελμάτων των ζευκτών με διογκωμένη πολυστερίνη (πάχους 2cm) για προστασία από την υγρασία.

Στάδιο 5: Κατασκευή του καλουπιού του διαζώματος, τοποθέτηση οπλισμών (min 4Φ16 και Φ6/20) και χύτευση σκυροδέματος.

Στάδιο 6: Αφαίρεση καλουπιού και πολυστερίνης επικάλυψης των πελμάτων για κυκλοφορία του αέρα και απομάκρυνση υγρασίας.

Στάδιο 7: Επαναφορά της στέγης στην αρχική της κατάσταση.



Σχ. 6.5.14 Τύπος 1 διαζώματος κτιρίου από τοιχοποιία [4], [6], [10], [11]

## Τύπος 2

Για την κατασκευή αυτού του τύπου διαζώματος απαραίτητως θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ανάσυρσης ή υποστύλωσης της στέγης (σχήμα 6.5.15). Επιπλέον, σ' αυτή την περίπτωση θα πρέπει να εξετασθεί αν η κατασκευή του διαζώματος θα γίνει και στους εσωτερικούς τοίχους. Επίσης θα πρέπει να εξετασθεί αν λόγω της κατασκευής του διαζώματος επιτρέπεται η ανύψωση της στέγης (παράλληλη μετάθεση καθ' ύψος), πάνω από τη στάθμη της στέγης του διαζώματος, ή αν θα διατηρηθεί το αρχικό ύψος της κατασκευής σταθερό. Στην περίπτωση διατήρησης του αρχικού ύψους της κατασκευής, θα πρέπει να αφαιρεθούν λίθοι από το πάνω μέρος των τοίχων σε ύψος ίσο με το ύψος του διαζώματος. Παρόμοια ενέργεια θα πρέπει να γίνει και στην περίπτωση που η κατασκευή του διαζώματος θα γίνει μόνο στους εξωτερικούς τοίχους έτσι ώστε να παραμείνει αναλλοίωτη η γεωμετρία της στέγης.

## Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Υποστύλωση της στέγης

Στάδιο 2: Αφαίρεση τμήματος της επικάλυψης της στέγης στη θέση κατασκευής του διαζώματος.

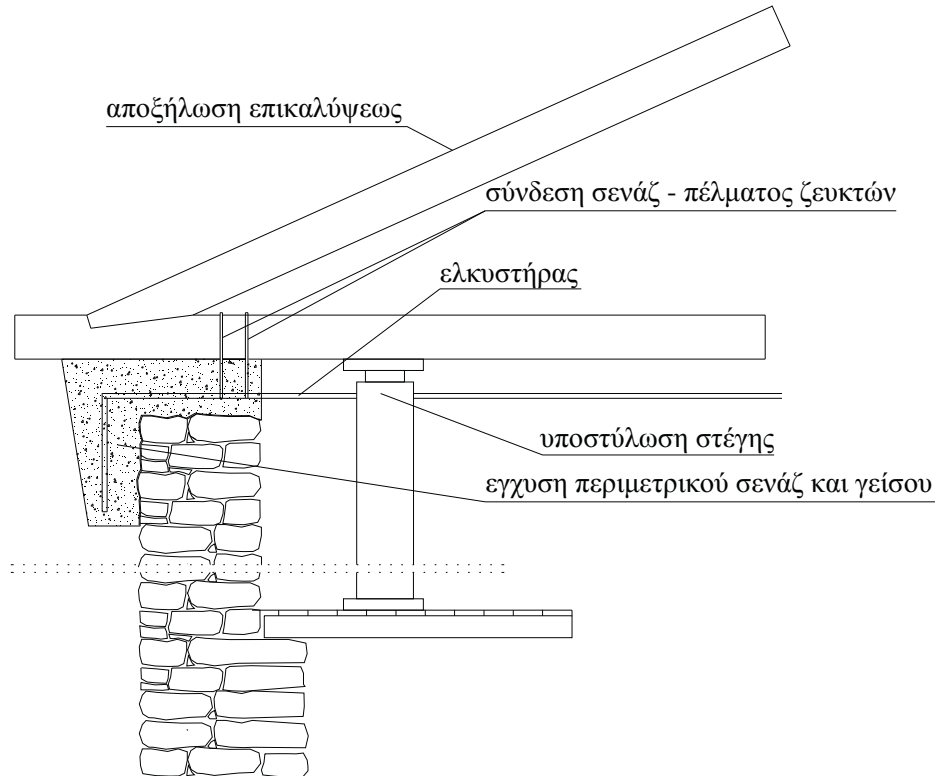
Στάδιο 3: Διάνοιξη οπών στο πάνω μέρος του τοίχου και εμφύτευση οπλισμών για την καλύτερη αγκύρωση - σύνδεση του διαζώματος με τον τοίχο.

Στάδιο 4: Προστασία των πελμάτων των ζευκτών με ειδικά μονωτικά υλικά κυρίως από τη συγκέντρωση υγρασίας.

Στάδιο 5: Κατασκευή του καλουπιού του διαζώματος. Στην περίπτωση αυτή είναι επιθυμητή η κατασκευή γείσου που κρεμάει προς τα κάτω και περιβάλλει τμήμα της παρειάς όψεως σε ύψος 15 - 20cm. Τοποθέτηση οπλισμών (min 4Φ16 και Φ6/20) και χύτευση σκυροδέματος.

Στάδιο 6: Αφαίρεση καλουπιού και πολυστερίνης επικάλυψης των πελμάτων για κυκλοφορία του αέρα και απομάκρυνση υγρασίας.

Στάδιο 7: Επαναφορά της στέγης στην αρχική της κατάσταση.



Σχ. 6.5.15 Τύπος 2 διαζώματος κτιρίου από τοιχοποιία [4], [11]

### Τύπος 3

Ο τύπος αυτού του διαζώματος κατασκευάζεται στην περίπτωση που είναι αδύνατη ή ασύμφορη η κατασκευή των δύο προηγούμενων τύπων. Ουσιαστικά συνίσταται στη μερική υποστύλωση της στέγης και την τμηματική κατασκευή του διαζώματος (σχήμα 6.5.16).

#### Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Επιλογή της σειράς των θέσεων στις οποίες θα γίνεται τμηματική επέμβαση ώστε να αποφευχθούν καταστάσεις αστάθειας είτε των τοίχων είτε των θέσεων έδρασης της στέγης.

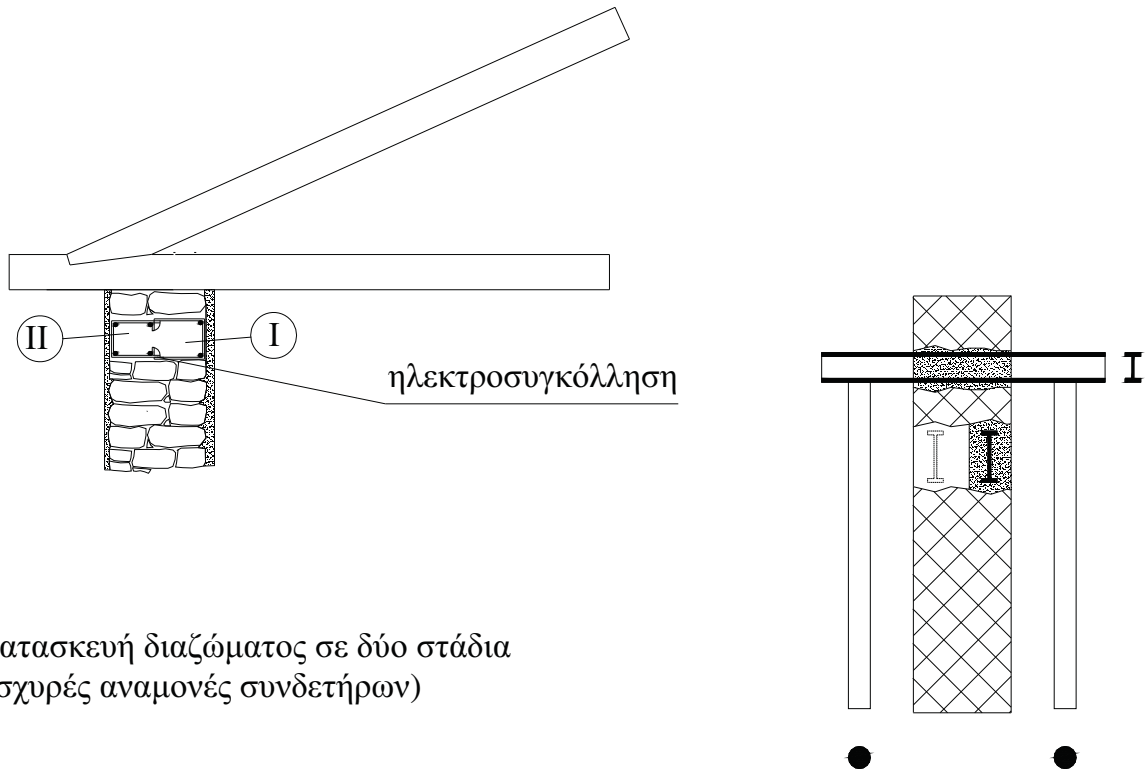
Στάδιο 2: Υποστύλωση της στέγης και των τοίχων, αν επιβάλλεται, στις θέσεις επέμβασης.

Στάδιο 3: Διάνοξη αυλακιού στην μια πλευρά του τοίχου και σε πάχος ίσο με το μισό περίπου του πάχους τους τοίχου.

Στάδιο 4: Εναλλακτικά, η κατασκευή του διαζώματος μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση είτε μεταλλικού διπλού ταν είτε με οπλισμένο σκυρόδεμα (Σχ. 6.5.16). Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να αφήνονται ισχυρές αναμονές για τη σύνδεση του ενός τμήματος του διαζώματος με το υπόλοιπο μισό.

Στάδιο 5: Κατασκευή του υπόλοιπου μισού διαζώματος.

Στάδιο 6: Τοποθέτηση ισχυρής τσιμεντοκονίας για συμπλήρωση των κενών που τυχόν έχουν μείνει μεταξύ διαζώματος και τοίχου.



Κατασκευή διαζώματος σε δύο στάδια  
(ισχυρές αναμονές συνδετήρων)

Σχ. 6.5.16 Τύπος 3 διαζώματος κτιρίου από τοιχοποιία [4], [6], [11]

#### Τύπος 4

Ο τύπος αυτού του διαζώματος (σχήμα 6.5.17) κατασκευάζεται στην περίπτωση που είναι αδύνατη η κατασκευή των προηγούμενων τύπων, δηλαδή είτε είναι αδύνατη η ανάσχυση της στέγης είτε δεν υπάρχει επαρκής συνεχής χώρος μεταξύ της στέγης και του άνω τμήματος του τοίχου είτε καθίσταται ιδιαίτερα επικίνδυνη η διάνοιξη αυλακιού στο πάνω μέρος του τοίχου. Επιπλέον, η επιλογή αυτού του τύπου διαζώματος κρίνεται και από οικονομικές παραμέτρους ακόμα και στην περίπτωση δυνατότητας εφαρμογής των προηγούμενων λύσεων. Ο τύπος αυτού του διαζώματος ουσιαστικά συνίσταται στην επικάλυψη του άνω τμήματος του τοίχου, τόσο στις δύο πλευρές όσο και στην άνω παρειά, με οπλισμένο σκυρόδεμα. Επιπλέον, ο τύπος αυτός μπορεί να εφαρμοστεί και σε χαμηλότερες στάθμες, όπως στο ύψος των υπερθύρων ή στις ποδιές των παραθύρων.

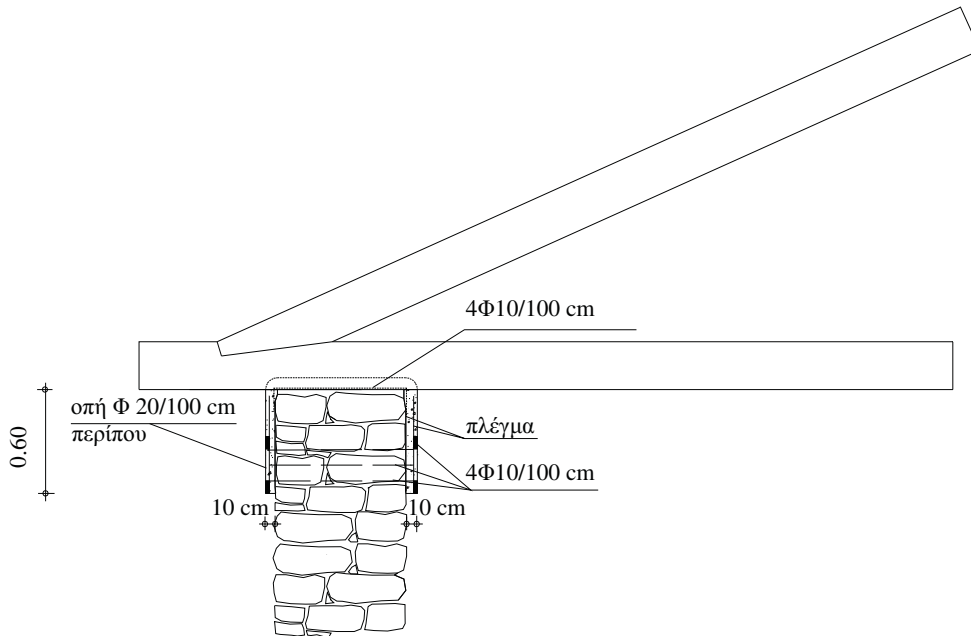
**Υλικά:** Για τις πιο πάνω εργασίες απαιτούνται:

- Ξύλινα ή μεταλλικά στοιχεία για την υποστήριξη της στέγης και των τοίχων σε περίπτωση αφαίρεσης λίθων
- Μεταλλικές δοκοί σε περίπτωση δημιουργίας διαζωμάτων με τέτοιες δοκούς
- Οι απαραίτητοι οπλισμοί και καλούπια
- Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής
- Τσιμεντοκονιάματα υψηλής αντοχής

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Βελτιώνεται γενικώς και σε σχετικά υψηλό βαθμό η συμπεριφορά της κατασκευής έναντι σεισμικών φορτίσεων.

**Μειονεκτήματα:** Σχολαστική εργασία στη φάση υποστύλωσης της στέγης ή τμήματος της τοιχοποιίας προς αποφυγή περαιτέρω πρόκλησης βλαβών λόγω της καθαίρεσης λίθων από τους τοίχους. Γενικώς, η κατασκευή διαζωμάτων προϋποθέτει εκτενείς εργασίες.





Σχ. 6.5.17 Τύπος 4 διαζώματος κτιρίου από τοιχοποιία [6], [10], [11]

### 6.5.7 Επισκευή ή κατασκευή υπερθύρων (πρέκια)

**Πότε εφαρμόζεται:** Στις περιπτώσεις όπου έχουν επισημανθεί σημαντικές βλάβες στις θέσεις των ανοιγμάτων και εκτιμάται ότι η πρόκληση αυτών των βλαβών οφείλεται στη σχετική αδυναμία του υφιστάμενου συστήματος. Η επισκευή των υπερθύρων από οπλισμένο σκυρόδεμα γίνεται όπως στις δοκούς. Εδώ περιγράφεται ο τρόπος κατασκευής νέων υπερθύρων. Υπογραμμίζεται ότι σε περίπτωση ύπαρξης βλαβών σε υφιστάμενα υπέρθυρα, η επισκευή των βλαβών αυτών προηγείται άλλων επεμβάσεων.

#### Στάδια υλοποίησης:

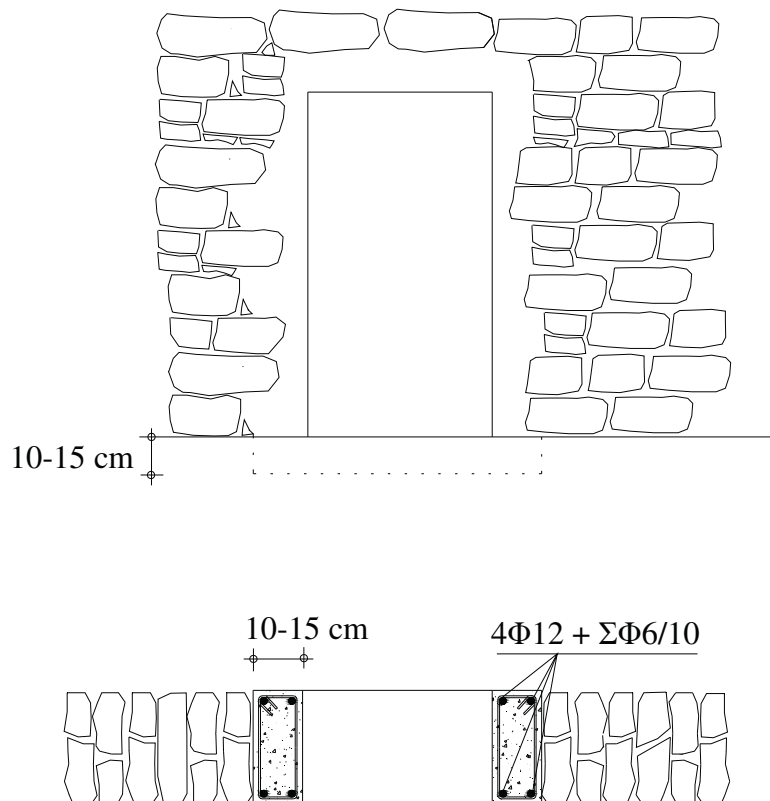
Στάδιο 1: Υποστύλωση της στέγης.

Στάδιο 2: Αφαίρεση του τμήματος του τοίχου πάνω από το υπέρθυρο αν παρουσιάζει εκτενείς βλάβες. Εναλλακτικά, και σε περίπτωση μη εκτενών βλαβών, μπορεί να γίνει κατάλληλη υποστήριξη και τμηματική κατασκευή ή επισκευή του πρεκιού.

Στάδιο 3: Κατασκευή του πρεκιού (καλούπωμα, τοποθέτηση οπλισμών, διαμήκεις min 4Φ12, και συνδετήρες Φ6/15, χύτευση σκυροδέματος), αφήνοντας ενδεχομένως αναμονές για τη σύνδεσή του με άλλα στοιχεία ενίσχυσης της τοιχοποιίας, όπως π.χ. μανδύες κ.λ.π. Συμπλήρωση κενών μεταξύ πρεκιού και τοιχοποιίας με ισχυρή τσιμεντοκονία.

Στάδιο 4: Ανακατασκευή τοιχοποιίας.

Στάδιο 5: Εναλλακτικά, σε περίπτωση ύπαρξης εκτενών βλαβών σε ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα), μπορούν να κατασκευαστούν τοπικά πλαίσια ενίσχυσης των τοίχων. Στην περίπτωση πόρτας σε ισόγειο, το πλαίσιο αυτό καταλαμβάνει και τμήμα κάτω από το δάπεδο (Σχ. 6.5.18).



Σχ. 6.5.18 Πλαίσιο ενίσχυσης κουφωμάτων [4]

**Υλικά:** Για τις πιο πάνω εργασίες απαιτούνται:

- Εύλινα ή μεταλλικά στοιχεία για την υποστήριξη της στέγης και των τοίχων σε περίπτωση αφαίρεσης λίθων
- Οι απαραίτητοι οπλισμοί και καλούπια
- Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής
- Τσιμεντοκονιάματα υψηλής αντοχής

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Βελτιώνεται γενικώς και σε σχετικά υψηλό βαθμό η συμπεριφορά του τμήματος της κατασκευής στις θέσεις των ανοιγμάτων έναντι σεισμικών φορτίσεων λόγω περιορισμού των παραμορφώσεων στις θέσεις αυτές.

**Μειονεκτήματα:** Σχολαστική εργασία στη φάση υποστύλωσης της στέγης ή τμήματος της τοιχοποιίας προς αποφυγή περαιτέρω πρόκλησης βλαβών λόγω της καθαίρεσης λίθων από τα υπέρθυρα μέχρι τη στέγη. Γενικώς, η κατασκευή πρεκιών προϋποθέτει εκτενείς εργασίες οι οποίες θα πρέπει να εκτελούνται με σχολαστικότητα.

### 6.5.8 Ενίσχυση τοιχοποιίας με μανδύες

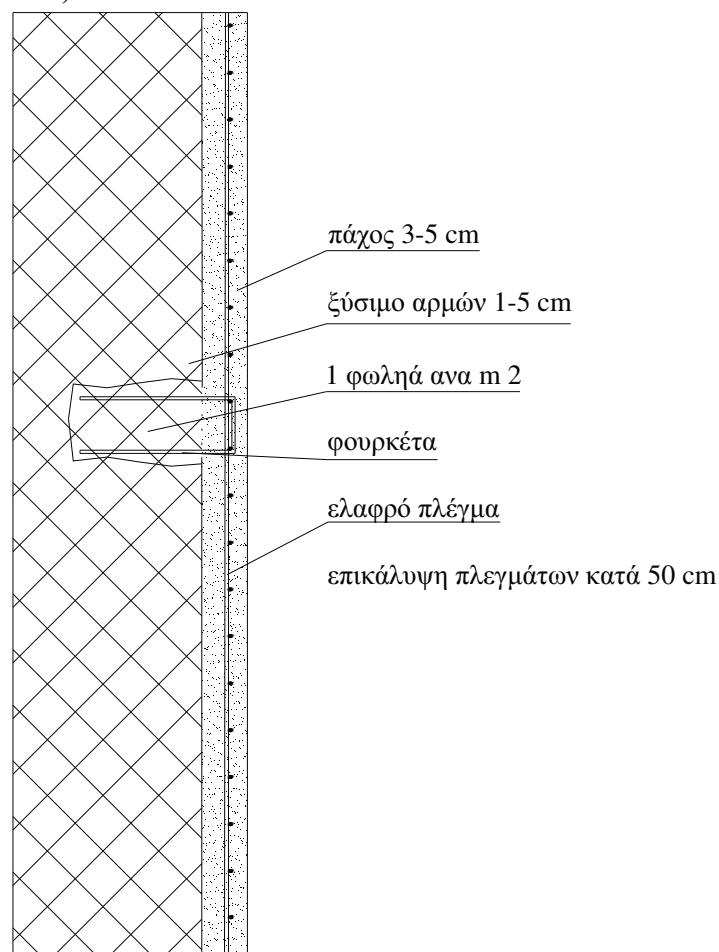
**Πότε εφαρμόζεται:** Σε περίπτωση εκτεταμένων ζημιών στους τοίχους, όπου κρίνεται απαραίτητη η καθολική επέμβαση επισκευής - ενίσχυσής τους. Διακρίνονται σε μονόπλευρους και αμφίπλευρους μανδύες. Γενικώς οι αμφίπλευροι κρίνονται ως καλύτεροι λόγω της συμμετρίας της διατομής τους. Οι μονόπλευροι μανδύες συνήθως εφαρμόζονται όταν υπάρχουν περιορισμοί ή πρακτικές δυσκολίες κατασκευής μανδύων και στις δύο πλευρές, όπως π.χ. έλλειψη δυνατότητας εκτέλεσης εργασιών στους εσωτερικούς χώρους ή διατήρηση των εξωτερικών όψεων της τοιχοποιίας για αρχιτεκτονικούς ή αισθητικούς

λόγους. Η πιο απλή μορφή μανδύα είναι αυτή με ελαφρά όπλιση. Διακρίνονται τρεις τύποι μανδύα:

- **Ελαφρά οπλισμένοι μανδύες** (όπλιση με ελαφρό πλέγμα, κατασκευή μανδύα με διαδοχικές επιχρίσεις τσιμεντοκονιάματος κατά προτίμηση με εκτόξευση, συνολικού πάχους 3-5cm) (Σχ. 6.5.19).

- **Μονόπλευροι μανδύες** (ελάχιστος οπλισμός σχάρας Φ8/25, κατασκευή πεδίου στη βάση του μανδύα, ελάχιστο πάχος μανδύα 10cm, χρήση εκτοξευόμενου σε αλληπάλληλες στρώσεις ή επιτόπου χυτού σκυροδέματος) (Σχ. 6.5.20).

- **Αμφίπλευροι μανδύες** (ελάχιστος οπλισμός σχάρας Φ8/25, ελάχιστο πάχος μανδύα 5cm, χρήση εκτοξευόμενου τσιμεντοκονιάματος (400Kg/m<sup>3</sup>) ανά στρώσεις, σύνδεση δύο πλευρών μανδύα ανά 4m<sup>2</sup> τοίχου με δοκαράκια 20X20cm που φέρουν οπλισμούς 4Φ8 και συνδετήρες Φ6/10) (Σχ. 6.5.21).



Σχ. 6.5.19 Ελαφρά οπλισμένος μανδύας [2]

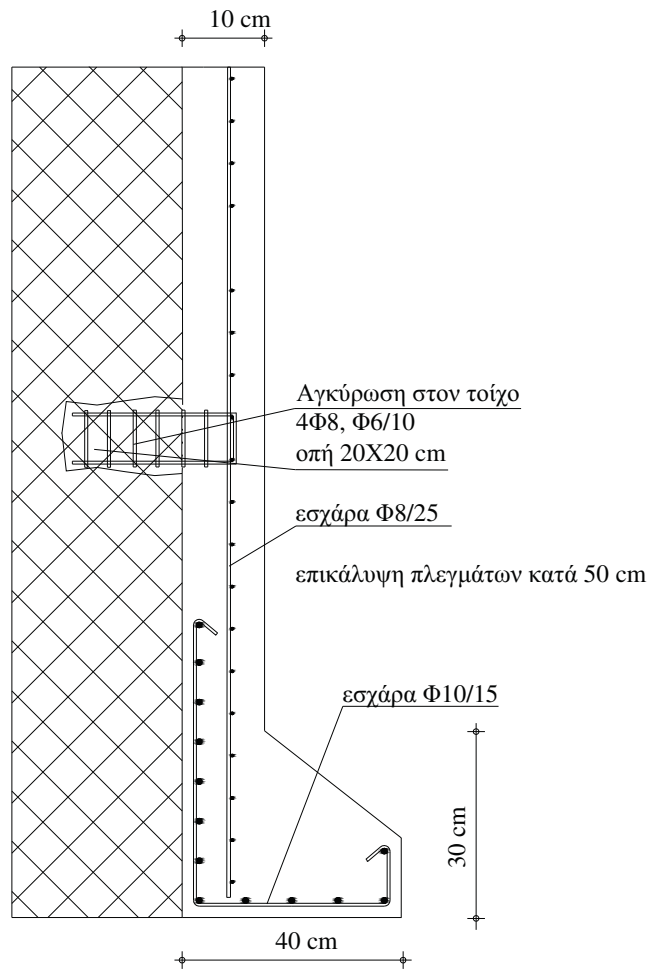
#### **Στάδια υλοποίησης:**

Στάδιο 1: Καθαίρεση όλων των επιχρισμάτων

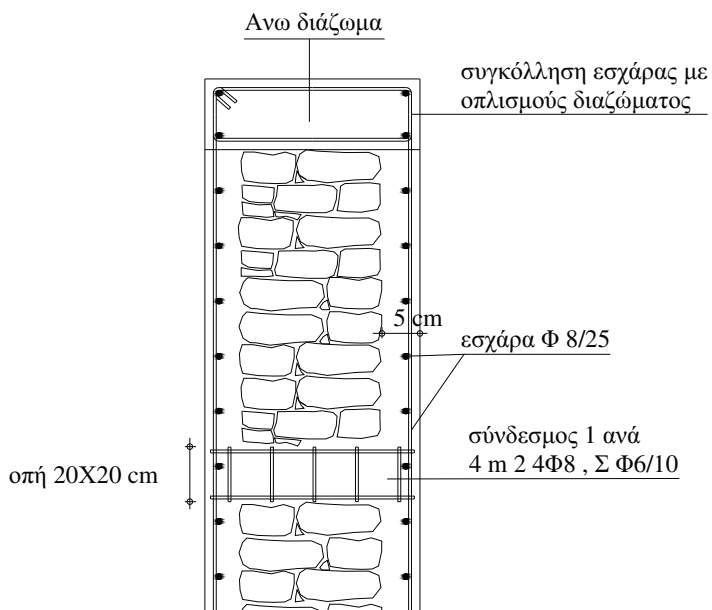
Στάδιο 2: Αφαίρεση του κονιάματος σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο βάθος, άνοιγμα φωλιών για αγκύρωση του μανδύα.

Στάδιο 3: Διαμόρφωση αυλακιών ή οπών για σύνδεση του μανδύα με άλλα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος (π.χ. θεμελίωση, συνέχεια στον άνω όροφο (Σχ. 6.5.22), πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα κ.λ.π.).

Στάδιο 4: Πλύσιμο με νερό υπό πίεση.



Σχ. 6.5.20 Μονόπλευρος μανδύας [2]



Σχ. 6.5.21 Αμφίπλευρος μανδύας [2]

Στάδιο 5: Τοποθέτηση οπλισμού και αγκύρωσή του μέσα στην τοιχοποιία.

Στάδιο 6: Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ανά στρώσεις ή χυτού σκυροδέματος.

Στάδιο 7: Διαμόρφωση τελικής όψης μανδύα.

Σημείωση: Στις περιπτώσεις τοίχων μεγάλου μήκους διαμορφώνονται τοπικές ενισχύσεις (Σχ. 6.5.23).

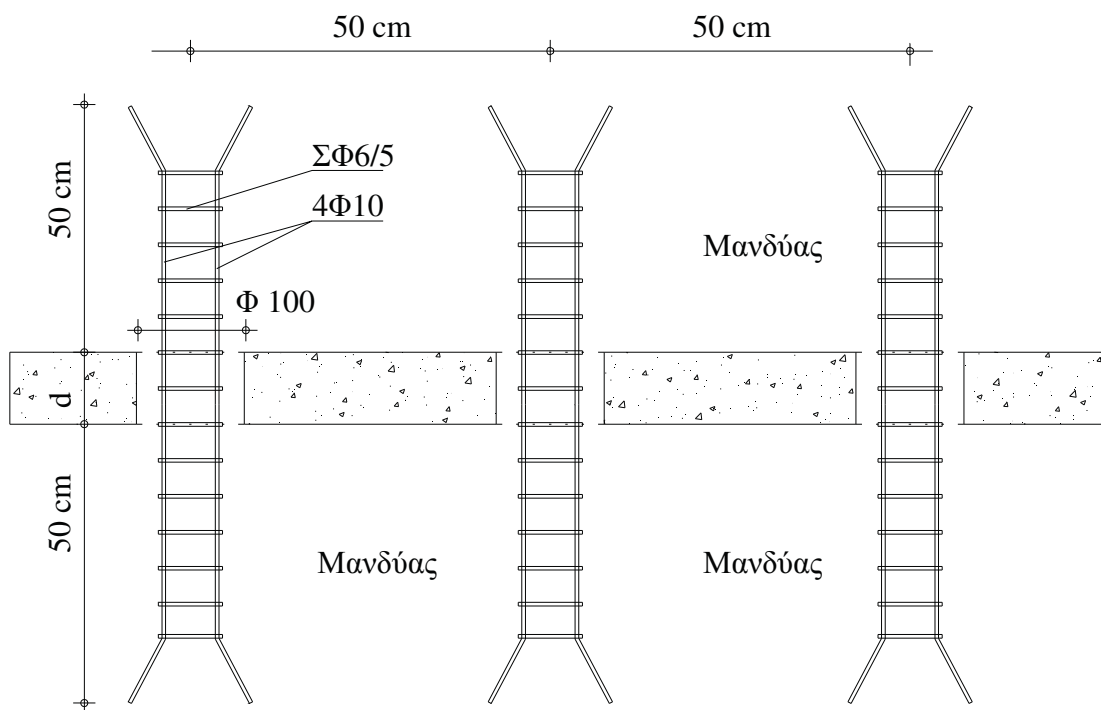
#### Υλικά:

- Σχετικός εξοπλισμός για καθαίρεση επιχρισμάτων
- Τρυπάνι για διάνοιξη φωλιών
- Πλέγματα
- Αναμικτήρας και αντλία εκτόξευσης σκυροδέματος

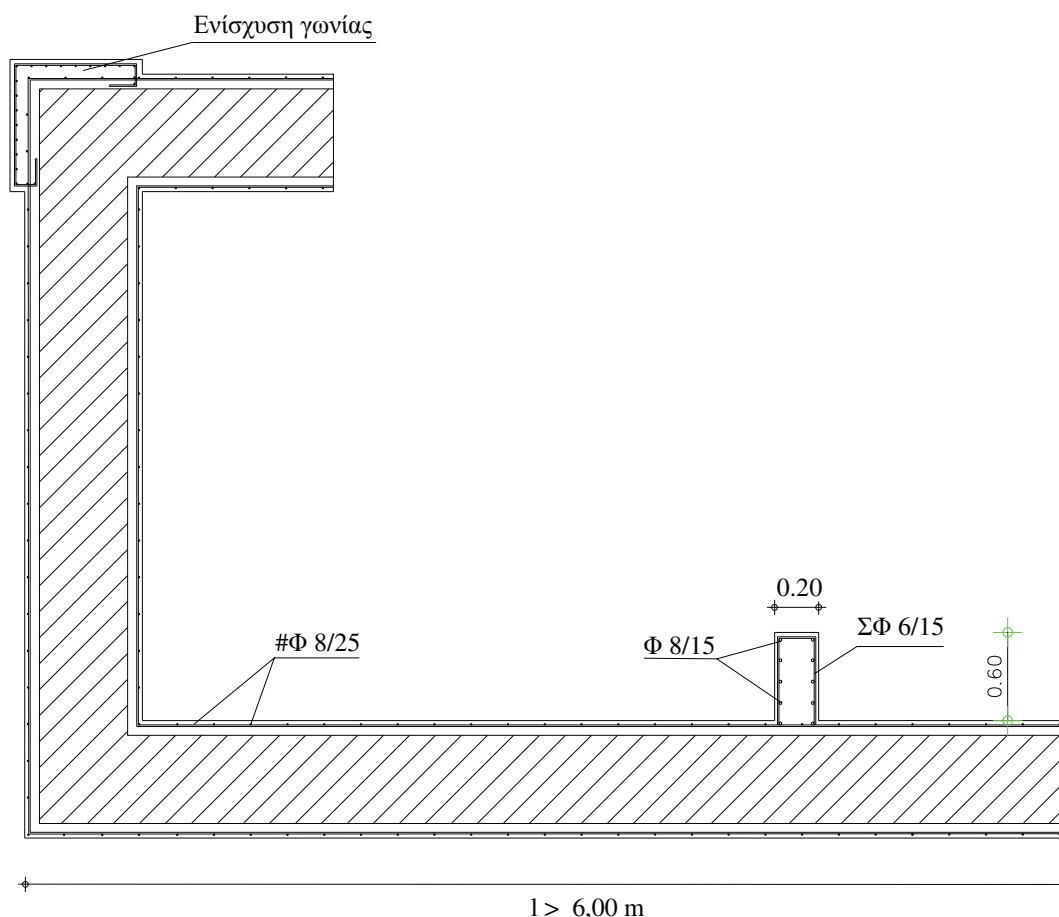
**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Γενικώς, με τους μανδύες αυξάνονται σημαντικά η θλιπτική, εφελκυστική και διατμητική αντοχής της τοιχοποιίας. Όταν οι μανδύες εκτείνονται σε όλη την κατασκευή, προσδίδεται σε μεγάλο βαθμό μονολιθικότητα στην κατασκευή, γεγονός που βελτιώνει τη σεισμική της συμπεριφορά και συμβάλλει στην καλύτερη κατανομή της έντασης.

**Μειονεκτήματα:** Εκτεταμένες εργασίες υψηλού κόστους, αλλοίωση όψεων τοιχοποιίας, πιθανά προβλήματα από εγκλωβισμό υγρασίας πίσω από τους μανδύες. Για την απομάκρυνση της υγρασίας θα πρέπει να λαμβάνεται ειδική πρόνοια.

**Αναδιαστασιολόγηση:** Η αναδιαστασιολόγηση των μανδυών γίνεται όπως και στα οπλισμένα επιχρίσματα, δηλαδή η εκτίμηση της αντοχής βασίζεται σε λύση οριακού φορτίου. Προτείνεται η ίδια σχέση.



Σχ. 6.5.22 Συνέχεια μανδύα από όροφο σε όροφο [4], [6], [10], [11]



Σχ. 6.5.23 Τοπικές ενισχύσεις μανδύα στην περίπτωση τοίχων μεγάλου μήκους [4], [6], [10], [11]

## 6.6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

### 6.6.1 Ενέσεις σε ρωγμές

**Πότε εφαρμόζεται:** Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το άνοιγμα των ρωγμών της τοιχοποιίας δεν υπερβαίνει τα 10mm. Σε αντίθεση με το βαθύ αρμολόγημα (βλέπε τεχνικές επεμβάσεων μέσης στάθμης) το οποίο συνιστάται για μικρού πάχους τοιχοποιία ( $t < 300-400\text{mm}$ ), η τεχνική αυτή συνιστάται και για τοιχοποιίες μεγαλύτερου πάχους [11].

#### Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Καθαίρεση του επιχρίσματος σε μεγάλο πλάτος γύρω από τις ρωγμές.

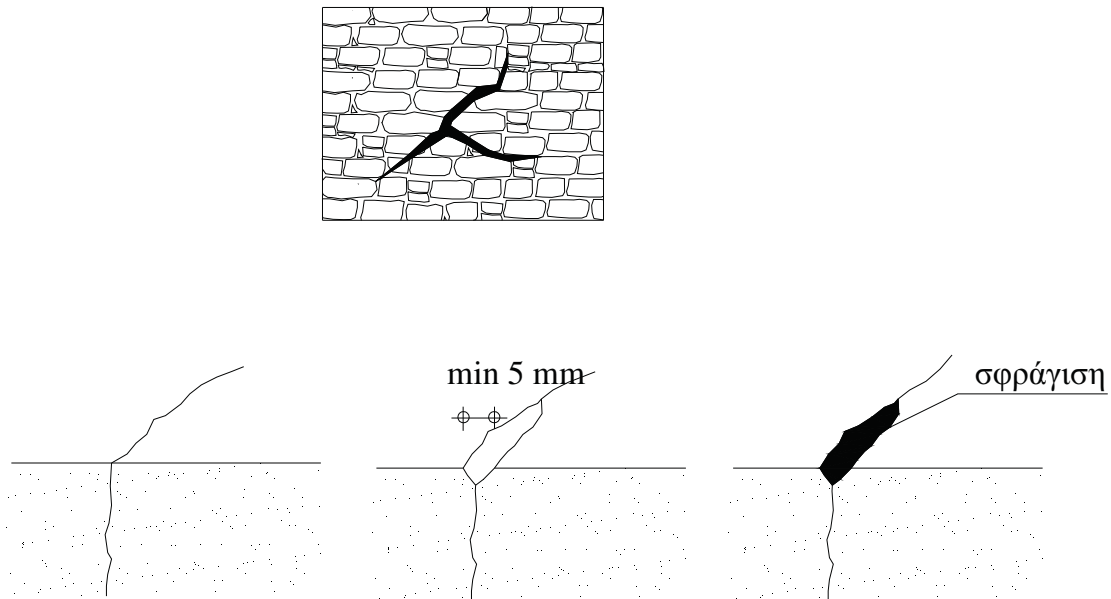
Στάδιο 2: Διεύρυνση της ρωγμής στην επιφάνεια της τοιχοποιίας (Σχ. 6.6.1).

Στάδιο 3: Διάνοιξη οπών κατά το πάχος του τοίχου, ανά αποστάσεις κατά μήκος της ρωγμής (η διάμετρος, οι αποστάσεις και το βάθος αυτών των οπών εξαρτώνται από το εύρος της ρωγμής και από το πάχος της τοιχοποιίας, καθώς και από το εάν οι ενέσεις πρόκειται να γίνουν μόνον από την μια όψη του τοίχου ή και από τις δύο).

Στάδιο 4: Καθάρισμα της ρωγμής στο εσωτερικό της τοιχοποιίας, με εισαγωγή ύδατος υπό πίεση.

Στάδιο 5: Τοποθέτηση πλαστικών σωληνίσκων μέσα στις διανοιγείς οπές.

**Στάδιο 6:** Σφράγιση της εξωτερικής επιφάνειας της ρωγμής με τσιμεντοκονίαμα ή με γύψο (συνιστάται να γίνεται η σφράγιση των ρωγμών περίπου δύο ημέρες προ της εφαρμογής του ενέματος, κατά τις οποίες η επιφάνεια της τοιχοποιίας στην οποία θα εφαρμοστούν τα ενέματα πρέπει να διατηρείται υγρή) (Σχ. 6.6.1).



Σχ. 6.6.1 Προετοιμασία της τοιχοποιίας για την εφαρμογή ενέματος [2], [4], [11]

**Στάδιο 7:** Προετοιμασία του ενέματος. Τα υλικά του ενέματος τοποθετούνται στον αναμκτήρα και αναμιγνύονται με μεγάλη ταχύτητα για περιορισμένη διάρκεια προς αποφυγή πρόωρης σκλήρυνσης του μίγματος. Ακολούθως το ένεμα μεταγγίζεται σε άλλο αναμκτήρα μικρής ταχύτητας απ' όπου και αντλείται για την εισαγωγή του στην τοιχοποιία. Η αργή ανάμιξη συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η απόμιξη.

**Στάδιο 8:** Εφαρμογή του ενέματος. Οι ενέσεις εφαρμόζονται από κάτω προς τα πάνω. Η πίεση στο ακροφύσιο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.1MPa, προς αποφυγή του κινδύνου βλάβης στην τοιχοποιία λόγω υπερβολικής εσωτερικής πίεσης. Η εφαρμογή του ενέματος διακόπτεται κάθε φορά που εμφανίζεται ένεμα στον αμέσως υπερκείμενο σωληνίσκο. Στην περίπτωση που το ένεμα αντλείται, απαιτείται ταυτόχρονη μείωση της πίεσης στην αντλία. Απομακρύνεται το ακροφύσιο και φράσσεται ο σωληνίσκος εισαγωγής του ενέματος. Μετά από διακοπή 10-20 λεπτών η διαδικασία επαναλαμβάνεται στην επόμενη ανώτερη στάθμη ή (εάν υπάρχουν πολλά σημεία εισαγωγής στην ίδια στάθμη) στο επόμενο σημείο εισόδου κατά μήκος του τοίχου, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η πλήρωση και φραγούν όλοι οι σωληνίσκοι. Όταν η τσιμεντένεση προχωρεί κατακορύφως, είναι σημαντικό να αποφεύγεται η ανάπτυξη μεγάλης υδροστατικής πίεσης στο ένεμα που έχει ήδη εισαχθεί. Γι' αυτό το λόγο, το μέγιστο ύψος στο οποίο εφαρμόζονται ενέματα δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα μέτρο ανά ημέρα.

**Στάδιο 9:** Τελικό επίχρισμα ή διάταξη κοτετσοσύρματος και τελικό επίχρισμα.

#### **Υλικά - Εξοπλισμός:**

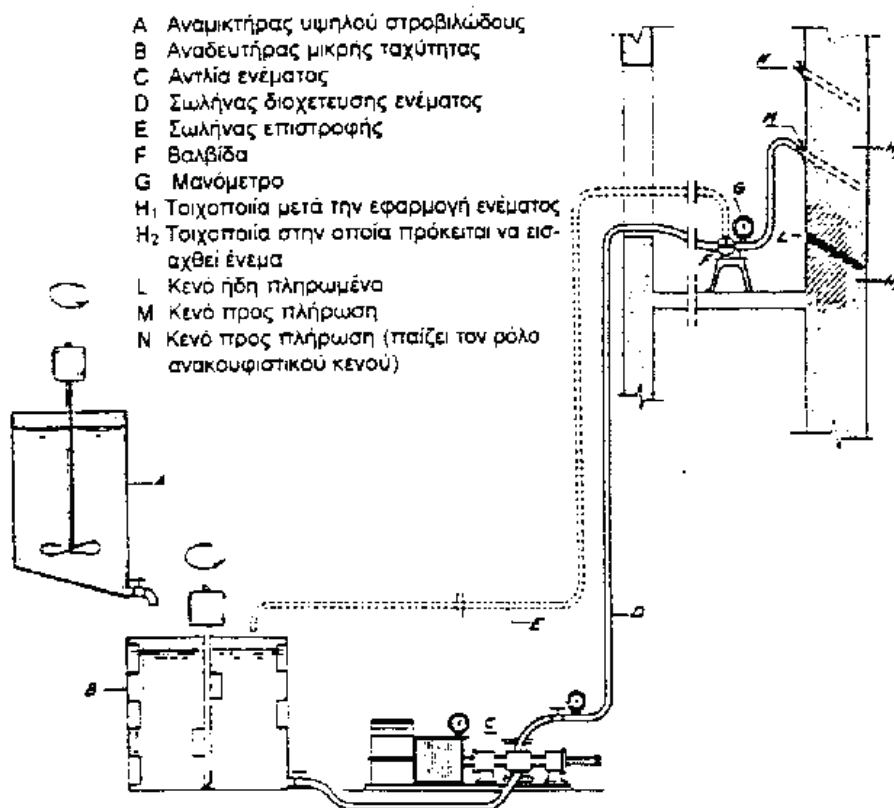
- Αναμκτήρας υψηλού στροβιλώδους (Σχ. 6.6.2)
- Αντλία εμβολοφόρος (συνήθως χειροκίνητη)
- Τρυπάνι για διάνοιξη οπών
- Πλαστικοί σωληνίσκοι

- Ενέματα, τα οποία γενικώς είναι δύο κατηγοριών: τα ενέματα με βάση το τσιμέντο (τσιμεντενέματα) και τα ενέματα με βάση τις ρητίνες (ρητινενέματα)

Τσιμεντενέματα: τα τσιμεντενέματα είναι κονιάματα συντιθέμενα από:

- Τσιμέντο
- Νερό
- Ασβέστη (για τη βελτίωση της ενεσιμότητας)
- Λεπτόκοκκα υλικά (τα οποία καθιστούν το ένεμα σταθερό και τα οποία είναι είτε φυσικές πουζολάνες είτε τεχνητές, όπως π.χ. πυριτιακή παιπάλη (silica fume))
- Υπερρευστοποιητή
- Πρόσθετα (για τη μείωση της συστολής ξήρανσης)
- Άμμο (στην περίπτωση ρωγμών με μεγάλο άνοιγμα)

Σημείωση: Τα τσιμεντενέματα τα οποία περιέχουν ασβέστη παρουσιάζουν βελτιωμένη ενεσιμότητα, αλλά η σκληρυνσή τους αργεί πολύ, ενώ παρουσιάζουν και σημαντική συστολή ξήρανσης (έτσι επηρεάζεται δυσμενώς η συνάφεια μεταξύ των επιφανειών της ρωγμής και του ενέματος). Τα τσιμεντενέματα χωρίς ασβέστη σκληρύνονται πολύ γρήγορα (ιδίως στην περίπτωση κατά την οποία το νερό που δεν είναι αναγκαίο για την δημιουργία του πήγματος απορροφάται από την τοιχοποιία). Πρόκειται για ιδιότητα πολύ σημαντική τόσο διότι αυξάνει την ταχύτητα με την οποία μπορεί να εφαρμόζεται η μέθοδος, αλλά και διότι η ταχεία τοπική αύξηση αντοχής της τοιχοποιίας επιτρέπει την ταχεία και ασφαλή εφαρμογή των άλλων μεθόδων, οι οποίες ενδεχομένως προβλέπονται από την μελέτη. Επιπλέον τα τσιμεντενέματα χωρίς ασβέστη έχουν μικρότερη συστολή ξήρανσης, οπότε εξασφαλίζουν καλύτερη συνάφεια μεταξύ ενέματος και επιφανειών της ρωγμής. Τα τσιμεντενέματα χωρίς ασβέστη έχουν μικρότερη ενεσιμότητα από εκείνα τα οποία περιέχουν ασβέστη. Όμως, αυτό το μειονέκτημά τους αντιμετωπίζεται με την προσθήκη υπερρευστοποιητή.



Σχ. 6.6.2 Σχηματική παράσταση του εξοπλισμού για την προετοιμασία και την εφαρμογή ενεμάτων [11]



**Ρητινενέματα:** τα ρητινενέματα αποτελούνται από:

- Τα υλικά A + B

- Λεπτή άμμο (για ρωγμές μεγαλύτερου ανοίγματος)

Σημείωση: Τα ρητινενέματα παρουσιάζουν την υψηλότερη ενεσιμότητα από όλα τα ενέματα. Εισχωρούν και σε ιδιαίτερος λεπτές ρωγμές, έχουν δε και πολύ μεγάλη αντοχή. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζουν μερικά μειονεκτήματα τα οποία περιορίζουν την χρήση τους. Ως τέτοια αναφέρονται η κακή συμπεριφορά τους σε υψηλές θερμοκρασίες, η πιθανή αποσύνθεσή τους σε περίπτωση μεγάλων ρωγμών, υψηλό κόστος κ.λ.π.

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Η τεχνική αυτή οδηγεί σε αποκατάσταση της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας και όχι σε σημαντική αύξησή της, εκτός εάν το ένεμα εισχωρήσει και πληρώσει τα κενά της τοιχοποιίας, οπότε λαμβάνει χώρα ομογενοποίηση μάζας (βλέπε επόμενη παράγραφο). Για την επιτυχή εφαρμογή αυτής της τεχνικής θα πρέπει το ένεμα να είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, να αποφεύγεται η απόμιξη, να έχει επαρκή ενεσιμότητα ώστε να εισχωρεί και στις λεπτότερες ρωγμές, να μη παρουσιάζει σημαντική συστολή ξήρανσης διότι ενδέχεται να ανοίξουν οι ρωγμές πριν από οποιαδήποτε επιβολή φορτίου και να έχει επαρκή αντοχή. Η βέλτιστη σύνθεση του ενέματος είναι συνάρτηση του τύπου της τοιχοποιίας, του εύρους των ρωγμών, καθώς και του σκοπού της επέμβασης. Συνήθως, πραγματοποιούνται δοκιμαστικά ενέματα και η τελική σύνθεση του ενέματος αποφασίζεται βάσει των αποτελεσμάτων αυτών των δοκιμαστικών εφαρμογών.

**Μειονεκτήματα:** Πρόκειται για τεχνική ιδιαίτερα υψηλού κόστους η οποία απαιτεί την ύπαρξη σχετικού εξοπλισμού και πολύ σχολαστικής εργασίας.

**Ανασχεδιασμός:** Θεωρείται ότι μέσω της μεθόδου αυτής αποκαθίστανται τα αρχικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας. Επομένως, λαμβάνεται γενικώς:

$$R_w = R_{w,0}$$

### 6.6.2 Ομογενοποίηση μάζας

**Πότε εφαρμόζεται:** Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου επιδιώκεται η εισαγωγή ενέματος στη μάζα της τοιχοποιίας όχι μόνον για την πλήρωση ενδεχόμενων ρωγμών αλλά όλων των κενών στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.

**Στάδια υλοποίησης:** Ακολουθούνται όλα τα στάδια όπως και στην περίπτωση των ενέσεων (βλέπε προηγούμενο κεφάλαιο).

**Υλικά - εξοπλισμός:** Χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα των ενέσεων.

**Αποτελεσματικότητα:** Πρόκειται για μια μέθοδο ιδιαίτερος αποδοτική στην περίπτωση αργολιθοδομών με μεγάλο ποσοστό κονιάματος χαμηλής ποιότητας, καθώς και στην περίπτωση τρίστρωτων τοιχοποιιών.

Από πειραματικά αποτελέσματα ξένων ερευνητών προκύπτει ότι:

- Για κατανάλωση και απορρόφηση περίπου 50 lt ενέματος ανά m<sup>3</sup> τοίχου, η αύξηση των αντοχών κυμαίνεται από 20% έως 60%, ανάλογα με την ποιότητα δόμησης.

- Για κατανάλωση και απορρόφηση 150 lt ενέματος ανά m<sup>3</sup> τοίχου, η αύξηση των αντοχών κυμαίνεται από 200% έως 400%.

Από πειραματικά αποτελέσματα σχετικής έρευνας στο Εργαστήριο Ω.Σ. του ΕΜΠ σε δοκίμια τρίστρωτης τοιχοποιίας, όπου χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω τσιμεντενέματα, πολύ συνοπτικά, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

| Ένεμα | Τσιμέντο<br>(Kg) | Πυριτιακή<br>παιπάλη<br>(Kg) | Ασβέστης<br>(Kg) | Υπερρευστοποιητής<br>(Kg) | Νερό<br>(Kg) | Θλιπτική<br>αντοχή<br>(Mpa) |
|-------|------------------|------------------------------|------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|
| A     | 75               | 25                           | 0                | 1.33                      | 90           | 30                          |
| B     | 60               | 22.5                         | 27.5             | 1.66                      | 100          | 13                          |

- Η μέση κατανάλωση ενέματος ήταν  $105 \text{ lt/m}^3$  τοίχου. Αυτή η κατανάλωση είναι ίση με εκείνη που έχει μετρηθεί σε εφαρμογές της τεχνικής σε πραγματικές κατασκευές, πράγμα το οποίο αποτέλεσε επιβεβαίωση της ικανοποιητικής προσομοίωσης των τοιχοποιιών στο Εργαστήριο, ώστε να είναι τα αποτελέσματα αξιόπιστα. Οι δοκιμές των τοιχίσκων απέδειξαν ότι η ομογενοποίηση μάζας οδήγησε σε αύξηση της αντοχής πρακτικώς στο διπλάσιο της αρχικής. Ομοίως, αυξήθηκε το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας, ενώ αντιθέτως μειώθηκε η παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας. Εκείνο που είναι ιδιαίτερος σημαντικό είναι ότι η εφαρμογή της μεθόδου οδήγησε σε μεταβολή του τρόπου αστοχίας των τοιχίσκων.

**Μειονεκτήματα:** Το κόστος ενός κυβικού μέτρου ενέματος είναι υψηλό (περίπου 300.000 δραχμές κατά το χρόνο εφαρμογής του). Επομένως, είναι σαφές ότι η τεχνική αυτή είναι δαπανηρή και θα πρέπει να εφαρμόζεται με φειδώ. Είναι πάντως δυνατό να εφαρμόζεται όχι στο σύνολο της τοιχοποιίας, αλλά σε επιλεγμένες περιοχές, κρίσιμες για τη συμπεριφορά της κατασκευής (π.χ. στις περιοχές μεγάλης βλάβης, στις γωνίες των κτιρίων κ.λ.π.). Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση κατά την οποία η ομογενοποίηση μάζας πρόκειται να εφαρμοσθεί σε τοιχοποιία στην επιφάνεια της οποίας υπάρχουν έργα τέχνης (νωπογραφίες, εικόνες κ.λ.π.). Σε τέτοιες περιπτώσεις ενδέχεται να απαιτηθεί προσωρινή αποτοίχιση των τοιχογραφιών. Εάν τούτο δεν είναι δυνατόν, ενδέχεται να απαιτηθεί περιορισμός του εμποτισμού μόνον σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν τοιχογραφίες ή εφαρμογή του σε περιορισμένο πάχος.

**Ανασχεδιασμός:** Για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας μετά από τον εμποτισμό μάζας, είχε προταθεί παλιότερα (Τάσιος, 1982) η ακόλουθη εμπειρική σχέση, η οποία βασιζόταν στα τότε διατιθέμενα πειραματικά αποτελέσματα.

$$f_{wc,s} = f_{wc,0} \left( 1 + 20 \frac{\gamma_f - \gamma_0}{\gamma_0} \right) \quad \text{όπου}$$

$f_{wc,s}$  και  $f_{wc,0}$  η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μετά και πριν απ' την επέμβαση αντιστοίχως.  $\gamma_f$  και  $\gamma_0$  το ειδικό βάρος της τοιχοποιίας μετά και πριν απ' την επέμβαση.

Με βάση νεώτερα πειραματικά αποτελέσματα προτείνεται (Βιντζηλαίου, Τάσιος 1995) η ακόλουθη σχέση, για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής τρίστρωτης τοιχοποιίας :

$$f_{wc,s} = f_{wc,0} \left[ 1 + 1.25 \left( \frac{V_{mf}}{V_w} \right) \left( \frac{f_{gr}^{1/2}}{f_{wc,0}} \right) \right] [\text{MPa}] \quad \text{όπου}$$

$V_{mf}$  και  $V_w$  ο όγκος της ενδιάμεσης στρώσης και ο συνολικός όγκος της τοιχοποιίας αντιστοίχως, ενώ  $f_{gr}$  η θλιπτική αντοχή του ενέματος

Εξ άλλου, η αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων των Tomazevic, Sheppard (1982), Tomazevic, Arin (1993), Bettio et al. (1993) από την εφαρμογή της μεθόδου σε αργολιθοδομές, έδωσε την ακόλουθη εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της ενισχυμένης τοιχοποιίας :

$$f_{wc,s} = f_{wc,0} \left[ 1 + 0.013 (100G_{gr} / G_0)^3 \right]$$

όπου  $G_{gr}$  είναι ο όγκος του ενέματος που εισάγεται σε τοιχοποιία όγκου  $G_0$ .

### 6.6.3 Ελκυστήρες - τένοντες

**Πότε εφαρμόζονται:** Χρησιμοποιούνται σε περίπτωση αποκόλλησης διασταυρούμενων τοίχων ή αποδιοργάνωσης γωνιών τοίχων (Σχ. 6.6.3). Εφαρμόζονται επίσης για τη βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής συνδέοντας τα τμήματά της, μέσω της εφαρμογής ευνοϊκής χαμηλής θλιπτικής τάσης. Μπορεί να είναι οριζόντιοι ή και κατακόρυφοι (Σχ. 6.6.4). Τέλος, μπορούν να εφαρμοστούν και για ενίσχυση της θεμελίωσης.

#### Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Επιλέγονται οι θέσεις προσαρμογής των ελκυστήρων και ελέγχεται η καταλληλότητα επάρκειας αυτών των θέσεων της τοιχοποιία (έλεγχος τοπικής θλίψης) για παραλαβή των δυνάμεων προέντασης. Σε αντίθετη περίπτωση, γίνεται τοπική ενίσχυση.

Στάδιο 2: Διάνοιξη των οπών (δίοδοι) στη μάζα του τοίχου, σε απέναντι θέσεις και στο ίδιο ύψος (περίπτωση οριζόντιων τενόντων). Συνήθως τοποθετούνται κάτω από τη στάθμη των δαπέδων ή της έδρασης της στέγης.

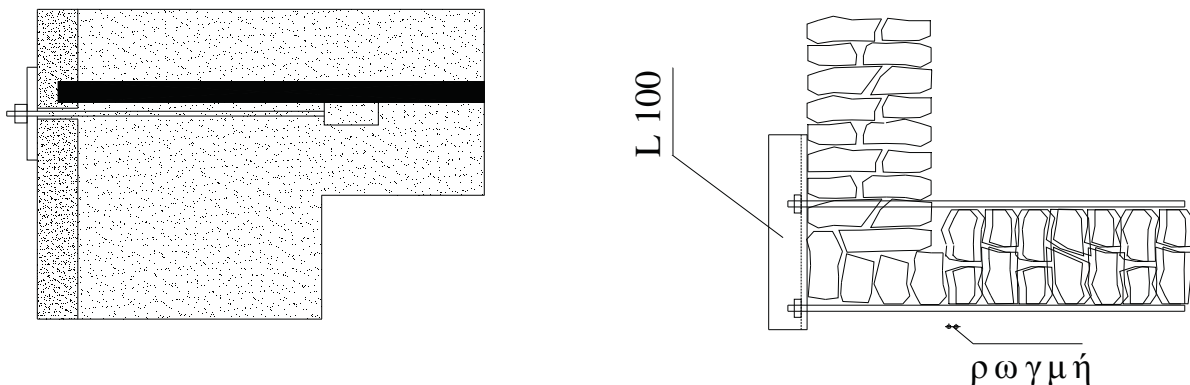
Στάδιο 3: Αγκύρωση των τενόντων (ράβδοι υψηλής αντοχής και μεγάλης διαμέτρου) σε κατάλληλα διαστασιολογημένες πλάκες αγκύρωσης.

Στάδιο 4: Επιβολή προέντασης με δυναμόκλειδα (απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιβολή της προέντασης, η οποία πρέπει να είναι ήπια και διαρκώς ελεγχόμενη).

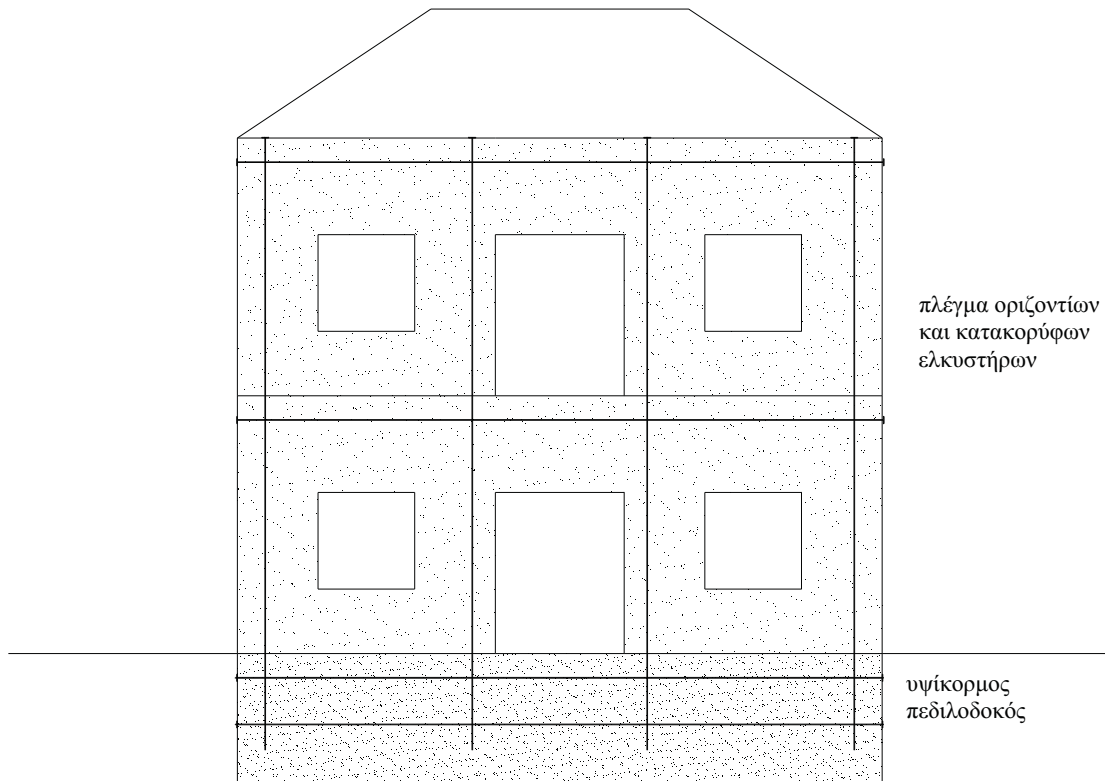
Στάδιο 5: Οι αγκυρώσεις (μετά την εφαρμογή κατάλληλης βαφής) παραμένουν ακάλυπτες (και επομένως επισκέψιμες). Εναλλακτικώς, καλύπτονται με επίχρισμα ή με ελαφρύ μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

#### Υλικά:

- Τρυπάνι
- Μεταλλικές ράβδοι υψηλής αντοχής και μεγάλης διαμέτρου
- Πλάκες αγκύρωσης κατάλληλα διαμορφωμένες
- Δυναμόκλειδα



Σχ. 6.6.3 Χρήση ελκυστήρων για τη σύνδεση τοίχων σε γωνία [11]



Σχ. 6.6.4 Διάταξη οριζόντιων και κατακόρυφων ελκυστήρων [7], [10], [11]

**Αποτελεσματικότητα:** Επιτυγχάνεται βελτίωση της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σε οριζόντιες μετακινήσεις λόγω κυρίως σεισμικής φόρτισης. Η μέθοδος αυτή είναι εύκολα αναστρέψιμη.

**Μειονεκτήματα:** Λόγω ερπυσμού οι ελκυστήρες υπόκεινται σε χαλάρωση με την πάροδο του χρόνου γι' αυτό και επιβάλλεται συστηματικός έλεγχος. Ως μέθοδος επέμβασης δεν επιλύει ριζικά το πρόβλημα αποκατάστασης από μόνη της γι' αυτό συνήθως αποτελεί συμπληρωματική μορφή επέμβασης.

**Ανασχεδιασμός:** Πρέπει να σημειωθεί ότι παρατηρούνται μεγάλες απώλειες προέντασης και λόγω ολίσθησης στις αγκυρώσεις των ελκυστήρων, αλλά και λόγω άμεσων και ερπυστικών παραμορφώσεων της τοιχοποιίας. Απαιτείται επί πλέον έλεγχος των τοπικών τάσεων θλίψης στις αγκυρώσεις, ώστε να αποφεύγεται τοπική αστοχία της τοιχοποιίας (άρα, και της αγκύρωσης των ελκυστήρων). Ο υπολογισμός της έντασης στους ελκυστήρες γίνεται ως εξής [8], [11]:

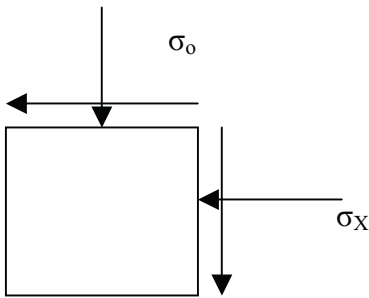
(α) Οριζόντιοι ελκυστήρες

Γίνεται η δυσμενής παραδοχή της πλήρους αποσύνδεσης των τοίχων από τους εγκάρσιους προς αυτούς, αλλά και από τα πατώματα και τη στέγη. Έτσι, οι χαλύβδινες ράβδοι μόνες καλούνται να προλαμβάνουν την αποκόλληση των τοίχων, αναλαμβάνοντας πλήρως τη δράση του σεισμού καθέτως προς το επίπεδο του τοίχου. Πρέπει, επίσης, να εμποδίζουν και τις αντίστοιχες παραμορφώσεις. Γι' αυτόν το λόγο υπολογίζονται ώστε να έχουν τάση σημαντικά μικρότερη από το όριο διαρροής τους, ενώ πρέπει να δίνεται και προσοχή στις θέσεις των αγκυρώσεων, ώστε να αποφεύγεται το "ξέσπρωμα".

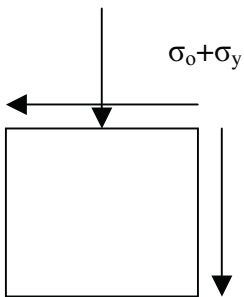
(β) Κατακόρυφοι ελκυστήρες

Η έντασή τους υπολογίζεται μέσω της επίλυσης απλών επίπεδων δικτυωμάτων, στα οποία οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες ράβδοι είναι οι ελκυστήρες, ενώ οι διαγώνιες αποτελούνται από στοιχεία τοιχοποιίας. Τα δικτυώματα φορτίζονται με συμβατικά σεισμικά φορτία.

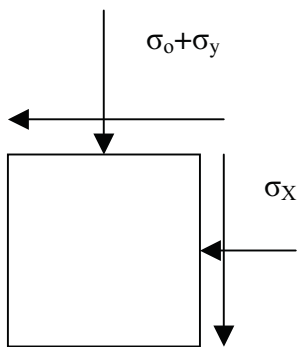
Επί πλέον, η παρουσία ενός συστήματος οριζόντιων και κατακόρυφων ελκυστήρων έχει ως συνέπεια και μια αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας σε θλίψη και σε διάτμηση (χάρη στην περίσφιγξη την οποία προσφέρουν οι ράβδοι). Οι αυξημένες αντοχές της τοιχοποιίας μπορούν να υπολογισθούν από τις ακόλουθες σχέσεις :



$$f_{wV} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{2}{3} * f_{wt} * \sqrt{1 + \frac{0,75 * \sigma_o + \sigma_x}{f_{wt}} + \frac{0,75 * \sigma_o * \sigma_x}{f_{wt}^2}}$$



$$f_{wX} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{2}{3} * f_{wt} * \sqrt{1 + \frac{0,75 * \sigma_o + \sigma_x}{f_{wt}}}$$



$$f_{wC} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} * \frac{2}{3} * f_{wt} * \sqrt{1 + \frac{0,75 * \sigma_o + \sigma_y + \sigma_x}{f_{wt}} + \frac{(0,75 * \sigma_o + \sigma_y) * \sigma_x}{f_{wt}^2}}$$

#### 6.6.4 Ριζοπλισμοί

**Πότε εφαρμόζονται:** Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται συνήθως σε παλιές λιθοδομές μεγάλου πάχους για βελτίωση της μάζας, τοπικές ενισχύσεις (σχήμα 6.6.5) ή και καθολική ενίσχυση (σχήμα 6.6.6) (βελτίωση της συμπεριφοράς ολόκληρου φατώματος ή πεσσών, δημιουργία υψίκορμων δοκών κ.λ.π.).

#### Στάδια υλοποίησης:

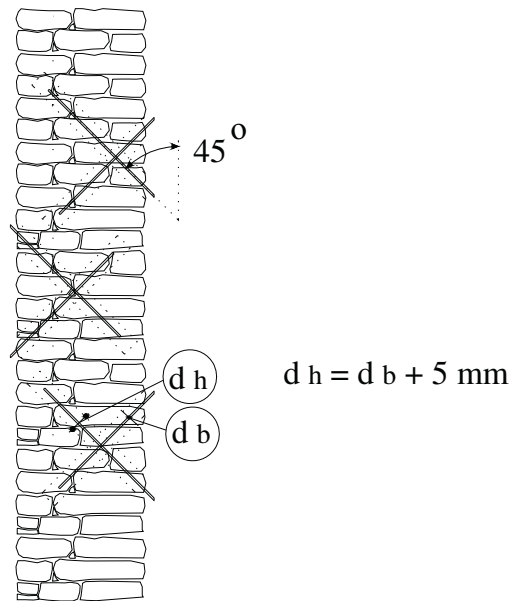
**Στάδιο 1:** Διάνοιξη αλληλοτεμνόμενων οπών σε προεπιλεγμένες θέσεις της περιοχής ενίσχυσης της τοιχοποιίας. Η διάμετρος των οπών θα πρέπει να είναι ελαφρά μεγαλύτερη από τη διάμετρο του οπλισμού κατά τρόπο που να μπορεί να εισχωρεί το ένεμα (ειδικές τσιμεντοκονίες) και να περιβάλλει τον οπλισμό.

**Στάδιο 2:** Τοποθέτηση και προσωρινή στερέωση των ράβδων οπλισμού.

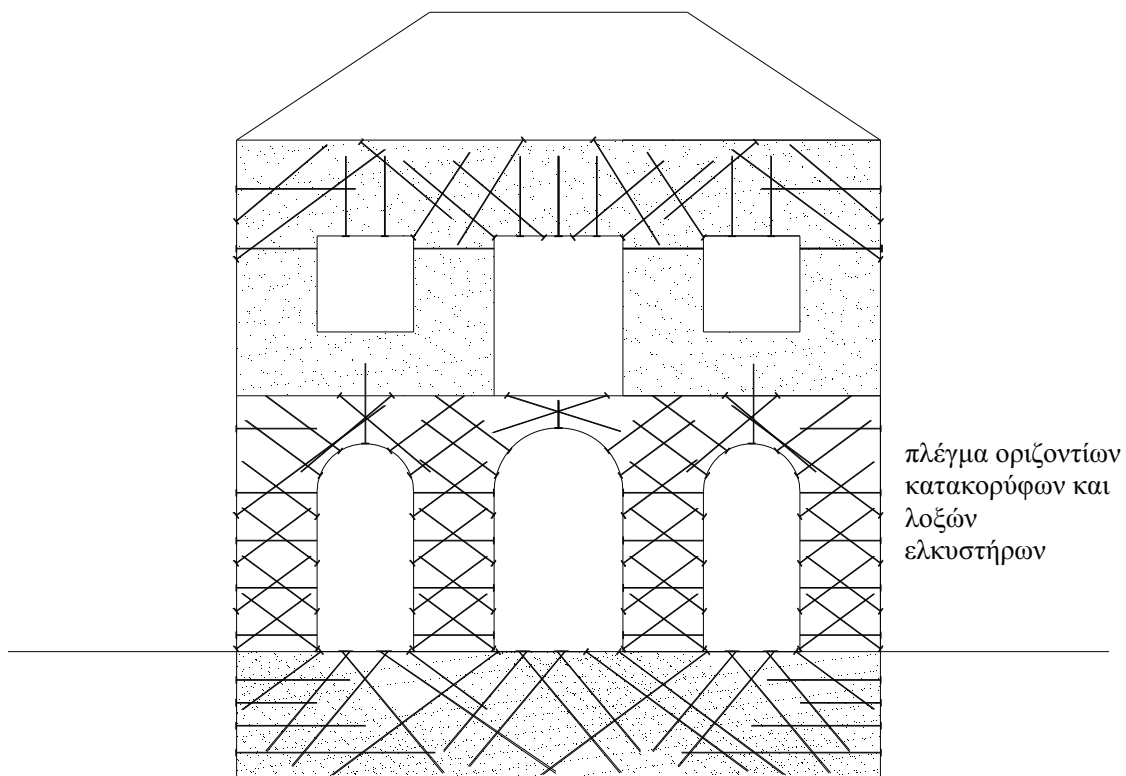
**Στάδιο 3:** Πλήρωση των οπών με ειδικές τσιμεντοκονίες (π.χ. μη συστελλόμενες) ή με ειδικά κονιάματα (π.χ. κονιάματα τσιμέντου - πλαστικών υλών / τροποποιημένα ή ρητινικά κονιάματα) που έχουν ως αδρανές χαλαζιακή άμμο.

**Υλικά:**

- Τρυπάνι
- Ράβδοι χάλυβα
- Τσιμεντοκονιάματα ή ειδικά κονιάματα



Σχ. 6.6.5 Τοπική ενίσχυση [7] (οριζόντια ή και κατακόρυφη τομή)



Σχ. 6.6.6 Καθολική ενίσχυση [7]

**Αποτελεσματικότητα:** Στην περίπτωση τοιχοποιιών με πολύ χαμηλή αντοχή (είτε λόγω γήρανσης είτε λόγω κακής ποιότητας υλικών) η διαμόρφωση ενός δικτύου ριζοπλισμών κατά το πάχος ή κατά το μήκος της τοιχοποιίας αποτελεί μια επέμβαση, αποτέλεσμα της οποίας είναι μια σημαντική αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας. Γενικώς, στις θέσεις εφαρμογής των ριζοπλισμών επέρχεται σχετικά μικρή αύξηση της θλιπτικής αντοχής και σημαντική αύξηση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας ανάλογα με την πυκνότητα τοποθέτησης και των διαμέτρων των ριζοπλισμών.

**Μειονεκτήματα:** Μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής, τα οποία συνδέονται κυρίως με τη χρήση της σε μνημεία, είναι η αλλοίωση της δομής της τοιχοποιίας και μάλιστα κατά τρόπο μη αναστρέψιμο και ότι σε περίπτωση διάβρωσης των ράβδων του οπλισμού είναι εξαιρετικά δυσχερής η αντικατάστασή τους (απαιτεί διατρήσεις μεγάλης διαμέτρου), ενώ υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν βλάβες λόγω της διόγκωσης από τη διάβρωση.

**Ανασχεδιασμός:** Για την εκτίμηση της μεταβολής της θλιπτικής και διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας στις θέσεις έμπηξης των ριζοπλισμών προτείνονται οι πιο κάτω σχέσεις [11]:

$$\rho_0 = A_s / A_h$$

$$\Delta f_{wc} \approx \frac{V_h}{V_w} (1 + 10\rho_0) f_{mt}$$

$$\Delta f_{wv} \approx \frac{V_h}{V_w} (1 + 10\rho_0) f_{sy}$$

Όγκος οπής,  $V_h = A_h d$

Όγκος τοίχου,  $V_w = A_w t$

## 6.7 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

### 6.7.1 Εισαγωγή

Οι βλάβες στη θεμελίωση κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία παρουσιάζουν τα ακόλουθα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά έναντι των βλαβών στην ανωδομή:

- Είναι κατά κανόνα αφανείς και τεκμαίρονται από τις επιπτώσεις τους στην ανωδομή
- Είναι δυνατόν να προκαλούνται από πολλά αίτια
- Στην ένταση και έκτασή τους συμβάλλει όχι μόνον το υλικό κατασκευής και η διάταξη της θεμελίωσης αλλά και τα χαρακτηριστικά του εδάφους

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η διάγνωση και η θεραπεία προβλημάτων θεμελίωσης αποτελούν πιο σύνθετη διεργασία από την αντίστοιχη της ανωδομής. Για το λόγο αυτό αναφέρονται παρακάτω εν συντομία τα συνήθη αίτια των βλαβών, οι απαιτούμενες διαγνωστικές ενέργειες και ορισμένα κριτήρια επεμβάσεων στη θεμελίωση. Ακολουθεί η περιγραφή των μεθόδων επέμβασης.

#### 6.7.1.1 Αίτια πρόκλησης βλαβών που αποδίδονται στο έδαφος ή σε ανεπαρκή θεμελίωση

Ένας από τους σημαντικούς λόγους πρόκλησης βλαβών σε κτίρια από λιθοδομή είναι η μετακίνηση των θεμελίων. Τούτο μπορεί να οφείλεται σε ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω αίτια [9]:

- Μη προβλεφθείσα υπερφόρτιση (π.χ. προσθήκη ορόφων, αλλαγή χρήσης και υπέρβαση κινητού φορτίου κ.λ.π.)
- Διόγκωση ή συρρίκνωση του εδάφους εξαιτίας μεταβολών της υγρασίας, κυρίως όταν το έδαφος είναι διογκούμενη άργιλος
- Συμπύκνωση χαλαρών επιχωματώσεων (π.χ. πρόσφατων και ικανού πάχους ανθρωπογενών αποθέσεων)

- Ύπαρξη υπογείων κενών (π.χ. φυσικές καταβόθρες ή στοές)
- Διάνοιξη υπογείων έργων (σήραγγες, υπόγειοι αγωγοί κ.λ.π.)
- Ταπείνωση της στάθμης του υπογείου νερού με συνέπεια την αύξηση των ενεργών τάσεων (π.χ. λόγω συνεχών αντλήσεων)
- Διαβροχή του εδάφους με συνέπειες την αύξηση του βάρους του, την ανάπτυξη δυνάμεων διήθησης προς τα κάτω και ακόμη την αύξηση της συμπιεστότητας εδαφών αργιλικής σύστασης
- Διάνοιξη εκσκαφής σε γειτονικό οικόπεδο και ανεπαρκής αντιστήριξη του μετώπου της
- Ερπυστική κίνηση αργιλικών πρανών ακόμη και πολύ μικρής κλίσης
- Γήρανση και εξασθένηση του θεμελίου (π.χ. παλιά τοιχοδομή, υγρασία, επιρροή των ριζών γειτονικών δέντρων κ.α.) ή και ανεπαρκής εξ' αρχής κατασκευή
- Υποχώρηση των στηρίξεων κατά τη διάρκεια εργασιών υποστήριξης θεμελίων
- Οριζόντια υπερφόρτωση της κατασκευής από ορμητικά νερά με πιθανή ρευστοποίηση του εδάφους στο επίπεδο της θεμελίωσης (π.χ. υπερχείλιση γειτονικού χειμάρρου)
- Αστοχία πασσάλων (σάπισμα ξύλινων πασσάλων, ανάπτυξη αρνητικών τριβών κ.λ.π.)

#### **6.7.1.2 Διαγνωστικές ερευνητικές εργασίες**

Στη φάση μελέτης της παθολογίας του κτιρίου και του προσδιορισμού των αιτιών που την προκάλεσαν, ανάμεσα στ' άλλα θα πρέπει να συνεκτιμώνται και τα παραπάνω αίτια και να ερευνάται αν και κατά πόσο κάποιο από αυτά συνέβαλε στη διαμόρφωση της παθολογίας του κτιρίου. Για να καταστεί τούτο δυνατό θα πρέπει να είναι γνωστές οι εδαφοτεχνικές συνθήκες στη θέση του έργου και το είδος, η γεωμετρία και η διάταξη της θεμελίωσης. Για μεν τις εδαφοτεχνικές συνθήκες, αν οι οικονομικές δυνατότητες το επιτρέπουν ή η σπουδαιότητα του έργου το επιβάλλει, θα πρέπει να διενεργείται γεωτεχνική έρευνα που να περιλαμβάνει καλή αποτύπωση της στρωματογραφίας, δοκιμές οιδημέτρου και τριαξονικές δοκιμές κατάλληλου τύπου. Για τη διάγνωση του τύπου, της γεωμετρίας αλλά και της κατάστασης της θεμελίωσης είναι χρήσιμη η διάνοιξη ερευνητικών σκαμμάτων σε ορισμένες κρίσιμες θέσεις.

#### **6.7.1.3 Κριτήρια επεμβάσεων ενίσχυσης θεμελίωσης**

Σε περίπτωση που έχει τεκμηριωθεί ότι κάποιο από τα πιο πάνω αίτια δημιουργεί βλάβες στο κτίριο, τότε προτείνονται εργασίες επέμβασης στη θεμελίωση στις εξής περιπτώσεις:

- Όταν οι βλάβες που προκλήθηκαν στο φέροντα οργανισμό είναι σημαντικές και οι μετακινήσεις (διεύρυνση ρωγμών, καθιζήσεις) συνεχίζονται
- Όταν, παρότι ο ρυθμός των μετακινήσεων έχει περιορισθεί, οι βλάβες έχουν προξενήσει τέτοια εξασθένηση και αποδιοργάνωση της θεμελίωσης ή/και της ανωδομής, ώστε άλλοι κίνδυνοι (όπως π.χ. ο σεισμός) να επιβάλλουν την ενίσχυση της θεμελίωσης
- Εάν πρόκειται να γίνει αλλαγή χρήσης ή προσθήκη ορόφων στο κτίριο και επιβάλλεται ενίσχυση της θεμελίωσης ώστε να φέρει τα νέα φορτία

#### **6.7.1.4 Μέθοδοι ενίσχυσης της θεμελίωσης και του εδάφους**

Οι μέθοδοι ενίσχυσης της θεμελίωσης μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- Αβαθής υποθεμελίωση
- Βαθιά υποθεμελίωση με την κατασκευή μικροπασσάλων
- Βελτίωση και ενίσχυση του εδάφους με ενέσεις

Για κάθε μια κατηγορία ενίσχυσης της θεμελίωσης και του εδάφους διατίθενται αρκετές τεχνικές μεταξύ των οποίων ο μελετητής μπορεί να επιλέξει εκείνη που συνάδει με τις ιδιαίτερες συνθήκες του προβλήματος, την προτεινόμενη συνολική λύση επέμβασης, τα



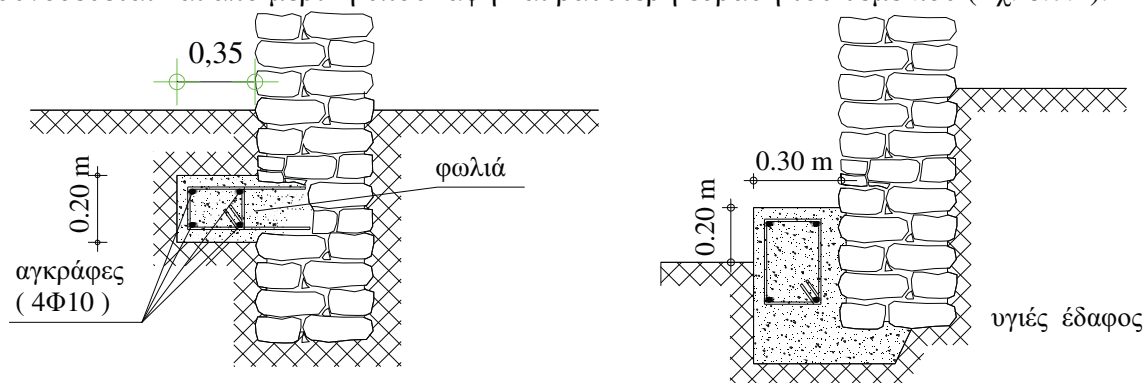
τεχνικά μέσα που διαθέτει για την υλοποίησή της και τις οικονομικές δυνατότητες του έργου. Εν πάση περιπτώσει η λύση που θα επιλεγεί θα πρέπει να αίρει ή τουλάχιστον να αναχαιτίζει τα αίτια που προκάλεσαν βλάβες στο κτίριο. Στη συνέχεια παρατίθενται και περιγράφονται ορισμένες τεχνικές από κάθε κατηγορία μεθόδων ενίσχυσης της θεμελίωσης και του εδάφους.

## 6.7.2 Αβαθής υποθεμελίωση

**Πότε εφαρμόζεται:** Είναι η πιο διαδεδομένη τεχνική στην πράξη, κυρίως για κτίρια όχι υψηλής σπουδαιότητας, λόγω του χαμηλού κόστους συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται ενίσχυση της θεμελίωσης αλλά δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα προβλήματα εδάφους. Σε περίπτωση εδαφών με ιδιαίτερα προβλήματα θα πρέπει να εφαρμόζεται μια από τις άλλες δύο μεθόδους (βαθιές θεμελιώσεις ή ενέσεις εδάφους). Επίσης, η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις που ο υδροφόρος ορίζοντας είναι στο επίπεδο της θεμελίωσης. Η τεχνική αυτή παρουσιάζεται με διάφορες παραλλαγές:

### Μονόπλευρη αύξηση της επιφάνειας του θεμελίου (ενισχύσεις με χαλινούς)

Η περίπτωση αυτή εφαρμόζεται, συνήθως εξωτερικά, όταν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις ενίσχυσης της θεμελίωσης ή όταν είναι αδύνατη (ή ασύμφορη) η καταστροφή του δαπέδου στο εσωτερικό του κτιρίου για την ενίσχυση της θεμελίωσης (Σχ. 6.7.1). Ενδέχεται να συνοδεύεται και από μερική υποσκαφή και βαθύτερη έδραση του θεμελίου (Σχ. 6.7.2).

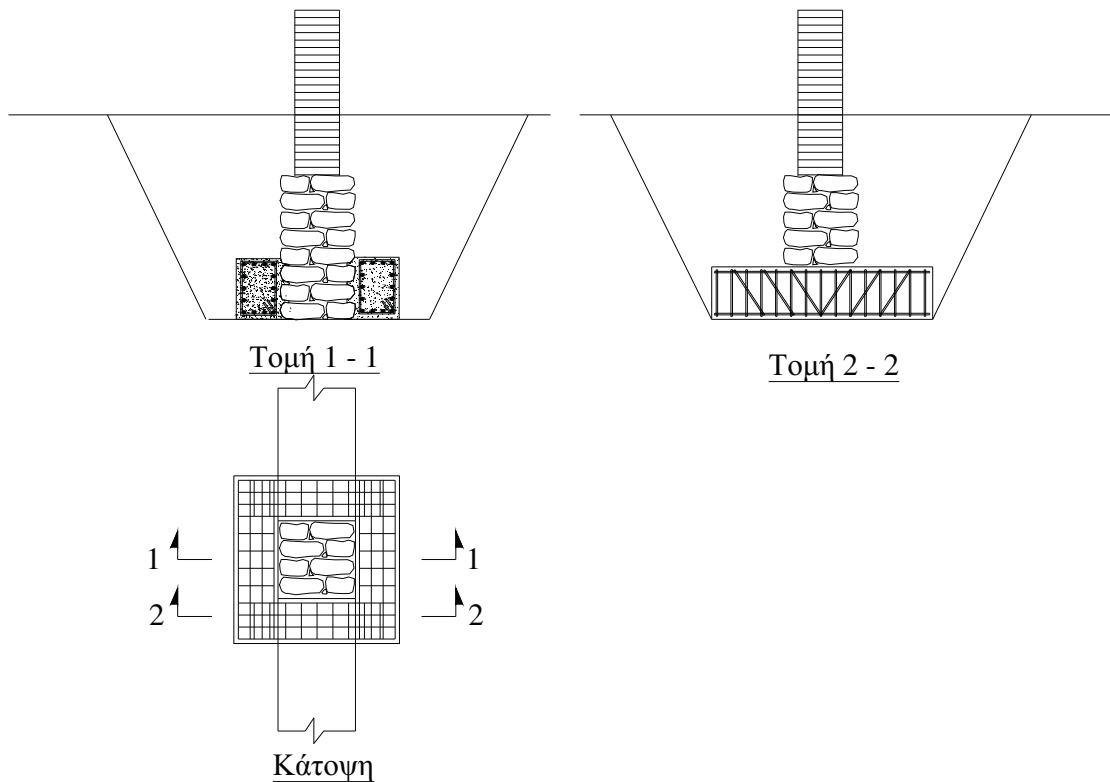


Σχ. 6.7.1 Εξωτερική περιμετρική δοκός Ο.Σ. για την αύξηση της επιφάνειας του θεμελίου [4], [6], [10], [11]

Σχ. 6.7.2 Εξωτερική περιμετρική δοκός Ο.Σ. σε συνδυασμό με υποσκαφή θεμελίου [4], [6], [10], [11]

### Αμφίπλευρη υποθεμελίωση (κατασκευή ντουλαπιών)

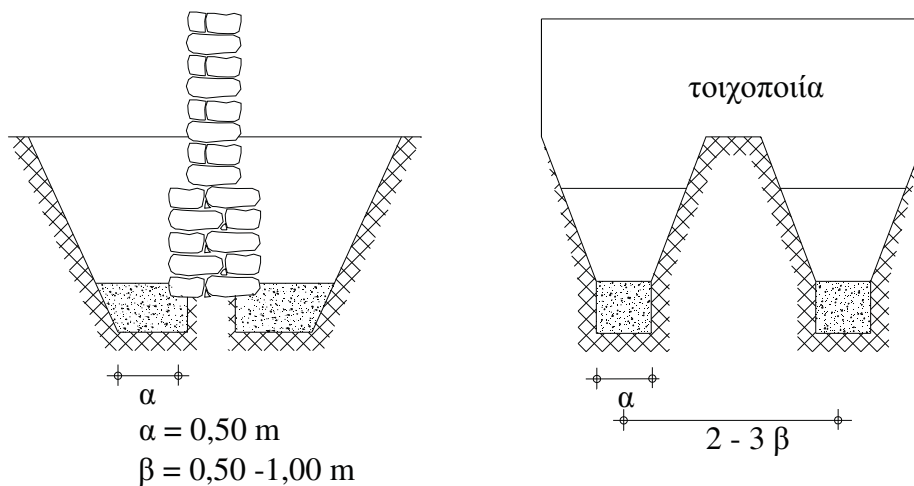
Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις διαπλάτυνσης της θεμελίωσης με χρήση οπλισμένου (Σχ. 6.7.3) ή άοπλου σκυροδέματος (Σχ. 6.7.4) υπό την προϋπόθεση ότι οι συνθήκες επιτρέπουν ανάπτυξη εργασιών και στις δύο πλευρές του τοίχου (μη γειτνίαση με άλλο κτίριο).



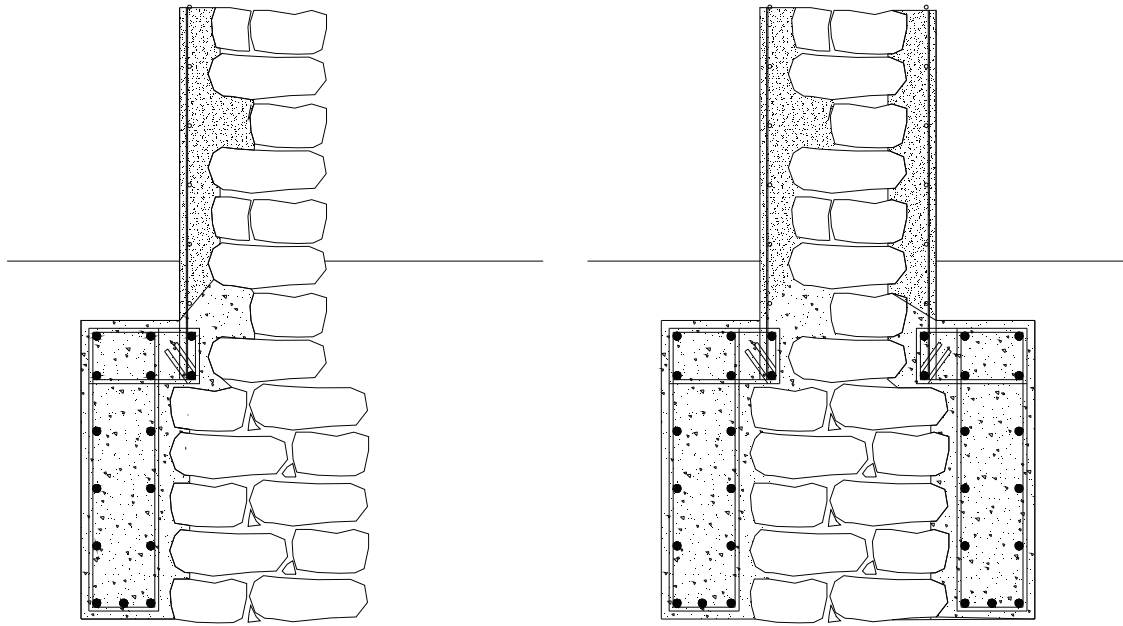
Σχ. 6.7.3 Αμφίπλευρη υποθεμελίωση με χρήση οπλισμένου σκυροδέματος [9]

### Υψίκορμες πεδιλοδοκοί

Η περίπτωση αυτή εφαρμόζεται όταν πρόκειται να κατασκευασθεί μανδύας (αμφίπλευρος ή μονόπλευρος) στις τοιχοποιίες (Σχ. 6.7.5). Συμβάλλει κυρίως στην παραλαβή των φορτίων που μεταφέρονται από τους μανδύες, συγχρόνως όμως συμβάλλει στην ενίσχυση του υφισταμένου θεμελίου.



Σχήμα 6.7.4 Αμφίπλευρη υποθεμελίωση με χρήση άοπλου σκυροδέματος [7]



Σχήμα 6.7.5 Υψίκορμες πεδילוδοκοί έδρασης μονόπλευρων και αμφίπλευρων μανδρών [7], [11]

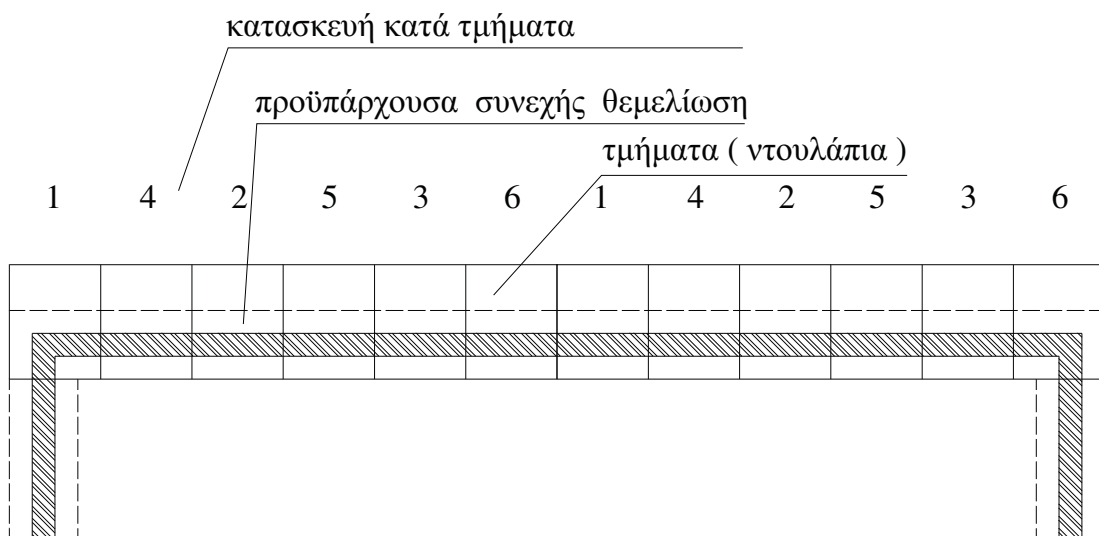
**Στάδια υλοποίησης:**

Γενικώς, για την εφαρμογή όλων των περιπτώσεων αβαθούς υποθεμελίωσης, οι εργασίες ακολουθούν τα παρακάτω διαδοχικά στάδια:

Στάδιο 1: Προσωρινή πλευρική αντιστήριξη των τοίχων κατά μήκος της θεμελίωσης όπου πρόκειται να γίνουν εργασίες ενίσχυσης.

Στάδιο 2: Τμηματική διάνοιξη φρεατίων στη θεμελίωση και εκσκαφή μέχρι το επιθυμητό βάθος (Σχ. 6.7.6). Κρίνεται σκόπιμη η επιτόπου αξιολόγηση της θεμελίωσης μετά από κάθε εκσκαφή και λήψη σχετικών μέτρων όπου κριθεί απαραίτητο. Η τμηματική κατασκευή αυτών των εργασιών επιβάλλεται προς αποφυγή πιθανών αστοχιών λόγω της σχετικής εξασθένησης της θεμελίωσης στη φάση κατασκευής των εργασιών ενίσχυσης.

Στάδιο 3: Τοποθέτηση οπλισμών και σκυροδέτηση (κατά προτίμηση σκυρόδεμα υψηλής αντοχής) σύμφωνα με τα σχέδια λεπτομερειών τα οποία ενδέχεται να τροποποιούνται κατά την τμηματική εκσκαφή, ανάλογα με την εικόνα των ευρημάτων.



Σχ. 6.7.6 Σειρά εργασιών ενίσχυσης θεμελίωσης κατά τμήματα [9]

**Σημείωση:** Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των υποθεμελιώσεων εμφανίζεται συνήθως το πρόβλημα της ανεπαρκούς συμπίκνωσης του νέου εδάφους θεμελίωσης, απ' όπου προκύπτει και ο κίνδυνος εκδήλωσης μεγάλων καθιζήσεων. Η προφόρτιση του νέου εδάφους στη θέση της θεμελίωσης (κυρίως πλευρικά του θεμελίου) είναι σκόπιμη και χρήσιμη.

**Υλικά – εξοπλισμός:**

- Ξυλεία για πλευρικές υποστηρίξεις τοίχων
- Μέσα εκσκαφής
- Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και οπλισμοί
- Πρόβλεψη απαραίτητων μέσων για πιθανή προφόρτιση

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Η τεχνική της αβαθούς υποθεμελίωσης μπορεί να εκτελεσθεί σχετικά γρήγορα και με μικρό κόστος, συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους ενίσχυσης της θεμελίωσης. Κατανέμει σε μεγαλύτερο πλάτος τις αναπτυσσόμενες τάσεις στο επίπεδο της θεμελίωσης, λόγω διαπλάτυνσης του πέλματος του πεδύλου. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η πιθανότητα εκδήλωσης μετακινήσεων στο επίπεδο της θεμελίωσης.

**Μειονεκτήματα:** Η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης εξαρτάται από το βαθμό συνεργασίας των νέων τμημάτων οπλισμένου σκυροδέματος με την υφιστάμενη θεμελίωση. Η συνεργασία αυτή απαιτεί σχολαστική εργασία, συνήθως σε μεγάλη έκταση, κυρίως σε περίπτωση αμφίπλευρης ενίσχυσης.

**Αναδιαστασιολόγηση:** Μετά την κατασκευή της υποθεμελίωσης, ένα τμήμα του φορτίου της ανωδομής μεταφέρεται σταδιακά σ' αυτήν και η σύνθετη διατομή οδηγείται σε μια κατάσταση τελικής “ηρεμίας”. Μέχρι σήμερα δεν έχει προταθεί ικανοποιητική μέθοδος αποτίμησης αυτής της μεταβαλλόμενης με το χρόνο ανακατανομής. Στην πράξη, κατά το σχεδιασμό των υποθεμελιώσεων, κατά κανόνα ακολουθείται η πολύ συντηρητική αρχή να σχεδιάζεται η υποθεμελίωση ώστε να παραλαμβάνει το σύνολο του φορτίου.

### **6.7.3 Βαθιά υποθεμελίωση με τη μέθοδο των μικροπασσάλων**

**Πότε εφαρμόζεται:** Η μέθοδος κατασκευής μικροπασσάλων για την ενίσχυση της θεμελίωσης έχει προταθεί από τις αρχές της δεκαετίας του 50 και με την πάροδο του χρόνου έχει υποκαταστήσει όχι μόνο τη μέθοδο των βαθιών θεμελιώσεων (φρεατοπάσσαλοι μεγάλης διαμέτρου και μεγάλου βάθους) αλλά και σε αρκετές περιπτώσεις τη μέθοδο της αβαθούς υποθεμελίωσης. Τα κύρια πλεονεκτήματα των μικροπασσάλων είναι η άμεση εφαρμογή και η ταχύτητα κατασκευής τους, η αποφυγή εργασιών υποσκαφής και κατά συνέπεια των συνεπαγόμενων κινδύνων, η δυνατότητα αποφυγής κεφαλόδεσμου και η ικανότητά τους, με την προϋπόθεση καλής κατασκευής τους, να παραλάβουν σταδιακά τμήμα των φορτίων και να οδηγήσουν στη σταθεροποίηση των μετακινήσεων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου (μικροπάσσαλοι) είναι η διάθεση ενός ισχυρού και ευέλικτου γεωτρύπανου ικανού να διατρήσει κάθε είδος εδάφους αλλά και θεμελίωσης. Ανάλογα με το είδος του εδάφους γίνεται χρήση ή όχι σωλήνα για τη διασωλήνωση της οπής. Στην αρκετά συνηθισμένη περίπτωση όπου δεν γίνεται χρήση σωλήνα (συνεκτικά εδάφη), μετά τη σκυροδέτηση, στο σώμα του πασσάλου δημιουργούνται ανωμαλίες και ριζώματα και ο πάσσαλος στην περίπτωση αυτή ονομάζεται “ριζοπάσσαλος”. Η κατασκευή ριζοπασσάλων εφαρμόζεται και για τη βελτίωση του εδάφους, συνήθως όταν είναι κατακερματισμένο.

Η διάμετρος των πασσάλων κυμαίνεται μεταξύ 75 και 250mm και ο οπλισμός που χρησιμοποιείται, όταν η διάμετρος είναι μικρή (π.χ. <120 – 140mm), αποτελείται από μία μόνο κεντρική ράβδο ενώ όταν η διάμετρος είναι μεγάλη, αποτελείται από καλάθι (κλωβό) παρόμοιο με το καλάθι των έγχυτων πασσάλων.

Πριν από οποιαδήποτε εργασία κατασκευής των μικροπασσάλων εξετάζονται κατά σειρά τα εξής θέματα, τα οποία καθορίζουν και τον τελικό σχεδιασμό της επέμβασης:

- Κατάσταση θεμελίωσης και εδαφικών συνθηκών. Καλή θεμελίωση και συνεκτικά εδάφη επιτρέπουν τη χρήση μικροπασσάλων χωρίς κεφαλόδεσμο και διασωλήνωση (ριζοπάσσαλοι), ενώ σε αντίθετη περίπτωση επιβάλλεται η διασωλήνωση των οπών και η κατασκευή κεφαλόδεσμου

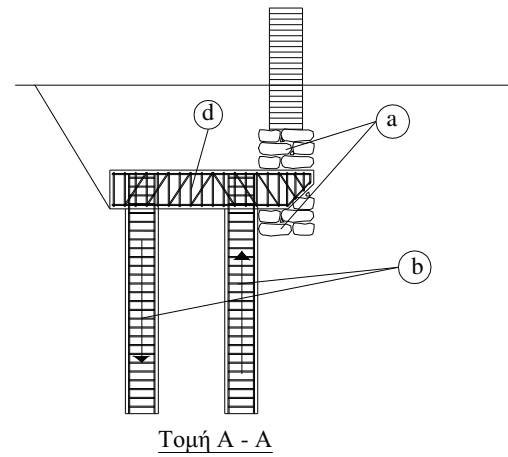
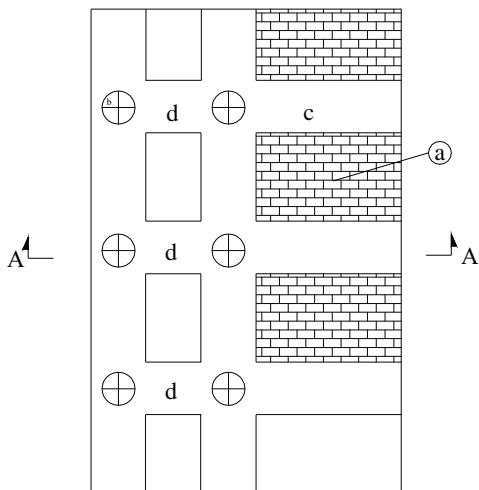
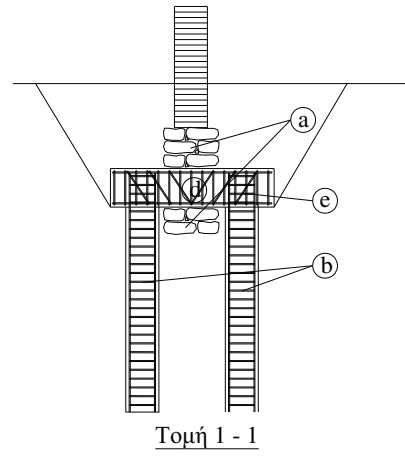
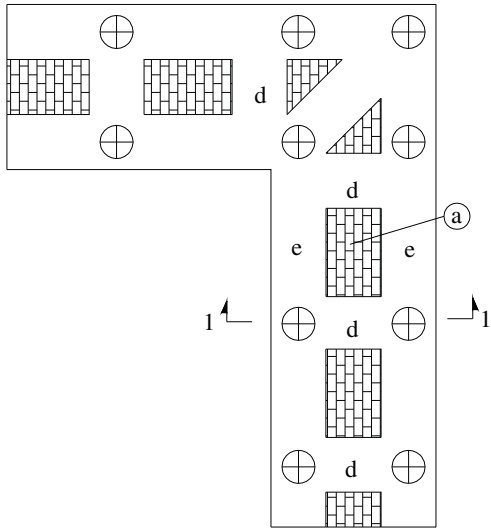
- Δυνατότητα πρόσβασης του γεωτρήπανου και από τις δύο πλευρές του τοίχου. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η είσοδος του γεωτρήπανου στο κτίριο δημιουργεί συνήθως προβλήματα προσπέλασης, το τελικό όμως αποτέλεσμα (συμμετρική υποθεμελίωση με ή χωρίς κεφαλόδεσμο) είναι κατά κανόνα, έναντι άλλων λύσεων, ιδιαίτερα ικανοποιητικό και μερικές φορές οικονομικό

### **Μικροπάσσαλοι με κεφαλόδεσμο**

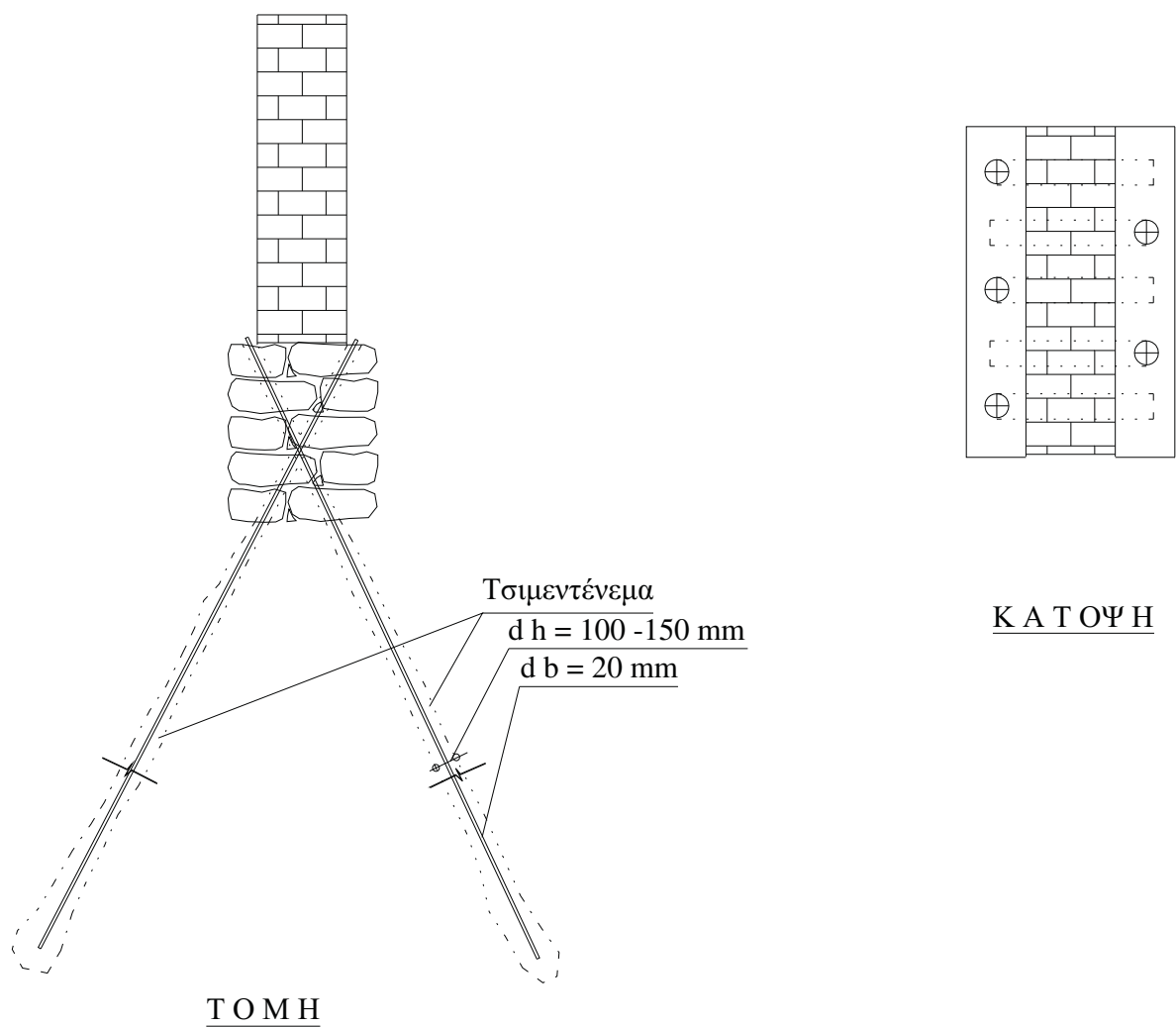
Η κατασκευή κεφαλόδεσμου συνιστάται σε περιπτώσεις όπου η κατάσταση της θεμελίωσης δεν είναι καλή ή η απόσταση των μικροπασσάλων από το θεμέλιο είναι σχετικά μεγάλη. Η κατασκευή κεφαλόδεσμου εξασφαλίζει καλύτερη μεταφορά των φορτίων της θεμελίωσης στους μικροπασσάλους και ως ένα βαθμό δημιουργεί σχετική μονολιθικότητα του συστήματος θεμελίωσης. Η διάταξη των μικροπασσάλων εξαρτάται κυρίως από τη δυνατότητα πρόσβασης του γεωτρήπανου στις θέσεις ενίσχυσης της θεμελίωσης. Έτσι λοιπόν διακρίνονται οι περιπτώσεις που φαίνονται στο Σχ. 6.7.7.

### **Μικροπάσσαλοι χωρίς κεφαλόδεσμο**

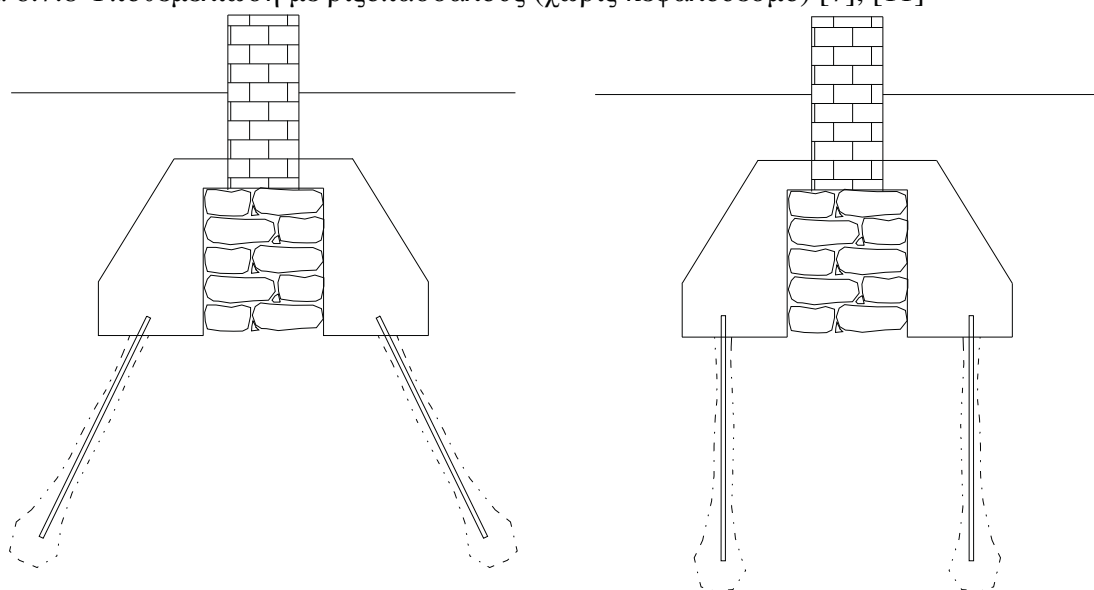
Η κατασκευή μικροπασσάλων χωρίς κεφαλόδεσμο συνιστάται στις περιπτώσεις σχετικά συνεκτικής θεμελίωσης και συνεκτικών εδαφών. Είναι σαφές ότι υπό τέτοιες συνθήκες (συνεκτικά εδάφη και καλή θεμελίωση) ενοείται η χρήση ριζοπασσάλων, δεδομένου ότι, όπως έχει προαναφερθεί, δεν χρειάζεται διασωλήνωση της οπής. Η διάταξη των ριζοπασσάλων γίνεται συνήθως υπό κλίση, με διάτρηση του κορμού της θεμελίωσης και σε ικανοποιητικό βάθος κάτω απ' αυτή. Σε περίπτωση που είναι δυνατή η πρόσβαση του γεωτρήπανου και από τις δύο πλευρές του τοίχου, τότε οι ριζοπάσσαλοι μπορούν να διαταχθούν ανά σταθερές αποστάσεις (κατά το δυνατό) και με αντιστοίχιση του μέσου της απόστασης δύο πασσάλων της ίδιας πλευράς με τη θέση πασσάλου της άλλης πλευράς του τοίχου (Σχ. 6.7.8). Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η πρόσβαση του γεωτρήπανου και στις δύο πλευρές του τοίχου, η κατασκευή ριζοπασσάλων μπορεί να συνδυασθεί με τη μέθοδο κατασκευής αβαθούς υποθεμελίωσης (σχήμα 6.7.9).



Σχ. 6.7.7 Διατάξεις μικροπασσάλων με κεφαλόδεσμο. Άνω κεντρική διάταξη (καλή στατική λειτουργία, δυσκολία κατασκευής), κάτω έκκεντρη διάταξη (κακή στατική λειτουργία, ευκολία κατασκευής) [9]



Σχήμα 6.7.8 Υποθεμελίωση με ριζοπασσάλους (χωρίς κεφαλόδεσμο) [7], [11]



Σχήμα 6.7.9 Συνδυασμός αβαθούς υποθεμελίωσης με ριζοπασσάλους [7], [11]

### **Στάδια υλοποίησης:**

Στάδιο 1: Γίνεται διάτρηση στο έδαφος. Σε περίπτωση ριζοπασσάλου δεν απαιτείται καταβιβασμός σωλήνα, σε αντίθετη περίπτωση επιβάλλεται. Ολοκληρώνεται η διάτρηση.

Στάδιο 2: Τοποθετείται ο κλωβός του οπλισμού (προκατασκευασμένος) στο εσωτερικό της οπής. Στην περίπτωση ριζοπασσάλων με διάμετρο μέχρι 140mm τοποθετείται μόνο μια ράβδος. Για μεγαλύτερες διαμέτρους χρησιμοποιούνται κλωβοί οπλισμού. Γενικώς όμως, σε περίπτωση ριζοπασσάλων, λόγω μη διασωλήνωσης, προτιμώνται μικρές διαμέτροι διατομής.

Στάδιο 3: Γίνεται η χύτευση του τσιμεντοκονιάματος στο εσωτερικό του σωλήνα. Χρησιμοποιείται κονίαμα υψηλής αντοχής (συνήθως 600-800 Kg τσιμέντου ανά κυβικό μέτρο κοσκινισμένης άμμου).

Στάδιο 4: Ανασύρεται ο σωλήνας (στην περίπτωση που είχε τοποθετηθεί).

Στάδιο 5: Στην περίπτωση κατασκευής κεφαλόδεσμου ή συνδυασμού ριζοπασσάλων με αβαθή υποθεμελίωση, ακολουθεί η διαδοχική εκτέλεση όλων των σταδίων όπως περιγράφηκαν για τις αβαθείς υποθεμελιώσεις.

### **Υλικά – εξοπλισμός:**

- Ισχυρό και ευέλικτο μικρών διαστάσεων γεωτρήπανο, ικανό να διατηρήσει κάθε είδους έδαφος, αλλά και κάθε είδους και αντοχής θεμέλιο
- Σωλήνες και διασωλήνωση των οπών (σε περίπτωση που απαιτούνται)
- Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και απαραίτητοι οπλισμοί
- Εξοπλισμός παρασκευής σκυροδέματος και εισαγωγής του υπό πίεση στο διάτρημα
- Σε περίπτωση που απαιτείται κατασκευή κεφαλόδεσμου, όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός και τα υλικά για κατασκευή αβαθούς υποθεμελίωσης

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Λόγω αποφυγής εργασιών υποσκαφής (σε περίπτωση μη κατασκευής κεφαλόδεσμου) κατά κανόνα δεν υπάρχει κίνδυνος πρόσθετων ρηγματώσεων στην τοιχοποιία. Γίνεται σταδιακή παραλαβή φορτίων των τοίχων και μεταφορά τους σε μεγαλύτερο βάθος με αποτέλεσμα το σημαντικό περιορισμό των τάσεων στο επίπεδο της θεμελίωσης και τη σταθεροποίηση των μετακινήσεων των θεμελίων. Σε περίπτωση κατασκευής κεφαλόδεσμου ή ακόμα και πυκνής διάταξης ριζοπασσάλων, προσφέρεται και κάποιας μορφής μονολιθικότητα της θεμελίωσης που ελαχιστοποιεί πιθανές διαφορικές καθιζήσεις. Τέλος, η συμμετρική διάταξη μικροπασσάλων, δηλ. η κατασκευή και από τις δύο πλευρές του τοίχου, επαυξάνει το βαθμό αποτελεσματικότητας.

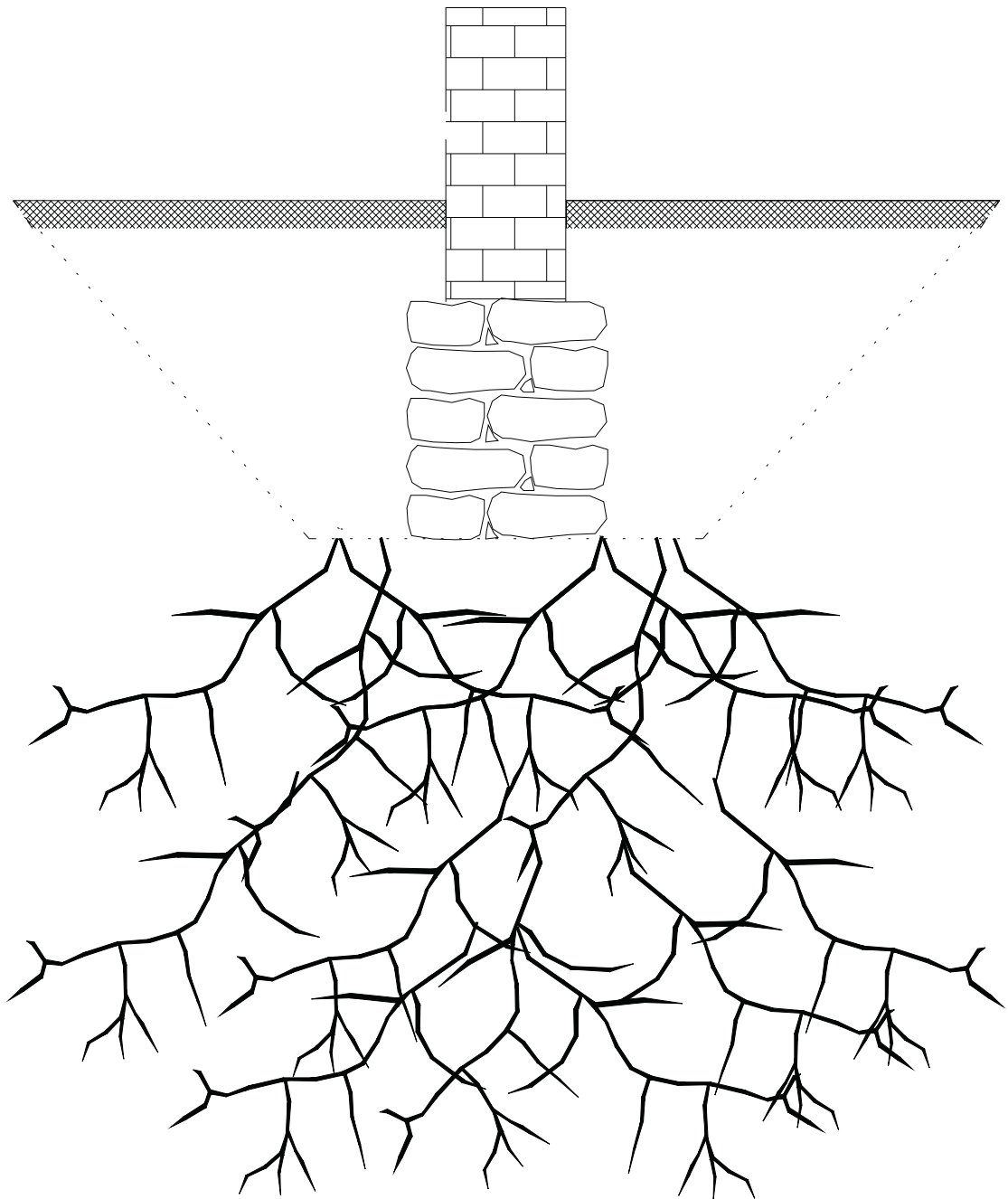
**Μειονεκτήματα:** Απαιτείται σχετικός εξοπλισμός (γεωτρήπανο) η εισαγωγή του οποίου στο κτίριο πολλές φορές συνεπάγεται δυσκολία στην υλοποίηση αυτής της μεθόδου. Επιπλέον είναι διερευνητέα η πρόσθετη οικονομική επιβάρυνση.

**Αναδιαστασιολόγηση:** Για τον υπολογισμό του φορτίου που μπορούν να φέρουν οι μικροπασσαλοι χρησιμοποιούνται συνήθως απλές μέθοδοι, όπως η υποδεικνυόμενη στο DIN 4128 υπολογιστική διαδικασία. Το μέγεθος του φορτίου εξαρτώμενο από τις εδαφικές συνθήκες και τη διάμετρο του πασσάλου κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 100 και 500 KN. Σύμφωνα με το ίδιο DIN, η φέρουσα ικανότητα των μικροπασσάλων ελέγχεται και επιβεβαιώνεται με κατάλληλη δοκιμαστική φόρτιση σε αριθμό μικροπασσάλων ίσο με το 3% του συνολικού αριθμού και όχι λιγότερων από δύο. Επίσης, συνιστάται η είσοδος τους σε ικανής αντοχής στρώση εδάφους σε μήκος 3m.



#### 6.7.4 Βελτίωση και ενίσχυση εδάφους με ενέσεις

**Πότε εφαρμόζεται:** Στις περιπτώσεις όπου κρίνεται αναγκαία η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης με την εισαγωγή ενεμάτων υψηλής αντοχής (σχήμα 6.7.10). Τέτοιες μπορεί να είναι οι περιπτώσεις εδαφών χαμηλής αρχικής φέρουσας ικανότητας, η προσθήκη ορόφων η οποία επαυξάνει τις τάσεις στο έδαφος θεμελίωσης, η περίπτωση εκσκαφής δίπλα από θεμέλια η οποία δημιουργεί σχετική αστάθεια του εδάφους κάτω από το επίπεδο θεμελίωσης (σχήμα 6.7.11). Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί τόσο σε συνεκτικά όσο και μη συνεκτικά εδάφη καθώς και σε βράχο υπό τον όρο ότι ο βράχος είναι ρηγματωμένος με τις ρωγμές του επικοινωνούσες. Αντίθετα, δεν είναι δυνατό να εφαρμοσθεί σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα όπως π.χ. οι άργιλοι. Η μέθοδος αυτή καθίσταται ολοένα και πιο ελκυστική για το λόγο ότι διατίθενται κονιάματα με μικρό ιξώδες (κοντά σ' αυτό του νερού), δηλ. κονιάματα με βελτιωμένη ενεσιμότητα.



Σχ. 6.7.10 Ενέσεις στο έδαφος [11]

### Στάδια υλοποίησης:

Στάδιο 1: Εκσκαφή μέχρι το επίπεδο της θεμελίωσης.

Στάδιο 2: Διάνοιξη οπών και εισαγωγή σωλήνων μέσω των οποίων θα διοχετευθεί το ένεμα σε επαρκές βάθος.

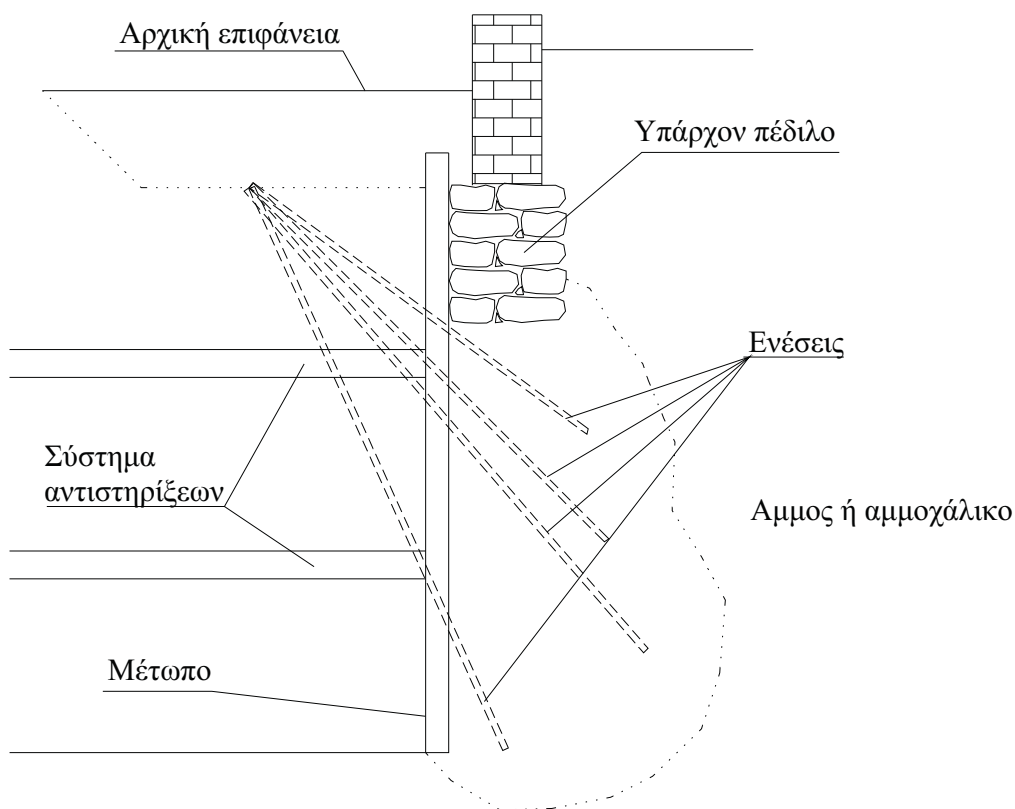
Στάδιο 3: Εισαγωγή του ενέματος με σύστημα υψηλής πίεσης.

### Υλικά – εξοπλισμός:

- Εξοπλισμός διάνοιξης οπών για την εισαγωγή ενέματος  
- Υλικά παρασκευής ενεμάτων: Η επιλογή του τύπου και η σύσταση του ενέματος εξαρτώνται από το είδος του εδάφους και την επιθυμητή τελική αντοχή. Γενικά στην περίπτωση διαπερατών αμμωδών εδαφών, χρησιμοποιούνται αιωρήματα τσιμέντου με υψηλές τιμές του λόγου τσιμέντο προς νερό όταν επιδιώκεται υψηλή αντοχή ενώ προτιμώνται χημικά διαλύματα ειδικών πυριτικών ή πολυμερών προϊόντων όταν η διαπερατότητα είναι μικρότερη

**Βαθμός αποτελεσματικότητας:** Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από την ομοιομορφία της διασποράς του ενέματος κάτω από τη θεμελίωση. Θα πρέπει ωστόσο να τονισθεί ότι με τη μέθοδο αυτή βελτιώνονται τα χαρακτηριστικά του εδάφους και όχι η μονολιθικότητα της θεμελίωσης. Ενδεχομένως η μέθοδος αυτή να συνδυάζεται και με μια από τις προηγούμενες μεθόδους ενίσχυσης της θεμελίωσης.

**Μειονεκτήματα:** Η ανομοιογένεια πολλών εδαφών καθιστά την ομοιόμορφη διασπορά του ενέματος ιδιαίτερα δυσχερή. Η διείσδυση του ενέματος σε μεγάλη έκταση του εδάφους ενδέχεται να συνεπάγεται σημαντική οικονομική επιβάρυνση.



Σχήμα 6.7.11 Βελτίωση του εδάφους κάτω από θεμέλιο και δίπλα σε εκσκαφή [9]

## 6.8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Υπουργείο Δημ. Έργων, Επισκευές βλαβών σε κτίρια που έχουν πληγεί από τους σεισμούς, Έκδοση Υ.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, 1978.
2. Υπουργείο Δημ. Έργων, Κατευθυντήριες προδιαγραφές και οδηγίες για επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό, Έκδοση Υ.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, 1978.
3. Α.Π.Θ., Επισκευή ζημιών από σεισμό σε κτίρια - Οδηγίες, Έκδοση Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1978.
4. Ε.Μ.Π., Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό, Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1978.
5. UNDP/UNIDO, Manual for building construction under seismic conditions in the balkan region: Design and Construction of Stone and Brick - Masonry Buildings, UNDP/UNIDO, Project RER 79/015, Vol. 3, Vienna, 1983.
6. UNDP/UNIDO, Manual for building construction under seismic conditions in the balkan region: Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick - Masonry Buildings, UNDP/UNIDO, Project RER 79/015, Vol. 5, Vienna, 1983.
7. Τάσιος, Θ., Η Μηχανική της Τοιχοποιίας, Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1986.
8. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Επισκευές – Ενισχύσεις – Παραδείγματα διαστασιολογήσεως, Έκδοση Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 1987.
9. Τσότσος, Σ., Ενίσχυση των θεμελιώσεων μνημείων - Κριτήρια, αρχές σχεδιασμού, εφαρμογή και τεχνολογικές εξελίξεις. Τόμος σεμιναρίου με τίτλο “Διατήρηση - Αποκατάσταση - Αναστήλωση”. Σύλλογος Αποφοίτων Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ. και Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1994, σελ. 271 - 293.
10. Καραντώνη – Μαραγκού, Τ., Σχεδιασμός και Ανασχεδιασμός Κατασκευών από Φέρουσα Τοιχοποιία, Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 1997.
11. Βιντζηλαίου, Ε., Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (ωπλισμένης και άοπλης), Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα, 1998.
12. Ιγνατάκης, Χ., Σύνθεση και παθολογία κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία εξ αιτίας σεισμικών δράσεων. Επισκευή και ενίσχυση κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Σημειώσεις μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών Α.Σ.Τ.Ε., Έκδοση Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1999.