

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

ΚΑΡΑΤΖΑΣ ΚΑΝΕΛΛΟΣ

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία θα γίνει μια προσπάθεια πρακτικής προσέγγισης του αντικειμένου των επισκευών και ενισχύσεων τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα καθώς και μια αναφορά στις πιο βασικές και διαδεδομένες μεθόδους αυτών. Η ελάχιστη βιβλιογραφία πάνω στο συγκεκριμένο θέμα των τοιχωμάτων και γενικότερα των επισκευών - ενισχύσεων δεν επέτρεψε διαφορετική θεωρητική αποτίμηση πέραν αυτής του μαθήματος.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα όπου τα σεισμικά φαινόμενα είναι έντονα, υπάρχει άμεση ανάγκη για ανασχεδιασμό των κατασκευών, αυτών τουλάχιστον που υπέστησαν βλάβες κατά τη διάρκεια κάποιου σεισμού έτσι ώστε να επισκευαστούν και πιθανώς να ενισχυθούν για καλύτερη συμπεριφορά σε μελλοντικό σεισμικό φαινόμενο.

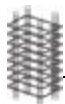
Τα τοιχώματα στις κατασκευές συμβάλουν τα μέγιστα στην ανάληψη εντάσεων που προκαλεί ένας σεισμός (ακαμψία αντοχή και πλαστιμότητα). Ο επανυπολογισμός τους ωστόσο στην περίπτωση επισκευής ή ενίσχυσης, δεν είναι τόσο αξιόπιστος καθώς ο προσδιορισμός των παραπάνω αντοχών βασίζεται κατά κύριο λόγο σε εμπειρικές εκτιμήσεις και επιλογές του μηχανικού, ελλείψει επιστημονικής τεκμηρίωσης. Επίσης η εκτίμηση της έντασης στο επισκευασμένο-ενισχυμένο στοιχείο δεν είναι εύκολο να συμπεριλάβει το φαινόμενο της προφόρτισης του παλιού στοιχείου. Τέλος, η μη λεπτομερής εκτέλεση των εργασιών μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αποτελεσματικότητα της επέμβασης.

2. ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Τα τοιχώματα σε μια κατασκευή είναι τα στοιχεία που παραλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής έντασης. Μετά από ένα ισχυρό σεισμό οι βλάβες σε τοιχώματα είναι εξ' ίσου συχνές όπως και οι βλάβες σε υποστυλώματα. Ένα ποσοστό 28.5% των κατασκευών που παρουσίασαν βλάβες στο σκελετό, στο σεισμό της Θεσσαλονίκης το 1978 είχαν βλάβες στα τοιχώματα.

Οι βλάβες αυτές είναι διατμητικής ή καμπτικής μορφής

α) Οι διατμητικού τύπου βλάβες είναι οι περισσότερο συχνές και οι πιο σοβαρές. Εμφανίζονται με λοξά ρήγματα που λόγω της αντίστροφης τους δράσης σεισμικής τελικά εμφανίζουν μορφή χιαστί. Η σοβαρότητα αυτής της βλάβης δεν οφείλεται μόνο στην ψαθυρότητα της αστοχίας αλλά και στο γεγονός ότι μπορεί να προκληθούν εκατέρωθεν μετακινήσεις των τριγωνικών τμημάτων του τοιχώματος, που συνεπάγονται βράχυνση του συνολικού στοιχείου και πιθανή αδυναμία μεταφοράς των κατακόρυφων φορτίων, κατά συνέπεια υπάρχει κίνδυνος τμηματικής ή συνολικής κατάρρευσης του δομήματος μέσα από μια αλυσιδωτή σειρά αστοχιών. Γι' αυτό το λόγο, ο σύγχρονος τρόπος σχεδιασμού των τοιχωμάτων προβλέπει την μόρφωση ενισχύσεων στα άκρα του τοιχώματος υπό τη μορφή

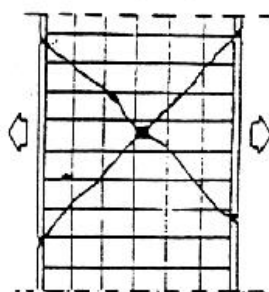


εμφανών υποστλωμάτων η «κρυφοκολώνων», (Ελλ.Καν.Σκυροδ. Παρ.18.5.3) που μπορούν να παραλάβουν το αξονικό φορτίο του τοιχώματος. Έτσι ο βαθμός κίνδυνου μιας τέτοιας μορφής βλάβης, μειώνεται σημαντικά.

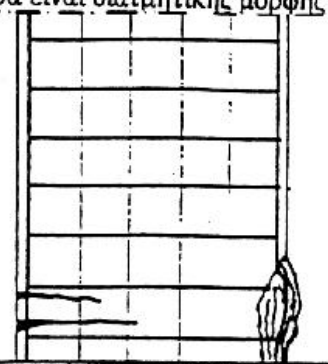
Τα αιτία μιας τέτοιας αστοχίας θα πρέπει βασικά να αναζητηθούν στην συνολική μόρφωση και σχεδιασμό του φορέα. Μερικές μορφές συνδυάζεται με ανεπαρκή διατμητικό οπλισμό και χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος.

β) Οι καμπτικού τύπου βλάβες, είναι λιγότερο συχνές. Παρουσιάζονται στη βάση του τοιχώματος κοντά στη θεμελίωση, και είναι εμφανής στον ισόγειο όροφο των κτηρίων, όταν έχουν κατασκευαστεί με ισχυρή θεμελίωση ή όταν διαθέτουν υπόγειο όροφο τα περιμετρικά τοιχεία του οποίου δημιουργούν συνθήκες πάκτωσης του τοιχώματος. Στη περίπτωση θεμελίωσης τοιχωμάτων σε απλά πέδιλα, οι ροπές που αναπτύσσονται στη βάση είναι πολύ μικρότερες λόγω στροφής του πέδιλου, ενώ δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην αναπτυσσόμενη τέμνουσα. Έτσι οι αναπτυσσόμενες βλάβες θα είναι διατμητικής μορφής με πιθανες αστοχίες στις συνδετήριες δοκούς της θεμελίωσης.

πιθανες αστοχίες στις συνδετήριες δοκούς της θεμελίωσης.



Σχ.1 Διατμητική βλάβη τοιχείου



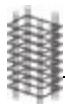
Σχ.2 Καμπτική βλάβη τοιχείου

Μια ξεχωριστή περίπτωση βλάβης που παρουσιάζεται παρρ πολύ συχνά στα τοιχώματα είναι αυτή που παρατηρείται με ρηγμάτωση των αρμών διακοπής εργασίας. Δεν χαρακτηρίζεται σαν επικίνδυνη μορφή βλάβης γιατί αφενός μεν δεν μειώνεται η δυνατότητα μεταφοράς των αξονικών φορτίων και αφετέρου δεν επηρεάζεται η συνολική ακαμψία του φορέα. Οφείλεται στην αδυναμία μεταφοράς τέμνουσών δυνάμεων στον αρμό και είναι εντονότερο από ότι στα υποστλώματα λόγω των μειωμένων αξονικών φορτίων. Έτσι εάν κατά την σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος δεν είχε δημιουργηθεί η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας του παλαιού σκυροδέματος, όπως επιβάλλουν οι κανονισμοί, δημιουργείται αστοχία της διεπιφάνειας από υπέρβαση της διατμητικής αντοχής του αρμού. Ο Ελληνικός Κανονισμός Σκυροδέματος προβλέπει ένα ελάχιστο ποσοστό κατακόρυφου οπλισμού που πρέπει να διαπερνά τον αρμό (με καλή αγκύρωση) για να αντικαταστήσει όλη την αντοχή του σκυροδέματος.

3. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

Αντιμετωπίζοντας τα ενισχυμένα τοιχώματα ως μονολιθικά δομικά στοιχεία παρόλο που είναι γνωστό ότι τα επισκευασμένα τοιχώματα έχουν την ίδια αντοχή αλλά λίγο μικρότερη δυσκαμψία από αυτή του μονολιθικού θεωρούμε τους μειωτικούς συντελεστές $K_r = 1,0$ και $K_k = 0,9 \sim 1,0$.

Αυτοί οι συντελεστές δίνουν δυο αναλύσεις,



στην πρώτη ανάλυση η δυσκαμψία των τοιχωμάτων εκτιμάται θεωρώντας $K_k = 0,9$, ενώ σ τη δεύτερη το τοίχωμα αντιμετωπίζεται ως μονολιθικό δηλαδή $K_k = 1$.

Τα αποτελέσματα της δεύτερης ανάλυσης δίνουν δυσμενέστερες τιμές των εντατικών μεγεθών και αυτές οι τιμές τελικά λαμβάνονται υπ'οψιν.

Όλες αυτές οι παραδοχές ισχύουν φυσικά όταν:

- έχει αποκατασταθεί η συνέχεια του τοιχώματος στην περιοχή της βλάβης, πριν από την ενίσχυση.
- ο νέος οπλισμός ενίσχυσης είναι καλά ακυρωμένος στον αρχικό φορέα.
- το εμβαδόν της διατομής του μανδύα δεν είναι μεγαλύτερο από το διπλάσιο της διατομής.

4. ΕΠΙΣΚΕΥΗ -ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Πρέπει να τονιστεί ότι επισκευασιμες είναι σχεδόν όλες οι βλάβες που παρουσιάζονται στα τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

α) Απλή ρηγμάτωση

Οι βλάβες σε αυτό το βαθμό αποκαθίσταται με χρήση επισκευαστικών κονιαμάτων με βάση το τσιμέντο, ρητινενέσεων, FIBER GLASS.

Αναλόγως το κόστος αποφασίζουμε τον τρόπο επισκευής. Η τεχνική πάντως που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια είναι αυτή των ρητινενέσεων καθώς συνδυάζει πολλά πλεονεκτήματα ενώ δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα. Βασικός παράγοντας για μια επιτυχή επέμβαση με αυτή τη τεχνική είναι καλή προετοιμασία της ρωγμής όπως και η σωστή ανάμιξη ρητίνης με σκληρυντή.

Επίσης πολύ σημαντικός παράγοντας για μια σωστή επισκευή είναι η τεχνική κατάρτιση του συνεργείου που θα αναλάβει το έργο:

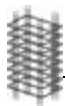
- γεωμετρία ρωγμής
- θέσεις επιστομίων
- πίεση ενέματος
- ιξώδες
- χρόνος εργασιμότητας
- θερμοκρασία περιβάλλοντος

είναι στοιχεία που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την επιτυχή έκβαση της επισκευής.

β) Μερική αποδιοργάνωση

Οι βλάβες αυτού του βαθμού αποκαθίσταται με μερική καθαίρεση του σκυροδέματος που έχει βλαφθεί και αντικατάσταση αυτού με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Όσον αφορά στην ενίσχυση που έπεται της επισκευής, μπορεί να γίνει με περίσφιγξη μέσω επικολητών κολλάρων ή προεντεταμένων κολλάρων, μέσω χρήσης σπειροειδούς οπλισμού ή και με χρήση ολόσωμου μανδύα από φύλλα χάλυβα ή FRP.

Εξαιτίας του μεγάλου λόγου των πλευρών των τοιχωμάτων όμως, η περίσφιγξη δεν αποδίδει αξιόλογα και γι' αυτό το λόγο η τεχνική αυτή δεν συνιστάται. Ωστόσο η τεχνική των μανδύων με FRP όπως επίσης και αυτή του μεταλλικού κλωβού μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία στα τοιχώματα. Πιο αναλυτικά :



β1) ΜΑΝΔΥΕΣ ΑΠΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ (FRP)

Ίσως ο πιο εύχρηστος τρόπος επιβολής της περίσφιγξης. Τα φύλλα εφαρμόζονται σε οριζόντια διεύθυνση εγκιβωτίζοντας το τοιχίο και αυξάνοντας τη διατμητική του αντοχή. Εφαρμόζοντας φύλλα με κατακόρυφη διεύθυνση ινών επιτυγχάνουμε και αύξηση της καμπτικής αντοχής του φροντίζοντας για την εξομάλυνση των γωνιών έτσι ώστε να αποκτήσουν καμπυλότητα με ακτίνα 30mm.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως αυτή η τεχνική αποτελεί την κορύφωση της περίσφιγξης με σχετικά αυξημένο όμως κόστος εφαρμογής και αυτό ίσως είναι και το μοναδικό της μειονέκτημα.

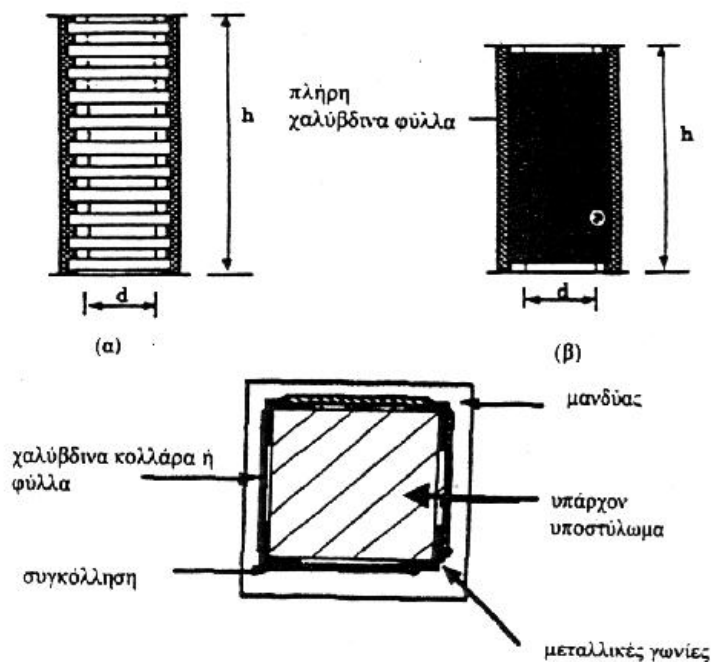
β2) Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΚΛΩΒΟΥ

Η τεχνική του μεταλλικού κλωβού είναι η πλέον διαδεδομένη διαδικασία επιβολής της περίσφιγξης. Τέσσερα μεταλλικά γωνιακά ελάσματα, προσαρμόζονται στις γωνίες του τοιχώματος και οριζόντια μεταλλικά ελάσματα συγκολλούνται πάνω στα γωνιακά.

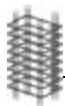
Πριν γίνει η συγκόλληση προηγείται σύσφιξη των γωνιακών με ειδικά κλειδιά ή γίνεται προθέρμανση του οριζόντιου οπλισμού σε $T = 200- 400\text{ C}$ έτσι ώστε να δημιουργηθεί περίσφιγξη με τη συστολή που επέρχεται όταν γίνει απόψυξη.

Τα κενά που δημιουργούνται στην επαφή του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος, συμπληρώνονται με ένα μη συρικνούμενο κονίαμα ή εποξειδική κόλλα. Η τελική επιφάνεια μπορεί να δημιουργηθεί με μια ισχυρή τσιμεντοκονία οπλισμένη με ένα ελαφρύ πλέγμα ενώ δεν είναι απαραίτητη η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες διαδικασίες, αποτελεί πλεονέκτημα της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού η δυνατότητα μεταφοράς ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του τοιχώματος. Σε συνδυασμό μάλιστα με την ταχύτητα με την οποία μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική, αποτελεί κατάλληλη προσωρινή λύση άμεσης ανάληψης κατακόρυφων φορτίων σε στοιχεία που υπέστησαν βλάβες και αδυνατούν πλέον να μεταφέρουν τα αξονικά τους φορτία.



Σχ.5 Μεταλλικός κλωβός



γ) Διακοπή συνέχειας από πλήρη αποδιοργάνωση σκυροδέματος ή βλάβη οπλισμών

Οι βλάβες αυτού του βαθμού είναι και οι μεγαλύτερες και αποκαθίσταται με πλήρη επισκευή και ενίσχυση. Αυτό επιτυγχάνεται με μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα, η τεχνική των οποίων είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αύξησης της αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστικότητας τους. Τα είδη μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος είναι:

- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα
- Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
- Μανδύες από τσιμεντόπηγμα
- Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα.

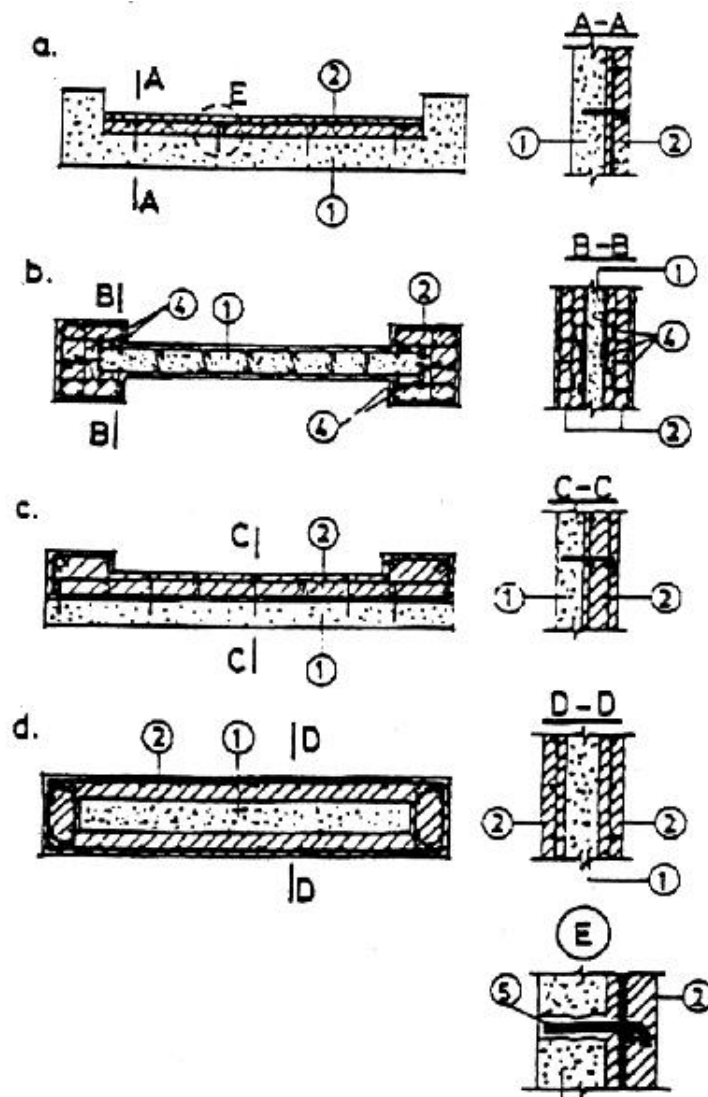
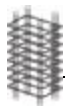
Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν την αύξηση της διατομής του τοιχώματος με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού στοιχείου και μπορεί να εκτείνεται είτε σε όλο το μήκος του τοιχίου είτε σε ένα μόνο τμήμα του (τοπικός μανδύας).

Η διαδικασία κατασκευής είναι η εξής:

- n** Αποφορτίζονται και υποστυλώνονται οι πλάκες και οι δοκοί που συντρέχουν στο τοιχίο
- n** Απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαθίσταται η συνέχεια του στοιχείου.
- n** Αποκαλύπτονται οι οπλισμοί σε θέσεις που έχουν προεπιλεγεί για συγκόλληση οι νέοι οπλισμοί
- n** Διανοίγονται και προετοιμάζονται οι οπές στις θέσεις αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού και βλήτρων
- n** Εκτραχύνεται η επιφάνεια επιμελώς με κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό έτσι ώστε να απομακρυνθεί η επιδερμική στρώση τσιμεντοπολτού και να αποκαλυφθούν τα αδρανή.
- n** Αγκυρώνονται στα άκρα τους η διαμήκεις οπλισμοί με χημική πάκτωση.
- n** Αγκυρώνονται τα μηχανικά και χημικά βλήτρα (εφ' όσον προβλέπονται)
- n** Τοποθετούνται και ηλεκτροσυγκολούνται οι αναρτήρες (εφ' όσον προβλέπονται συγκολλήσεις).
- n** Τοποθετούνται νέοι συνδετήρες.
- n** Γίνεται ο τελικός καθαρισμός των επιφανειών με αέρα και νερό.
- n** Διαβρέχεται η επιφάνεια του παλιού σκυροδέματος έξι ώρες πριν τη σκυροδέτηση.
- n** Σκυροδετείται ο μανδύας και ακολουθούν τα μέτρα συντήρησης σύμφωνα με το κανονισμό σκυροδέματος (ΥΠΕΧΩΔΕ 1997).

Στις περιπτώσεις που απαιτείται αυξημένη διατμητική αντοχή ή πλαστιμότητα χωρίς αύξηση της καμπτικής αντοχής ο μανδύας μπορεί να κατασκευαστεί χωρίς σύνδεση στις δοκούς των ορόφων (30-50mm απόσταση από τον πυθμένα των δοκών).

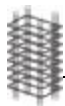
Επίσης μερικές φορές εφαρμόζεται ταυτόχρονα η τεχνική του μεταλλικού κλωβού και η κατασκευή μανδύα από Ο.Σ. στο ίδιο δομικό στοιχείο.



1. παλιό τοίχωμα, 2. νέα επένδυση Ο.Σ., 3. ακραίες ενισχύσεις, 4. συγκολλήσεις, 5. αγκυρώσεις με εποξειδικές ρητίνες

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Επισκευή πρέπει να είναι η προετοιμασία για τον επόμενο σεισμό.
- Η ενίσχυση δε σταματά πουθενά και το αποτέλεσμα δεν είναι πάντα ανάλογο με το τι δαπανήσαμε.
- Το οπτικό αποτέλεσμα μιας επισκευής-ενισχύσεις δεν αντανακλά πάντα τη δουλειά που πραγματικά έγινε.
- Οι σεισμοί αλλά και οι κατασκευές διαφέρουν από τόπο σε τόπο.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δρίτσος Σ. (2001)
«Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από Ο.Σ»
2. Δρίτσος Σ. (1998)
«Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από Ο.Σ»
3. Ε.Μ.Π (1978)
«Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό» 2^η Έκδοση
4. Φούντας Γ.
«Επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό» Έκδοση 95-10

