

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ Ο.Σ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

ΚΟΥΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε όσο το δυνατόν πληρέστερα τον τρόπο ενίσχυσης κατασκευών Ο.Σ με τοιχώματα. Στο πλαίσιο αυτό αναφέρονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή του παραπάνω τρόπου ενίσχυσης, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του καθώς και ορισμένα σημαντικά στοιχεία που αφορούν τον σχεδιασμό. Παράλληλα αναφέρονται και ορισμένες κατασκευαστικές λεπτομέρειες που έχουν προκύψει από πειραματικά και παραμετρικά αποτελέσματα. Στα συμπεράσματα γίνεται μια αποτίμηση της αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου τρόπου ενίσχυσης καθώς και ορισμένα σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την εφαρμογή του.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι ευρέως γνωστό ότι κατοικούμε σε μια χώρα με ιδιαίτερα αυξημένη σεισμική επικινδυνότητα στην οποία εκλύεται το 50% της Ευρωπαϊκής σεισμικής δραστηριότητας. Δεν είναι τυχαίο ότι η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα σε σεισμική επικινδυνότητα στην ευρωασιατική ζώνη και έκτη στην παγκόσμια κατάταξη των χωρών με τον μεγαλύτερο βαθμό σεισμικής επικινδυνότητας. Κατά μέσο όρο άνα 2 με 3 έτη εμφανίζεται καταστρεπτικός σεισμός στον Ελλαδικό χώρο, ενώ στην τελευταία εικοσαετία παρουσιάστηκαν σεισμικά γεγονότα που έπληξαν μεγάλα αστικά κέντρα στα οποία βρίσκεται συγκενρωμένο το μεγαλύτερο ποσοστό του δομικού πλούτου. Ως εκ τούτου, οι κατασκευές θα καταπονηθούν περισσότερο από μια φορές κατά τη διάρκεια της ζωής τους σε έντονες σεισμικές διεγέρσεις με συνέπεια την συσσώρευση βλαβών. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα πρόσφατης απογραφής της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας όπου το 33% των οικοδομών της χώρας έχει ανεγερθεί πριν το 1959 και ένα άλλο 47% μεταξύ των 1959 και 1985, δείχνουν ότι το πλείστον των Ελληνικών οικοδομών έχει σχεδιαστεί είτε χωρίς αντισεισμικούς κανονισμούς είτε βάση υποτυπωδών αντισεισμικών κανονισμών, οι οποίοι αφενός υποτιμούσαν το μέγεθος των σεισμικών δράσεων και υπολόγιζαν τα σεισμικά εντατικά μεγέθη πλημμελώς και αφετέρου αγνοούσαν την σημασία της πλαστιμότητας η οποία θεωρείται σήμερα ως η βασικότερη αντισεισμική μηχανική ιδιότητα των κατασκευών σε συνδυασμό με τον ικανοτικό σχεδιασμό. Συνεπώς, η ανάγκη ενίσχυσης κατασκευών από Ο.Σ καθίσταται επιτακτική.

ΓΕΝΙΚΑ

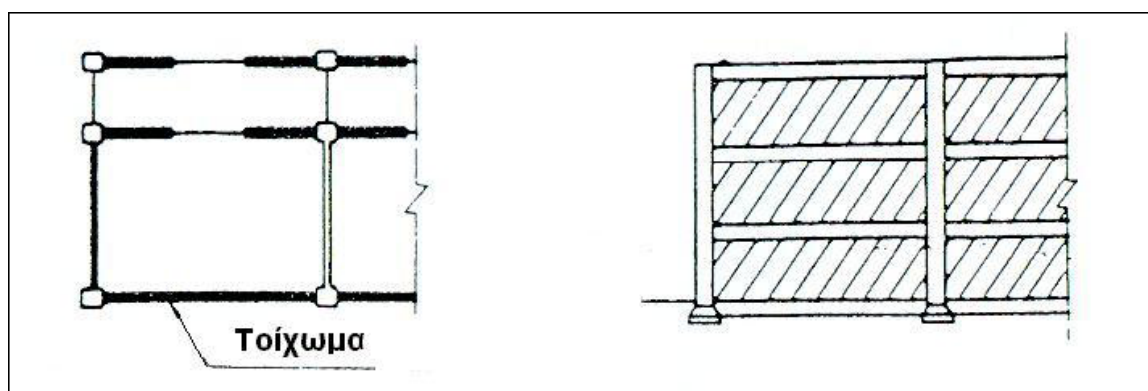
Η ανάγκη ενίσχυσης κατασκευών από Ο.Σ, είχε ως αποτέλεσμα να οδηγηθούμε στην εξεύρεση και ανάπτυξη μεθόδων και τεχνικών για την ενίσχυσή τους. Ως ενίσχυση στοιχείου η κατασκευής θεωρούμε το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται ώστε το στοιχείο ή η κατασκευή να αυξήσει την αντοχή του έναντι συγκεκριμένου συνδυασμού δράσεων. Στην περίπτωση που οι βλάβες προέρχονται από σεισμικές δράσεις η ενίσχυση συνδυάζεται και με την επισκευή. Είναι δε απαραίτητη γιατί σε παρόμοια καταπόνηση της κατασκευής αν γίνει μόνο επισκευή, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα παρουσιαστούν οι ίδιες βλάβες με αυτές που είχαμε πριν την επισκευή! Έτσι προέκυψε ότι για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών υπάρχουν δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά την ενίσχυση των υπάρχόντων δομικών στοιχείων (τοπικές επεμβάσεις), ενώ η δεύτερη αφορά την ενίσχυση του κτιρίου προσθέτοντας νέα στοιχεία (γενικές επεμβάσεις).

Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους, που κατατάσσεται στην δεύτερη κατεύθυνση, είναι η προσθήκη τοιχωμάτων η οποία επιδρά στο σύνολο της κατασκευής. Τα τοιχώματα μπορούν να τοποθετηθούν είτε περιμετρικά στην κατασκευή είτε στο εσωτερικό της. Η μέθοδος αυτή, και συγκεκριμένα με τη χρήση τοιχωμάτων Ο.Σ, είναι από τις πρώτες που πρακτικά χρησιμοποιήθηκαν για ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών από Ο.Σ, χωρίς όμως να υπάρχει ούτε πειραματικό ούτε θεωρητικό υπόβαθρο. Για το λόγο αυτό, οι αρχικές παρεμβάσεις βασίζονταν στην κρίση των μηχανικών, οι οποίοι είχαν σαν κύριο στόχο την μείωση των μετακινήσεων του κτιρίου κάνοντάς το πιο δύσκαμπτο.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

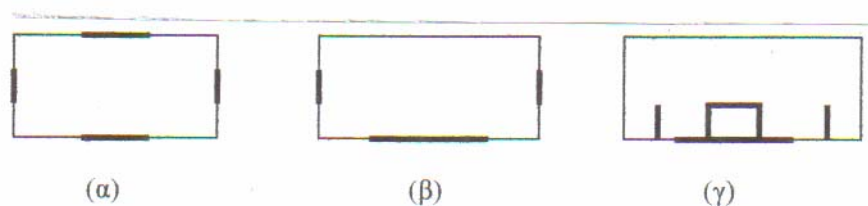
Ο τρόπος ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών από Ο.Σ με χρήση τοιχωμάτων, σήμερα στην πράξη, υλοποιείται με τις ακόλουθες μεθόδους και τεχνικές προσθήκης αυτών:

1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (Φ.Ο) ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΔΟΚΟΥΣ ΚΑΙ ΣΤΗΛΟΥΣ (Σχήμα 1).



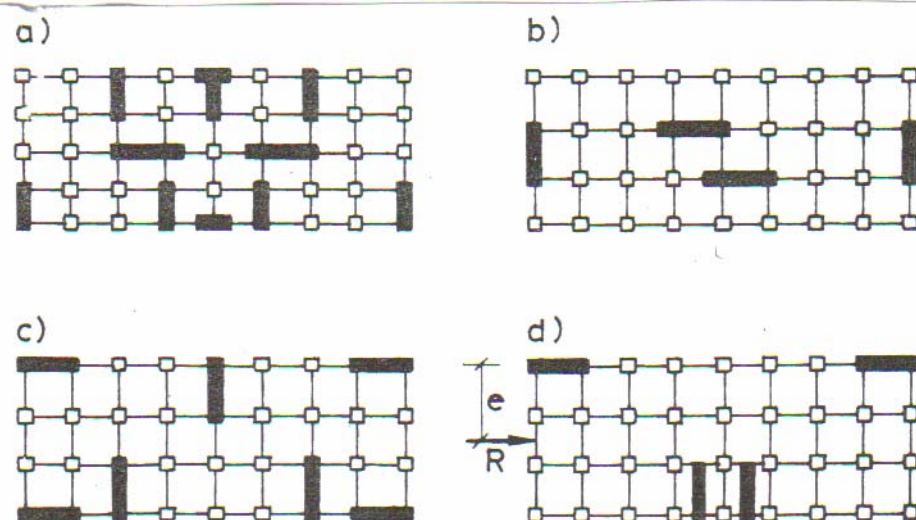
Σχήμα 1 : Προσθήκη τοιχώματος εντός πλαισίου [9].

Σε συνήθη έργα ο μηχανικός συχνά αποφασίζει για την χρήση της μεθόδου αυτής κυρίως με βάση την εμπειρία του και με αρκετές απλουστεύσεις στο προσομοίωμα ανάλυσης του φορέα. Σε περιπτώσεις όμως ειδικών απαιτήσεων η χρήση της πρέπει να βασίζεται σε μια ακριβέστερη αναλυτική εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των υφισταμένων μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής (π.χ τοιχοπληρώσεων) και στοιχείων που αγνοούνται συχνά κατά την ανάλυση (π.χ κλιμακοστασίων). Πάντα στην μόρφωση του νέου φορέα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι περιορισμοί που προβλέπονται στον αντισεισμικό κανονισμό. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τη θέση τοποθέτησης των τοιχωμάτων αυτών στην κάτοψη του υφιστάμενου κτιρίου, θα πρέπει τα τοιχώματα αυτά να κατασκευάζονται σε επιλεγμένα πλαίσια της κατασκευής είτε περιμετρικά της κάτοψης είτε εσωτερικά αυτής προκειμένου να υπάρχει συμμετρική διάταξη των τοιχωμάτων (Σχήμα 2).



Σχήμα 2 : κατάλληλες θέσεις τοιχωμάτων [5].

Σε διαφορετική περίπτωση θα έχουμε κακή διάταξη αυτών, δηλαδή θα έχουμε έκκεντρα τοιχία (Σχήμα 3d).



Σχήμα 3 : Προσθήκη νέων τοιχείων Ο.Σ εντός των πλαισίων [5]

a), b), c) : Καλή διάταξη

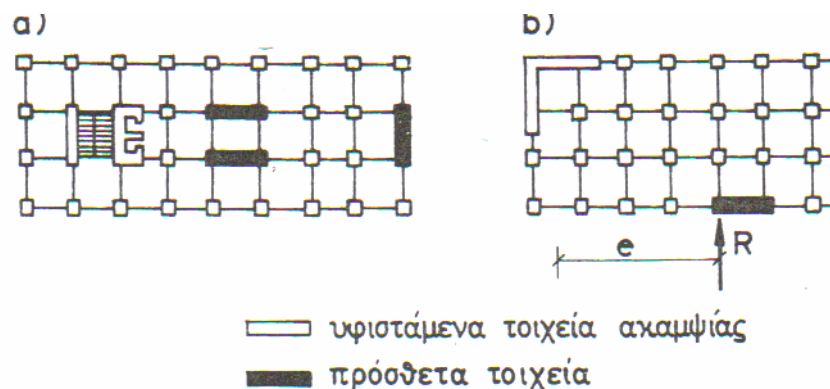
d) : Κακή διάταξη

Τα έκκεντρα τοιχία έχουν σαν αποτέλεσμα το κέντρο μάζας της κάτοψης-ορόφου να μην ταυτίζεται με το κέντρο δυσκαμψίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθεί στρέψη στα υποστηλώματα της κάτοψης και ανάπτυξη σε αυτά διατμητικών τάσεων με αποτέλεσμα την πρόωρη αστοχία των υποστηλωμάτων αυτών σε διάτμηση. Ταυτόχρονα θα πρέπει να αποφεύγεται η απότομη μεταβολή της δυσκαμψίας καθ' ύψος της κατασκευής. Έτσι το τοίχωμα πρέπει να ξεκινάει από κάτω και να συνεχίζεται αδιάκοπα μέχρι εκεί που κρίνεται απαραίτητο. Παράλληλα, όσον αφορά τη συγκεκριμένη μέθοδο, εκτός από τον καθορισμό της σωστής θέσης των τοιχωμάτων ενίσχυσης στην κάτοψη κρίσιμο στοιχείο στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής αποτελεί και ο καθορισμός του απαραίτητου πλήθους των τοιχωμάτων ενίσχυσης. Η σύνδεση των τοιχωμάτων αυτών γίνεται με όλα τα μέλη του πλαισίου (υποστηλώματα-δοκοί).

Με την εφαρμογή όλων των παραπάνω παραμέτρων της μεθόδου, η προσθήκη νέων τοιχωμάτων εντός υφιστάμενων πλαισίων της κατασκευής θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα. Παράλληλα, όταν η σύνδεση του τοιχώματος γίνει μόνο με τις δοκούς του συγκεκριμένου πλαισίου, οπότε στα πλάγια αφήνεται ένα μικρό κενό, επιδιώκεται μια περισσότερο πλάστιμη συμπεριφορά. Ταυτόχρονα η ενφάντωση τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φέροντος οργανισμού μιας οικοδομής αποβλέπει στην παραλαβή μέσω αυτών, μεγάλου τμήματος των σεισμικών φορτίων και στην δραστική μείωση των μετακινήσεων του χωρικού συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο συντελούν στην αποτελεσματική προστασία του υφιστάμενου φέροντος οργανισμού. Τέλος η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για να διορθωθούν σφάλματα σχεδιασμού που σχετίζονται με τη μόρφωση του φορέα και ειδικότερα όταν διαπιστώνεται ασυμμετρία της κατανομής της δυσκαμψίας καθ' ύψος ή εκκεντρότητες δυσκαμψίας σε κάτοψη (Σχήμα 4).

Σαν μειονέκτημα της μεθόδου ενφάντωσης τοιχωμάτων σε πλαίσια είναι ότι μπορεί να υπάρξει πρόβλημα στην θεμελίωση π.χ λόγω αύξησης του νεκρού φορτίου (βλέπε ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ). Παράλληλα ο χρόνος ολοκλήρωσης των εργασιών, με αυτή την μέθοδο

ενίσχυσης, είναι μεγάλος. Επίσης, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην σύνδεση του πλαισίου με το τοίχωμα (βλέπε ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ). Τέλος, με τα εσωτερικά ενφρατινόμενα τοιχώματα έχουμε διαίρεση του εσωτερικού χώρου και με τα εξωτερικά έχουμε περιορισμό του φυσικού φωτός μέσω των δεσμεύσεων των ανοιγμάτων από αυτά.



Σχήμα 4 : Βελτίωση εκκεντροτήτων δυσκαμψίας με την προσθήκη νέων τοιχείων [5].

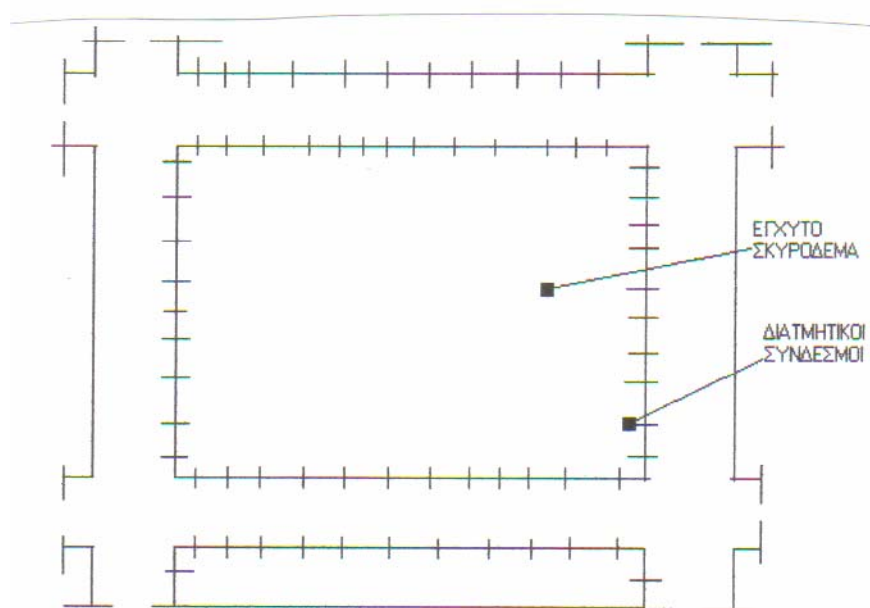
Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της παραπάνω μεθόδου διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- α) Τοιχώματα από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα ή εκτοξευόμενο
- β) προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)

Πιο συγκεκριμένα:

- α) ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΕΓΧΥΤΟ Ο.Σ Η ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ

Τοιχώματα από έγχυτο Ο.Σ ή από εκτοξευόμενο (Σχήμα 5) κατασκευάζονται σε



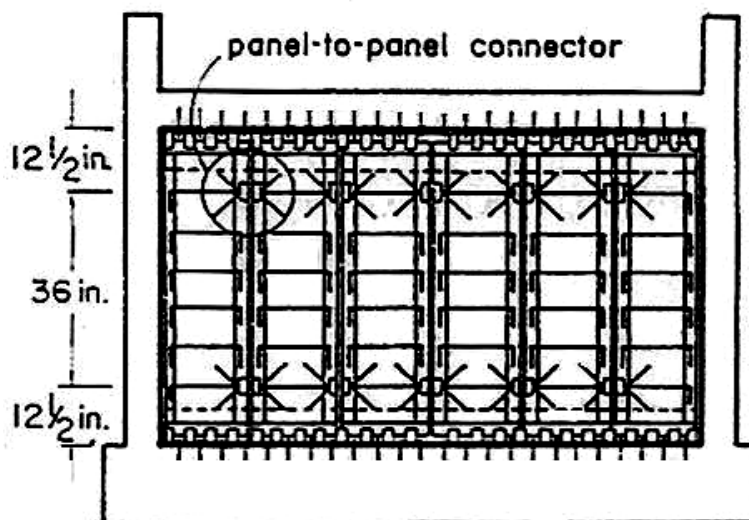
Σχήμα 5 : Ενίσχυση της ακαμψίας με έγχυτο σκυρόδεμα εντός πλαισίου.

κατάλληλα επιλεγμένα πλαίσια. Το τοίχωμα συνδέεται κατά μήκος της περιμέτρου του πλαισίου

με τα υπάρχοντα υποστηλώματα και τα δοκάρια. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στις περιπτώσεις που επιδιώκεται μια πιο πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής, η σύνδεση γίνεται μόνο στις δοκούς, δηλαδή στο πάνω και στο κάτω μέρος του τοιχώματος, ενώ στα πλάγια μεταξύ του τοιχώματος και των υποστηλωμάτων δεν γίνεται σύνδεση και αφήνεται ένα μικρό κενό. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται για την εξασφάλιση της συνέχειας στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος. Πιο συγκεκριμένα, προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην σύνδεση του πλαισίου με το τοίχωμα για να δρουν ως σύνολο. Αυτό διασφαλίζεται με την χρήση διατμητικών συνδέσμων (βλέπε ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ). Επιπλέον, κρίσιμο σημείο στην εφαρμογή της μεθόδου είναι η εξασφάλιση της μεταφοράς των δράσεων στα νέα τοιχώματα Ο.Σ από τα δοκάρια (βλέπε ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ). Επίσης κάποια άλλα κατασκευαστικά προβλήματα που προκύπτουν είναι η συστολή ξήρανσης (με συνέπεια την ρηγμάτωση της επιφάνειας) και η δυσκολία σκυροδέτησης. Για την αντιμετώπιση του πρώτου προβλήματος υπάρχουν ειδικά σκυροδέματα όπως π.χ το πολυμερικό καθώς και διάφορα κονιάματα τα οποία χαρακτηρίζονται κυρίως για την υψηλή πρόσφυση και την μικρή συστολή ξήρανσης και χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία των επιφανειών διάστρωσης. Για το δεύτερο πρόβλημα, που συμβαίνει λόγω της ανεπαρκούς πρόσβασης στην κορυφή με αποτέλεσμα αρμού στο πάνω μέρος, αντιμετωπίζεται με τσιμεντενέσεις.

β) ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ (PANELS)

Η τεχνική της προσθήκης προκατασκευασμένων τοιχωμάτων (panels), εντός πλαισίων της κατασκευής, τα οποία είναι συμπαγή από Ο.Σ (Σχημα 6) είναι αρκετά πιο οικονομική σε σύγκριση με την τεχνική προσθήκης νέων τοιχωμάτων από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Όμως η τεχνική αυτή απαιτεί εξειδικευμένα συνεργία και μονάδες παραγωγής τα οποία στη Ελλάδα δεν υπάρχουν. Κατά την εφαρμογή της τεχνικής αυτής ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην σύνδεση του παλαιού και νέου στοιχείου, η οποία γίνεται με ειδικές τεχνικές και είναι αυτή που κρίνει την αποτελεσματικότητα αυτής. Όπως και προηγουμένως, εάν επιδιώκεται μια πιο πλάστιμη συμπεριφορά τότε η σύνδεση γίνεται μόνο με τις δοκούς. Πρέπει να επισυμανθεί ότι η προσφορά τους στην συνολική δυσκαμψία και αντοχή του φορέα είναι μικρότερη σε σχέση με την τεχνική από έγχυτο Ο.Σ ή εκτοξευόμενο.



Σχήμα 6 : Panels από Ο.Σ [1].

Τέλος ένα από τα πιο σύγχρονα συστήματα προκατασκευής, τόσο διεθνώς όσο και στην Ελλάδα, περιλαμβάνει την χρήση επίπεδων δομικών στοιχείων τύπου “ σάντουιτς „ (precast concrete sandwich panels, PCSP) [12], με φλοιούς από σκυρόδεμα υψηλής αντοχής (συνήθως ινοπλισμένο) και πυρήνα από ελαφροσκυρόδεμα (κισσηρόδεμα για την εγχώρια παραγωγή) ή και στρώση θερμομονωτικού υλικού. Η χρήση ενός τέτοιου δομικού στοιχείου στην μόρφωση δομικών συνόλων για ενισχύσεις υφισταμένων κατασκευών συμβάλλει και αυτό, όπως και με στοιχεία συμπαγή από Ο.Σ, στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς και αποθήκευσης. Η τεχνική αυτή με χρήση δομικών στοιχείων τύπου ” σαντουιτς „ δύναται να ανταποκριθεί στο αίτημα για ταχεία, ποιοτική και οικονομικά ανταγωνιστική ενίσχυση κατασκευών. Το πεδίο εφαρμογής τους όμως είναι ολιγοόροφες κατασκευές όπως κατοικίες, συγκροτήματα γραφείων κτλ.

2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ-ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΜΕ ΠΤΕΡΥΓΙΑ.

-ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η τεχνική της ενίσχυσης αυτής στηρίζεται στην βελτίωση της αντοχής των υποστηλωμάτων τοποθετώντας πλευρικά τοιχία Οπλισμένου Σκυροδέματος (Σχήμα 7). Η προσθήκη τοιχώματος γίνεται προς την επιδιωκόμενη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης της κατασκευής. Πολλές φορές σε γωνιακά υποστηλώματα, γίνεται προσθήκη τοιχωμάτων και στις δύο διευθύνσεις.



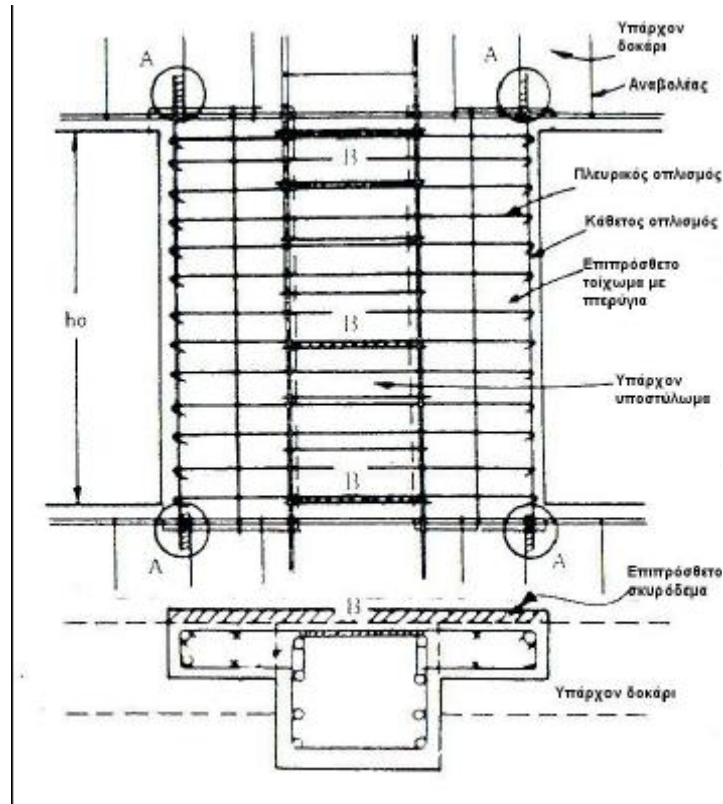
Σχήμα 7 : Προσθήκη τοιχώματος με πτερύγια εντός πλαισίου [9].

Τα τοιχεία αυτά πρέπει να συνδεθούν με τα υποστηλώματα για να έχουν ενιαία συμπεριφορά. Η σύνδεση αυτή μπορεί να γίνει με τους παρακάτω δύο τρόπους : α) μονολιθική σύνδεση των υπαρχόντων υποστηλωμάτων με τα πλευρικά τοιχεία και β) σύνδεση αυτών, με τα τοιχώματα με βλήτρα.

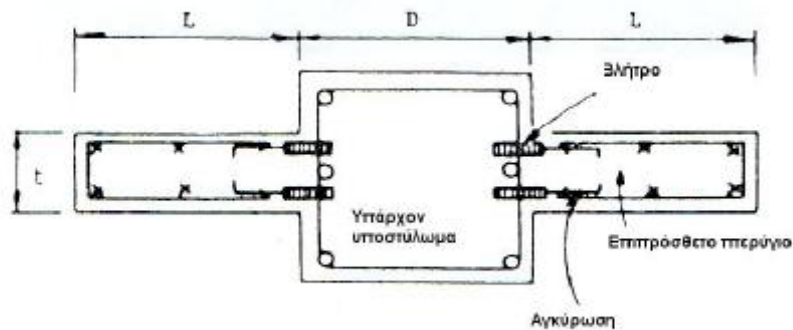
Πιο συγκεκριμένα : α) Πραγματοποιείται αποκόλληση μέρους του παλιού σκυροδέματος του υποστηλώματος έτσι ώστε να υπάρχει καλή συνάφεια μεταξύ παλιού και νέου στοιχείου. Για να επιτευχθεί μονολιθική σύνδεση θα πρέπει τα δύο πλευρικά τοιχεία να συνδέονται και αυτά μεταξύ τους μέσω πλευρικής ενίσχυσης και αύξηση του πάχους (Σχήμα 8).

β) Σε αυτήν την μέθοδο κατασκευής, τα υπάρχοντα υποστηλώματα και τα πλευρικά τοιχώματα συνδέονται με βλήτρα (σφηνοειδή αγκύρια ή άλλου τύπου βλήτρα). Είναι σημαντικό τα βλήτρα να τοποθετηθούν μέσα στον πυρήνα του σκυροδέματος των δοκαριών και του υποστηλώματος ώστε η σύνδεση να είναι όσο το δυνατόν ισχυρότερη. Όπως φαίνεται στο σχήμα (Σχήμα 9), τα πλευρικά τοιχώματα είναι είτε από επί τόπου έγχυση είτε από προκατασκευασμένο σκυρόδεμα εγχύοντας κονίαμα στην ένωση.

Η παραπάνω μέθοδος αυξάνει την πλαστιμότητα του φορέα με μικρή αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του. Ταυτόχρονα το κόστος είναι σχετικά μικρότερο από τις άλλες μεθόδους.



Σχήμα 8 : Τοίχωμα με πτερύγια – πλευρικό τοίχωμα με μονολιθική σύνδεση [10].



Σχήμα 9 : Τοίχωμα με πτερύγια – πλευρικό τοίχωμα με σύνδεση μέσω βλήτρων [10].

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται σε κτίρια όπου η απόσταση μεταξύ των υποστηλωμάτων είναι μικρή. Αυτό γίνεται για να αποφύγουμε την αστοχία λόγω τέμνουσας των δοκαριών, καθώς τα πρόσθετα πτερύγια (Σχήμα 8, Σχήμα 9) μειώνουν αισθητά το καθαρό άνοιγμα των δοκών. Πρέπει να δοθεί προσοχή στην σύνδεση υποστηλώματος και πτερυγίων ώστε να αποφευχθεί παραμορφωση εκτός του επιπέδου

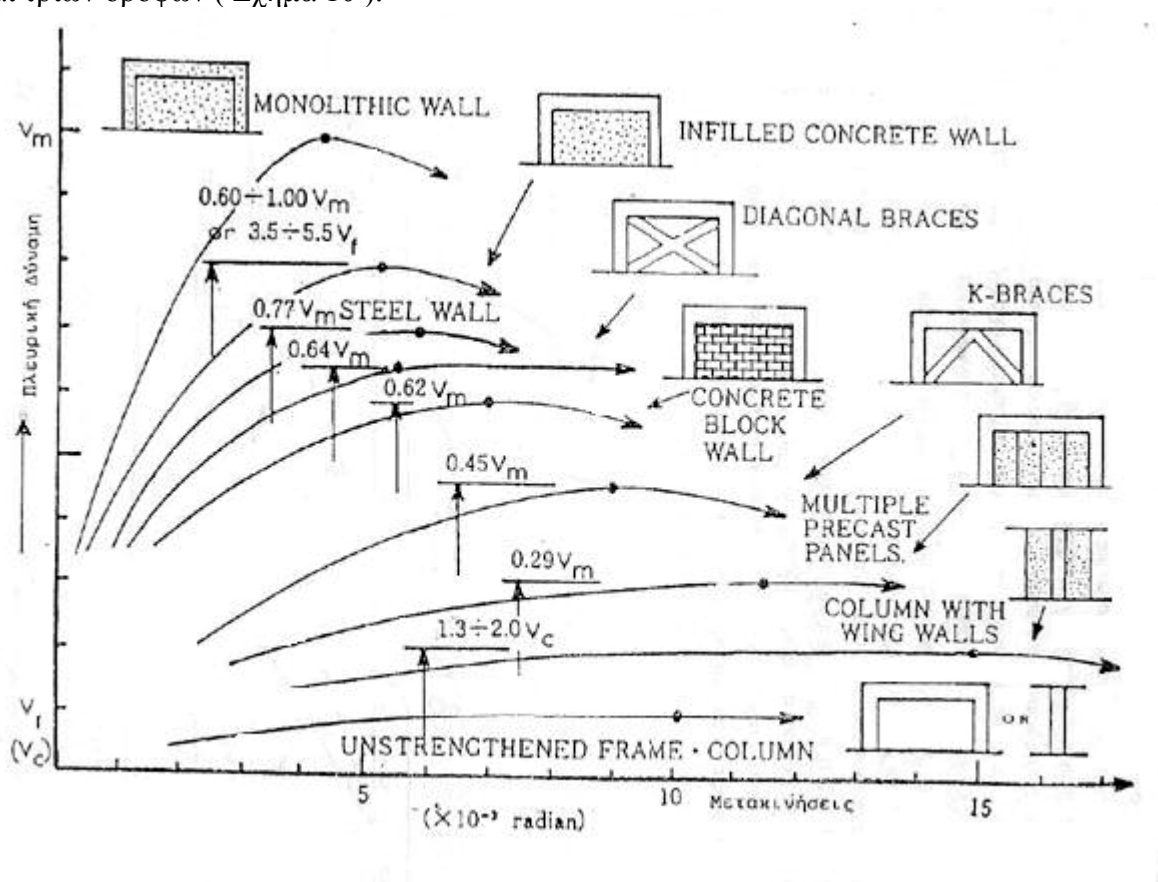
τους. Ειδικότερα για τον πρώτο κατασκευαστικό τύπο (Σχήμα 8), τα πτερύγια τοποθετούνται έκκεντρα στο υποστυλώμα με αποτέλεσμα η χρήση του κατασκευαστικού τύπου να μην είναι εφικτή σε περίπτωση που δεν είναι αντίστοιχα έκκεντρο το δοκάρι. Ταυτόχρονα λόγω της απαίτησης σύνδεσης των πτερυγίων μεταξύ τους έχουμε αύξηση του πάχους του υπάρχοντος υποστηλώματος πάνω από πέντε εκατοστά. Τέλος, στην περίπτωση που το νέο στοιχείο χρησιμοποιείται ως εξωτερικός τοίχος θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην στεγανοποίηση της σύνδεσης. Όσον αφορά τον δεύτερο κατασκευαστικό τύπο, επειδή η σύνδεση δεν είναι τόσο μονολιθική θα πρέπει κατά την διάρκεια του σχεδιασμού να ληφθεί υπόψιν ότι η στατική συμπεριφορά του υπάρχοντος υποστηλώματος με πτερύγια-πλευρικά τοιχώματα μπορεί να διαφέρει σημαντικά από την συμπεριφορά άλλου τύπου υποστηλώματος. Παράλληλα απαιτείται μεγάλη ακρίβεια κατά την τοποθέτηση των βλήτρων.

-ΑΠΟ ΜΟΡΦΟΣΙΔΗΡΟ

Ισχύουν τα ίδια ακριβώς με παραπάνω μόνο που στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιούμε αντί για στοιχεία από Ο.Σ, στοιχεία από μορφοσίδηρο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Όσον αφορά την πειραματική έρευνα των παραπάνω μεθόδων, τα πρώτα πειράματα έγιναν στην Ιαπωνία. Πιο συγκεκριμένα, το 1984 οι Sugano και Endo έκαναν μια σειρά από πειράματα χρησιμοποιώντας τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος σε πλαίσια ενός ανοίγματος ή ακόμα και τριών ορόφων (Σχήμα 10).



Σχήμα 10 : Αποτελεσματικότητα των μεθόδων [1].

Βάση του παραπάνω πειράματος προέκυψαν συμπεράσματα για τους τρόπους σύνδεσης των τοιχωμάτων στα υφιστάμενα πλαίσια. Το γεγονός αυτό χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για σχεδιαστικές οδηγίες (βλέπε ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ). Παρατηρήθηκε από τα πειράματα ότι η αντοχή του ενός ορόφου ήταν 1,5 με 7,0 MPa σε σχέση με την ονομαστική διατμητική αντοχή, ενώ παράλληλα αυξανόταν με την αντοχή της σύνδεσης. Είχαν 0,6 με 1,0 φορές την αντοχή του μονολιθικού και 2,0 με 5,0 φορές την αντοχή του αρχικού πλαισίου. Τα συγκεκριμένα τοιχώματα είχαν μετατόπιση από 0,3 μέχρι 1,0% όταν η αντοχή ήταν η τελική. Τέλος τα τοιχώματα των τριών ορόφων, αυτά με κενό μεταξύ υποστηλώματος και τοιχώματος και αυτά με προκατασκευασμένα στοιχεία, έδειξαν διαφορετική συμπεριφορά λόγω της καμπτικής ιδιότητας. Δηλαδή είχαν μικρότερη αντοχή και δυσκαμψία αλλά αρκετά μεγαλύτερη πλαστιμότητα.

Υπάρχουν όμως αρκετά δεδομένα που αφορούν τη μελέτη πραγματικών κτιρίων ενισχυμένων με τοιχώματα ύστερα από κάποιον σεισμό ή πριν από αυτόν. Αρχικά θα αναφερθώ σε τετραόροφο κτίριο, χωρίς υπόγειο με χρήση καταστημάτων και κατοικιών στην πόλη της Λευκάδας. Αυτό παρουσίασε βαριές και εκτεταμένες βλάβες μετά από σεισμική διέγερση, οπότε και εκκενώθηκε.



Σχημα 11 : Όψη, του παραπάνω αναφερόμενου, κτιρίου στην Λευκάδα. [4].

Πιο συγκεκριμένα, η υφιστάμενη κατασκευή αντιμετώπιζε αδυναμία στην ανάλυση οριζόντιων φορτίων και είχε βλάβες σε αρκετά δομικά της στοιχεία. Δηλαδή, υπήρξαν αστοχίες σε περιμετρικούς και εσωτερικούς στήλους που αυτό σημαίνει ανικανότητα της κατασκευής τόσο σε κάτοψη όσο και καθ' ύψος. Ταυτόχρονα υπήρξαν αστοχίες σε κοντά υποστηλώματα και σημαντικές βλάβες στον οργανισμό πλήρωσης. Τέλος υπήρχαν και παράμετροι σεισμικής τρωτότητας για παράδειγμα, μαλακοί όροφοι. Βάση όλων αυτών μια πρόταση επέμβασης που θα προέβλεπε απλώς την αποκατάσταση των βλαμμένων στοιχείων Ο.Σ και την ενίσχυση των υποδιαστασιοποιημένων, όπως προέκυψε από ανάλυση του αρχικού φορέα, θα ήταν ταυτόχρονα ανεπαρκής και αντιοικονομική (τεχνικοοικονομικά απορριπτέα). Άρα μια επέμβαση με χρήση τοιχωμάτων, που είναι μια γενικότερη επέμβαση, κρίνεται ως η πλέον κατάλληλη. Έτσι τοποθετήθηκαν δώδεκα νέα τοιχώματα από Ο.Σ, οκτώ από αυτά στις τέσσερις γωνίες του κτιρίου και τα υπόλοιπα τέσσερα στην περιοχή του κλιμακοστασίου. Τέλος το κάθε νέο τοίχωμα εντάχθηκε σε ένα ολόκληρο φάτνωμα μεταξύ δύο υπάρχοντων στήλων με τους οποίους συνδέθηκε με βλήτρα. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) φαίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του κτιρίου χωρίς και μετά τις παραπάνω επεμβάσεις. Από τον απολόγισμό

της παραπάνω κατασκευής μετά την επέμβαση προέκυψε ότι αυτή η επέμβαση απεκατέστησε τους βλαμμένους στήλους, ανακούφισε τους υποδιαστασιοποιημένους στήλους ώστε να επαρκούν, εξάλειψε τους κοντούς στήλους, μείωσε τον δείκτη σχετικής μεταθετότητας στα όρια του επιτρεπτού, εξάλειψε τους μαλακούς ορόφους και ενίσχυσε τη συνολική δυσκαμψία των υπολοίπων. Αυτό σημαίνει ότι μείωσε την ασυνέχεια της δυσκαμψίας καθ' ύψος και τέλος βελτίωσε την θεμελίωση ώστε να μπορεί να αναλάβει τις προβλεπόμενες δράσεις.

A/a	Χαρακτηριστικό	Χωρίς επεμβάσεις	Με επεμβάσεις
1	Δεσπόζουσα ιδιοπερίοδος, σε sec	~ 1.0	~ 0.592
2	Δείκτης σχετικής μεταθετότητας*, $\theta_{max} (\leq 0.10)$	0.146	0.049
3	Έλεγχος γωνιακής παρ/φωσης* ($\Delta d/h)_{max} (\leq 0.005*2.5/q)$	0.973%	0.324%
4	Μέγιστες μετακινήσεις* (cm)	$\delta_x = 6.10$ $\delta_y = 14.09$	$\delta_x = 2.60$ $\delta_y = 2.89$

* στατικός σεισμός

Πίνακας 1 : Κύρια χαρακτηριστικά συμπεριφοράς του κτιρίου χωρίς και μετά τις επεμβάσεις [4].

Τέλος, όσον αφορά δεδομένα από μελέτη πραγματικών κτιρίων θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τριώροφο που ενισχύθηκε με τοιχώματα Ο.Σ μόνο στον πρώτο όροφο ύστερα από σεισμό, παρουσίασε σημαντικές βλάβες (διατμητικές ρωγμές) στα υποστηλώματα του δεύτερου ορόφου μετά και από δεύτερο σεισμό. Παράλληλα, γειτονικό κτήριο ενισχυμένο με τον ίδιο τρόπο και στον δεύτερο όροφο δεν εμφάνισε σημαντικές βλάβες (Japanese seismic rehabilitation of concrete buildings after the Hyogoken-Nambu Earthquake) [6]. Από το παραπάνω γίνεται φανερό ότι η τοποθέτηση τοιχωμάτων επέδρασε θετικά στην συμπεριφορά του κτιρίου, όταν όμως αυτή δεν επέφερε ανομοιομορφία στην δυσκαμψία του.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η χρήση της μεθόδου ενίσχυσης με τοιχώματα σε υφιστάμενες κατασκευές από Ο.Σ μπορεί να αντιμετωπίσει μια συνολική αδυναμία της κατασκευής στην ανάληψη οριζόντιων φορτίων που αφορά την γενική στατική λειτουργία της. Δηλαδή, συντελούν στην αποτελεσματική προστασία του υφιστάμενου φέροντος οργανισμού αφού με τα τοιχώματα αυτά παραλαμβάνεται μεγάλο ποσοστό των σεισμικών δράσεων με ταυτόχρονη μείωση των συνολικών μετατοπίσεων του χωρικού συστήματος κατά τη σεισμική κίνηση σε επίπεδα ανεκτά για την παραμορφωσιακή ικανότητα των υπάρχουσων μελών. Ταυτόχρονα η χρήση τοιχωμάτων αντιμετωπίζει και άλλες παραμέτρους σεισμικής τρωτότητας π.χ μαλακούς ορόφους, κοντά υποστηλώματα, αυξημένη μεταθετότητα (θ) και αυξημένη επικινδυνότητα εδάφους. Επίσης, μειώνεται και αρκετά η επιρροή φαινομένων δευτέρας τάξης, ενώ πιθανά προβλήματα σε δευτερεύουσα στοιχεία (τοίχοι πληρώσεως, υαλοστάσια κτλ) ή με τα γειτονικά κτίρια αποφεύγονται σε πιθανό μελλοντικό σεισμό. Παράλληλα, τα τοιχώματα αυξάνουν την αντοχή των επιμέρους πλαισίων. Αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό αφού όπως γνωρίζουμε η έλλειψη αντοχής μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βλάβες την κατασκευή. Ταυτόχρονα εάν η σύνδεση των ενφανατούμενων τοιχωμάτων γίνει μόνο πάνω και κάτω, δηλαδή συνδεθούν τα τοιχώματα μόνο με τα δοκάρια και όχι με τα υποστηλώματα ή χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της προσθήκης των τοιχωμάτων σε συνέχεια υπαρχόντων υποστηλωμάτων τότε αυξάνεται και η πλαστιμότητα της υφιστάμενης κατασκευής. Με αυτόν τον τρόπο η κατασκευή αυτή έχει πλέον έναν αξιόπιστο ελαστοπλαστικό μηχανισμό

σε περίπτωση σεισμού. Η απόσβεση της ενέργειας γίνεται μέσω ελεγχόμενων βλαβών χωρίς σημαντική μείωση των αρχικών χαρακτηριστικών αποκρίσεως και δυσκαμψίας του φορέα. Επιπλέον, τα τοιχώματα αυτά παραλαμβάνουν μέρος των επιβαλλόμενων δυνάμεων μειώνοντας τα φορτία στα υποστηλώματα, οδηγώντας έτσι στην αύξηση της αντοχής του συνόλου της κατασκευής.

Η προσθήκη τοιχωμάτων αυξάνει και την δυσκαμψία της κατασκευής. Ταυτόχρονα συνεισφέρει στην αντιμετώπιση προβλημάτων που έχουν σχέση με ασυνέχειες στην δυσκαμψία μεταξύ των ορόφων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο παραπάνω πρόπος ενίσχυσης να χρησιμοποιείται κατά κόρον στις κατασκευές με πυλωτές. Το κυρίως πρόβλημα των κτιρίων αυτών είναι η ανομοιόμορφη κατανομή της δυσκαμψίας καθ' ύψος του κτιρίου. Η ύπαρξη τοιχοπληρώσεων σε όλους τους ορόφους πλην του ισόγειου, οδηγεί σε μειωμένη δυσκαμψία αυτού και κατ'επέκταση συγκέντρωση μεγάλων παραμορφώσεων στο ισόγειο. Με την εγκατάσταση τοιχωμάτων στην υπάρχουσα κατασκευή, ως τρόπος ενίσχυσής της, έχουμε συνεισφορά αυτών στην δυσκαμψία του κτιρίου με μείωση της επίδρασης της μειωμένης δυσκαμψίας καθ' ύψος αυτού και ταυτόχρονα η επιρροή της πυλωτής γίνεται αμεληταία. Επίσης τα τοιχώματα βοηθούν στην αντιμετώπιση προβλημάτων κατά την διάρκεια ενός σεισμού από την εκκεντρη τοποθέτηση των δύσκαμπτων στοιχείων στην κάτοψη. Τέλος, με την χρήση τοιχωμάτων για ενίσχυση υφιστάμενης κατασκευής έχουμε μείωση των εντατικών μεγεθών της τέμνουσας και της ροπής κάμψεως, που καταπονούν υφιστάμενα κατακόρυφα στοιχεία, κάτω από τα όρια της φέρουσας ικανότητάς τους. Με αυτόν τον τρόπο ταυτόχρονα μπορούμε να αντιμετωπίσουμε προβλήματα που έχουν να κάνουν με σφάλματα κατά τον σχεδιασμό. Για παράδειγμα είναι πιθανό οι δυνάμεις που δέχονται ορισμένα μέλη στον σεισμό σχεδιασμού να είναι μεγαλύτερες από αυτές που μπορούν να παραλάβουν σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Με την χρήση των τοιχωμάτων για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών παρουσιάζονται συχνά κάποιες κατασκευαστικές δυσκολίες. Αυτές έχουν να κάνουν κυρίως με την δυσκολία κατασκευής θεμελιώσεων, ικανών να παραλάβουν τις μεγάλες ροπές βάσης των συνεχών, σε όλο το ύψος του κτιρίου, αντισεισμικών τοιχωμάτων και των αυξημένων κατακόρυφων δυνάμεων που προέρχονται από το πρόσθετο βάρος της κατασκευής λόγω αυτών. Ακόμη δημιουργούνται αρκετά μεγάλες ροπές που θα πρέπει να αναληφθούν από ένα σωστά δομημένο σύστημα θεμελίωσης. Αυτό όμως έχει μεγάλο κόστος και κατασκευαστικά είναι ιδιαίτερα δύσκολο αφού χρειάζεται ειδικούς υπολογισμούς και τέλος δεν είναι βολικό για κτίρια με ανεπαρκές σύστημα θεμελίωσης. Ακόμα και στην περίπτωση που κατασκευαστεί μόνο ένα καινούργιο τοίχωμα με την πλήρωση ενός μόνο πλαισίου, επειδή το κατακόρυφο φορτίο είναι δυσανάλογα μικρό σε σύγκριση με την ροπή ανατροπής έχουμε σαν αποτέλεσμα το "σήκωμα", και την εμφάνιση μεγάλων στροφών στο στοιχείο της θεμελίωσης. Το γεγονός αυτό μειώνει την φέρουσα ικανότητα. Ταυτόχρονα θα υπάρξει και μετατόπιση του τοιχώματος στην βάση η οποία θα αυξήσει τις μετατοπίσεις στα επίπεδα των ορόφων και θα μειώσει την αποτελεσματικότητα του νέου μέλους να προστατέψει τα υπάρχοντα στοιχεία από μεγάλες παραμορφώσεις [3].

Επίσης, η ενίσχυση με τοιχώματα εντός των πλαισίων, χωρίς αυτό να είναι σε επαφή με τα υποστηλώματα, οδηγεί σε μείωση του μήκους των δοκών που συνδέονται με αυτό. Σαν αποτέλεσμα έχουμε ότι η ικανοτική τέμνουσα που ισούται με $V_{cd} = (M_{rd1} + M_{rd2})/L$ να αυξάνεται σημαντικά. Επομένως αυτοί οι δοκοί θα πρέπει να ενισχύονται για την παραλαβή της τέμνουσας.

Τέλος, εκτός από τις τεχνικές δυσκολίες παρουσιάζονται συχνά στην πράξη δυσεπίλυτα αρχιτεκτονικά και λειτουργικά προβλήματα. Οι δυσκολίες αυτές οφείλονται οφείλονται συνήθως στις διαφορετικές χρήσεις και αρχιτεκτονικές διατάξεις στους διάφορους ορόφους. Για παράδειγμα μεγάλοι χώροι κατοικιών στους δύο τελευταίους ορόφους, μικρότεροι γραφειακοί χώροι στους μεσαίους ορόφους, ελεύθεροι χώροι καταστημάτων στο ισόγειο και χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων στο υπόγειο.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

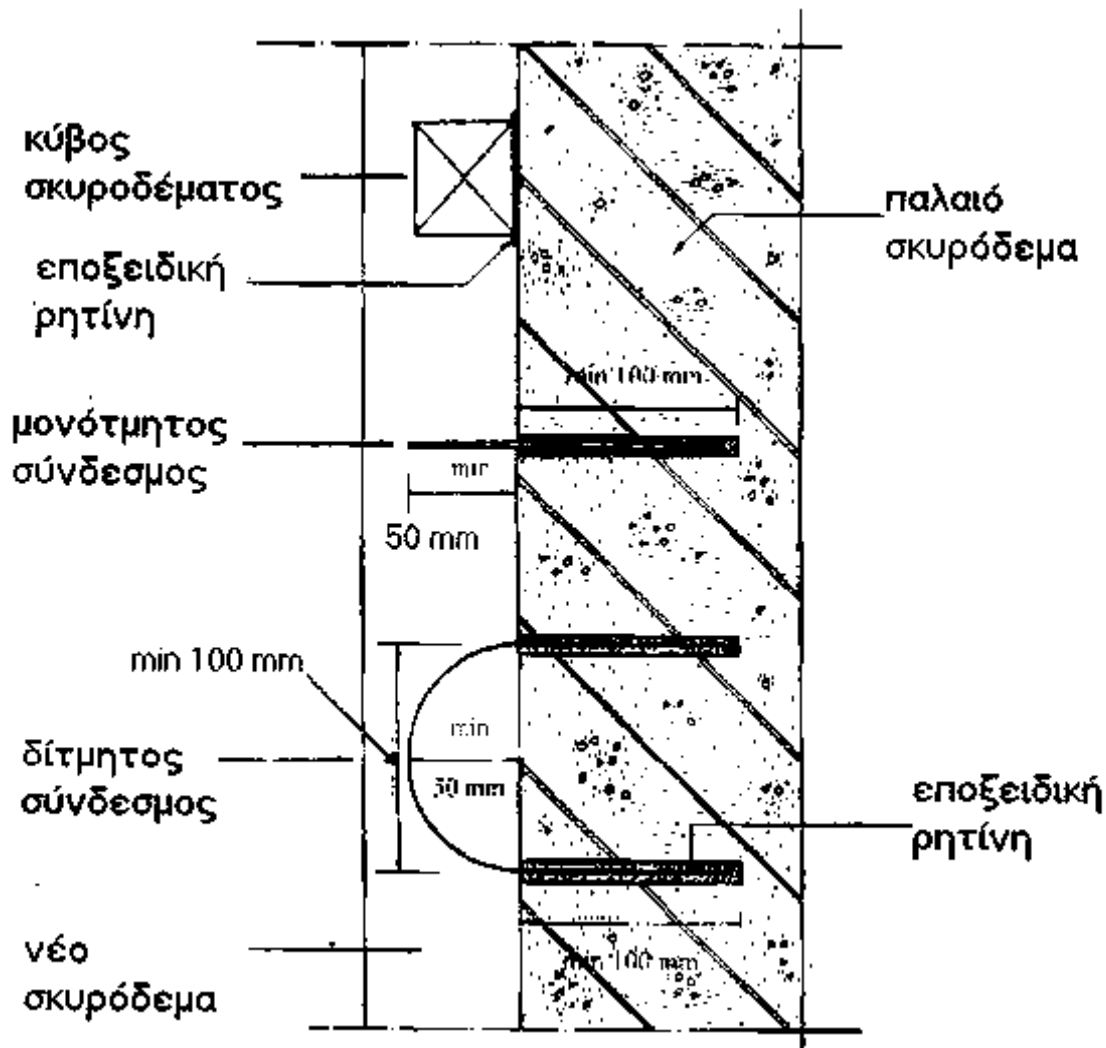
Είδαμε παραπάνω, στην αναφορά των μεθόδων και των τεχνικών προσθήκης τοιχωμάτων, μερικά σημεία των μεθόδων που αφορούν τον σχεδιασμό των τοιχωμάτων. Στην παράγραφο αυτή θα δωθούν και ορισμένες κατασκευαστικές διατάξεις. Οι διατάξεις αυτές προέρχονται από παραμετρική μελέτη σε συνδυασμό με πειραματικές παρατηρήσεις (NIST) οι οποίες επιβεβαιώνουν τα αναλυτικά αποτελέσματα. Όλα αυτά συμπεριλαμβάνονται στο Plan et al 1993, 1994. Οι διατάξεις αυτές έχουν σαν ως στόχο τη βελτίωση των οδηγιών για τη σεισμική ενίσχυση πλαισίων Ο.Σ με την τεχνική της προσθήκης τοιχωμάτων.

Τα νέα τοιχώματα σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται όπως ακριβώς και στις νέες κατασκευές. Αυτό σημαίνει ότι η πρώτη αστοχία λαμβάνει χώρα στην περιοχή της βάσεως με την δημιουργία πλαστικής αρθρώσεως (ΕΚΩΣ 2000). Έτσι το πάχος του τοιχώματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από τα $2/5$ του πάχους του συνοριακού υποστηλώματος ή της άνω δοκού του πλαισίου, όποιο είναι μικρότερο. Παράλληλα δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το πάχος της άνω δοκού. Επιπρόσθετα, για κάμψη τα ποσοστά οπλισμού για όλες τις τεχνικές προτείνονται, και για την κατακόρυφη και για την οριζόντια διεύθυνση, να μην είναι μικρότερα του 0,75% επί της διατομής που κάμπτεται από την αντίστοιχη ροπή για την οποία γίνεται η διαστασιολόγηση. Όσον αφορά τον οπλισμό διάτμησης τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 0,25-1%. Τέλος τα τοιχώματα πρέπει να κατασκευάζονται από σκυρόδεμα συμβατό με αυτό του υπαρχόντος πλαισίου (θλιπτική αντοχή 14-50Μρα).

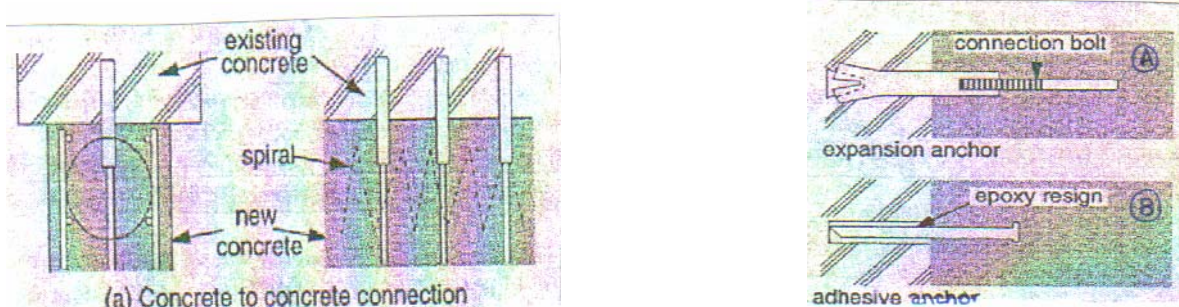
Μια άλλη παράμετρος στην οποία πρέπει να δοθεί έμφαση, και η οποία αναφέρθηκε και πριν είναι η διασφάλιση της μεταφοράς οριζόντιων δυνάμεων στα τοιχώματα μέσω των δοκών. Αν διαπιστωθεί ότι οι δοκοί δεν έχουν επαρκή διαμήκη οπλισμό, απαιτείται προσθήκη νέου, η οποία μπορεί να γίνει με την συγκόλληση μεταλλικών πλακών πάνω σε αυτές. Οι πλάκες αγκυρώνονται κατάλληλα στις δοκούς και καλύπτονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Ένα άλλο σημείο της μεθόδου αποτελεί, η σύνδεση του τοιχώματος με τα υπάρχοντα μέλη. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η αντοχή του ενισχυμένου πλαισίου είναι ανάλογη με τον βαθμό σύνδεσής του με τα υπάρχοντα στοιχεία με τα οποία συνδέεται (είτε είναι υποστηλώματα και δοκάρια πλαισίων εάν πρόκειται για ενφρατνόμενα τοιχώματα, είτε είναι υπάρχοντα υποστηλώματα εάν πρόκειται για τοιχώματα με πτερυγία-πλευρικά τοιχώματα). Η μεταφορά δυνάμεων από το παλαιό στο νέο σκυρόδεμα επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλων διατμητικών συνδέσμων που είναι είτε χημικά βλήτρα ή αγκύρια, είτε δίτμητοι κλειστοί σύνδεσμοι είτε μικροί κύβοι από σκυρόδεμα επικολλημένοι στα παλαιά στοιχεία και με την προϋπόθεση πως σε κάθε περίπτωση θα εκτραχυνθεί η επιφάνεια του παλαιού στοιχείου όπως φαίνεται στο Σχήμα 11. Πιο συγκεκριμένα για την σύνδεση τοιχωμάτων κατασκευαζόμενων επί τόπου ο συνηθέστερος τρόπος στην πράξη σήμερα στην Ελλάδα είναι η χρήση βλήτρων Σχήμα 12 (α). Παράλληλα χρησιμοποιούνται αγκύρια μηχανικά σφηνωμένα (Σχήμα 12 Α) και αγκύρια σφηνωμένα με την χρήση εποξειδικής ρητίνης (Σχήμα 12Β). Για την σύνδεση προκατασκευασμένων τοιχωμάτων χρησιμοποιούνται μόνο βλήτρα με εποξειδική ρητίνη.

Κατασκευαστικές διατάξεις για τους διατμητικούς συνδέσμους προκύπτουν με βάση τον NIST. Αναλυτικότερα, η αναλογία των συνδετικών αγκυρώσεων προς το εμβαδόν της διεπιφάνειας τοιχώματος-πλαisiού (Ac/Aw) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,8% για επιτυχή σύνδεση τοιχώματος και υπάρχοντος πλαisiού. Παράλληλα, ο αριθμός των συνδετικών αγκυριών καθώς και το μέγεθός τους προτείνονται να είναι μικρότερη από 7Db και όχι μεγαλύ-



Σχήμα 11 : Τρόποι σύνδεσης παλιού και νέου σκυροδέματος [1].



Σχήμα 12 (α) : Μεταφορά των δυνάμεων από το παλαιό στο νέο σκυρόδεμα με χρήση βλήτρων.

Σχήμα 12 (Α) : Μεταφορά των δυνάμεων από το παλαιό στο νέο σκυρόδεμα με χρήση μηχανικά σφηνωμένων αγκυριών.

Σχήμα 12 (Β) : Μεταφορά δυνάμεων από το παλαιό στο νέο σκυρόδεμα με χρήση αγκυριών σφηνωμένα μεεποξειδική ρητίνη.

τερη από 30cm (Db είναι η εξωτερική διάμετρος των συνδέσμων), ενώ όταν πάνω από μια σειρά συνδέσμων απαιτείται στην διεπιφάνεια, η μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 5Db. Τέλος, το βάθος έμπυξης των συνδέσμων δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 5Db ή το πάχος της επικάλυψης, όποιο είναι μεγαλύτερο.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διαστασιολόγηση των τοιχωμάτων ενίσχυσης γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους, κατά σειρά αύξουσας ακρίβειας :

- Ελαστικότητας
- Θλιβόμενης διαγωνίου
- Δικτυώματος (για τοιχώματα που συνδέονται με το πλαίσιο μέσω διατμητικών συνδέσμων)
- Πεπερασμένων στοιχείων.

Όσον αφορά τους υπολογισμούς με την μέθοδο της θλιβόμενης διαγωνίου, κάνουμε την παραδοχή πως η σεισμική δύναμη V παραλαμβάνεται εξ'ολοκλήρου από το τοιχογέμισμα.

ΣΧΟΛΙΟ : Κάτι το οποίο δεν είναι εξωπραγματικό ιδιαίτερα για εύκαμπτα πλαίσια. Εξάλλου σε τέτοιου είδους πλαίσια γίνεται ενίσχυση.

ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Για να λειτουργήσει το τοίχωμα έτσι ώστε να προσφέρει στην κατασκευή όλα τα πλεονεκτήματα ως προς την ενίσχυσή της θα πρέπει να ενισχύσουμε την θεμελίωση. Η ενίσχυση αυτή μπορεί να γίνει με τις εξής μεθόδους : α) Με το να αυξήσουμε το μέγεθος του πεδίου, έτσι ώστε να αυξηθεί το βάρος του και η αντίσταση του εδάφους ή με το να δημιουργήσουμε ένα ενιαίο πέδιλο με τα γειτονικά του (π.χ πεδילוδοκός), μεταβάλλοντας τον τρόπο μεταβίβασης των κατακόρυφων φορτίων και των ροπών στο έδαφος. β) συνδέοντας το πέδιλο με τα διπλανά του με δύσκαμπτα μέλη ή με συνδετήρια δοκό γ) χρησιμοποιώντας μικροπασσάλους ή αγκύρια με στόχο να αποφύγουμε το σήκωμα της θεμελίωσης και δ) εάν το σύστημα θεμελίωσης το οποίο προϋπάρχει είναι γενική κοιτοστρωση συνίσταται σύστημα κεφαλοδεσμου-μικροπασσάλων για την θεμελίωση των επιπρόσθετων τοιχείων. Αυτός ο τρόπος είναι ο πιο οικονομικός αφού μειώνεται το εύρος των εκσκαφών.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ

Όσον αφορά κατασκευές με παραπάνω από έναν ορόφους, η τοποθέτηση συνεχών καθ' ύψος τοιχωμάτων (που σε αυτό το αντικείμενο ενίσχυσης αναφερθήκαμε εκτενώς), προκαλεί συχνά στην πράξη, δυσεπίλυτα, άν όχι αξεπέραστα, αρχιτεκτονικά, λειτουργικά και τεχνικά προβλήματα (βλέπε ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω δυσχερειών, πολύ συχνά αποφεύγεται από τους μελετητές η ενίσχυση υφιστάμενων κτιρίων μέσω κατακόρυφων αντισεισμικών τοιχωμάτων και απεμπολείται έτσι εκ προοιμίου η δυνατότητα μιας καθοριστικής ανύψωσης του επιπέδου αντισεισμικής επίδοσης του κτιρίου. Ανταυτού η πράξη καταφεύγει στην "κλασσική", ενίσχυση των υποστηλωμάτων του κτιρίου μέσω μανδυών Ο.Σ, δηλαδή σε μια λύση υψηλού κατασκευαστικού κόστους που συχνά λόγω των υψηλών απαιτήσεων για την αποτελεσματική υλοποίησή της διαθέτει αμφίβολη τεχνική αρτιότητα. Εναλλακτική λύση ενίσχυσης που παρακάμπτει τα παραπάνω προβλήματα, προσφέρει η τοποθέτηση μη συνεχών καθ' ύψος τοιχωμάτων ή/και στο επίπεδό τους, τοιχωμάτων Ο.Σ δηλαδή η τοποθέτηση "μετατεταγμένων τοιχωμάτων,, [11].

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι μετατεταγμένες διατάξεις στις υφιστάμενες κατασκευές στις οποίες τοποθετούνται προκειμένου να τις ενισχύσουν είναι αρκετά. Στις μετατεταγμένες διατάξεις τόσο οι μετακινήσεις των ορόφων σε απόλυτες τιμές όσο και οι σχετικές μετακινήσεις μεταξύ δύο διαδοχικών ορόφων είναι σημαντικά μικρότερες από τις αντίστοιχες μετακινήσεις της συνεχούς διάταξης. Τέλος, το πιο σημαντικό πλεονεκτήμα τους είναι ότι στις μετατεταγμένες διατάξεις παρατηρείται σημαντική μείωση των ροπών πάκτωσης των ενισχυτικών τοιχωμάτων στο έδαφος σε αντίθεση με τις ροπές που μεταβιβάζονται από τα ενισχυτικά τοιχώματα συνεχούς διάταξης. Αυτό συνιστά θέμα μείζονος σημασίας σε ενισχύσεις κτιρίων, όπου οι δυνατότητες υλοποίησης ισχυρών θεμελιώσεων είναι περιορισμένες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στην παρούσα εργασία τεκμηριώνεται το γεγονός ότι η προσθήκη τοιχωμάτων συνιστά μια τεχνικώς εφικτή, πρακτική και αποτελεσματική λύση για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών Ο.Σ. Συνίσταται να χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν σοβαρές βλάβες στο κτήριο και όταν η δυσκαμψία και η αντοχή της κατασκευής δεν είναι επαρκής.

Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να διασφαλίζεται η όσο το δυνατόν παρόμοια συμπεριφορά του τοιχώματος-πλαισίου με το αντίστοιχο μονολιθικό. Έτσι επιβάλλεται ιδιαίτερη βαρύτητα στον τρόπο σύνδεσης και στον τρόπο μεταφοράς των δυνάμεων από τις δοκούς και τα υποστηλώματα τόσο υπολογιστικά όσο και κατά την διάρκεια της κατασκευής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην τοποθέτηση των τοιχωμάτων τόσο στην κάτοψη όσο και καθ' ύψος για να μην έχουμε εκκεντρότητες και απότομη μεταβολή της δυσκαμψίας καθ' ύψος αντίστοιχα.

Στις περιπτώσεις όπου η συνεχής καθ' ύψος τοποθέτηση τοιχωμάτων, όσον αφορά κατασκευές με παραπάνω από έναν ορόφους, δεν είναι δυνατή η τεχνική των μετατεταγμένων τοιχωμάτων συνιστά μια τεχνική λύση η οποία είναι εφικτή, αποτελεσματική και ευέλικτη.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει και η δυνατότητα συνδυασμού των τοιχωμάτων με άλλες τεχνικές ενίσχυσης, εφόσον όμως διασφαλίζεται η σωστή συνεργασία τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δρίτσος Σ., (2006) “Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.
- [2] Δρίτσος Σ., Σεμινάριο Τ.Ε.Ε- Αποκατάσταση Βλαβών μετά από σεισμό. “Μέθοδοι ενίσχυσης της κατασκευής ως συνόλου”, Πάτρα 1993.
- [3] Φαρδής Μ., “Seismic retrofitting technics”, Πάτρα.
- [4] “Αποκατάσταση κτιρίου στη Λευκάδα με βλάβες από τον σεισμό της 14ης.08.03”, Παπαθανασίου Η, Παπαθεοδώρου Ι, Πρακτικά 15ου Συνεδρίου Σκυροδέματος, 2006.
- [5] Πενέλης Γ, Καρρός Α., “Earthquake-Resistant Concrete structures”.
- [6] Hiroshi Fukuyama and Shunsuke Sugano, (2000) “Japanese seismic rehabilitation of concrete buildings after the Hyogoken-Nambu Earthquake”.
- [7] Shunsuke Sugano, Masaya Hirosawa and Takashi Kaminosono ”Essentials of Current Evaluation and Retro Fitting for Existing and Damaged Buildings in Japan”.
- [8] Long T. Phan, Geraldine S. Cheock and Diana R. Todd (July 1995) ”Recommended Design Guidelines For Strengthening With Infill Walls”, 49-51, NIST, Gaithersburg.
- [9] S.Sugano, ”Seismic strengthening of existing reinforced concrete buildings in Japan”.

[10] S.Sugano, "Guideline for seismic retrofitting (strengthening, toughening and/or stiffening) design of existing reinforced concrete buildings".

[11] "Ενισχύσεις υφιστάμενων κτιρίων μέσω μετατεταγμένων κατακόρυφων δίσκων", Μπάμπουκας Ε, Αβραμίδης Ε, Πρακτικά 15ου Συνεδρίου Σκυροδέματος, 2006.

[12] "Οδηγίες βέλτιστου σχεδιασμού προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων τύπου "σάντουιτς"", Παπανικολάου Κ, Τριανταφύλλου Αθ, Πρακτικά 14ου Συνεδρίου Σκυροδέματος, 2003.