

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΕΜΦΑΤΝΟΥΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

**ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΤΣΙΡΙΓΩΤΑΚΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ**

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει τη μέθοδο ενίσχυσης κατασκευών με εμφαντούμενα τοιχώματα. Πιο συγκεκριμένα μελετούνται οι διάφοροι τρόποι κατασκευής, η θεμελίωση, η καθ' ύψος και η οριζόντια διάταξη των τοιχωμάτων καθώς και ο τρόπος που επηρεάζεται η εκάστοτε κατασκευή από τις διαφορετικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται. Τέλος εξάγονται κάποια συμπεράσματα βάση πειραματικών δεδομένων που εστιάζουν στα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου και στα σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής κατά την εφαρμογή της.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί ένα πεδίο στην επιστήμη του πολιτικού μηχανικού που περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων που εφαρμόζονται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της κάθε κατασκευής. Η εμφάνιση τοιχωμάτων εντός υφιστάμενων πλαισίων χρησιμοποιείται για την αντισεισμική ενίσχυση της κατασκευής ως σύνολο. Η μέθοδος αυτή δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη εξαιτίας του υψηλού κόστους και της πολυπλοκότητας της διαδικασίας, που καθιστά την κατασκευή μη κατοικήσιμη για μεγάλο χρονικό διάστημα.



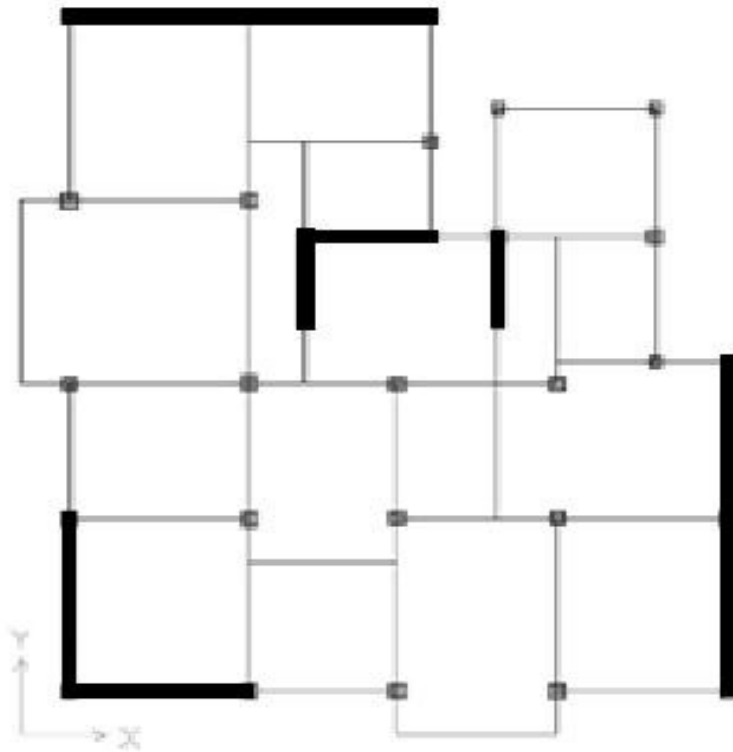
Σχήμα 1.Κατασκευή τοιχώματος σε υπάρχουσα κατασκευή [1]

Τα τοιχώματα αυξάνουν σημαντικά την αντοχή και την δυσκαμψία της κατασκευής, παραλαμβάνουν μεγάλο μέρος των οριζόντιων δράσεων, μειώνοντας δραστικά τις

μετακινήσεις λόγω σεισμού του συστήματος, ενώ παράλληλα ανακουφίζουν τα υπόλοιπα, πιο αδύναμα, στοιχεία της κατασκευής. Επίσης χρησιμοποιούνται για την διόρθωση σφαλμάτων σχεδιασμού που σχετίζονται με τη μόρφωση του φορέα, π.χ. εκκεντρότητες σε κάτοψη ή ασυμμετρία κατανομής της δυσκαμψίας καθ' ύψος.

2.ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

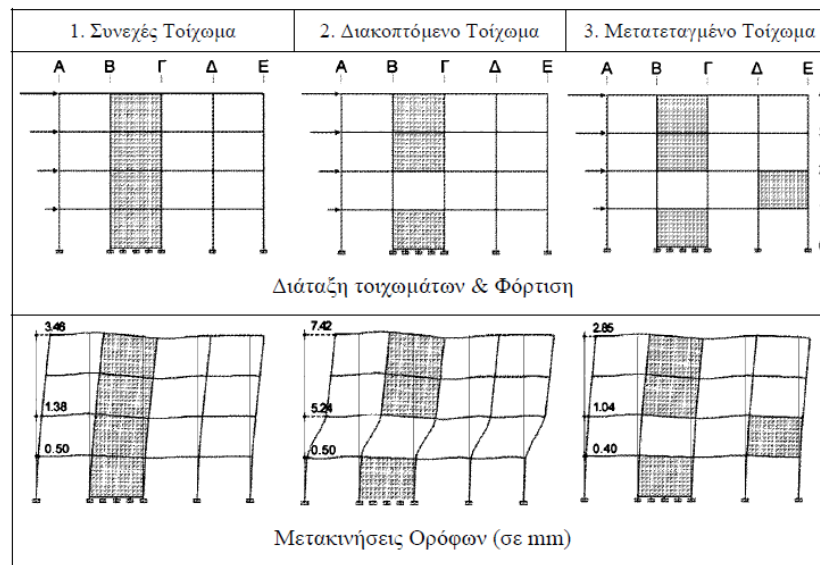
Η επέμβαση σε μία υφιστάμενη κατασκευή με τη προσθήκη τοιχωμάτων αλλοιώνει τα δυναμικά χαρακτηριστικά και τη δυσκαμψία της κατασκευής. Η θέση και η οργάνωση των τοιχωμάτων στο χώρο χρήζει ιδιαίτερης σημασίας. Τα τοιχώματα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ισοκατανεμημένα και συμμετρικά στις δύο διευθύνσεις, ενώ η διάταξη τους κοντά στην περίμετρο του κτιρίου βοηθά την στρεπτική αντίστασή του. Ασυμμετρία στη διάταξή τους ίσως προκαλέσει την ανάπτυξη ανεπιθύμητων στροφών που οδηγούν σε ανελαστικές παραμορφώσεις στα περιμετρικά φέροντα στοιχεία της κάτοψης και κατ' επέκταση σε φθορά αυτών. Με τη διάταξη δύο τουλάχιστον τοιχωμάτων στη μία τουλάχιστον οριζόντια διεύθυνση και κοντά στην περίμετρο της κάτοψης επιτυγχάνεται ο περιορισμός του μεγέθους αυτών των στροφών.



Σχήμα 2. Υπόδειγμα ορθής διάταξης τοιχωμάτων.

Επιπλέον βασικός στόχος είναι η ομοιομορφία κατανομής της δυσκαμψίας καθ' ύψος, καθώς και η εξομάλυνση της καθ' ύψος μεταβολής των οριζόντιων μετατοπίσεων των ορόφων. Ύστερα από μετασεισμική μελέτη δύο υφιστάμενων τριώροφων κατασκευών που είχαν ενισχυθεί με διαφορετική διάταξη τοιχωμάτων στην Ιαπωνία παρατηρήθηκε ότι στο πρώτο κτίριο, στο οποίο υπήρχε ενίσχυση με τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα μόνο

στον πρώτο όροφο, εμφανίστηκαν σημαντικές βλάβες στα υποστυλώματα του δεύτερου ορόφου. Αντίθετα, στο γειτονικό όμοιο κτίριο, το οποίο ήταν ενισχυμένο με τον ίδιο τρόπο και στον δεύτερο όροφο δεν παρουσίασε σημαντικές βλάβες (Japanese seismic rehabilitation of concrete buildings after the Hyogoken – Nambu earthquake) [2] Επίσης, σύμφωνα με πειραματική μελέτη των Μπαμπούκα, Αβραμίδη και Μορφίδη [3] που παρουσιάστηκε στο 16^ο Συνέδριο Σκυροδέματος του ΤΕΕ το 2009 στην Κύπρο, σε πειραματικά μοντέλα και σε υφιστάμενο κτίριο, παρατηρήθηκε ότι η μετατεταγμένη διάταξη τοιχωμάτων καθ' ύψος συνεισφέρει στην ομοιόμορφη κατανομή της δυσκαμψίας και στην αύξηση της αντοχής. Παράλληλα μειώνει τις μετακινήσεις μεταξύ των ορόφων κατά 25% σε σχέση με τα καθ' ύψος συνεχόμενα τοιχώματα που έχει σαν αποτέλεσμα τις μειωμένες βλάβες σε φέροντα και μη στοιχεία της κατασκευής. Αυτά τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με την ισχύουσα μέχρι σήμερα πρακτική που θέλει την εφαρμογή τοιχωμάτων συνεχόμενα καθ' ύψος.



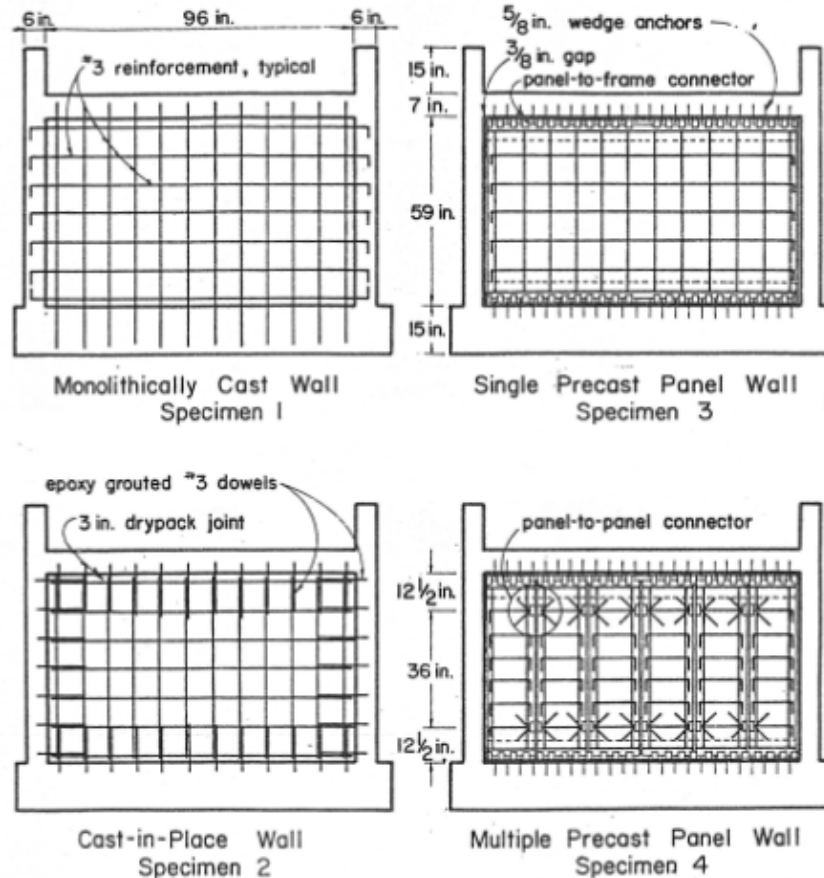
Σχήμα 3. Διάταξη μετατεταγμένων δίσκων. [3]

Είναι λοιπόν απαραίτητη η επανεκτίμηση του σχεδιασμού του κτιρίου ως σύνολο για την αποφυγή δυσμενών συνεπειών. Η εν λόγω επανεκτίμηση αρκετές φορές βασίζεται στην εμπειρία και την κρίση του μηχανικού, ενώ υπόκειται σε αρκετές απλουστεύσεις όταν εξετάζεται σε κάποιο πρόγραμμα ανάλυσης. Σε μη συνήθη κτιριακά έργα η πιο ακριβής εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα οδηγεί σε μία πιο ορθή παρέμβαση.

3. ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Οι τεχνικές προσθήκης τοιχωμάτων για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας διακρίνονται σε τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, που κατασκευάζεται επί τόπου στο έργο και από προκατασκευασμένα τοιχώματα. Τα τοιχώματα από εκτοξευόμενο ή έγχυτο σκυρόδεμα κατασκευάζονται στο εσωτερικό των πλαισίων του φορέα με οπλισμό και στις δύο διευθύνσεις που αγκυρώνεται ανάλογα με την κάθε περίπτωση περιμετρικά σε όλα τα στοιχεία του πλαισίου ή μόνο στις δοκούς. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις τεχνικές σκυροδέτησης για την αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων στη σύνδεση του τοιχώματος με τα μέλη του πλαισίου, λόγω του φαινομένου της συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος. Για

αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται μη συρρικνούμενα σκυροδέματα ειδικής σύνθεσης. Μία εναλλακτική μέθοδος επίσης είναι η σκυροδέτηση του τοιχώματος μέχρι ύψους περίπου 20 cm χαμηλότερα από τη δοκό και συμπλήρωση του κενού με ειδικό εποξειδικό ή πολυεστερικό κονίαμα ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα στο οποίο να έχει λάβει χώρα ένα σημαντικό ποσοστό της συστολής ξήρανσης (το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με τη σύνθεση του σκυροδέματος). Επιπρόσθετα, υπάρχει η δυνατότητα σκυροδέτησης μέχρι ύψος 5 – 7 mm χαμηλότερα από τη δοκό και γέμισμα του κενού με ρητινοειδή κόλλα. Τέλος, αν είναι δυνατή η εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία επιπλέον εναλλακτική λύση. Τα προκατασκευασμένα τοιχώματα μπορεί να είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από μεταλλικά φύλλα με εσωτερικό γέμισμα από μονωτικά υλικά. Η κατασκευή τους γίνεται σε βιομηχανικές μονάδες ακολουθώντας συγκεκριμένες τεχνικές και προδιαγραφές, με αποτέλεσμα να πληρούν τις απαιτήσεις της εκάστοτε μελέτης με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αντίθετα στα τοιχώματα από έγχυτο σκυρόδεμα υπάρχει αβεβαιότητα λόγω τυχόν παραλήψεων του συνεργείου που τα κατασκευάζει επί τόπου. Τέλος, η κατασκευή τους είναι πιο εύκολη, πιο οικονομική και η τοποθέτηση τους στο υπό ενίσχυση κτίριο πιο γρήγορη.

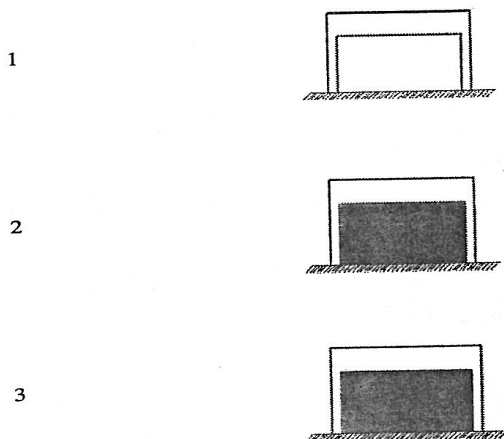


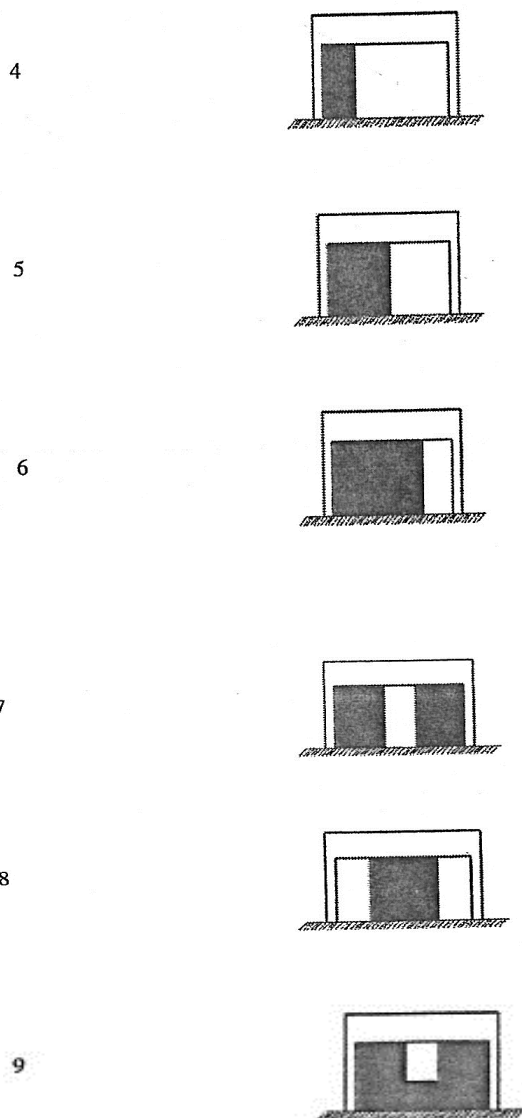
Σχήμα 4. Διάταξη οπλισμών και στηρίξεων των δοκιμίων. [4]

Πειραματική μελέτη του Πανεπιστημίου του Michigan [4] που χρησιμοποίησε 4 πλαίσια τα οποία δοκιμάστηκαν υπό στατική φόρτιση και ανακυκλιζόμενη φόρτιση αυξανόμενου μεγέθους. Το φορτίο επιβαλλόταν με υδραυλικούς γρύλους στο ύψος του

ορόφου. Το πρώτο δοκίμιο αφορούσε τοίχωμα μονολιθικά συνδεδεμένο με τα στοιχεία του πλαισίου, το δεύτερο τοίχωμα κατασκευασμένο από έγχυτο σκυρόδεμα με αγκύρωση και στις 4 πλευρές του πλαισίου, ενώ το κενό μεταξύ τοιχώματος και άνω δοκού έκλεισε με ειδικό τσιμεντοκονίαμα, το τρίτο προκατασκευασμένο τοίχωμα που ενώθηκε με σφηνωμένες αγκυρώσεις στις 2 δοκούς, ενώ απείχε από κάθε υποστύλωμα 10 mm και το τέταρτο αποτελείται από έξι ανεξάρτητα προκατασκευασμένα τοιχώματα που αγκυρώνονται στην πάνω και στην κάτω δοκό και είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με συνδέσεις. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το τοίχωμα που κατασκευάστηκε από έγχυτο σκυρόδεμα, παρόλο που αύξησε την αντοχή του πλαισίου, κρίθηκε μη ικανοποιητικό για σεισμική ενδυνάμωση επειδή ο τρόπος αστοχίας ήταν ψαθυρός με αποτέλεσμα την απότομη απώλεια της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου. Αντίθετα, οι δύο μέθοδοι με τα προκατασκευασμένα στοιχεία κρίθηκαν ικανοποιητικές καθώς το κενό μεταξύ υποστυλωμάτων και τοιχώματος απέτρεψε την διατμητική αστοχία των υποστυλωμάτων πράγμα που είχε ως αποτέλεσμα μία πιο πλάσטיμη κατασκευή. Παράλληλα το τέταρτο δοκίμιο με τα 6 ανεξάρτητα τοιχώματα παρουσίασε μεγαλύτερη ολκιμότητα και αντοχή στην ανακυκλιζόμενη φόρτιση.

Σε αρκετές περιπτώσεις λόγω αρχιτεκτονικών απαιτήσεων δεν είναι δυνατή η κατασκευή ολόσωμων τοιχωμάτων, καθώς πρέπει να προβλέπονται ανοίγματα για παράθυρα ή/και πόρτες. Αναμενόμενο είναι να υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην απόκριση της ενισχυμένης κατασκευής σε σχέση με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν ανωτέρω. Πειραματική μελέτη η οποία διεξήχθη από τους Ozgur Anil και Sinan Altin [5] σε 9 διαφορετικούς φορείς (πλαίσια στα οποία προστέθηκαν τοιχώματα από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα,) υπό πλευρικά ανακυκλιζόμενα φορτία απέδειξαν ότι η αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής του πλαισίου ποικίλλει ανάλογα με την διάταξη των τοιχωμάτων, την ύπαρξη ανοιγμάτων και το λόγω μήκους προς ύψος. Πιο συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα με πάχος 50mm, ύψος 750 mm και μήκος το 25%, 50%, 75% και 100% του ανοίγματος του πλαισίου. (δοκίμια 4,5,6,3 αντίστοιχα). Το δοκίμιο 7 έχει δύο συμμετρικά πτερύγια, στο δοκίμιο 8 το τοίχωμα έχει κατασκευαστεί μόνο στο κέντρο του ανοίγματος του πλαισίου με μήκος 50% του μήκους του πλαισίου, ενώ στο δοκίμιο 9 υπάρχει ένα συμμετρικό άνοιγμα παραθύρου στο μέσον του μήκους του πλαισίου. Αξίζει να σημειωθεί πως όλα τα δοκίμια είναι συνδεδεμένα με το υποστύλωμα και με τη δοκό, εκτός του 8, που έχει συνδεθεί μόνο με τη δοκό.





Σχήμα 5. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά δοκιμίων. [5]

Γενικά, όπως αναμενόταν, η προσθήκη των τοιχωμάτων αύξησε τη δυσκαμψία και την αντοχή των φορέων, ενώ μείωσε τις μετακινήσεις τους. Η εν λόγω συνεισφορά επηρεάζεται από το λόγο μήκους προς ύψος του τοιχώματος και είναι μεγαλύτερη όσο αυτός ο λόγος αυξάνεται. Επίσης η σύνδεση του τοιχώματος με τα υπόλοιπα μέλη του πλαισίου είναι σημαντικός παράγοντας της συμπεριφοράς του τοιχώματος. Η απορρόφηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της φόρτισης αυξήθηκε σημαντικά. Σε όλα τα δοκίμια παρατηρήθηκε ψαθυρή συμπεριφορά, με χαρακτηριστική μείωση της αντοχής τους έπειτα από την εμφάνιση σημαντικών φθορών στα τοιχώματα. Απέκτησαν ελάχιστη ολκιμότητα μόνο έπειτα από το μέγιστο φορτίο αντοχής. Ο μηχανισμός κατάρρευσης και η συμπεριφορά των δοκιμίων ήταν διαφορετική σε κάθε περίπτωση, ακόμα και σε φορείς με ίδιο λόγο μήκους προς ύψος, εξαιτίας της διαφορετικής κατανομής των τοιχωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, το δοκίμιο 4 στο οποίο υπάρχει μόνο ένα πτερύγιο στο αριστερό υποστύλωμα, έχει συμπεριφορά παρόμοια με αυτή του γυμνού πλαισίου και είναι το πιο αδύναμο από τα υπόλοιπα. Αν και έχει αυξηθεί η

αντοχή του φορέα (3.73 φορές), οι μετακινήσεις παραμένουν σχεδόν ίδιες και καταρρέει λόγω αστοχίας των υποστυλωμάτων σε διάτμηση. Η απορρόφηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της φόρτισης ήταν η χαμηλότερη από όλα τα δοκίμια, αρκετά όμως υψηλότερη από αυτή του απλού πλαισίου. Αντίθετα, το τοίχωμα που έχει κατασκευαστεί σε όλο το μήκος του πλαισίου έδειξε την καλύτερη συμπεριφορά, αυξάνοντας την αντοχή 10 φορές σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο και απορροφώντας την υψηλότερη ποσότητα ενέργειας. Γενικά, η αύξηση του λόγω μήκους προς ύψος συνεπάγεται την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας.

Το μοναδικό δοκίμιο που ήταν συνδεδεμένο μόνο με τη δοκό (δοκίμιο 8), είχε λιγότερη αντοχή σε σχέση με άλλα δοκίμια που είχαν ίδιο λόγω μήκους προς ύψος αλλά είχε αρκετά μεγαλύτερη πλαστιμότητα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το δοκίμιο 6, με ένα πτερύγιο, έχει υψηλότερη αντοχή από το δοκίμιο 7 το οποίο έχει 2 πτερύγια, παρόλο που έχουν και τα δύο ίδιο λόγο μήκους προς ύψος. Επιπλέον, είναι ωφέλιμο να χρησιμοποιούνται συνδετήρες στα μέλη των μερικώς εμφαντούμενων τοιχωμάτων για να αποφευχθεί η διάδοση διατμητικών ρωγμών και κατ' επέκταση η διατμητική αστοχία, που αποτελεί έναν ανεπιθύμητο τρόπο αστοχίας. Η ύπαρξη κενού στην επιφάνεια του τοιχώματος λόγω ενός παραθύρου (δοκίμιο 9) επιδρά αρνητικά στην αντοχή, τη δυσκαμψία και την απορρόφηση ενέργειας από το φορέα ενώ παρατηρήθηκε αστοχία κοντού υποστυλώματος. Η μείωση της αντοχής σε σχέση με το αντίστοιχο τοίχωμα χωρίς την ύπαρξη παραθύρου είναι 28%. Έτσι προτείνεται να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς οποιαδήποτε κενά στην επιφάνεια του τοιχώματος.

Τα πειραματικά αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι η προσθήκη εμφαντούμενων τοιχωμάτων αυξάνει σημαντικά την αντοχή και την δυσκαμψία ενός απλού πλαισίου, ενώ μειώνει το λόγο των μετακινήσεων μεταξύ των ορόφων. Οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της επιρροής τους είναι η διάταξη των τοιχωμάτων, οι διαστάσεις τους και ο τρόπος σύνδεσής τους με τα μέλη του πλαισίου. Ανεξαρτήτως υλικού και τρόπου κατασκευής, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη μέριμνα στην απόκριση της υφιστάμενης κατασκευής. Αρκετά κτίρια παλαιότερων ετών είναι σεισμικά ανεπαρκή για διάφορους λόγους, όπως η ύπαρξη εύκαμπτων υποστυλωμάτων και μαλακών ορόφων και η έλλειψη ικανοτικού σχεδιασμού και πρόσθετων κατασκευαστικών διατάξεων λόγω του σεισμού (μικρά μήκη μάτισης, αραιοί συνδετήρες κ.α.). Η συμπεριφορά των εμφαντούμενων τοιχωμάτων εξαρτάται σε ένα μεγάλο βαθμό από τη σύνδεσή τους με τα υπόλοιπα μέλη και έτσι επηρεάζεται σημαντικά από το επίπεδο των φθορών του υπόλοιπου σκελετού του κτιρίου. Έτσι, η συνεισφορά τους θα είναι περιορισμένη εξαιτίας πρόωρων αστοχιών κυρίως στα υποστυλώματα. Οπότε, σε ορισμένες περιπτώσεις, ίσως είναι σκόπιμη η τοπική ενίσχυση των ήδη υπαρχόντων υποστυλωμάτων, ώστε να είναι δυνατή η μέγιστη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων των τοιχωμάτων. Σε πειράματα που διεξήχθησαν από τους Sinan Altin, Ozgur Anil και Mehmet Emin Kara [6], εξετάστηκε η συμπεριφορά 6 διώροφων πλαισίων ενός ανοίγματος, (σε κλίμακα 1:3) με διάφορους τρόπους ενίσχυσης των υποστυλωμάτων τους. Το πρώτο δοκίμιο δεν είχε καμία ενίσχυση, ενώ στα υπόλοιπα δοκίμια κατασκευάστηκε ένα τοίχωμα σε όλο το μήκος του ανοίγματος του πλαισίου. Το δεύτερο είχε συνεχείς διαμήκεις ράβδους οπλισμού σε όλο το ύψος, το τρίτο δεν είχε καμία επιπλέον ενίσχυση και το τέταρτο διαθέτει δίπλα από κάθε υποστυλώμα “κρυφά” υποστυλώματα στο πάχος του τοιχώματος. Στο πέμπτο δοκίμιο ενισχύθηκαν τα υποστυλώματα του πλαισίου με νέα υποστυλώματα εσωτερικά του πλαισίου, όμοια με τα ήδη υπάρχοντα και τέλος, στο έκτο δοκίμιο ενισχύθηκαν οι κρίσιμες περιοχές στη βάση των υποστυλωμάτων με συγκόλληση επιπρόσθετου διαμήκους οπλισμού και οπλισμού διάτμησης. Τα δοκίμια δοκιμάστηκαν με πλευρικό ανακυκλιζόμενο φορτίο που ασκούταν από υδραυλικούς γρύλους στο ύψος των ορόφων. Διαπιστώθηκε ότι τα δοκίμια 2 και 6 ήταν αυτά που είχαν μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα, όμως το δοκίμιο 2 αστόχησε σε διάτμηση. Αντίθετα, το δοκίμιο 6 απορρόφησε

περισσότερη ενέργεια επιδεικνύοντας πιο πλαστική συμπεριφορά. Επίσης τα δοκίμια 4 και 5 επέδειξαν εξίσου καλή συμπεριφορά με το δοκίμιο 6, όμως η αντοχή τους ήταν λίγο μικρότερη κατά 15% περίπου.

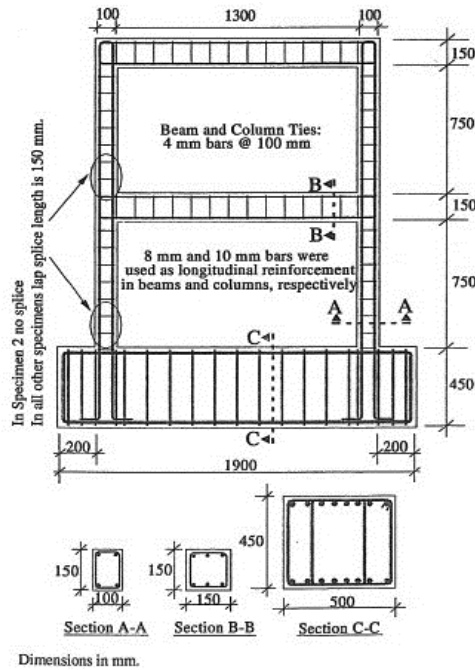
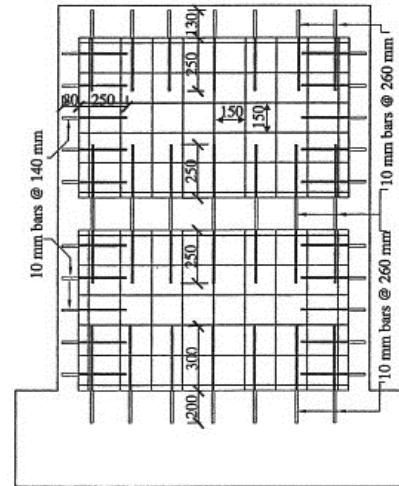


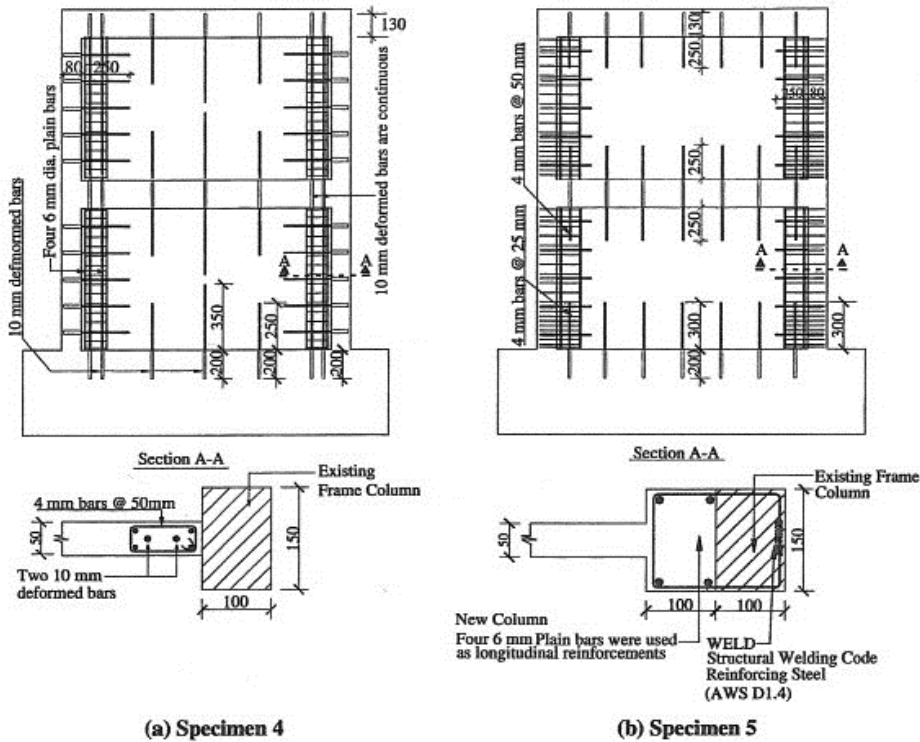
Fig. 1. Dimensions and reinforcement details of bare frame.

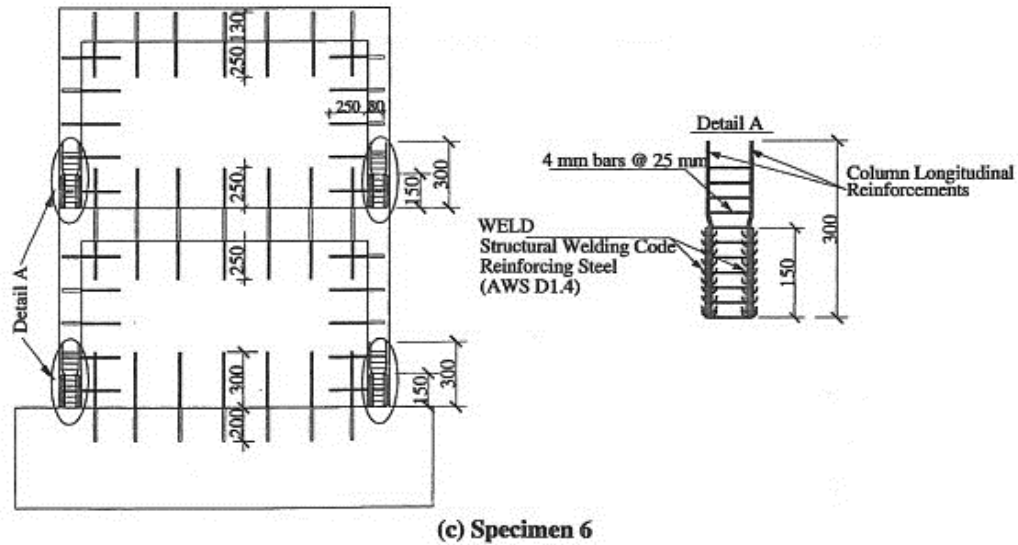


Notes :
 1. Each dowel consisted of one bar centered at the face of the member applied.
 2. Infill reinforcement : 6 mm dia. bars @ 150 mm (both faces)
 Dimensions in mm.

Fig. 2. Infill reinforcements and dowels details of specimen 2, 3, 5 and 6.

Σχήμα 6. Λεπτομέρειες διάταξης οπλισμού τοιχώματος όλων των δοκιμών [6]



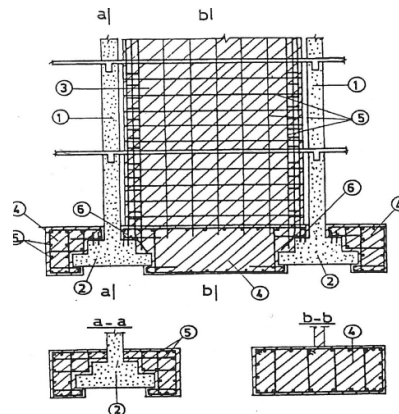


Σχήμα 7. Λεπτομέρειες ενίσχυσης υποστυλωμάτων. [6]

4.ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

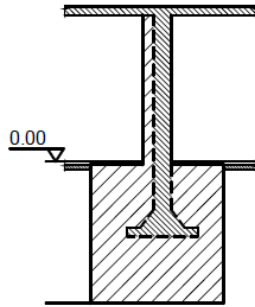
Ένα αρκετά κρίσιμο σημείο της εφαρμογής της μεθόδου ενίσχυσης κτιρίων με τοιχώματα είναι η θεμελίωση τους λόγω των μεγάλων δυνάμεων και ροπών που καλούνται να μεταφέρουν τα τοιχώματα στο έδαφος. Στη στάθμη της θεμελίωσης δημιουργούνται αρκετά μεγάλες ροπές ανατροπής οι οποίες πρέπει να αναληφθούν από ένα ορθά δομημένο σύστημα θεμελίωσης. Αρχικά θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους, το οποίο θα κληθεί να φέρει αυξημένα φορτία λόγω της ύπαρξης των τοιχωμάτων. Η θεμελίωση των τοιχωμάτων θα πρέπει να συνδέεται σε κάθε περίπτωση με την υπάρχουσα θεμελίωση του κτιρίου και αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

- Κατασκευή μίας ενιαίας πεδιλοδοκού που θα εμπερικλείει και τα πέδιλα των υποστυλωμάτων



Σχήμα 8. Διάταξη οπλισμού νέας πεδιλοδοκού. [7]

- Ενίσχυση του θεμελίου του υποστυλώματος με υποσκαφή και ένωση του με το πέδιλο του τοιχώματος



Σχήμα 9. Ενίσχυση θεμελίου με υποσκαφή.

- Ένωση του πεδύλου του τοιχώματος με τα γειτονικά πέδιλα των υποστυλωμάτων με συνδετήριες δοκούς
- Χρήση αγκυρίων ή πασσάλων για να αποφευχθεί η διαφορική καθίζηση της θεμελίωσης.

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, όλες οι πειραματικές μέθοδοι που αναλύθηκαν παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η εμφάνιση τοιχωμάτων ως μέθοδος ενίσχυσης υφιστάμενων κτιρίων είναι αποτελεσματική, καθώς αυξάνει σημαντικά την αντοχή και την δυσκαμψία του κτιρίου και παράλληλα μειώνει τις μετακινήσεις που έχει ως αποτέλεσμα μικρότερες σεισμικές φθορές στα φέροντα και μη στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα τα τοιχώματα από προκατασκευασμένα panels αύξησαν την αντοχή ικανοποιητικά, ενώ παράλληλα οδήγησαν σε πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής έως την κατάρρευση, κάτι που είναι επιθυμητό. Για να συμβεί αυτό, τα προκατασκευασμένα panel πρέπει να συνδέονται μόνο με τις δοκούς και να υπάρχει κενό μεταξύ panel και υποστυλώματος τουλάχιστον 1% του καθαρού ύψους ορόφου. Αυτή η σύνδεση πρέπει να γίνεται από χάλυβα με νευρώσεις που θα αγκυρώνεται στις δοκούς με εποξειδικές ρητίνες.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι η διάταξη των τοιχωμάτων μέσα στο άνοιγμα του πλαισίου επηρεάζει σημαντικά τη φέρουσα ικανότητα του τοιχώματος. Οποιοδήποτε άνοιγμα στο σώμα του στοιχείου λόγω αρχιτεκτονικών απαιτήσεων πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τον μελετητή, διότι η μείωση της φέρουσας ικανότητας που παρατηρείται μπορεί να φτάσει έως και 62% ανάλογα με τη θέση των ανοιγμάτων.

Διαπιστώθηκε πως η συνεργασία τοιχώματος – υποστυλωμάτων έχει αρνητικές επιδράσεις στα υποστυλώματα και ιδιαίτερα στις κρίσιμες περιοχές τους. Για αυτό το λόγο, κρίνεται σκόπιμη η ενίσχυση των εν λόγω περιοχών με επιπλέον συνδετήρες και συγκόλληση διαμηκών ράβδων χάλυβα. Η συγκεκριμένη παρέμβαση αποδείχθηκε επίσης ότι είναι η πιο αποτελεσματική και πρακτική από κατασκευαστικής απόψεως.

Τέλος, η τελική διάταξη των τοιχωμάτων στο κτίριο είναι πολύ σημαντικός παράγοντας καθώς μεταβάλλει τα δυναμικά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερα την κατανομή της δυσκαμψίας. Ζητούμενο είναι η ομοιομορφία σε κάτοψη της διάταξης των τοιχωμάτων και η επιλογή της ορθότερης καθ' ύψος διάταξης όπως παρουσιάζει και η μέθοδος των μετατεταγμένων δίσκων.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] http://sideris-konstantinos.blogspot.com/p/blog-page_8741.html
- [2] Hiroshi Fukuyama and Shunsuke Sugano (2000)
<<Japanese seismic rehabilitation of concrete buildings after the Hyogoken – Nanbu Earthquake>>, Elsevier, Cement and Concrete Composites 22 (200) 59 – 79, Japan.
- [3] Ε. Ν. Μπαμπούκας, Ι. Ε. Αβραμίδης, Κ. Μορφίδης, 16^ο Συνέδριο Σκυροδέματος ΤΕΕ, ΕΤΕΚ Πάφος, Κύπρος
- [4] Reinforced Concrete Shear Walls for Aseismic Strengthening by Lawrence F. Kahn and Robert D. Hanson
- [5] An experimental study on reinforced concrete partially infilled frames, Ozgur Anil, Sinan Altin
- [6] Strengthening of RC nonductile frames with RC infills: An experimental study, Ozgur Anil, Sinan Altin, Mehmet Emin Kara
- [7] Ενισχύσεις – Επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Στέφανος Η. Δρίτσος 2009

