

Διερεύνηση της μεταφοράς δυνάμεων στην διεπιφάνεια εμφατνώματος και περιβάλλοντος πλαισίου Ο/Σ στην πυλωτή κτιριακών κατασκευών όταν υποβάλλονται σε ανακυκλιζόμενες σεισμικού τύπου φορτίσεις

Γ.Χ. Μάνος¹, Κ. Κατάκαλος², Β. Σούλης³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εξετάζεται η μεταφορά δυνάμεων μέσω χαλύβδινων συνδέσμων στην διεπιφάνεια που συνδέει εμφατνώματα οπλισμένου σκυροδέματος (ΟΣ) με περιβάλλοντα μανδουμένα δομικά στοιχεία πλαισιακών φορέων ΟΣ. Επισημάνθηκε, μέσω της πειραματικής μελέτης της συμπεριφοράς πρωτότυπων δοκιμίων με τέτοιες διεπιφάνειες, η σημασία της ορθής τοποθέτησης των συνδέσμων, μέσω της κατάλληλης κατασκευαστικής διάταξης. Άλλως προκύπτει μια σύνδεση μικρής φέρουσας ικανότητας που δημιουργεί πρόωρες βλάβες στα δομικά στοιχεία που την περιβάλλουν. Υλοποιώντας μια αποτελεσματική σύνδεση με την κατάλληλη κατασκευαστική διάταξη επιτυγχάνεται η μεταφορά σημαντικού εύρους δυνάμεων στην διεπιφάνεια μεταξύ εμφατνώματος και περιβάλλοντος πλαισίου, μέσω της λειτουργίας βλήτρου / αγκυρίου των χαλύβδινων συνδέσμων. Μια τέτοια αποτελεσματική σύνδεση έχει ως συνέπεια την ικανοποιητική συμπεριφορά αυτού του σχήματος επισκευής – ενίσχυσης μέσω εμφατνώματος ΟΣ σε συνδυασμό με την μανδύωση του πλαισιακού φορέα ΟΣ. Η μη-γραμμική αριθμητική προσομοίωση της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική. Η εν λόγω αριθμητική προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περεταίρω παραμετρική διερεύνηση του συγκεκριμένου προβλήματος αλληλεπίδρασης.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

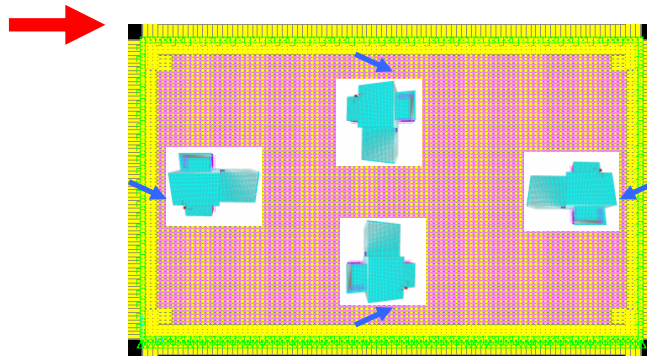
Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η μεταφορά δυνάμεων στην διεπιφάνεια μεταξύ εμφατνώματος Ο/Σ και των μελών περιβάλλοντος πλαισίου Ο/Σ, ως στοιχείο της τεχνικής των εμφατνώσεων που προβλέπεται και από τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ., δεξ βιβλιογραφία 4, 5). Η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί σχετικά εύκολα στην πυλωτή πολυώροφων κτιριακών κατασκευών και να συνδυαστεί με αυτή των μανδύων των δομικών

¹ Ομότιμος καθηγητής / Α.Π.Θ. /, gcmayos@civil.auth.gr

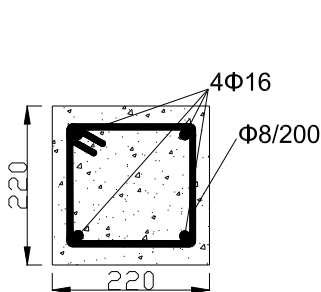
² Επίκουρος καθηγητής / Α. Π. Θ. / kkatakal@civil.auth.gr

³ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός / ΕΥΔΑΠ /, vassilios_soulis@yahoo.com

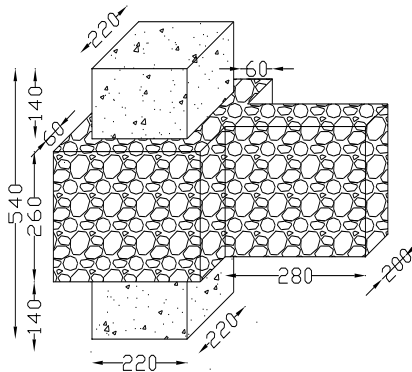
στοιχείων του περιβάλλοντος πλαισίου (σχήμα 1). Η προσθήκη εμφατνωμάτων Ο/Σ μπορεί να προσδώσει σημαντική επαύξηση της δυσκαμψίας, της φέρουσας ικανότητας και της απορρόφησης ενέργειας, πέραν αυτής των μανδυνών, μέσα από την συνδυασμένη μεταελαστική συμπεριφορά του συνόλου των μανδυωμένων πλαισίων και εμφατνωμάτων συνδεδεμένων με αυτά. Τέτοιο σχήμα ενίσχυσης έχει διερευνηθεί στο παρελθόν και από άλλους ερευνητές (δες βιβλιογραφία 7, 8). Εδώ η προτεινόμενη διερεύνηση εστιάζεται στην μεταφορά δυνάμεων στην διεπιφάνεια μεταξύ του περιβάλλοντος μανδυωμένου πλαισίου και του εμφατνώματος μέσω των λεπτομερειών σύνδεσης τους που χρησιμοποιούν χαλύβδινους συνδέσμους. Το εν λόγω πρόβλημα αλληλεπίδρασης έχει αρκετά κοινά στοιχεία με την αλληλεπίδραση πλαισίων με τοιχοπληρώσεις, που έχει διερευνηθεί σε βάθος από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Πειραματικής Αντοχής των Υλικών και των Κατασκευών του Α.Π.Θ. στο παρελθόν (δες βιβλιογραφία 1, 2, 3 και 6). Η μεταφορά δυνάμεων μεταξύ του υπάρχοντος πλαισίου (αρχικού ή μανδυωμένου) με το νέο στοιχείο Ο/Σ (εμφατνώμα) που τοποθετείται ως ενίσχυση αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τόσο τον τελικό μηχανισμό αστοχίας όσο και την αρχική δυσκαμψία και την μέγιστη τιμή της φέρουσας ικανότητας. Η συνεργασία αυτή που διερευνάται εδώ επιτυγχάνεται μέσω μεταλλικών συνδέσμων εν είδη βλήτρων / αγκυρίων των οποίων η συμπεριφορά διερευνάται μέσω σειράς κατάλληλων πειραματικών δοκιμών (σχήματα 2 και 3). Η φύση των δυνάμεων που θα αναπτυχθούν στην διεπιφάνεια του περιβάλλοντος μανδυωμένου πλαισίου και του εμφατνώματος έχει μελετηθεί μέσω αριθμητικών προσομοιώσεων [1], [4], [9].



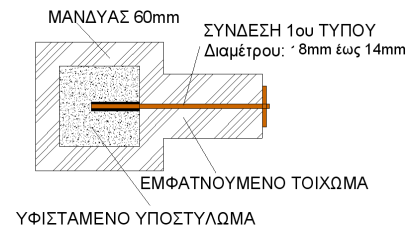
Σχήμα 1. Μονώροφο πλαίσιο Ο/Σ με εμφατνώμα που υποβάλλεται σε οριζόντια σεισμική φόρτιση



Σχήμα 2α. Υφιστάμενο υποστυλώμα



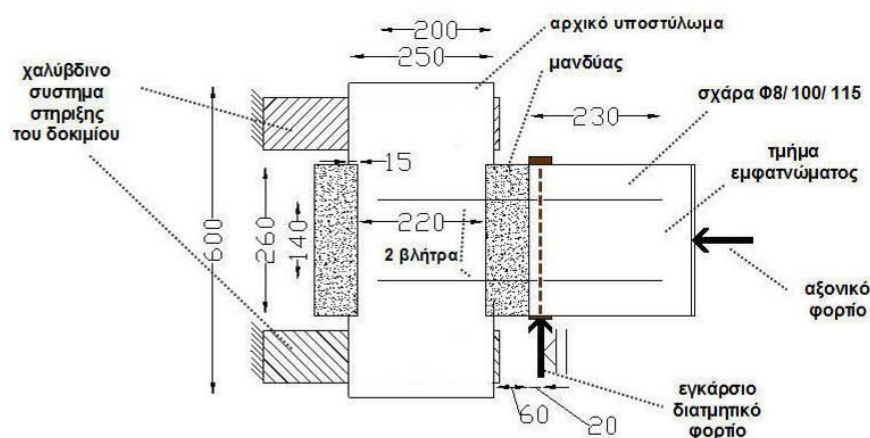
Σχήμα 2β. Τμήμα μανδυωμένου υποστυλώματος με τμήμα εμφατνώματος



Σχήμα 2γ. Οριζόντια τομή στο τμήμα του μανδυωμένου υποστυλώματος με τμήμα εμφατνώματος

2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΜΦΑΤΝΩΜΕΝΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

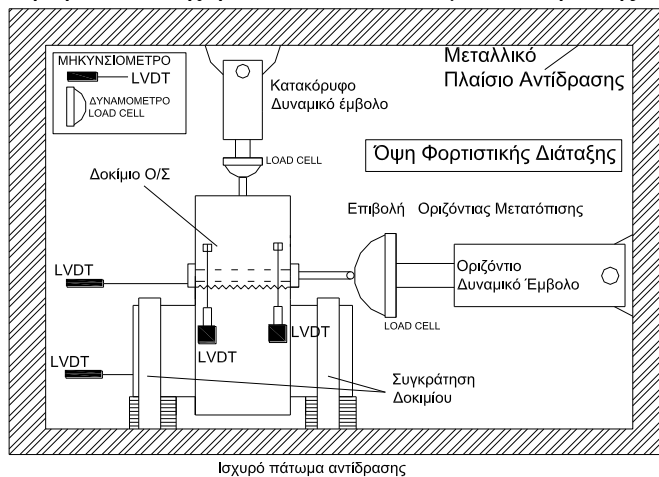
Στο σχήμα 2α απεικονίζεται η διατομή τμήματος ενός υφιστάμενου υποστυλώματος ενώ στο σχήμα 3β απεικονίζεται ένα τμήμα του αντίστοιχου μανδρωμένου υποστυλώματος που συνδέεται με τμήμα εμφατνώματος με τις σχετικές διαστάσεις σε mm. Το εν λόγω σχήμα αντιστοιχεί στα δοκίμια που ελέγχθηκαν πειραματικά με διαστάσεις μικρότερες μιας πρωτότυπης εφαρμογής που όμως είναι κατασκευασμένα με πρωτότυπα υλικά ώστε η διεπιφάνεια που δημιουργείται να μπορεί να θεωρηθεί ως ικανοποιητικά αντιπροσωπευτική. Η σύνδεση του εμφατνωμένου τμήματος με το μανδρωμένο υποστύλωμα γίνεται αφενός μέσω της επαφής στην διεπιφάνεια σύνδεσής τους καθώς και με χαλύβδινους συνδέσμους (βλήτρα / αγκύρια) που εκκινούν από το σώμα του εμφατνώματος και εισέρχονται στο μανδρωμένο υποστύλωμα. Ένας αριθμός από τέτοιας γεωμετρίας δοκίμια κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο με την ίδια ποιότητα σκυροδέματος και χάλυβα. Για το υφιστάμενο υποστύλωμα το σκυρόδεμα είχε θλιπτική αντοχή της τάξεως των 20MPa ενώ για τον μανδύα και το τμήμα του εμφατνώματος της τάξεως των 23 MPa. Ο δομικός χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε είχε τάση διαρροής 570MPa και τάση θραύσης 700MPa. Όλα τα δοκίμια υπακούουν στους περιορισμούς που περιλαμβάνονται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. ως προς τις ελάχιστες αποστάσεις από τα όρια (δες βιβλιογραφία 4, 5).



Σχήμα 3. Απεικόνιση της φορτιστικής διάταξης και του δοκιμίου που διερευνάται πειραματικά

Όλα τα δοκίμια ήταν πανομοιότυπα ως προς την γεωμετρία και τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Η μόνη παράμετρος που μεταβάλλονταν ήταν η διάμετρος και ο αριθμός των χαλύβδινων συνδέσμων μεταξύ του τμήματος του μανδρωμένου υποστυλώματος και του τμήματος του εμφατνώματος. Στο σχήμα 3 η σύνδεση αυτή γίνεται με δύο χαλύβδινους συνδέσμους (βλήτρα / αγκύρια) στο ύψος του μανδρωμένου τμήματος. Στο ίδιο σχήμα απεικονίζεται η πειραματική διάταξη στήριξης και φόρτισης των εν λόγω δοκιμίων στο πλαίσιο / πάτωμα αντίδρασης του εργαστηρίου Πειραματικής Αντοχής των Υλικών και των Κατασκευών του Α.Π.Θ. Όπως φαίνεται σε αυτό το σχήμα η στήριξη των δοκιμίων γίνεται μέσω του άνω και κάτω τμήματος του υφιστάμενου υποστυλώματος τα οποία έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις στις θέσεις αυτές από το υπόλοιπο τμήμα και είναι ενισχυμένα με

πρόσθετους χαλύβδινους συνδετήρες ώστε να αποτραπεί οποιαδήποτε αστοχία στις θέσεις αυτές. Το τμήμα του εμφαντώματος υποβάλλεται σε ένα συνδυασμό αξονικού και εγκάρσιου φορτίου που μεταφέρεται στο μανδρωμένο υποστυλώμα αφενός μέσω της διεπιφάνειας επαφής μανδύα-υποστυλώματος αφετέρου μέσω των χαλύβδινων συνδέσμων. Το αξονικό (οριζόντιο) φορτίο επιβάλλεται κεντρικά στην διατομή του τμήματος του εμφαντώματος ενώ το εγκάρσιο (κατακόρυφο) φορτίο επιβάλλεται με μια εκκεντρότητα 20mm ως προς την διεπιφάνεια επαφής μανδύα και εμφαντώματος. Η κατακόρυφη-εγκάρσια αυτή φόρτιση είναι ανακυκλιζόμενη σεισμικού τύπου με σταδιακά αυξανόμενο μέγεθος. Η οριζόντια-αξονική φόρτιση ποικίλει από ένα επίπεδο θλίψης έως ένα επίπεδο ελκυσμού που επιλέχθηκε για τον σκοπό της παρούσης διερεύνησης. Τα δοκίμια που απεικονίζονται στα σχήματα 2 και 3 μπορούν υπό μία έννοια να εκληφθούν ότι αντιπροσωπεύουν την σύνδεση του εμφαντώματος με την οριζόντια μανδρωμένη δοκό του εμφαντωμένου πλαισίου του σχήματος 1. Με αυτό το σκεπτικό μπορεί να γίνει κατανοητή και η πειραματική διάταξη φόρτισης του σχήματος 4 έτσι όπως αυτή υλοποιήθηκε στο ισχυρό πλαίσιο / πάτωμα αντίδρασης του εργαστηρίου.



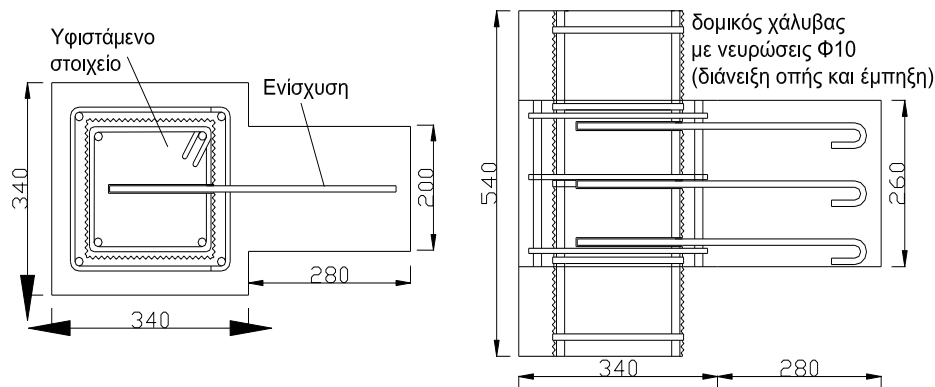
Σχήμα 4. Απεικόνιση της φορτιστικής διάταξης και του δοκιμίου όπως υλοποιήθηκε στο εργαστήριο.

3 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΜΦΑΤΝΩΜΑΤΟΣ ΜΑ ΜΑΝΔΡΩΜΕΝΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ / ΔΟΚΟ ΠΟΥ ΔΙΕΡΕΥΝΗΘΗΚΑΝ

Στο σχήμα 5 απεικονίζεται ένα δοκίμιο που είναι ακλόνητα συνδεδεμένο με το ισχυρό πάτωμα αντίδρασης του εργαστηρίου. Απεικονίζεται επίσης τα σέρβο-υδραυλικό έμβολο με τους αισθητήρες φορτίου (δυναμόμετρα) καθώς και η αρθρωτή κεφαλή που συνδέει το οριζόντιο έμβολο με το δοκίμιο. Αντίστοιχη αρθρωτή σύνδεση υπήρχε επίσης στην βάση στήριξης του οριζοντίου εμβόλου με το μεταλλικό πλαίσιο αντίδρασης. Το δοκίμιο που απεικονίζεται στα σχήματα 4 και 5 είναι στραμμένο κατά 90° συγκριτικά με αυτό του σχήματος 3.

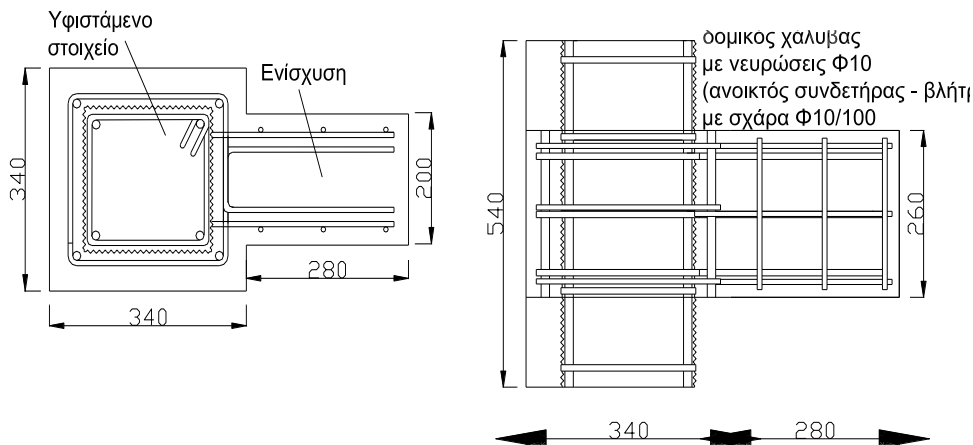


Σχήμα 5. Στήριξη / φόρτιση δοκιμίου



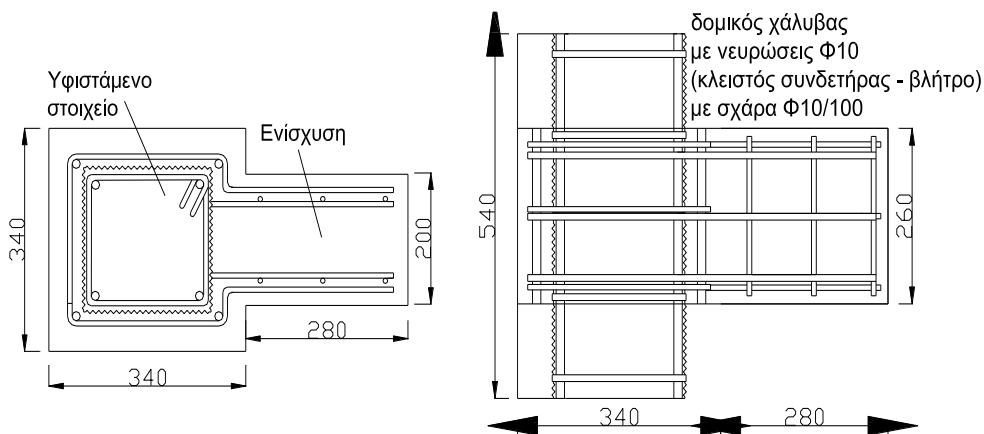
1^{ος} Τρόπος
Μανδύας 60mm
3 βλήτρα με γάντζο
60mm. Βάθος έμπηξης
180mm. Οπή
Φ16/100mm

Σχήμα 6. 1^{ος} Τρόπος σύνδεσης εμφαντώματος με μανδουωμένο υποστύλωμα



2^{ος} Τρόπος
Μανδύας 60mm
3 βλήτρα δίτημητα,
τύπου κλειστού
συνδετήρα.
Απόσταση 100mm
+ 2 #10/100 έξω από
βλήτρα.

Σχήμα 7. 2^{ος} Τρόπος σύνδεσης εμφαντώματος με μανδουωμένο υποστύλωμα

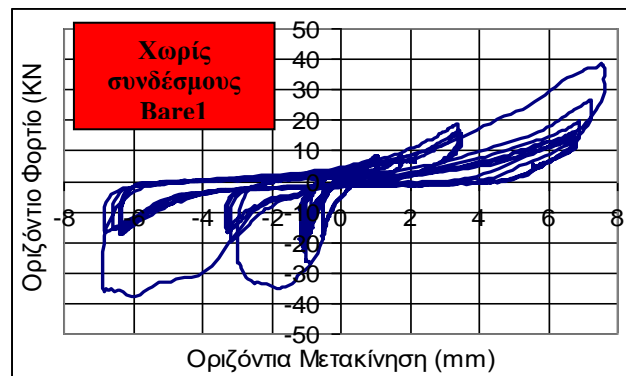
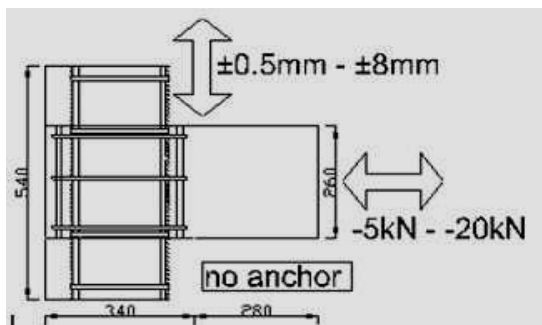


3^{ος} τρόπος
Μανδύας 60mm
3 βλήτρα δίτημητα,
τύπου ανοικτού
συνδετήρα.
Απόσταση 140mm
+2 #10/100 μέσα
από βλήτρα.

Σχήμα 8. 3^{ος} Τρόπος σύνδεσης εμφαντώματος με μανδουωμένο υποστύλωμα

Στα σχήματα 6, 7 και 8 απεικονίζονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες που αντιστοιχούν σε τρεις διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης του εμφαντώματος με το μανδουωμένο υποστύλωμα. Σύμφωνα με τον 1^ο τρόπο οι χάλυβδινοι σύνδεσμοι τοποθετούνται κεντρικά στην διατομή του εμφαντώματος και αγκυρώνονται επίσης κεντρικά στον πυρήνα του υφιστάμενου υποστύλωματος ενώ στον 2^ο και 3^ο τρόπο οι χάλυβδινοι σύνδεσμοι τοποθετούνται στις παρειές της διατομής του εμφαντώματος και αποτελούν ταυτόχρονα εγκάρσιους οπλισμούς

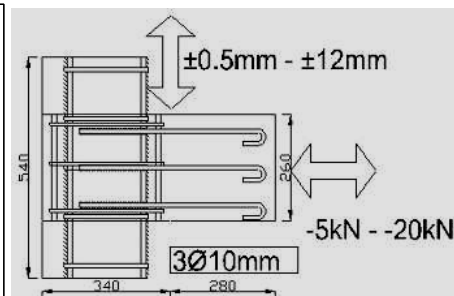
(συνδετήρες ανοικτού ή κλειστού τύπου) εγκιβωτισμένους στο σκυρόδεμα του μανδύα περιβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τους διαμήκεις οπλισμούς του μανδουωμένου τμήματος. Στους δύο τελευταίους τρόπους σύνδεσης στις παρειές της διατομής του εμφαννώματος τοποθετείται πρόσθετος οπλισμός με μορφή σχάρας που διαπερνά εν μέρει την διεπιφάνεια μανδύα – εμφαννώματος. Στην συνέχεια θα παρουσιασθούν αποτελέσματα από την απόκριση δοκιμίων που κατασκευάστηκαν με αυτούς τους τρεις αυτούς διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης. Αρχικά, εξετάστηκε η συμπεριφορά ενός δοκιμίου χωρίς χαλύβδινους συνδέσμους σύνδεσης για να καταγραφεί η συμπεριφορά του ως απόκριση αναφοράς (σχήμα 9). Στο δοκίμιο αυτό η σύνδεση του εμφανώματος με το μανδουωμένο υποστύλωμα γίνεται μόνον μέσω του μηχανισμού τριβής / ολίσθησης στην διεπιφάνεια σύνδεσης εμφαννώματος μανδύα.



Το δοκίμιο αυτό αφορά την σύνδεση εμφαννώματος και μανδουωμένου υποστύλωματος χωρίς την ύπαρξη χαλύβδινων αγκυριών ή βλήτρων. Πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραμάτων με επιβεβλημένη μετακίνηση έως $\pm 8\text{mm}$.



Σχήμα 9. Απόκριση της σύνδεση εμφαννώματος και μανδουωμένου υποστύλωματος με απλή επαφή χωρίς την ύπαρξη χαλύβδινων αγκυριών ή βλήτρων.

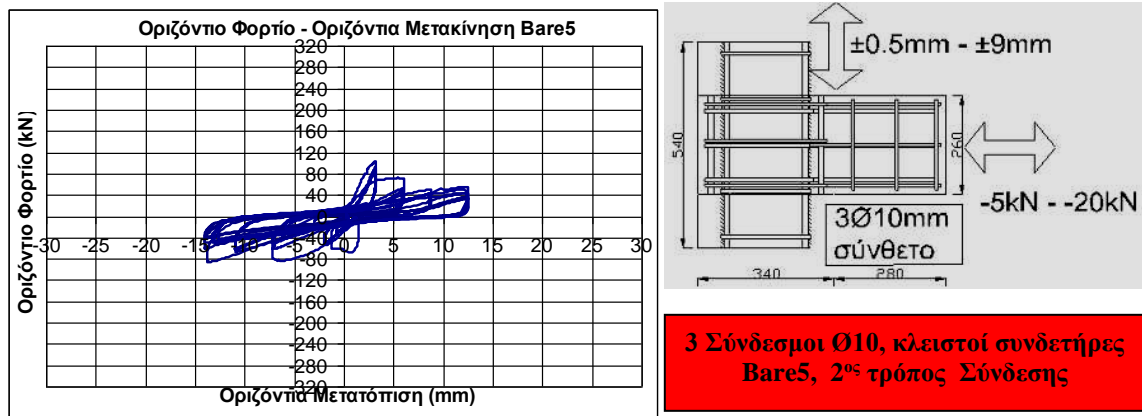


**3 Σύνδεσμοι Ø10
Bare2 1^{ος} τρόπος**

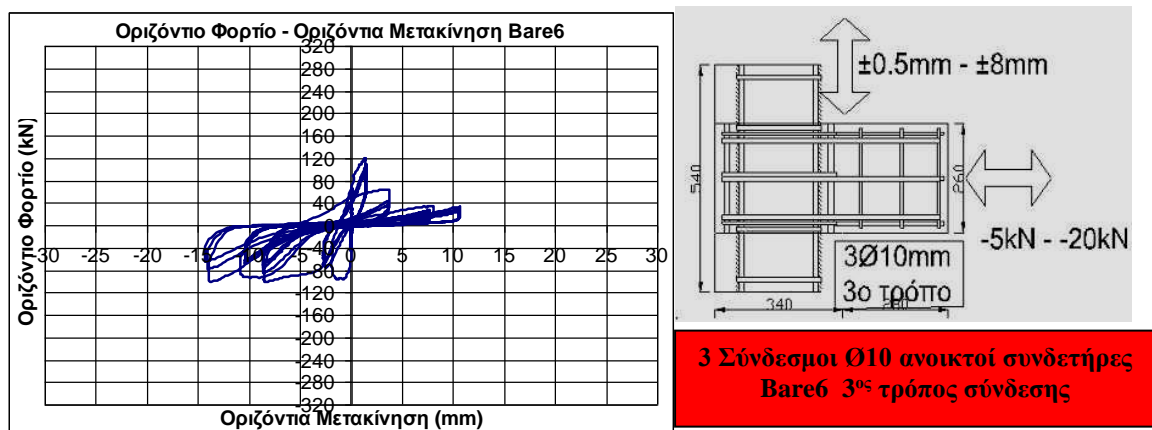
Σχήμα 10. Απόκριση του 1^{ου} τρόπου σύνδεσης εμφαννώματος και μανδουωμένου υποστύλωματος



Τόσο στο δοκίμιο του σχήματος 9 χωρίς χαλύβδινους συνδέσμους όσο και στα αντίστοιχα δοκίμια των σχημάτων 10, 11 και 12 που είχαν όλα χαλύβδινους συνδέσμους διαμέτρου 10mm, όπως φαίνεται στα σχήματα 6, 7 και 8, ταυτόχρονα με την εγκάρσια (κατακόρυφη) ανακυκλιζόμενη φόρτιση επιβάλλονταν επίσης σχετικά μικρού εύρους αξονική (οριζόντια) θλιπτική φόρτιση, ίδια για όλα τα δοκίμια που παρουσιάζονται εδώ. Στην πλήρη πειραματική ακολουθία εξετάστηκαν επίσης δοκίμια με διαφορετική μεταβολή της αξονικής φόρτισης από αυτήν που παρουσιάζεται εδώ. Στα σχήματα 10, 11 και 12 καθώς και στο σχήμα 9 παρουσιάζεται η μεταβολή της αναλαμβανόμενης από τους συνδέσμους εγκάρσια φόρτιση συναρτήσει της μεταβολής της αντίστοιχης επιβαλλόμενης καταναγκασμένης εγκάρσιας (κατακόρυφης) μετατόπισης που είχε ανακυκλιζόμενο χαρακτήρα με σταδιακά αυξανόμενο εύρος.



Σχήμα 11. Απόκριση του 2^{ου} τρόπου σύνδεσης εμφανιζόμενου και μανδρωμένου υποστυλώματος

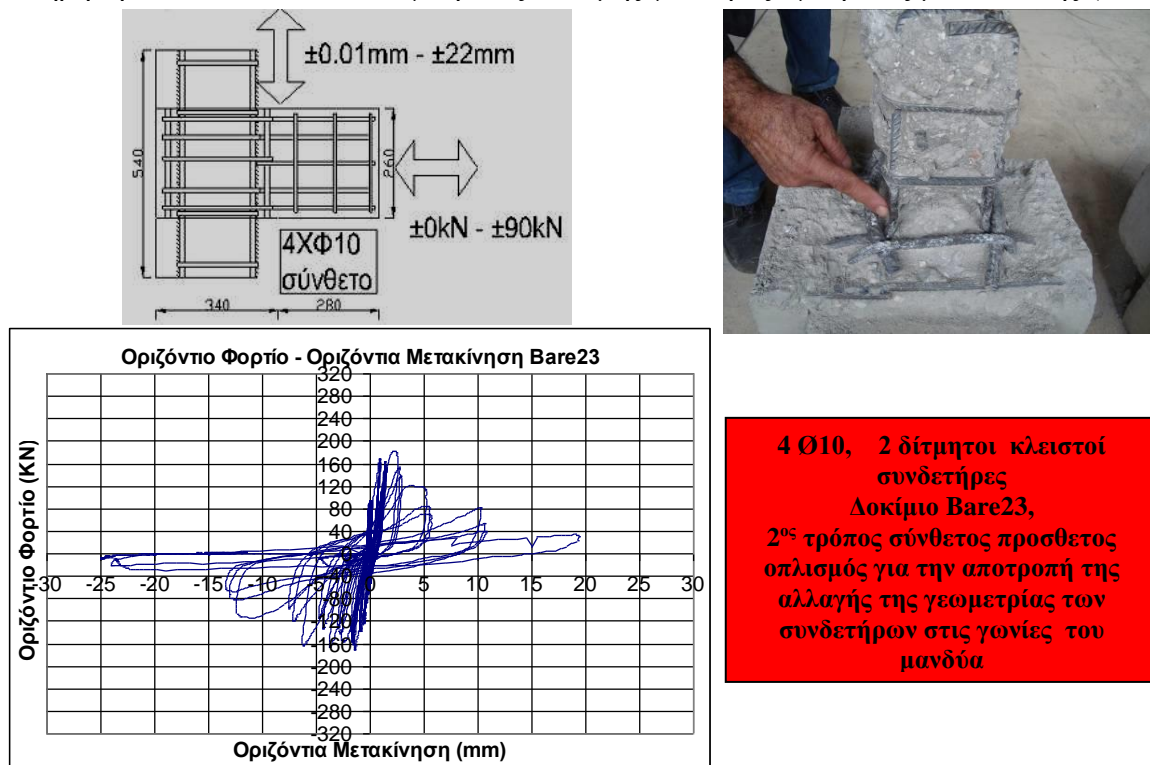


Σχήμα 12. Απόκριση του 3^{ου} τρόπου σύνδεσης εμφανιζόμενου και μανδρωμένου υποστυλώματος

Όπως φαίνεται στο σχήμα 9, η μέγιστη δύναμη που μεταφέρεται από την απλή σύνδεση χωρίς χαλύβδινους συνδέσμους είναι σχετικά χαμηλού επιπέδου ($\pm 30\text{KN}$) που μειώνεται δραστικά προϋούσης της αύξησης του επιπέδου της επιβαλλόμενης εγκάρσιας μετακίνησης. Η αντίστοιχη μέγιστη τιμή της εγκάρσιας δύναμης που επιτυγχάνεται με τον 1^ο τρόπο σύνδεσης (σχήμα 10) είναι περίπου 6-7 φορές μεγαλύτερη ($\pm 200\text{KN}$) και διατηρείται για εύρος εγκάρσιας μετατόπισης ($\pm 5\text{mm}$). Σε αντίθεση, η μέγιστη εγκάρσια δύναμη που επιτυγχάνεται με τον 2^ο



και 3^ο τρόπο σύνδεσης είναι 3-4 φορές μεγαλύτερη ($\pm 90\text{KN}$ έως $\pm 120\text{KN}$). Η επαύξηση όμως της εγκάρσιας μετατόπισης (πέραν των $\pm 3\text{mm}$ για τον 2^ο τρόπο σύνδεσης και των $\pm 2\text{mm}$ για τον 3^ο τρόπο σύνδεσης) οδηγεί σε δραστική απομείωση της εγκάρσιας δύναμης που μπορεί να μεταφερθεί. Αυτό οφείλεται στο ότι οι δυνάμεις που παραλαμβάνονται από τους συνδέσμους δημιουργούν εντατικά πεδία που αποδιοργανώνουν τις γωνίες του μανδουωμένου τμήματος και οδηγούν σε σημαντική αλλαγή της γεωμετρίας των συνδέσμων στις θέσεις αυτές που τους καταστούν στην ουσία ανενεργούς. Συνεπώς, η μεταφορά της εγκάρσιας δύναμης πραγματοποιείται και στις δύο αυτές περιπτώσεις μόνον από την διεπεφάνεια επαφής μετά την αδρανοποίηση των χαλύβδινων συνδέσμων. Μερική βελτίωση της συμπεριφοράς για τον 2^ο τρόπο σύνδεσης, επιτεύχθηκε με την προσθήκη πρόσθετου οπλισμού στις γωνίες του μανδουωμένου τμήματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 13. Με τον τρόπο αυτόν, επιτεύχθηκε αξιοσημείωτη αύξηση της μέγιστης εγκάρσιας δύναμης ($\pm 160\text{KN}$) και ικανοποιητική διατήρηση αυτού του επιπέδου εγκάρσιας δύναμης για εύρος εγκάρσιας μετατόπισης ($\pm 5\text{mm}$).

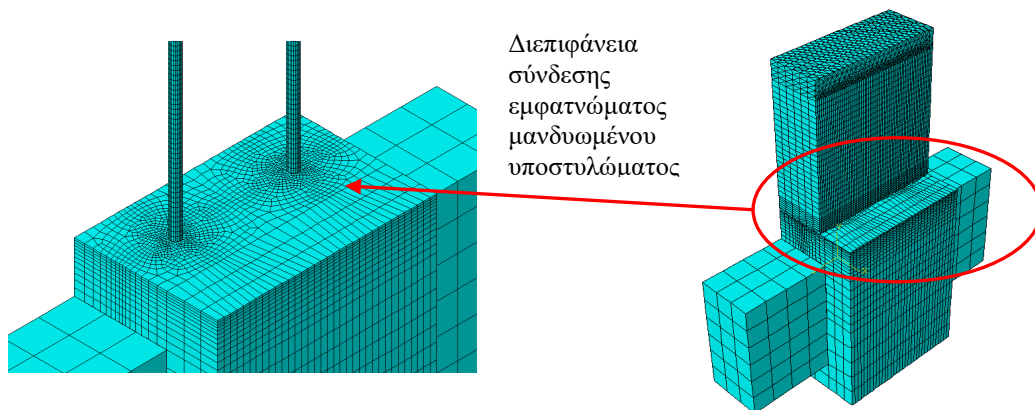


Σχήμα 13. Απόκριση του 2^{ου} βελτιωμένου τρόπου σύνδεσης εμφαντώματος και μανδουωμένου υποστύλωματος

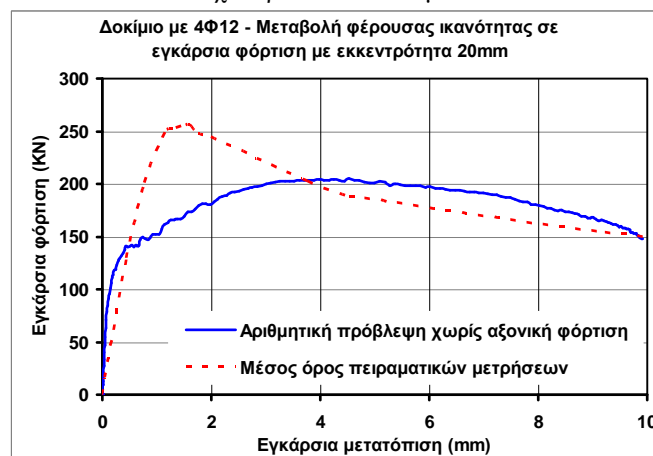
4 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Στην συνέχεια της πειραματικής διερεύνησης έγινε προσπάθεια μιας μη-γραμμικής αριθμητικής προσομοίωσης της συμπεριφοράς που παρατηρήθηκε μέσω ενός αριθμητικού προσομοιώματος τόσο του δοκιμίου, συμπεριλαμβάνοντας την μανδουωμένη περιοχή και τους χαλύβδινους συνδέσμους, όσο και των συνθηκών φόρτισης - στήριξης που υλοποιήθηκαν στην εργαστηριακή διερεύνηση. Στην προσομοίωση αυτή υιοθετήθηκαν μη-γραμμικοί νόμοι συμπεριφοράς τόσο των χαλύβδινων συνδέσμων όσο και του σκυροδέματος που τους

περιβάλλει. Λόγω του περιορισμένου χώρου μόνον βασικές πληροφορίες δίδονται εδώ. Περισσότερες λεπτομέρειες περιλαμβάνονται στην βιβλιογραφία. Η επιλεγείσα διακριτοποίηση απεικονίζεται στο σχήμα 14. Με βάση την συμμετρική μορφή των δοκιμίων ως προς ένα κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται από την μέση επιφάνεια του εμφαντώματος και του μανδρωμένου υποστρώματος προσομοιώθηκε αριθμητικά μόνον το $\frac{1}{2}$ του δοκιμίου. Επιλέχθηκε ένα δοκίμιο με μια 1^{ου} τρόπου σύνδεση χρησιμοποιώντας 4 χαλύβδινους συνδέσμους διαμέτρου 12mm, εκ των οποίων λόγω συμμετρίας προσομοιώνονται αριθμητικά οι δύο, όπως φαίνεται στο σχήμα 14. Η αριθμητική προσομοίωση της συμπεριφοράς προκύπτει από μια μη-γραμμική υπερωθητική ανάλυση (push-over step-by-step numerical solution).



Σχήμα 14. Διακριτοποίηση σκυροδέματος και χαλύβδινων συνδέσμων με πύκνωση καννάβου πλησίον των οπών των χαλύβδινων συνδέσμων



Σχήμα 15. Διακριτοποίηση σκυροδέματος και χαλύβδινων συνδέσμων με πύκνωση καννάβου πλησίον των οπών

Στο σχήμα 15 απεικονίζεται η αριθμητική πρόβλεψη της μεταβολής της εγκάρσιας δύναμης ως προς την εγκάρσια μετατόπιση. Στο ίδιο σχήμα, απεικονίζεται ο μέσος όρος των πειραματικών μετρήσεων μέσω μιας αντίστοιχης περιβάλλουσας καμπύλης. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια σημαντική απόκλιση στην πρόβλεψη της μέγιστης εγκάρσιας δύναμης η μη-γραμμική συμπεριφορά της σύνδεσης μέσω των συγκεκριμένων χαλύβδινων συνδέσμων σε όρους μεταβολής της εγκάρσιας δύναμης με την εγκάρσια μετατόπιση θα πρέπει να θεωρηθεί ικανοποιητική. Η μέγιστη εγκάρσια δύναμη που προέκυψε από την αριθμητική προσομοίωση είναι περίπου 25% μικρότερη από αυτήν που μετρήθηκε πειραματικά.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Εξετάζεται η μεταφορά δυνάμεων μέσω χαλύβδινων συνδέσμων που συνδέουν εμφαντώματα οπλισμένου σκυροδέματος με περιβάλλοντα μανδουμένα δομικά στοιχεία πλαισιακών φορέων οπλισμένου σκυροδέματος. Επισημάνθηκε, μέσω της πειραματικής μελέτης της συμπεριφοράς πρωτότυπων δοκιμίων, η σημασία της ορθής τοποθέτησης των συνδέσμων, μέσω της κατάλληλης κατασκευαστικής διάταξης. Άλλως προκύπτει μια σύνδεση μικρής φέρουσας ικανότητας που δημιουργεί πρόωρες βλάβες στα δομικά στοιχεία που την περιβάλλουν.
- Υλοποιώντας μια αποτελεσματική σύνδεση με την κατάλληλη κατασκευαστική διάταξη επιτυγχάνεται η μεταφορά σημαντικού εύρους δυνάμεων μεταξύ εμφαντώματος και περιβάλλοντος πλαισίου, μέσω της λειτουργίας βλήτρου / αγκυρίου των χαλύβδινων συνδέσμων. Μια τέτοια αποτελεσματική σύνδεση έχει ως συνέπεια την ικανοποιητική συμπεριφορά αυτού του σχήματος επισκευής – ενίσχυσης μέσω εμφαντωμάτων ΟΣ σε συνδυασμό με την μανδύωση του πλαισιακού φορέα ΟΣ.
- Η μη-γραμμική αριθμητική προσομοίωση της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική. Η εν λόγω αριθμητική προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περεταίρω παραμετρική διερεύνηση του συγκεκριμένου προβλήματος αλληλεπίδρασης.

7 ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα πρέπει επίσης να αναγνωρισθεί η μερική οικονομική υποστήριξη του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ).

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Manos GC, Soulis V, Thauampth J. The behaviour of masonry assemblages and masonry-infilled R/C frames subjected to combined vertical and cyclic horizontal seismic-type loading, *J. Advances in Engineering Software*, 45 (2012) 213-231.
2. Manos GC. Consequences on the urban environment in Greece related to the recent intense earthquake activity, *Int. Journal of Civil Eng. and Architecture* 5 (12) (2011) 1065-1090.
3. Manos GC, Soulis V, and Thauampth J. “A Nonlinear Numerical Model and its Utilization in Simulating the In-Plane Behaviour of Multi-Storey R/C frames with Masonry Infills”, *The Open Construction and Building Technology Journal*, 6, (Suppl. 1-M16) 254-277, 2012.
4. Manos GC. Cyclic In-plane Behaviour of R/C Frames Retrofitted with Jacketing and an Encased R/C Panel, (2012) *Report to Hellenic Earthquake Planning and Protection Organization (EPPO)* in Greek
5. Organization of Earthquake Planning and Protection of Greece (OASP), Guidelines for Retrofitting in Reinforced Concrete Buildings, Government Gazette, Δ17α /04/5/ΦΝ 429-1, No 42, Athens, 20 Jan. 2012.
6. Klingner RE and Bertero VV. Earthquake Resistance of Infilled Frames, *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol 116, pp. 973-989, 1978.
7. Sugiyama T, Matsuzaki Y, Nakano K. Design for Structural Performances of R/C Frame with Cast in Place Non-Structural R/C Walls, *13th WCEE Vancouver, B.C., Canada* August 1-6, 2004, Paper No. 1277.
8. Sugiyama, T., Uemura, M., Fukuyama, H., Nakano, H., Matsuzaki, Y. Experimental study on the performance of the RC frame infilled cast-in-place non-structural RC walls retrofitted by using carbon fiber sheets, *Proceedings of the 12th WCEE*, Paper no.2153, 2000
9. Manos GC, Soulis V, Katakalos K, Koidis G, Theofanous M. Cyclic Earthquake-type Performance of one-bay single-story Reinforced Concrete Frames Retrofitted with an Encased R/C Panel, *COMPADYN 2017*, M. Papadrakakis, M. Fragiadakis (eds.), Rhodes Island, Greece, 15–17 June 2017