

Υπολογιστική Προσέγγιση της Πειραματικής Απόκρισης Τοιχωμάτων Οπλισμένου Σκυροδέματος Επισκευασμένων και Ενισχυμένων με Σύνθετα Υλικά

Κωνσταντίνος Αντωνιάδης

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΤΕΡΝΑ Α.Ε., kantoniadis@terna.gr

Θωμάς Σαλονικιός

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύριος Ερευνητής ΙΤΣΑΚ - ΟΑΣΠ, salonikios@itsak.gr

Ανδρέας Κάππος

Καθηγητής στον Τομέα Κατασκευών (ΤΕΤΚ) του Τμήμ. Πολιτ. Μηχανικών ΑΠΘ., ajkap@civil.auth.gr

Κατά τη χρήση των σύνθετων υφασμάτων από ΙνοΟπλισμένα Πολυμερή (ΙΟΠ) στην ενίσχυση δομικών στοιχείων σε αντισεισμικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα υπάρχουν περιπτώσεις θετικής και αρνητικής συνεισφοράς των ινοϋφασμάτων, δηλαδή δεν είναι σαφής η επιρροή κάθε μιας από τις σχετικές παραμέτρους (αντοχής και παραμορφωσιμότητας) στα δομικά στοιχεία και ιδιαίτερα στην περίπτωση της ανακυκλιζόμενης φόρτισης. Αυτό ισχύει περισσότερο όλων, στην περίπτωση των τοιχωμάτων Ο/Σ, στα οποία η μεν χρήση ινοπλισμένων πολυμερών είναι αρκετά συχνή, η δε σχετική έρευνα εξαιρετικά περιορισμένη, όπως σαφώς προκύπτει και από τη σχετική επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Για αυτούς τους λόγους η παρούσα εργασία στοχεύει στο να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα που αφορούν την επιρροή στην ανελαστική συμπεριφορά υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση τοιχωμάτων Ο/Σ ενισχυμένων με σύνθετα υλικά ΙΟΠ και ειδικότερα:

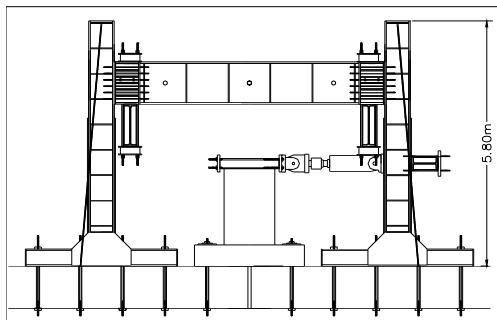
- Τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας κλειστών μανδύων από ινοϋφασμα αναφορικά με την αύξηση της αντοχής και πλαστιμότητας τοιχωμάτων Ο/Σ που έχουν υποστεί σεισμική βλάβη, και συγκεκριμένα τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της ανελαστικής τους συμπεριφοράς, όπως είναι η πλαστιμότητα, η δυσκαμψία πριν και μετά την ανάπτυξη της μέγιστης αντοχής, και η ικανότητα απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας.
- Τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των υλικών αυτών όταν χρησιμοποιούνται για ενίσχυση όχι μόνο έναντι κάμψης και έναντι διάτμησης (που είναι το σύνηθες στην περίπτωση των τοιχωμάτων) αλλά και έναντι κάμψης (υπό μορφή λωρίδων επικολλημένων στα άκρα των τοιχωμάτων).
- Την ανάπτυξη νέων κατασκευαστικών διατάξεων για την εξασφάλιση ικανοποιητικών συνθηκών αγκύρωσης του σύνθετου υλικού όταν εφαρμόζεται με απλή επαφή ή με την άσκηση εξωτερικής πίεσης στην περιοχή αγκύρωσης (σε όλη την περίοδο σκλήρυνσης της ρητίνης), ή και με τη χρήση μηχανικά μηχανικών μέσων.
- Τον έλεγχο της αξιοπιστίας των διαθέσιμων αναλυτικών προσομοιωμάτων για την πρόβλεψη της καμπτικής και διατμητικής αντοχής τοιχωμάτων Ο/Σ ενισχυμένων με ΙΟΠ.

Ακολούθως παρατίθεται μια ενδεικτική λίστα των επιμέρους πρωτότυπων σημείων της εργασίας:

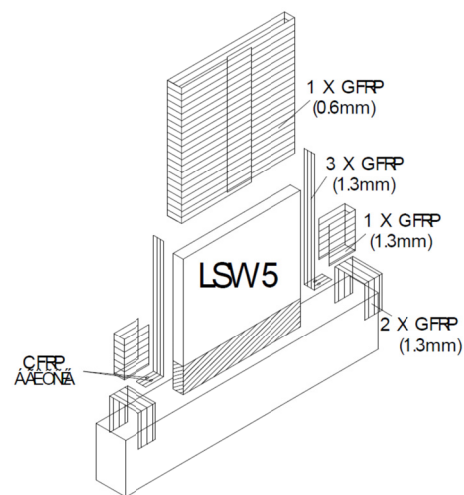
- Διερεύνηση της ανελαστικής συμπεριφοράς υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση τοιχωμάτων Ο/Σ σχεδιασμένων με βάση σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, τα οποία, μετά από **μία πρώτη** σειρά δοκιμών μέχρι πλήρους αστοχίας, επισκευάστηκαν και ενισχύθηκαν με ΙΟΠ. Σε προηγούμενες εργασίες έλλειπε τόσο το στοιχείο του σχεδιασμού με σύγχρονες αντιλήψεις, όσο και εκείνο της, σε πρώτη φάση, δοκιμής μέχρις αστοχίας των δοκιμίων.

- Έλεγχος της αποτελεσματικότητας κλειστών μανδύων από ινοϋφασμα αναφορικά με την αύξηση της αντοχής και πλαστιμότητας τοιχωμάτων Ο/Σ που έχουν υποστεί σεισμική βλάβη. Σε προηγούμενες εργασίες η ενίσχυση τοιχωμάτων γινόταν, κατά κανόνα, με πλευρική επικόλληση ινοϋφασμάτων (όχι με κλειστό μανδύα).
- Καμπτική ενίσχυση τοιχωμάτων με ΙΟΠ. Λωρίδες ΙΟΠ άνθρακα (κατακόρυφες ίνες) κολλήθηκαν στις άκρες των τοιχωμάτων (δηλ. καταμήκος της μικρής πλευράς του τοιχώματος) για να αυξήσουν την καμπτική αντοχή του τοιχώματος.
- Διερεύνηση της δυνατότητας αγκύρωσης τέτοιων λωρίδων στις περιοχές όπου είναι πολύ δύσκολο η λωρίδα ΙΟΠ να έχει ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης στο παρακείμενο μέλος. Αυτή η δυσκολία παρουσιάζεται τυπικά στη βάση των τοιχωμάτων Ο/Σ που θεμελιώνονται σε ισχυρά οπλισμένα δομικά στοιχεία (π.χ. τοιχεία πλήρωσης υπογείου).
- Ανάπτυξη νέων κατασκευαστικών διατάξεων για την εξασφάλιση ικανοποιητικών συνθηκών αγκύρωσης των λωρίδων του σύνθετου υλικού όταν εφαρμόζονται με απλή επαφή ή με την άσκηση εξωτερικής πίεσης στην περιοχή αγκύρωσης (σε όλη την περίοδο σκλήρυνσης της ρητίνης), ή και με χρήση μηχανικών μέσων. Οι πρωτότυπες τεχνικές αγκυρώσεων που αναπτύχθηκαν είναι:
 - αγκύρια από ΙΟΠ παρόμοιο με αυτό του σύνθετου υφάσματος σε διάφορες θέσεις πάνω στο μήκος αγκύρωσης του σύνθετου υφάσματος (στο μέσον και κοντά στη γωνία αναδίπλωσης του υφάσματος) και εγκάρσιο σύνθετο υφάσμα σχήματος “Π”,
 - συνδυασμός μεταλλικών λεπίδων πάχους 20mm και εγκάρσιου σύνθετου υφάσματος σχήματος “Π”,
 - αγκύρωση με γωνιακό μεταλλικό έλασμα και με χημικά αγκύρια,
 - αγκύρωση των λωρίδων με μεταλλική λεπίδα και με χημικά αγκύρια.

Οι διαθέσιμες στη βιβλιογραφία (EC8-3, σχέδιο 2016, και ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013) αναλυτικές σχέσεις υπολογισμού της αντοχής στοιχείων ενισχυμένων με ΙΟΠ προσαρμόστηκαν στις ανάγκες της εργασίας (δηλ. διερευνάται το ποια είναι η σχέση που αντιστοιχεί στον κυρίαρχο σε κάθε περίπτωση τρόπο αστοχίας δοκιμίου) και εφαρμόστηκαν για την πρόβλεψη των αντοχών σε διάτμηση, τοιχωμάτων ενισχυμένων με πρωτότυπες διατάξεις ΙΟΠ που δεν είχαν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν.



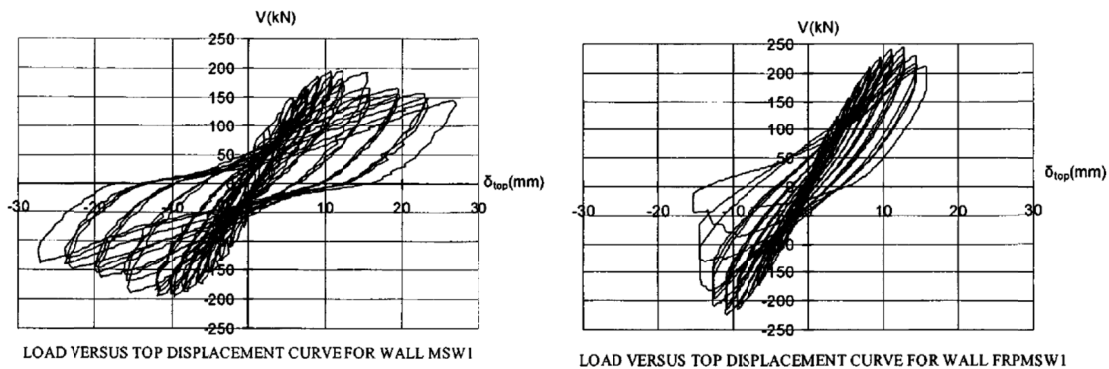
Σχ. 1 Όψη πλαισίου αντίδρασης και διάταξης φόρτισης



Σχ. 2 Ενδεικτικός τρόπος τοποθέτησης των σύνθετων υφασμάτων



Σχ. 3 Ενδεικτικές εικόνες δοκιμών μετά τα πειράματα



Σχ. 4. Χαρακτηριστικοί βρόχοι υστέρησης δοκιμών MSW1 πριν και μετά την ενίσχυση

Βιβλιογραφία

- K. Antoniadis, T. Salonikios, A. Kappos, “Evaluation of Hysteretic Response and Strength of Repaired R/C Walls Strengthened with FRPs”, Engineering Structures Journal, Vol. 29, Issue 9, September 2007, pp. 2158-2171.
- K. Antoniadis, T. Salonikios, A. Kappos “Tests on Seismically Damaged R/C Walls Repaired and Strengthened Using FiberReinforced Polymers” Journal of Composites for Construction, ASCE, Vol 9, No 3, May – June 2005, pp 236 – 246.
- K. Antoniadis, T. Salonikios, A. Kappos “Cyclic tests on seismically damaged R/C walls strengthened using FRP reinforcement”, ACI Structural Journal, Vol.100, No. 4, July – August 2003, pp 510 – 518.