

Δοκιμή Πλαισίου από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα υπό Ανακυκλιζόμενη Φόρτιση - Ενίσχυση με Χιαστί Ελκυστήρες

Άγγελος Λιώλιος

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., υποψ. διδ. Δ.Π.Θ., aliolios@civil.duth.gr

Κωνσταντίνος Χαλιορής

Αναπληρωτής Καθηγητής Δ.Π.Θ., chaliori@civil.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

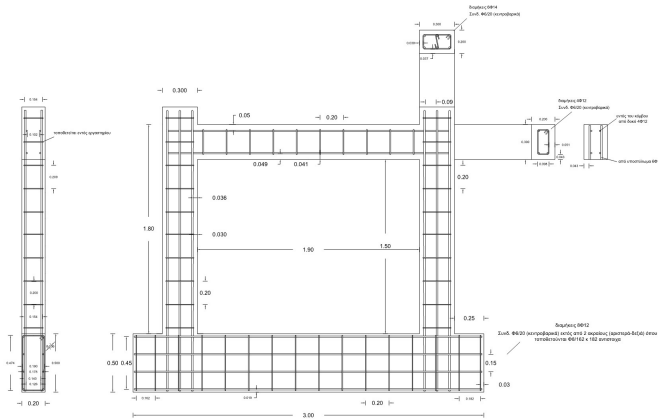
Στην Ελλάδα, όπως και σε άλλες σεισμικά ενεργές χώρες πολλές υφιστάμενες πλαισιωτές κατασκευές Ωπλισμένου Σκυροδέματος (ΩΣ) έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας διατάξεις παλαιών αντισεισμικών κανονισμών. Αυτό συνήθως έχει σαν αποτέλεσμα την ανεπαρκή σεισμική ικανότητα του φορέα ενός υφιστάμενου κτιρίου ΩΣ, τοπικά ή συνολικά. Έτσι, συχνά προκύπτει η ανάγκη για αντισεισμική ενίσχυση και βελτίωση της συνολικής απόκρισης τέτοιων πλαισιωτών φορέων. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται με την χρήση διάφορων μεθόδων ενίσχυσης, όπως μανδύες από ΩΣ ή από ινωπλισμένα πολυμερή, νέα εμφαντούμενα τοιχώματα, κ.ά.

Τυπικό παράδειγμα τοπικής κρίσιμης σεισμικής συμπεριφοράς που συνήθως απαιτεί ενίσχυση είναι η περιοχή του κόμβου δοκού και υποστυλωμάτων. Σχετικά με τις μεθόδους ενίσχυσης κατασκευών ΩΣ, μια σχετικά απλή, ταχεία και αποδοτική μέθοδος είναι και η ενίσχυση με χρήση ισχυρών χαλύβδινων δομικών στοιχείων σε χιαστί διάταξη (X-bracings). Εφαρμογές αυτής της τεχνικής έχουν ήδη εφαρμοσθεί, μεταξύ άλλων, και στην Ελλάδα με στόχο τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς υφιστάμενων πολυώροφων κτιρίων τύπου pilotis με την ενίσχυση μόνο των πλαισίων του ισογείου.

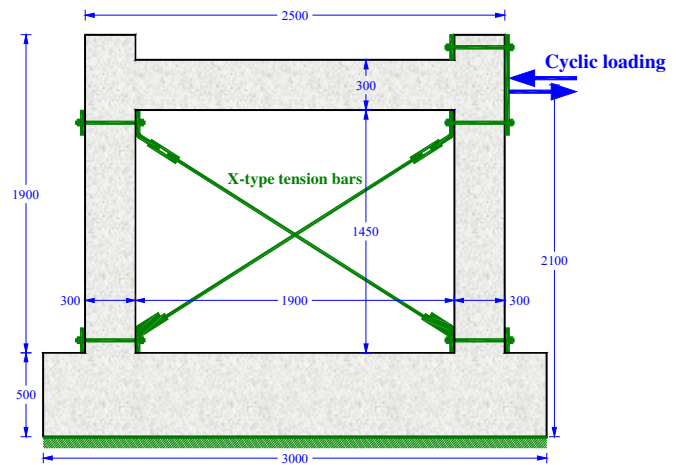
Μια εναλλακτική τεχνική της προαναφερόμενης μεθόδου ενίσχυσης πλαισίων είναι η ενίσχυση με χιαστί χαλύβδινους ελκυστήρες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μονόπλευρη συμπεριφορά των ελκυστήρων, οι οποίοι μπορούν να παραλάβουν μόνο εφελκυστικές καταπονήσεις και όχι θλιπτικές. Έτσι, στην μαθηματική διατύπωση του προβλήματος υπεισέρχονται και ανισοτικές συνθήκες για την μονόπλευρη απόκριση των ελκυστήρων γεγονός που αυξάνει τη μη γραμμικότητα του προβλήματος.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα για την συμπεριφορά ενός μονώροφου δίστυλου πλαισίου ΩΣ, χωρίς ενίσχυση ως δοκίμιο ελέγχου (Σχ. 1) και ενός άλλου ίδιου και εξ αρχής ενισχυμένου με ένα ζεύγος ελκυστήρων υπό χιαστί διάταξη (Σχ. 2). Οι διαστάσεις και οι οπλισμοί του πλαισίου αντιστοιχούν σε υφιστάμενες κατασκευές ΩΣ με ανεπαρκή εγκάρσιο οπλισμό και μικρό μήκος διατημήσεως στα υποστυλώματα. Το πλαίσιο υποβάλλεται σε εναλλασσόμενη (ανακυκλιζόμενη) οριζόντια καταπόνηση ελεγχόμενης μετατόπισης στην πειραματική διάταξη του Εργαστηρίου Ωπλισμένου Σκυροδέματος ΔΠΘ (Σχ. 3). Η τελική αστοχία του πλαισίου ελέγχου είναι, όπως αναμένετο, διατμητική στο υποστύλωμα που πρακτικά λειτουργεί ως διατμητικό στοιχείο (Σχ. 4). Παρουσιάζεται επίσης μια αριθμητική προσομοίωση του πλαισίου του πειράματος με τη χρήση

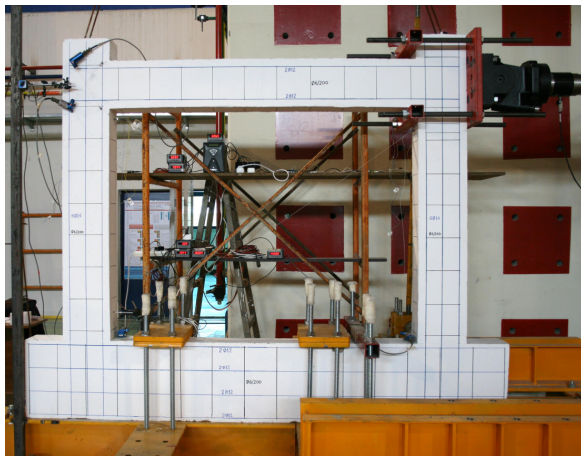
του υπολογιστικού κώδικα Ruaumoko. Συγκρίνονται τα αριθμητικά με τα πειραματικά αποτελέσματα και εξάγονται αρχικά συμπεράσματα.



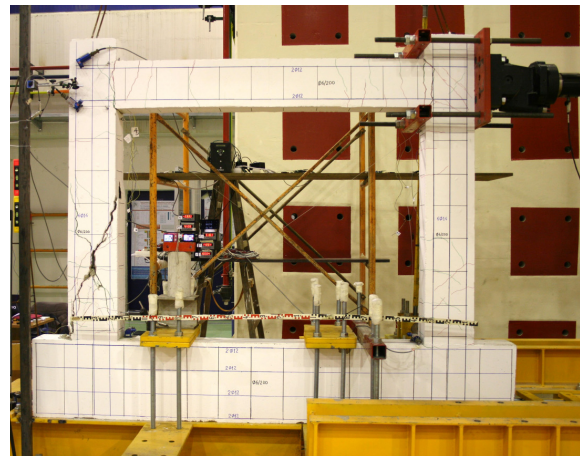
Σχ. 1 Αρχικό πλαίσιο



Σχ. 2 Ενισχυμένο πλαίσιο με ελκυστήρες



Σχ. 3 Πειραματική διάταξη



Σχ. 4 Αστοχία πλαισίου ελέγχου

Ακόμα, γίνεται αναλυτική προσομοίωση του ενισχυμένου πλαισίου με τους χιαστί ελκυστήρες και συγκρίνεται η απόκριση του αρχικού και του ενισχυμένου πλαισίου με στόχο την παραμετρική ανάλυση και τον υπολογισμό των απαιτούμενων χαρακτηριστικών των ελκυστήρων ώστε να βελτιωθεί η ανακυκλιζόμενη συμπεριφορά, η ικανότητα παραλαβής φορτίου και η μορφή αστοχίας.

Βιβλιογραφία

- Αντωνόπουλος, Θ., Αναγνωστόπουλος, Σ. και Τσίρλης, Φ. (2008), “Αποτίμηση Σεισμικής Συμπεριφοράς Παλαιών Κτιρίων με Pilotis και Δυνατότητες Απλών Ενισχύσεων”, *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας*, ΤΕΕ, ΕΤΑΜ, ΕΜΠ, Αθήνα, Άρθρο 2061.
- Δρίτσος, Σ. (2005), “Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”, 3η έκδοση, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Καραγιάννης, Χ.Γ. (2013), “Σχεδιασμός - Συμπεριφορά Κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα έναντι Σεισμού”, Εκδ. Σοφία, Θεσσαλονίκη.

- Καραμπίνης, Α., Ρουσάκης Θ. και Λάππα, Μ. (2008), “Δ.Π.Θ., Πολυτεχνική Σχολή Ξάνθης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομικών Κατασκευών, Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος”, *Τεχνικά Χρονικά*, Τόμος 28, Τεύχος II-III.
- Λιώλιος, Αγγ. και Χαλιωρή, Κ.Ε. (2015), “Βιομηχανικά Κτίρια από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα Ενισχυμένα με Ελκυστήρες: Μια Αριθμητική Αποτίμηση της Απόκρισης για Σεισμικές Ακολουθίες”, *Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου στην Επιστημονική Υποστήριξη στη Λήψη Αποφάσεων για Αειφόρα και Συμβατά Υλικά και Επεμβάσεις Συντήρησης και Προστασίας της Πολιτιστικής Κληρονομιάς*, Πρόγραμμα «ΘΑΛΗΣ-ΑΕΙΣ», ΕΜΠ, Αθήνα, σελ. 244-257.
- Τέγος, Ι., Λιάκος, Γ., Τέγου, Σ., Ρουπακιάς, Γ. και Στυλιανίδης, Κ. (2009), “Μία Εναλλακτική Πρόταση Αντισεισμικής Ενίσχυσης Υφιστάμενων Οικοδομών Ο/Σ μέσω Ελκυστήρων”, *Πρακτικά 16ου Πανελληνίου Συνεδρίου Σκυροδέματος*, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Πάφος, Κύπρος.
- Antonopoulos, T.A. and Anagnostopoulos, S.A. (2010), “Optimum Partial Strengthening for Improved Seismic Performance of Old Reinforced Concrete Buildings with Open Ground Story”, *Advances in performance-based earthquake engineering, Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering*. M.N. Fardis (ed.). Springer, Vol. 13, No. 3, pp. 395-404.
- Bousias, S.N., Triantafyllou, T.C., Fardis, M.N., Spathis, L., and O’Regan, B.A. (2004), “Fiber-Reinforced Polymer Retrofitting of Rectangular Reinforced Concrete Columns with or without Corrosion”, *ACI Structural Journal*, Vol. 101, No.4, pp. 512-520.
- Carr, A.J. (2008), “RUAUMOKO - Inelastic Dynamic Analysis Program”, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Fardis, M.N. (2009), “Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings - Based on EN-Eurocode 8”, *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, Vol. 8, Springer, Netherlands.
- Hemant, K.B., Durgesh, R.C. and Sudhir, J.K. (2009), “Effectiveness of Some Strengthening Options for Masonry-Infilled RC Frames with Open First Story”, *Journal of Structural Engineering*. ASCE, Vol. 135, No.8, pp. 925- 937.
- Karayannis, C.G., Chalioris, C.E. and Sirkelis, G.M. (2008), “Local Retrofit of Exterior RC Beam-Column Joints using thin RC Jackets - An Experimental Study”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 37, No. 5, pp.727-746.
- Karayannis, C.G. and Chalioris, C.E. (2008), “Strengthening and Rehabilitation of RC Beam-Column Joints using Carbon-FRP Jacketing and Epoxy Resin Injection”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 37, No. 5, pp.769-790.
- Liolios, Agg. and Chalioris, C.E. (2015), “Reinforced Concrete Frames Strengthened by Cable Elements under Multiple Earthquakes: A Computational Approach Simulating Experimental Results”, *Proceedings of 8th GRACM International Congress on Computational Mechanics*, Volos, pp. 12-15.
- Mistakidis, E.S. and Stavroulakis, G.E., (1998). “Nonconvex Optimization in Mechanics. Smooth and Nonsmooth Algorithms”, *Heuristic and Engineering Applications*. Kluwer, London.
- Panagiotopoulos, P.D., (1993). *Hemivariational Inequalities. Applications in Mechanics and Engineering*. Springer-Verlag, Berlin, New York, (1993).
- Penelis, G.G. and Kappos, A.J. (1997), “Earthquake-Resistant Concrete Structures”, E&FN Spon (Chapman & Hall), London.
- Penelis, G.G. and Penelis, Greg., (2014). “Concrete Buildings in Seismic Regions”, CRC Press, Taylor & Francis Ltd.
- Salonikios, T.N., Kappos, A.J., Tegos, I.A. and Penelis, G.G. (2000), “Cyclic Load Behavior of Low-Slenderness Reinforced Concrete Walls: Failure Modes, Strength and Deformation Analysis, and Design Implications”, *ACI Structural Journal*, Vol. 97, No. 1, pp. 132-142.
- Tsonos, A.-D.G. (2007), “Cyclic Load Behavior of RC Beam-Column Subassemblages of Modern Structures”, *ACI Structural Journal*, Vol. 104, No. 4, pp. 468-478.
- Tsonos, A.-D.G. (2008), “Effectiveness of CFRP-Jackets and RC-Jackets in Post-Earthquake and Pre-Earthquake Retrofitting of Beam-Column Subassemblages”, *Engineering Structures*, Vol. 30, No. 3, pp. 777-793.
- Vamvatsikos, D. and Cornell, C.A. (2002). “Incremental Dynamic Analysis”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 31, pp. 491-514.