

Προσομοίωση και Έλεγχος Επάρκειας Πλαισίου λόγω Εμφάνωσης Τοιχώματος από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Μαρίνα Α. Μωρέττη

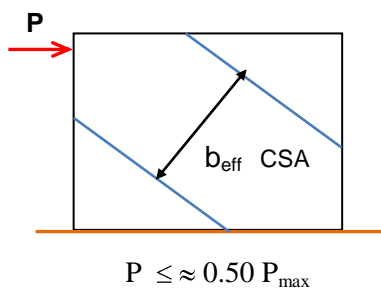
Επίκουρος Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., moretti@central.ntua.gr

Εκτενής περίληψη

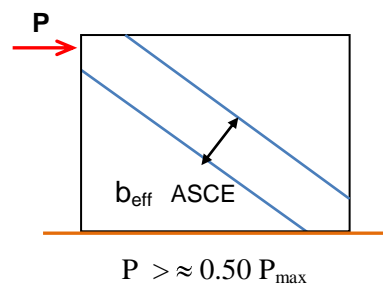
Η εμφάνωση τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα εφαρμόζεται συχνά προκειμένου να βελτιωθεί η αντισεισμική συμπεριφορά κτηρίων από σκυρόδεμα τα οποία δεν πληρούν τις σύγχρονες κανονιστικές απαιτήσεις. Η μέθοδος ενίσχυσης μέσω της εμφάνωσης τοιχωμάτων οδηγεί σε σημαντική αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας ενός φορέα (Erdem *et al.*, 2006; Murti *et al.*, 2006), όμως δεν οδηγεί σε απαλλαγή από τον έλεγχο των φερόντων στοιχείων έναντι ικανοτικού ελέγχου τέμνουσας. Ενδέχεται να οδηγήσει στην απαλλαγή από τον ικανοτικό έλεγχο κόμβων στην περίπτωση που ταυτοχρόνως με την εμφάνωση του τοιχώματος γίνει ενίσχυση των υφιστάμενων υποστυλωμάτων του πλαισίου έτσι ώστε το εμφανωμένο πλαίσιο να έχει διαστασιολογηθεί ως αντισεισμικό τοίχωμα (αυτό προϋποθέτει σημαντική ενίσχυση των υποστυλωμάτων, και την εξασφάλιση της απαιτούμενης περίσφιξης), και επί πλέον το πλήθος των τοιχωμάτων να εμπίπτει στις σχετικές απαλλακτικές κανονιστικές διατάξεις. Το κύριο πλεονέκτημα της εμφάνωσης τοιχωμάτων είναι ότι μέσω της μείωσης των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων ενδέχεται ένα κτήριο με στρεπτική ευαισθησία (λ.χ. με πιλοτί) να μετατραπεί σε δύστρεπτο και, κατά συνέπεια, να γίνει δυνατός ο προσδιορισμός της μετακίνησης στόχου μέσω συνήθων υπολογιστικών προσεγγίσεων (ανάλυση επίπεδων πολυωρόφων πλαισίων και όχι ανάλυση χρονοϊστορίας, (EN1998-1, CEN1998: Παράρτημα Β).

Η εισαγωγή ενός εμφανωμένου τοιχώματος στο προσομοίωμα ενός πλαισιακού φορέα γίνεται συνήθως με την υποκατάσταση του τοιχώματος μέσω απλοποιημένων μοντέλων, συνήθως μέσω του απλού προσομοιώματος του ισοδύναμου θλιπτήρα κατά μήκος της θλιβόμενης διαγωνίου (Moretti, 2015). Τα τυπικά χαρακτηριστικά του μοντέλου του απλού θλιπτήρα είναι το πάχος του θλιπτήρα, το οποίο γενικώς συμπίπτει με το πάχος του εμφανωμένου τοιχώματος, και το πλάτος του θλιπτήρα, το οποίο δίνεται από διαφορετικές σχέσεις στους διάφορους κανονισμούς (KAN.ΕΠΕ, 2013; ASCE, 2007; CEN, 2004). Η υιοθέτηση διαφορετικών χαρακτηριστικών θλιπτήρα για την υποκατάσταση ενός εμφανωμένου τοιχώματος οδηγεί σε σημαντική διαφοροποίηση των δυναμικών χαρακτηριστικών του φορέα (Moretti *et al.*, 2014). Μία άλλη παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν κατά την προσομοίωση είναι η αλληλεπίδραση τοιχώματος και πλαισίου η οποία επηρεάζει την πιθανή μορφή της αστοχίας του εμφανωμένου πλαισίου όταν υποβάλλεται σε σεισμική φόρτιση. Η αλληλεπίδραση μεταξύ τοιχώματος και πλαισίου εξαρτάται από τον βαθμό σύνδεσης του εμφανωμένου τοιχώματος με το πλαίσιο, αλλά κυρίως από τα χαρακτηριστικά (διατομή και όπλιση) των επί μέρους μελών. Με την πρόοδο της φόρτισης συμβαίνουν σχετικές μετακινήσεις στις διεπιφάνειες τοιχώματος-πλαισίου οι οποίες οδηγούν σε μικρότερη ενεργοποίηση του τοιχώματος και μεγαλύτερη συμμετοχή του ασθενούς πλαισίου στην ανάληψη και μεταφορά των οριζοντίων δυνάμεων, γεγονός το οποίο οδηγεί σε αστοχία (Moretti *et al.* 2014). Παρά την καθοριστική επιρροή του μεγέθους των σχετικών ολισθήσεων των διεπιφανειών τοιχώματος-πλαισίου, είναι πρακτικά αδύνατον να εκτιμηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια η συμπεριφορά του πλαισίου ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών της διεπιφάνειας τοιχώματος-πλαισίου λόγω των πολλών αστάθμητων παραγόντων.

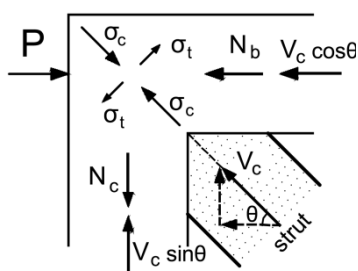
Στην παρούσα εργασία γίνεται επισκόπηση ορισμένων λεπτομερειών διαμόρφωσης της εμφάνισης τοιχώματος σε πλαίσιο από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθώς και των επιπτώσεών τους τόσο στην συμπεριφορά και στον τρόπο αστοχίας, όσο και στην αξιοπιστία του τρόπου προσομοίωσης του ενισχυμένου πλαισίου μετά την εμφάνιση όταν το πλαίσιο υποβάλλεται σε οριζόντια φόρτιση. Προτείνεται η χρήση διαφορετικού πλάτους, b_{eff} , του ισοδύναμου θλιπτήρα πριν και μετά την εμφάνιση σημαντικής σχετικής ολίσθησης τοιχώματος-πλαισίου, όριο το οποίο κατά προσέγγιση μπορεί να ληφθεί είτε ως 50% της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας του εμφανιζόμενου πλαισίου, είτε ως τιμή της οριζόντιας σχετικής μετακίνησης κορυφής και πόδα πλαισίου ίσης με $\delta=0.30$ mm. Οι σχέσεις που προτείνονται για τον υπολογισμό του πλάτους του ισοδύναμου θλιπτήρα (ASCE, 2007; CSA S304.1-04, 2004, Σχ. 1α, 1β) βασίζονται στις εξισώσεις των Stafford-Smith and Carter (1969) και Mainstone (1971), οι οποίες υπολογίζουν το ισοδύναμο πλάτος του θλιπτήρα ως συνάρτηση των δυσκαμψιών του τοιχώματος και των υποστυλωμάτων του πλαισίου, και όχι μόνον ως συνάρτηση του μήκους της διαγωνίου του φατώματος (KAN.ΕΠΕ, 2013). Αυτό συνάδει με την διαπιστωμένη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του φατώματος (και συνεπώς του ισοδύναμου διαγώνιου θλιπτήρα) σε περίπτωση ισχυρότερων άκρων (Περδικάρης κ.α., 2012; Oesterle et al., 1976 and 1979). Σε πλαίσια των οποίων τα μέλη δεν έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τους σύγχρονους κανονισμούς η αστοχία των εμφανιζόμενων πλαισίων διέπεται από την διατμητική αστοχία των μελών τους (κυρίως τον κόμβο, ή, δευτερευόντως, το υποστύλωμα ή την δοκό). Προτείνεται μία μεθοδολογία για την εκτίμηση του φορτίου αστοχίας, με χρήση των κριτηρίων της FEMA 306 (Σχ. 2, Moretti et al., 2014). Επισημαίνεται ότι οι προτάσεις που γίνονται στην παρούσα εργασία χρήζουν περαιτέρω επαλήθευσης καθώς βασίζονται σε περιορισμένον αριθμό πειραματικών αποτελεσμάτων.



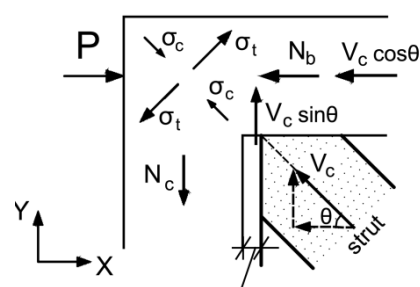
Σχ. 1α Ισοδύναμο πλάτος διαγώνιου θλιπτήρα πριν από την αποκόλληση τοιχώματος-πλαισίου



Σχ. 1β Ισοδύναμο πλάτος διαγώνιου θλιπτήρα μετά την αποκόλληση τοιχώματος-πλαισίου



(α) πλήρης επαφή τοιχώματος-πλαισίου



(β) αποκόλληση τοιχώματος-πλαισίου

Σχ. 2 Εντατικά μεγέθη στον κόμβο ενός πλαισίου όταν το τοίχωμα έχει υποκατασταθεί από θλιπτήρα (α) για μικρά φορτία προτού συμβεί σχετική μετακίνηση του τοιχώματος ως προς το πλαίσιο, (β) μετά την αποκόλληση τοιχώματος-πλαισίου (παραδοχή, καθώς στην γωνία αυτή δρα ο θλιπτήρας)

Βιβλιογραφία

- ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (1959), ΦΕΚ 36/αα19.2.1959, Εθνικόν Τυπογραφείον, Αθήνα.
- ΚΑΝ.ΕΠΕ (2013), Κανονισμός Επεμβάσεων, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, 1^η Αναθεώρηση, ΦΕΚ2187/5.09.2013.
- ΚΑΝ.ΕΠΕ Σχέδιο 3 (2009), Κανονισμός Επεμβάσεων, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Φεβρουάριος 2009.
- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ Ω.Σ. (1954), Κανονισμός δια την Μελέτην και Εκτέλεσιν Οικοδομικών Έργων εξ Ωπλισμένου Σκυροδέματος, Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Εθνικόν Τυπογραφείον, Αθήνα 1954.
- Περδικάρης, Φ., Μωρέττη, Μ. και Παπαθεοχάρης Θ. (2012). "Διερεύνηση της Συμπεριφοράς Πλαισίων Ο.Σ. Ενισχυμένων με Εμφαντούμενα Τοιχώματα Ο.Σ.", Τελική Έκθεση Ερευνητικού Προγράμματος που υποβλήθηκε στον ΟΑΣΠ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Παν. Θεσσαλίας, σελ:129. http://www.oasp.gr/assigned_program/2406.
- Altin, S., Anil, O. and Kara M. E (2008). "Strengthening of RC nonductile frames with RC infills: an experimental study." *Cement and Concrete Composites*, 30, 612-621.
- Altin, S., Ersoy U. and Tankut T. (1992). "Hysteretic response of reinforced concrete infilled frames." *J. Struct. Engrg. ASCE*, 118(8), 2133-2150.
- Anil, O. and Altin, S. (2007). "An experimental study on reinforced concrete partially infilled frames." *Engineering Structures*, 29, 449-460.
- ASCE (2007), "ASCE/SEI Standard 41-06. Seismic Rehabilitation of Existing Structures", *American Society of Civil Engineers*, Reston, Virginia, USA, pp: 428.
- CSA S304.1-04 (2004). "Design of masonry structures." *Canadian Standards Association*, Mississauga, Ontario.
- EN1998-1:2004 CEN (2004), "European Standard EN1998-1:2004 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings", *European Committee for Standardization*, Brussels. EN 1998-1:2004/AC:2009.
- Erdem, I., Akyuz, U., Ersoy, U. and Ozcebe, G. (2006), "An Experimental Study on two Different Strengthening Techniques for RC Frames", *Engineering Structures*, Vol. 28: pp. 1843-1851.
- Fekas, K. and Moretti M.L. (2014), "Shear Resistance of Interfaces Between Existing and New RC Elements", CESARE'14, *International Conference Civil Engineering for Sustainability and Resilience*, Amman, 24-27 April 2014.
- FEMA 306 (1998). "Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings: Basic procedures manual." Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings." Washington DC, pp.250.
- Mainstone, R. J. (1971). "On the stiffnesses and strengths of infilled frames." *Proc. ICE Suppl.*, Paper No. 7360S, 57-90.
- Moretti, M. L. (2015), "Seismic Design of Masonry and Reinforced Concrete Infilled Frames: A Comprehensive Overview", *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, DOI: 10.3844/ajeassp.2015.748.766.
- Moretti, M. L., Theocharis P. and Perdikaris, P. C. (2014). "Design of reinforced concrete infilled frames", *Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers*, Vol. 140, No. 9.
- Murti, C. V. R., Brzev, S., Faison. H., Comartin, C.D. and Irfanoglu A. (2006), "At Risk: The Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Buildings with Masonry Infill Walls", *Earthquake Engineering Research Institute*, No. WHE-2006-03, pp: 70.
- Oesterle, R. G., Fiorato, A. E., Johal, L. S., Carpenter, J. E., Russell, H., G. and Corley, W. G. (1976). "Earthquake resistant structural walls - Tests of isolated walls." Report PCA R/D/ Ser. 1571, Skokie, Illinois, pp. 233.
- Oesterle, R. G., Aristizabal-Ochoa, J. D., Fiorato, A. E., Russell, H., G. and Corley, W. G. (1979). "Earthquake resistant structural walls - Tests of isolated walls -Phase II." Report PCA R/D/ Ser. 1629, Skokie, Illinois, pp. 208.
- Paulay, T. and Priestley, M.J.N. (1992). "Seismic Design of reinforced Concrete and Masonry Buildings", Wiley, New York, ISBN: 978-0-471-54915-4, pp: 744.
- Stafford Smith, B. and Carter, C. (1969). "A method of analysis for infilled frames." *Proc. ICE.*, Vol. 44, 31-48.