

Ανάλυση και Σχεδιασμός Δοκών από Ινοσκυρόδεμα με Χαλύβδινες Ίνες υπό Κάμψη

Κωνσταντίνος Χαλιορής

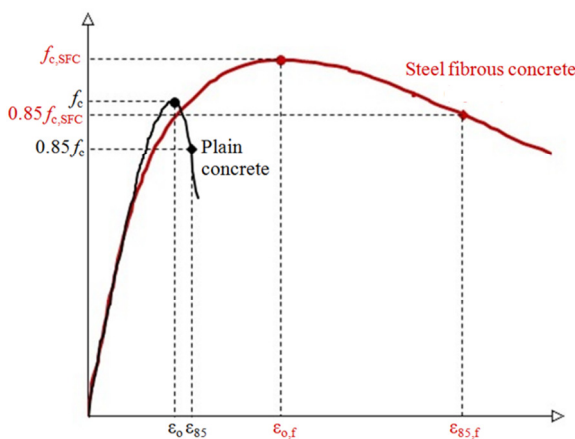
Αναπληρωτής Καθηγητής Δ.Π.Θ., chaliori@civil.duth.gr

Θωμάς Παναγιωτόπουλος

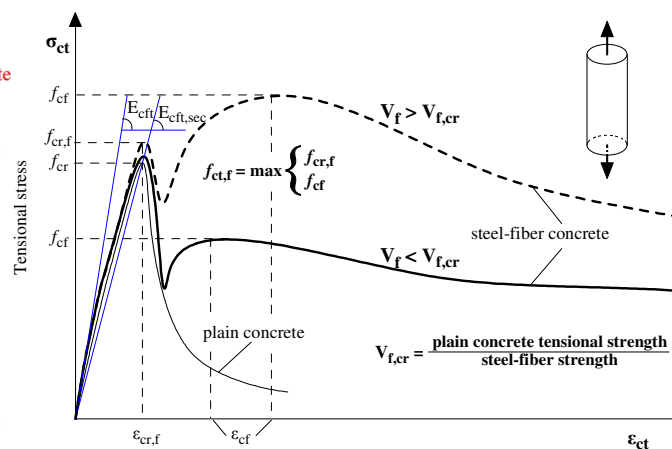
Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., υποψ. διδ. Δ.Π.Θ., thomas.a.panagiotopoulos@gmail.com

Εκτενής περίληψη

Η χρήση χαλύβδινων ινών ως οπλισμός μάζας σε στοιχεία σκυροδέματος έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την καμπτική αντοχή, την πλαστιμότητα, τη δυσκαμψία, την ενέργεια και βελτιώνει τη ρηγμάτωση και τη γενικότερη συμπεριφορά των ινωπλισμένων δομικών στοιχείων υπό μεγέθη ορθής έντασης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία νέα αναλυτική προσέγγιση για τον υπολογισμό της αντοχής και τον προσδιορισμό της συνολικής καμπτικής συμπεριφοράς στοιχείων από ινοσκυρόδεμα με χαλύβδινες ίνες και με συμβατικές εφελκόμενες ράβδους οπλισμού. Η επιρροή των ινών λαμβάνεται υπόψη στη συμπεριφορά του ινοσκυροδέματος έναντι θλίψης και εφελκυσμού. Στην περίπτωση της θλίψης το ινοσκυρόδεμα παρουσιάζει αυξημένη πλαστιμότητα και ανηγμένη παραμόρφωση πολύ μεγαλύτερη από το γνωστό όριο των 3.5 ‰ του απλού σκυροδέματος (Σχ. 1). Επίσης, το ινοσκυρόδεμα παρουσιάζει αυξημένη αντοχή και ψευδο-πλάστιμη απόκριση στον εφελκυσμό λόγω της σταδιακής ενεργοποίησης και εξόλκευσης των ινών (Σχ. 2). Έτσι, προτείνονται ειδικές βελτιωμένες σχέσεις τάσεων και παραμορφώσεων για το ινοσκυρόδεμα υπό θλίψη και υπό εφελκυσμό ανάλογα με το είδος και την περιεκτικότητα των ινών καθώς και με την κατηγορία του σκυροδέματος. Οι προτεινόμενες σχέσεις βασίζονται και τεκμηριώνονται με τα αποτελέσματα από ευρεία βάση πειραματικών δεδομένων. Η επιρροή των νέων αυτών σχέσεων στην καμπτική συμπεριφορά στοιχείων από ινοσκυρόδεμα είναι ιδιαίτερα σημαντική ιδίως σε περιπτώσεις δοκών με αυξημένα ποσοστά ινών.

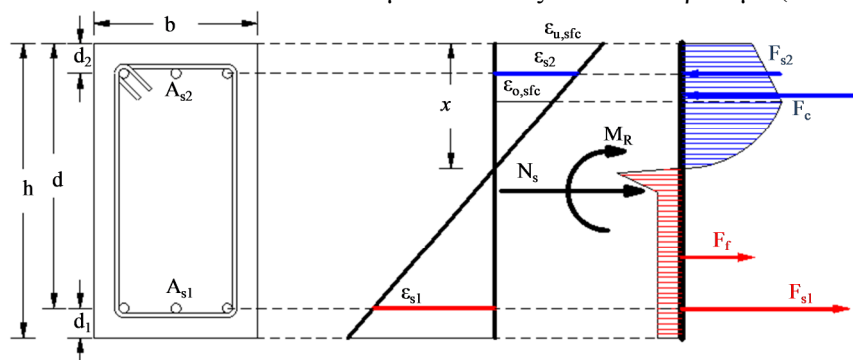


Σχ. 1 Ινοσκυρόδεμα υπό θλίψη

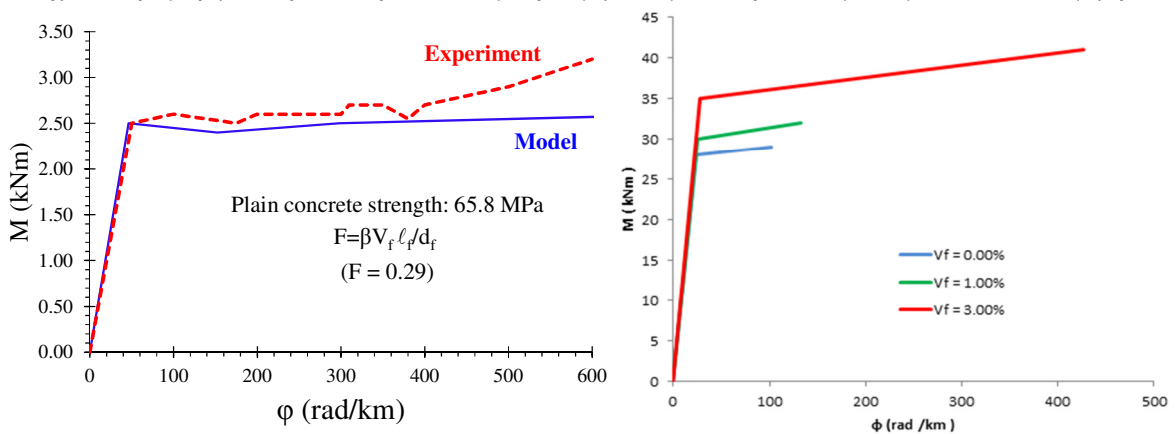


Σχ. 2 Ινοσκυρόδεμα υπό εφελκυσμό

Το αριθμητικό προσομοίωμα για την καμπτική συμπεριφορά δοκών από ινοσκυρόδεμα χρησιμοποιεί τις προαναφερόμενες σχέσεις για την ανάλυση διατομών (Σχ. 3) και βασίζεται στον χωρισμό της διατομής σε ένα διακριτό αριθμό λωρίδων – στοιχείων. Η επί μέρους κατανομή των αναπτυσσόμενων τάσεων αποδίδεται σε όλο το ύψος της διατομής με τρόπο συνεχή. Με τη χρήση του προτεινόμενου προσομοιώματος πραγματοποιείται μία σειρά αναλύσεων και συγκρίνονται τα αποτελέσματα με πειραματικά δεδομένα δοκών από ινοσκυρόδεμα της Διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας (Σχ. 4α). Επίσης, το προτεινόμενο μοντέλο χρησιμοποιείται ως αναλυτικό εργαλείο για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την απαιτούμενη περιεκτικότητα ινών στο μείγμα του σκυροδέματος ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι σχεδιασμού σε επίπεδο αντοχής ή/και πλαστιμότητας καμπυλοτήτων (Σχ. 4β). Ακόμα, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας προσέγγισης με αυτά που προκύπτουν από τον ιταλικό κανονισμό σε δοκούς από ινοσκυρόδεμα (CNR-DT 204/2006).



Σχ. 3 Παραμορφώσεις, τάσεις και δυνάμεις σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο σε κάμψη



Σχ. 4 Σύγκριση πειραματικών δεδομένων και αναλυτικών αποτελεσμάτων – Παραμετρική ανάλυση.

Βιβλιογραφία

- Ζέρης, Χ., Βιτάλης, Σ. και Κοντογιάννης, Π. (2009), “Πειραματική Διερεύνηση Δοκών από Ινοπλισμένο Σκυρόδεμα χωρίς Οπλισμό Διάτμησης”, *Πρακτικά 16ου Πανελληνίου Συνεδρίου Σκυροδέματος*, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Πάφος, Κύπρος.
- Παπαθεοχάρης, Θ., Περδικάρης, Φ.Κ. και Τζάρος, Κ. (2008), “Πειραματική Μελέτη Συμπεριφοράς Δοκών Ινοπλισμένου Σκυροδέματος υπό Στατική Μονοτονική και Ανακυκλιζόμενη Φόρτιση Κάμψης”, 33ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Άρθρο 1969.

- Ashour, S.A. and Wafa, F.F. (1993), “Flexural Behaviour of High – Strength Fiber Reinforced Concrete Beams”, *ACI Structural Journal*, Vol. 90, No. 3, pp. 279-287.
- Ashour, S.A., Wafa, F.F., Kamal, M.I. (2000), “Effect of the Concrete Compressive Strength and Tensile Reinforcement ratio on the Flexural Behaviour of Fibrous Concrete Beams”, *Engineering Structures*, Vol. 22, No. 1, pp. 1145-1158.
- Barros, J.A. and Figueiras J.A. (1999), “Flexural Behaviour of SFRC: Testing and Modeling”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 11, No. 4, pp. 331-339.
- Bentur, A. and Mindess, S. (1990), “Fibre Reinforced Cementitious Composites”, *Elsevier Applied Science*, New York.
- CEN (2004), “Eurocode 2. Design of Concrete Structures – Part 1–1: General Rules and Rules for Buildings (EN 1992-1-1)”, Brussels.
- Chalioris, C.E. and Karayannis, C.G. (2009), “Effectiveness of the Use of Steel Fibres on the Torsional Behaviour of Flanged Concrete Beams”, *Cement and Concrete Composites*, Vol. 31, No.5, pp. 331-341.
- Chalioris, C.E. (2013a), “Analytical Approach for the Evaluation of Minimum Fibre Factor required for Steel Fibrous Concrete Beams under Combined Shear and Flexure”, *Construction and Building Materials*, Vol. 43, pp. 317-336.
- Chalioris, C.E. (2013b), “Steel Fibrous RC Beams subjected to Cyclic Deformations under Predominant Shear”, *Engineering Structures*, Vol. 49, pp.104-118.
- Chalioris, C.E. and Liotoglou, F.A. (2015), “Tests and Simplified Behavioural Model for Steel Fibrous Concrete under Compression”, *Advances in Civil Engineering and Building Materials*, Vol. IV, CRC Press, pp. 195-199.
- CNR (2007), “Guide for the Design and Construction of Fiber-Reinforced Concrete Structures (CNR-DT 204/2006)”, Rome.
- Karayannis, C.G. (2000a), “Nonlinear Analysis and Tests of Steel-Fiber Concrete Beams in Torsion”, *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 9, No. 4, pp. 323-338.
- Karayannis, C.G. (2000b), “Analysis and Experimental Study for Steel Fibre Pullout from Cementitious Matrices”, *Advanced Composites Letters*, Vol. 9, No. 4, pp. 243-255.
- Manolis, G.D. Gareis, P.J. Tsonos, A.-D.G. and Neal, J.A. (1997), “Dynamic Properties of Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete Slabs”, *Cem and Concr Comp*, Vol. 19, pp. 341-349.
- Narayanan, R. and Darwish, I.Y.S. (1987), “Use of Steel Fibers as Shear Reinforcement”, *ACI Structural Journal*, Vol. 84, No. 3, pp. 216-227.
- Sorousian, P. and Lee, C.D. (1990), “Distribution and Orientation of Fibers in Steel Fiber Reinforced Concrete”, *ACI Materials J.*, Vol.87, No.4, pp. 433-439.
- Soulioti, D.V., Barkoula, N.M., Paipetis, A. and Matikas T.E. (2011), “Effects of Fibre Geometry and Volume Fraction on the Flexural Behaviour of Steel-Fibre Reinforced Concrete”, *Strain*, Vol. 47, No. 1, pp. 535-541.
- Tegos, I.A. (1989), “Fiber Reinforced Concrete Beams with Circular Section in Torsion”, *Structural Journal*, Vol. 86, No. 4, pp. 473-482.
- Tsonos, A.-D.G. (2009), “Steel Fiber High-Strength Reinforced Concrete: A New Solution for Earthquake Strengthening of Old R/C Structures”, *WIT Trans Build Env*, Vol. 104, pp. 153-164.
- Vougioukas, E. Zeris, C.A. and Kotsovos, M.D. (2005), “Toward Safe and Efficient Use of Fiber - Reinforced Polymer for Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Structures”, *ACI Structural Journal*, Vol. 104, No. 4, pp. 525-534.