

Πειραματική διερεύνηση περισφιγμένων υποστυλωμάτων από φέρον κισηρόδεμα

Γιώργος Μάνος

Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., gmanos007@gmail.com

Χρήστος Ζέρης

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., zeris@central.ntua.gr

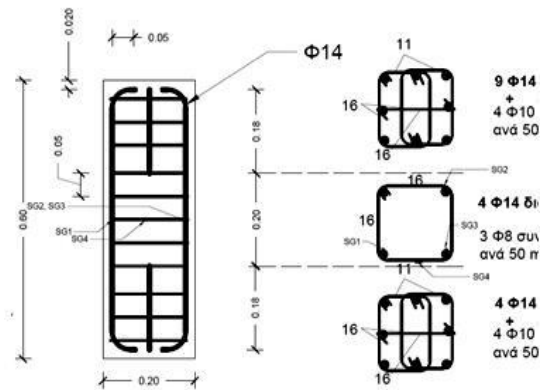
Εκτενής περίληψη

Το ελαφροσκυρόδεμα (ΕΔ) είναι ένα ελαφροβαρές κατασκευαστικό υλικό γνωστό που παράγεται με μερική έως ολική αντικατάσταση των αδρανών με φυσικά ή τεχνητά ελαφρά αδρανή (ΕΑ). Στην Ελλάδα, το ΕΔ παράγεται με αντικατάσταση των ασβεστολιθικών αδρανών με κίσηρη (κισηρόδεμα, ΚΔ), διογκωμένη πολυστερίνη, διογκωμένο περλίτη (περλομπετόν), ενώ ερευνώνται και άλλα ΕΑ, όπως η διογκωμένη άργιλος και η ιπτάμενη τέφρα. Σε αντίθεση με τα άλλα τεχνητά ΕΑ, η κίσηρη είναι φυσικό ηφαιστειογενές υλικό που εξορύσσεται στη χώρα, για το οποίο δεν απαιτείται περαιτέρω κατεργασία. Οι πρώτες σύγχρονες εφαρμογές φέροντος οπλισμένου ΕΔ ανάγονται κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, όπου πλέον η χρήση του υλικού για την κατασκευή κτηρίων και γεφυρών είναι εκτεταμένη. Σημαντικές μελέτες για τις εφαρμογές του δομικού ΕΔ, κυρίως με ορυκτής προέλευσης τεχνητά ΕΑ, έχουν γίνει από χώρες της ΕΕ και από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα EuroLightCon (1988).

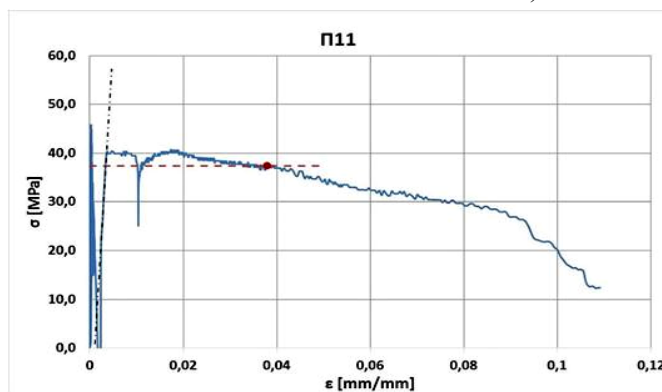
Η χρήση του ΕΔ στην Ελλάδα είναι διαδεδομένη για μη φέρουσες εφαρμογές (γεμίσματα, σκυροδέματα ρύσεων) όπου δεν απαιτείται φέρουσα ικανότητα ενώ απαιτούνται χαμηλά ειδικά βάρη. Η χρήση του ΚΔ για δομική χρήση έχει διερευνηθεί σε διάφορες ερευνητικές εργασίες τμηματικά, μέσω της διερεύνησης εναλλακτικών συνθέσεων είτε μέσω μεμονωμένων πειραματικών αποτελεσμάτων σε δομικά στοιχεία, σε ΚΔ σχετικά μικρού ποσοστού αντικατάστασης και, άρα, αντίστοιχης μείωσης του ειδικού του βάρους. Εν τούτοις, η χρήση ΚΔ με μειωμένο ίδιο βάρος, σε μια χώρα όπου η σεισμική καταπόνηση των δομημάτων, σε μεγάλο αριθμό περιπτώσεων, είναι ο κύριος παράγων διαστασιολόγησης αυτών, δεν έχει διερευνηθεί συστηματικά με αποτέλεσμα να υπάρχουν ουσιαστικά κενά που δεν διευκολύνουν την ευρεία εφαρμογή του στη δόμηση, με ένα κύριο έλλειμμα γνώσης να αποτελεί η συμπεριφορά του περισφιγμένου ΚΔ.

Για τη διευκόλυνση της δυνατότητας εφαρμογής του ΚΔ στη δόμηση εκπονήθηκε ένα ευρύ Ερευνητικό πρόγραμμα από την ΑΓΕΤ Ηρακλής ΑΕ, σε συνεργασία με το Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος ΕΜΠ (ΕΟΣ ΕΜΠ) και με χρηματοδότηση από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας στα πλαίσια του ΠΑΒΕ 2013. Μέρος του αντικειμένου του ερευνητικού έργου, το οποίο και παρουσιάζεται στην παρούσα ερευνητική εργασία, είναι η πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς έως την αστοχία πρισματικών υποστυλωμάτων από οπλισμένο ΚΔ υπό μονοτονική φόρτιση (716 ΒΕΤ-2013, 2015). Στην εργασία παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα που αφορούν ένα τμήμα του εν λόγω ερευνητικού προγράμματος, όπου κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν εικοσιτέσσερα οπλισμένα και τέσσερα άοπλα πρισματικά υποστυλώματα διαφορετικής γεωμετρικής κλίμακας, ήτοι διαστάσεων 15/15 cm², 20/20 cm² και 25/25 cm², με διαφορετικές διατάξεις διαμήκους και εγκάρσιας όπλισης κατά τις απαιτήσεις το ΕΚ8. Όλα τα δοκίμια είχαν ύψος

τριπλάσιο της μικρής διάστασής τους, και δοκιμάστηκαν υπό μονοτονική φόρτιση έως την αστοχία στη μηχανή θλίψης δυναμικότητας 600 τόνων του Εργαστηρίου Αντοχής Υλικών της ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ.



α)



β)



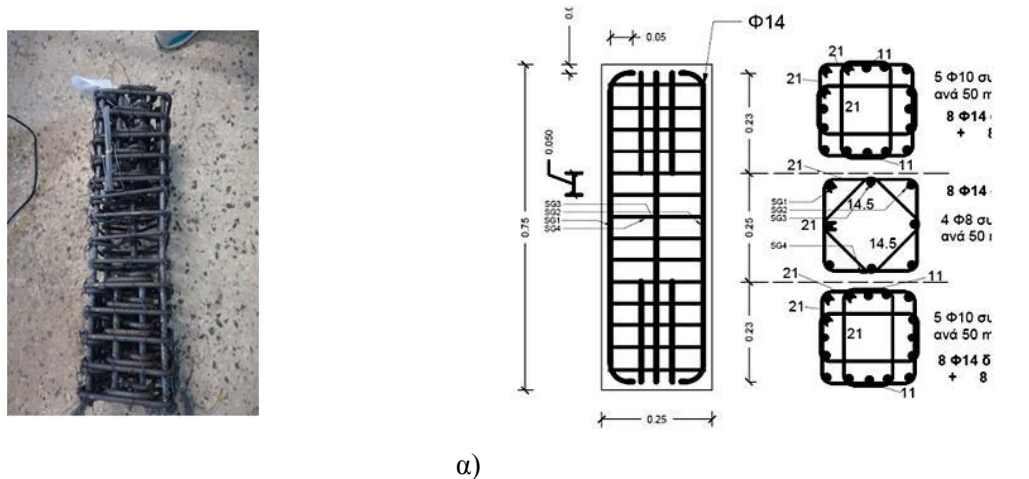
γ)

Σχ. 1 Διερεύνηση περισφιγμένων υποστυλωμάτων υπό αξονική φόρτιση, δοκίμιο Π11: α) διάταξη όπλισης (σχέδιο και φωτ.), β) πειραματικό διάγραμμα αξονικής τάσης - μέσης παραμόρφωσης για των αποτίμηση της kf_c και ϵ_{cu}^* και γ) μορφή αστοχίας.

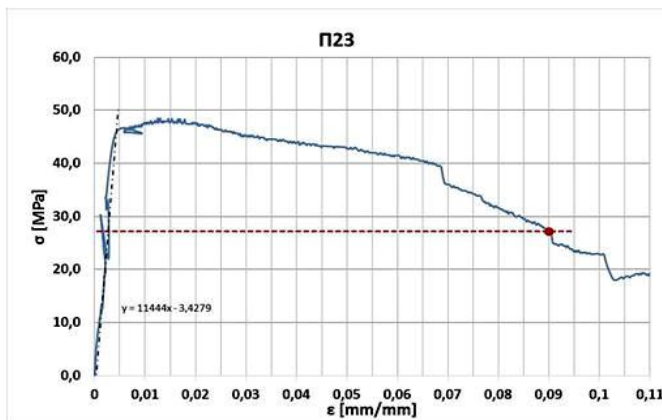
Όλα τα δοκίμια κατασκευάστηκαν και οπλίσθησαν έτσι ώστε να ελέγχεται το μέσο τρίτο του ύψους, με την εκάστοτε διάταξη όπλισης, ενώ τα άκρα του πρίσματος άνω και κάτω υπεροπλίσθησαν και ενισχύθηκαν με ανθρακονήματα, ώστε να επικεντρωθεί η μη γραμμική απόκριση στο υπό έλεγχο μέσον τμήμα του δοκιμίου (Σχ. 1α, 2α).

Σύμφωνα με το πρόγραμμα δοκιμών, δοκιμάστηκαν δύο ΚΔ, με μέση θλιπτική αντοχή 32 και 42 MPa, αντίστοιχα, όμοια με τα υλικά που παρήχθησαν και τα άλλα δομικά στοιχεία στα πλαίσια του Ερευνητικού προγράμματος. Χρησιμοποιήθηκαν συνδετήρες Φ8 και Φ10, διαμήκης οπλισμός Φ12 και Φ14, διατάξεις συνδετήρων δίτητος, τετράτητος και τρίτητος με ρόμβο είτε σιγμοειδή, όπως στην πράξη και αποστάσεις συνδετήρων στο μέσον τμήμα τέτοιες ώστε το εύρος του συντελεστή αποδοτικότητας των δοκιμίων να κυμανθεί μεταξύ 0,06 και 0,56, τιμές που καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος αποδοτικότητας της πράξης.

Τυπικά δοκίμια και οι αντίστοιχες διατάξεις όπλισης, με τα αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα (μέσο διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης του ΚΔ και μορφή αστοχίας) δίδονται στα Σχ. 1, δοκίμιο Π11, $\alpha_{\omega} = 0,076$ και Σχ. 2, δοκίμιο Π22, $\alpha_{\omega} = 0,280$, αντίστοιχα, όπου α ο συντελεστής αποδοτικότητας, $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ και ω_w το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό συνδετήρων.



α)



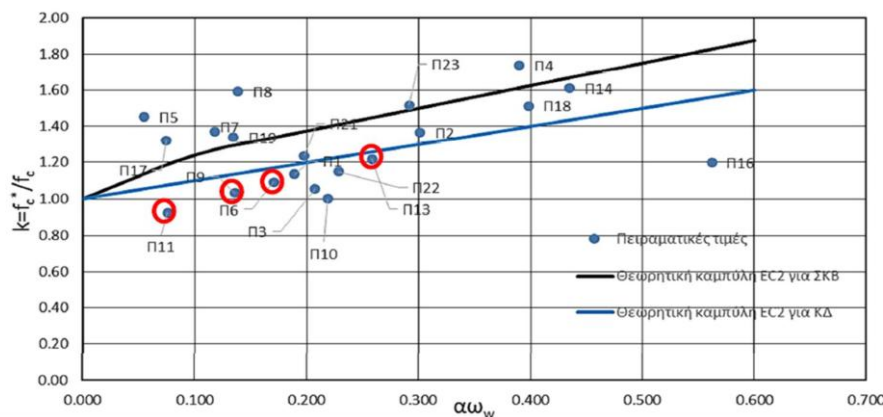
β)



γ)

Σχ. 2 Διερεύνηση περισιγμένων υποστυλωμάτων υπό αξονική φόρτιση, δοκίμιο Π23: α) διάταξη όπλισης (σχέδιο και φωτ.), β) πειραματικό διάγραμμα αξονικής τάσης - μέσης παραμόρφωσης για των αποτίμηση της kf_c και ϵ_{cu}^* και γ) μορφή αστοχίας.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για όλα τα δοκίμια από ΚΔ που δοκιμάστηκαν δίδονται στο Σχ. 3, όπου αποτυπώνεται η αύξηση της θλιπτικής αντοχής του ΚΔ με την αύξηση της αποδοτικότητας της περίσιφιξης (συντελεστής $\alpha\omega_w$).



Σχ. 3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αποδοτικότητας της περίσιφιξης υποστυλωμάτων από ΚΔ

Παρατηρείται ότι το ΚΔ απέδωσε τιμές κοντά στις προβλεπόμενες τιμές του συντελεστή αύξησης της αντοχής k για τριαξονική καταπόνηση (κατά ΕΚ2), που είναι κατά τι μειωμένες, σε σχέση με το σκυρόδεμα κανονικού βάρους, ενώ, σε αρκετές περιπτώσεις, συμπεριφέρθηκε εξ ίσου καλά με το συμβατικό σκυρόδεμα.

Βιβλιογραφία

- EK2, EN1992-1-1 Ευρωκώδικας 2. Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα. Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια, CEN, Βρυξέλλες, 2004.
- EK8, EN1998-1-1 Ευρωκώδικας 8. Σχεδιασμός κατασκευών για σεισμό. Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια, CEN, Βρυξέλλες, 2004.
- 716 BET-2013, (2015), Δομικό ελαφροσκυρόδεμα υψηλής επιτελεστικότητας με κίσηρη, Τελικές Εκθέσεις των Ερευνητικών εργασιών.
- EuroLightCon, (1998), Definitions and International Consensus Report, in Economic Design and Construction with Light Weight Aggregate Concrete.