

Πειραματική διερεύνηση της επιρροής της αντοχής σκυροδέματος και της πύκνωσης των συνδετήρων στη φέρουσα ικανότητα και τους μηχανισμούς αστοχίας δοκών Ο/Σ που υπόκεινται σε καμπτική φόρτιση

Παναγιώτης Δημοσθένους

Πολιτικός Μηχανικός, Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Πανεπιστημίου Frederick, Κύπρος

Νικόλας Ιωάννου

Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστημίου Frederick, Κύπρος

Άγγελος Θεοδοσίου

Msc Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστημίου Frederick, Κύπρος

Μίλτων Δημοσθένους

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Ερευνητής του ΙΤΣΑΚ, Επισκέπτης Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Frederick, Κύπρος, eng.dm@frederick.ac.cy

Εκτενής περίληψη

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν έξι (6) ομάδες δοκών οπλισμένου σκυροδέματος (Ο/Σ) με τέσσερα (4) πειραματικά δοκίμια κάθε ομάδα (σύνολο 24). Όλα τα πειραματικά δοκίμια έχουν τις ίδιες γεωμετρικές διαστάσεις (15cmX20cmX200cm) και τον ίδιο διαμήκη οπλισμό (2Y12 άνω παρειά και 3Y12 κάτω παρειά). Η διαφοροποίηση μεταξύ των έξι (6) ομάδων συνίσταται στη διαφορετική αντοχή του σκυροδέματος και στην πύκνωση των συνδετήρων οι οποίοι ήταν διαμέτρου 8mm για όλες τις δοκούς (Y8). Μέχρι το παρών στάδιο, δύο δοκοί από κάθε ομάδα υποβλήθηκαν σε καμπτική φόρτιση τεσσάρων σημείων μέχρι πλήρους αστοχίας (σύνολο 12) (Σχ. 1). Η εκτέλεση όλων των πειραμάτων έγινε στις υποδομές του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών που στεγάζονται στο Εργαστήριο Μηχανικής του Πανεπιστημίου Frederick στη Λευκωσία. Σε κάθε πειραματική δοκιμή καταγραφόταν το εξωτερικά επιβαλλόμενο φορτίο και η βύθιση της δοκού σε τρία σημεία (Σχ. 2). Παράλληλα γινόταν οπτική (video) κάλυψη της εικόνας παραμόρφωσης και των αστοχιών που αναπτύσσονταν ενώ σε κάθε στάδιο φόρτισης σημειωνόταν επί των πειραματικών δοκιμίων η εξέλιξη των βλαβών και το αντίστοιχο εξωτερικό φορτίο. Στόχος αυτής της ερευνητικής προσπάθειας ήταν να εξετάσει μέσα από πειραματικές δοκιμές την επιρροή της αντοχής του σκυροδέματος και της πύκνωσης των συνδετήρων στη φέρουσα ικανότητα και τους μηχανισμούς αστοχίας σε πειραματικά δοκίμια δοκών Ο/Σ. Σε μελλοντικό στάδιο προβλέπεται η αξιοποίηση αυτών των αποτελεσμάτων για την ανάπτυξη και βαθμονόμηση υπολογιστικών προσομοιωμάτων πρόβλεψης και περιγραφής της μηχανικής συμπεριφοράς δοκών Ο/Σ και των μηχανισμών αστοχίας που ενδέχεται να αναπτύξουν καθώς και η διερεύνηση της επιρροής διαφόρων μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης των πειραματικών δοκιμίων.

Ο σχεδιασμός των δοκών έγινε με βάση τις διατάξεις των Ευρωκωδίκων (EC1, EC2 & EC8). Αρχικά έγινε ο σχεδιασμός μιας δοκού σε πρωτότυπη κλίμακα διαστάσεων 30cmX40cmX400cm και στη συνέχεια έγινε κατάλληλος ανασχεδιασμός αυτής της δοκού σε κλίμακα 1:2 ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των Ευρωκωδίκων. Έτσι τελικώς, τα πειραματικά δοκίμια μπορούμε να πούμε ότι

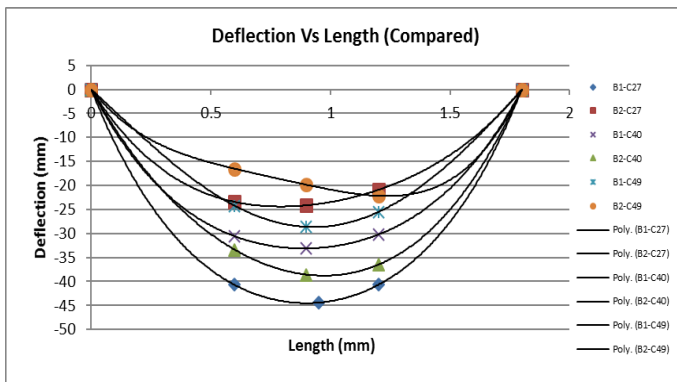
αντιπροσωπεύουν δοκούς σχεδιασμένες με βάση τις διατάξεις των Ευρωπαϊκών Κανονισμών οι οποίοι εφαρμόζονται στην Κύπρο από το 2012. Η διαμόρφωση των οπλισμών έγινε στο εργαστήριο ενώ η σκυροδέτηση των δοκιμών έγινε με βιομηχανικό σκυρόδεμα, ο έλεγχος του οποίου έγινε με δοκίμια κύβου στις 7, 14 και 28 μέρες.

Η πρώτη σειρά των πειραματικών δοκιμών έγινε σε 6 δοκούς (2 από κάθε ομάδα) οι οποίες είχαν την ίδια πύκνωση συνδετήρων αλλά διαφορετική αντοχή σκυροδέματος (27Μρα, 41Μρα και 49Μρα). Από την εκτέλεση αυτών των πειραμάτων διαπιστώθηκε ότι σε αρχικά επίπεδα φόρτισης αναπτύσσονταν κατακόρυφες καμπτικές ρωγμές στο μέσο της δοκού μεταξύ των σημείων επιβολής της εξωτερικής φόρτισης. Οι ρωγμές αυτές ξεκινούσαν από το κάτω εφελκόμενο τμήμα της δοκού και επεκτείνονταν προοδευτικά προς τα πάνω όσο αύξανε η εξωτερική φόρτιση. Σε ανώτερα επίπεδα φόρτισης εμφανίζονταν καμπτοδιατμητικές ρωγμές στο σκυρόδεμα, στα δύο άκρα της δοκού, μεταξύ των σημείων επιβολής της εξωτερικής φόρτισης και των στηρίξεων της δοκού. Το μέγιστο φορτίο που μπορούσαν να παραλάβουν βρέθηκε ότι καθοριζόταν από το όριο διαρροής των διαμήκων οπλισμών της κάτω παρειάς. Το φορτίο αυτό βρέθηκε επίσης σε πολύ καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα υπολογιστικών προσομοιωμάτων τα οποία δίνουν το μέγιστο εξωτερικό φορτίο δοκού για αστοχία σε κάμψη. Μετά το όριο διαρροής επιβαλλόταν πρόσθετη βύθιση στις δοκούς όπου αρχικά εμφανιζόταν η συντριβή του σκυροδέματος στο μέσο της άνω παρειάς και ακολούθως τοπικός λυγισμός των θλιβόμενων διαμήκη οπλισμών στην ίδια θέση. Ο τοπικός λυγισμός περιοριζόταν μεταξύ δύο συνδετήρων στο κέντρο της δοκού. Μετά την εμφάνιση αυτής της αστοχίας διακοπτόταν η πειραματική φόρτιση (Σχ. 1 & Σχ. 3). Αξιοσημείωτη παρατήρηση σε αυτή τη σειρά των πειραμάτων ήταν ότι όσο αύξανε η αντοχή του σκυροδέματος γινόντουσαν πιο έντονες οι καμπτοδιατμητικές αστοχίες του σκυροδέματος. Μάλιστα, σε μία περίπτωση δοκού με αντοχή σκυροδέματος (49Μρα) οι διατμητικές αστοχίες είχαν πιο έντονη και προεξάρχουσα μορφή, με πλήρη ρηγμάτωση του σκυροδέματος και εγκάρσια παραμόρφωση του διαμήκη οπλισμού στο ένα άκρο της δοκού. Η μορφή αυτής της αστοχίας αντανακλάται και στη συνολική εικόνα βύθισης της δοκού (Σχ. 2). Διαπιστώθηκε λοιπόν ότι για μεγάλες τιμές της αντοχής σκυροδέματος ο εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες) στα άκρα των δοκών δεν επαρκούσε για να αποτρέψει αυτές τις αστοχίες καμπτοδιατμητικού χαρακτήρα.

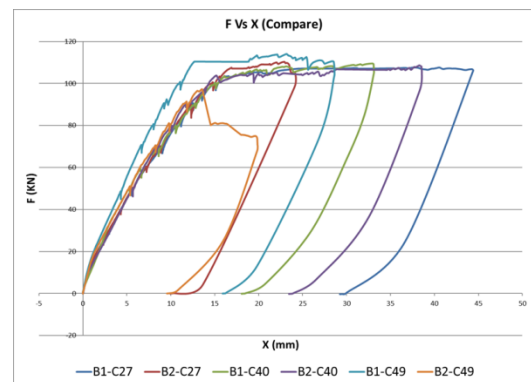
Οι πιο πάνω επισημάνσεις καθόρισαν το σχεδιασμό και τους επιδιωκόμενους στόχους για την επόμενη σειρά των πειραμάτων. Σχεδιάστηκαν τρεις ομάδες δοκών Ο/Σ, ίδιων διαστάσεων και διαμήκων οπλισμών με τις προηγούμενες και όλες με αντοχή σκυροδέματος μεταξύ 50 -53Μρα, αλλά με διαφορετική πύκνωση των συνδετήρων στα δύο άκρα των δοκών (μεταξύ στηρίξεων και θέσεων επιβολής της εξωτερικής φόρτισης). Εξετάστηκαν δύο πειραματικά δοκίμια από κάθε ομάδα (σύνολο 6), κατά τον ίδιο τρόπο όπως και προηγουμένως. Συνολικά όμως συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα από 8 δοκούς ίδιας περιόδου αντοχής σκυροδέματος αλλά με διαφορετική πύκνωση στους συνδετήρες (6 από την παρούσα σειρά πειραμάτων και 2 από την προηγούμενη σειρά με αντοχή σκυροδέματος 49Μρα). Από τη σύγκριση αυτή διαπιστώθηκε, όπως άλλωστε αναμενόταν, ότι με την αύξηση της πύκνωσης των συνδετήρων περιορίζονταν οι καμπτοδιατμητικές αστοχίες ενώ οι προεξάρχουσες μορφές αστοχίας των δοκών ήσαν η καμπτική αστοχία του σκυροδέματος στο μέσο της δοκού και η διαρροή του διαμήκους οπλισμού στο κάτω εφελκόμενο μέρος. Επιπλέον, σε αυτή τη σειρά των πειραμάτων η διερεύνηση επεκτάθηκε στη συσχέτιση του μήκους ρηγμάτωσης της διατομής λόγω κάμψης σε σχέση με το εξωτερικά επιβαλλόμενο φορτίο (Σχ. 4). Τέλος, και σ' αυτήν τη σειρά των πειραμάτων βρέθηκε ότι το μέγιστο εξωτερικά επιβαλλόμενο φορτίο ήταν σε πολύ καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα υπολογιστικών προσομοιωμάτων τα οποία δίνουν το μέγιστο εξωτερικό φορτίο δοκού για αστοχία σε κάμψη.



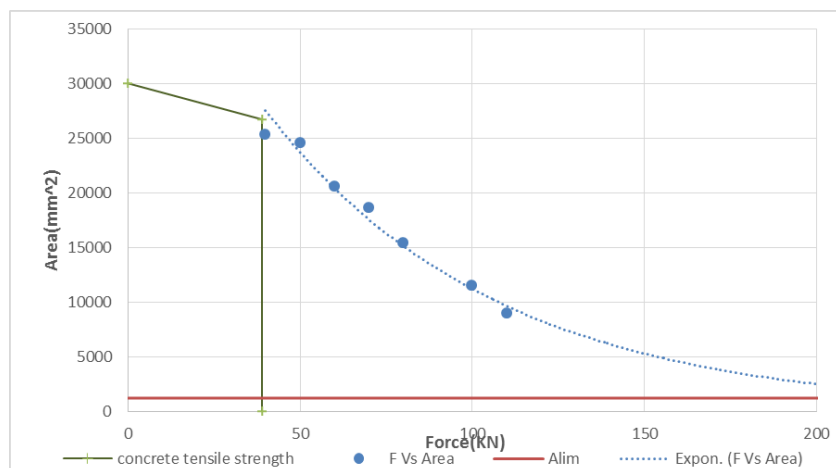
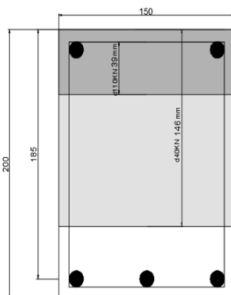
Σχ.1. Τελικό στάδιο φόρτιση και αστοχίες δοκού Ο/Σ



Σχ. 2 Διαγράμματα βυθίσεων έξι δοκών σε τελικό στάδιο φόρτισης



Σχ. 3 Διαγράμματα Φορτίου – βύθισης στο μέσω έξι δοκών



Σχ. 4 Εξέλιξη ρηγματωμένης διατομής της δοκού συναρτήσει του εξωτερικού φορτίου