

Πειραματική και Αναλυτική Έρευνα επί των Δυνατοτήτων Ανάσχεσης των Χρονίων Εγκαρσίων Παραμορφώσεων σε Φορείς Οπλισμένου Σκυροδέματος

Κωνσταντίνος Ψάρρας

Δρ Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., ko_psar@yahoo.gr

Helder Sousa

Marie-Curie Postdoctoral Fellow, University of Surrey, mail@hfm Sousa.com

Stergios Mitoulis

Assistant Professor, University of Surrey, s.mitoulis@surrey.ac.uk

Ιωάννης Τέγος

Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ., itegos@civil.auth.gr

Πεδίο Θεματολογίας: Διαστασιολόγηση

Εκτενής περίληψη

Το αντικείμενο της εργασίας σχετίζεται με την ανεύρεση και διερεύνηση μέσων ανάσχεσης των παραμορφώσεων (βελών) των γραμμικών φορέων, δοκών και πλακών με απώτερο στόχο την μείωση του πάχους των προς βελτίωση της οικονομικότητας αυτών.

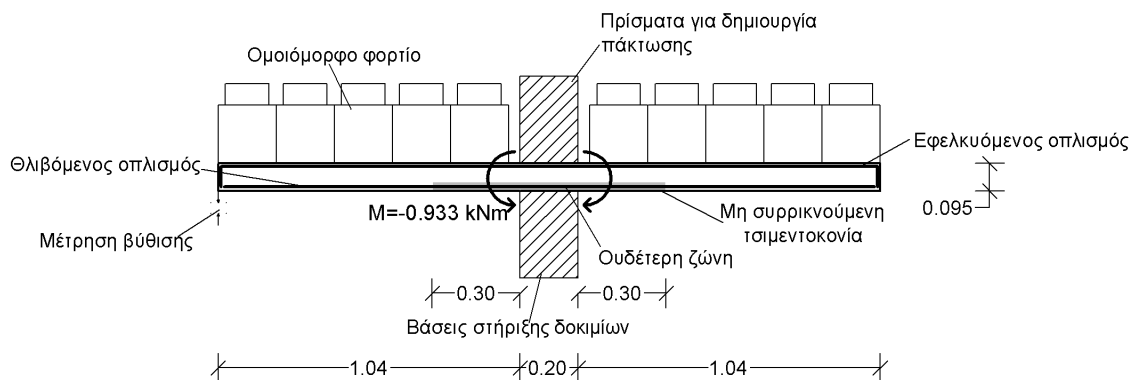
Η ανεύρεση πρόσφορων, οικονομικών, και αποτελεσματικών τρόπων ανάσχεσης του αποτελέσματος των χρονίων παραμορφώσεων είναι αναγκαία και δεν αφορά μόνον τις μεθόδους της προβολοδόμησης και της προώθησης στις γέφυρες αλλά και τις συνήθεις πλάκες των οικοδομικών έργων, όπου η αποφυγή των οχληρών βελών, ιδίως στους προβόλους, επιτυγχάνεται μέσω μεγάλων παχών των πλακών με συνέπεια αντιοικονομικά αποτελέσματα για τα εν λόγω δομικά στοιχεία, καθόσον, όπως έχει αποδειχθεί, βάσει του συσχετισμού κόστους του κυβικού σκυροδέματος αφενός και του kg χάλυβα αφετέρου οι οικονομικότεροι φορείς προκύπτουν από τη χρήση πολλού χάλυβα και ολίγου σκυροδέματος. Ωστόσο η ανατροπή έρχεται από τα βέλη τα οποία αναγκάζουν τον μελετητή να προσφεύγει σε μεγάλα πάχη πλακών προτάσσοντας εύλογα τη λειτουργικότητα έναντι της οικονομίας.

Τα μέσα που εξετάστηκαν πειραματικώς και αναλυτικώς για την ανάσχεση των συνεπειών του ερπυσμού ο οποίος έχει και τη «λεόντειο» συμμετοχή στο αποτέλεσμα των παραμορφώσεων είναι:

- Η τοποθέτηση θλιβόμενου οπλισμού,
- Η αύξηση του εφελκόμενου οπλισμού, ώστε να μεγαλώσει το ύψος της θλιβόμενης ζώνης, και ως εκ τούτου να μειωθεί η τάση του σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη,
- Η χρησιμοποίηση στην θλιβόμενη ζώνη μη συρρικνούμενης τσιμεντοκονίας και οποιουδήποτε παρεμφερούς υλικού από αυτά τα οποία χαρακτηρίζονται ως υψηλής αντοχής και μη συρρικνούμενα, και
- Συνδυασμοί των παραπάνω.

Συνολικά εξετάστηκαν πειραματικώς 12 δοκίμια – πρόβολοι κάτω από ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες (Σχ. 1). Τα δοκίμια αποτελούν γεωμετρική και γενικότερα κατασκευαστική προσομοίωση υπό κλίμακα 1:2,4 δώδεκα πλακών – προβόλων οπλισμένου σκυροδέματος, μήκους 2,5 m, και ύψους διατομής $h_f=0,23$ m. Με βάση τη συγκεκριμένη κλίμακα, τα δοκίμια που κατασκευάστηκαν είχαν τις εξής διαστάσεις: $h_f=0,095$ m, $b=0,20$ m και $l=1,04$ m. Για την εξασφάλιση της πάκτωσης των

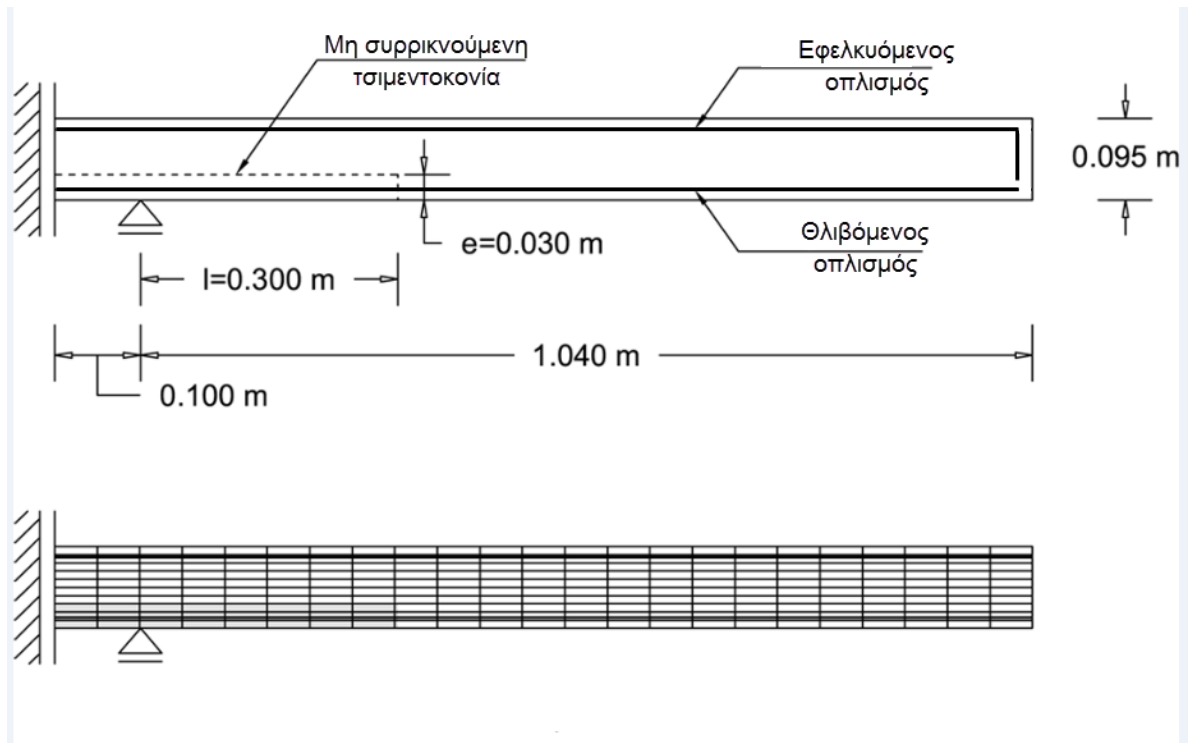
δοκιμίων – προβόλων, κατασκευάστηκαν αμφίπλευροι πρόβολοι, οι οποίοι είχαν στο μεσαίο τμήμα τους μία μεταβατική ζώνη 0,20 m, επί της οποίας επιβλήθηκε φορτίο με πρίσματα σκυροδέματος, διαστάσεων 0,20·0,30·0,30 m. Η μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία τοποθετήθηκε εκατέρωθεν της θεωρητικής πάκτωσης του προβόλου σε μία απόσταση 30 cm προς την άκρη του και 10 cm προς την «ουδέτερη ζώνη» μεταξύ των δύο εκατέρωθεν προβόλων, συνολικά δηλαδή σε μήκος 40 cm. Το πάχος της μη συρρικνούμενης τσιμεντοκονίας ήταν 3 cm, άνωθεν της θλιβόμενης ίνας. Τα φορτία τα οποία θεωρήθηκαν στους πρόβλους αποτελούν τα οιονεί – μόνιμα φορτία, στα οποία οφείλονται τα φαινόμενα του ερπυσμού και της συστολής ξήρανσης. Για την επιβολή των φορτίων χρησιμοποιήθηκαν πρίσματα σκυροδέματος, ενώ η μέτρηση της παραμόρφωσης γινόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα με τη χρήση ηλεκτρονικού παχύμετρου.



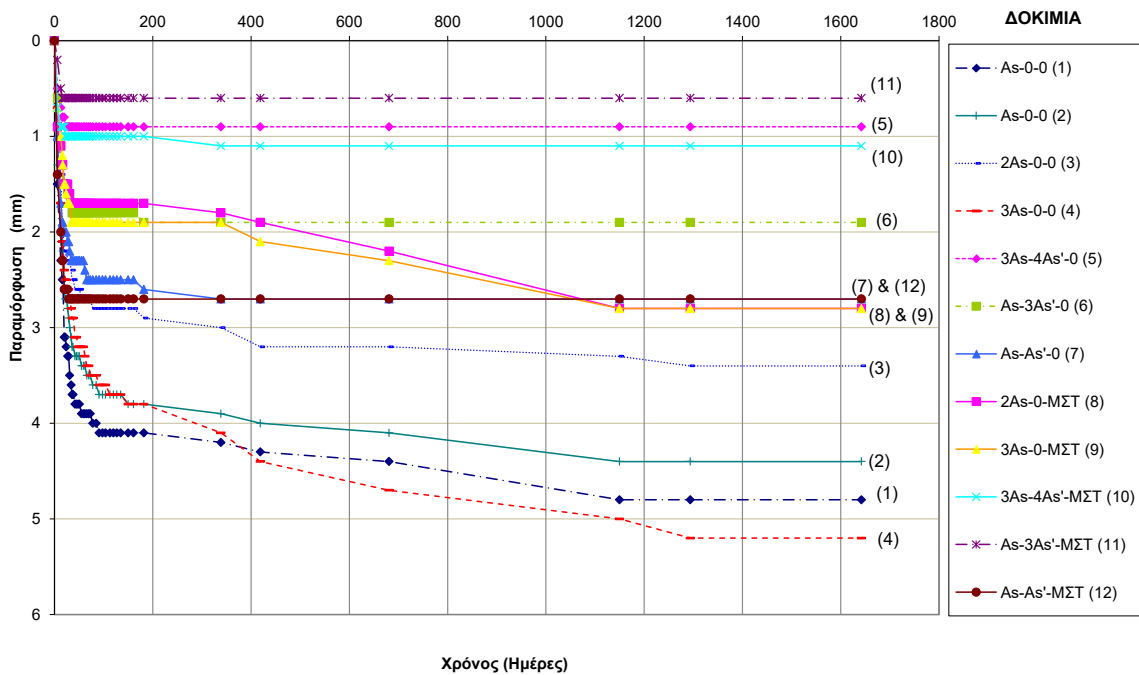
Σχ. 1 Διπλά δοκίμια – πρόβολοι

Στο αναλυτικό σκέλος της παρούσας, διενεργήθηκε με τη χρήση κατάλληλου καινοτόμου λογισμικού μία μη γραμμική ανάλυση της εξέλιξης των παραμορφώσεων με το χρόνο με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων προς συμπλήρωση των πειραματικών αποτελεσμάτων και η σύγκριση μεταξύ των δύο. Η ανάλυση έγινε σε δύο διαστάσεις και χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία με διάσταση από 10 έως 50 mm (Σχ. 2). Ο οπλισμός των δοκιμίων προσομοιώθηκε με κατάλληλα στοιχεία ώστε να ληφθεί υπ' όψιν η συμβολή του στη δυνατότητα μείωσης των χρονίων παραμορφώσεων των φορέων. Η ανάλυση ακολούθησε τη διαδικασία της φόρτισης των πειραματικών δοκιμίων και διενεργήθηκε σε τρεις διαφορετικές φάσεις. Συνολικά, το αναλυτικό προσομοίωμα διαθέτει 230 πεπερασμένα στοιχεία, 2 στοιχεία οπλισμού, και 22 στηρίξεις (Σχ. 2).

Από την Εργασία προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα αναφορικά με την αποτελεσματικότητα των χρησιμοποιούμενων μέσων καθώς και σημαντική σύγκλιση μεταξύ πειραματικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων. Τόσο από την πειραματική όσο και από την αναλυτική έρευνα προέκυψε ότι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για τη μείωση των χρονίων παραμορφώσεων είναι η χρήση θλιβόμενου οπλισμού σε συνδυασμό με την τοποθέτηση μη συρρικνούμενης τσιμεντοκονίας στη θλιβόμενη ζώνη. Σε αυτή την περίπτωση επιτυγχάνεται μείωση της παραμόρφωσης κατά 85% σε σχέση με την παραμόρφωση των συμβατικών δοκιμίων (Σχ. 3). Η μείωση των χρονίων παραμορφώσεων και κατά συνέπεια η μείωση του πάχους της πλάκας και του κόστους μίας κατασκευής είναι δυνατόν να επιτευχθεί στην πράξη με τοποθέτηση ράβδων οπλισμού μεγάλης διαμέτρου, όπως Φ20 στη θλιβόμενη ζώνη των πλακών.



Σχ. 2 Αναλυτικό προσομοίωμα για τη διερεύνηση της εξέλιξης των χρονίων παραμορφώσεων



Σχ. 3 Διάγραμμα σχετικών χρονίων παραμορφώσεων (mm) των 12 δοκιμών – προβόλων.

$A_s=0.55 \text{ cm}^2$, $A_s'=0.59 \text{ cm}^2$, ΜΣΤ: Μη Συρρικνούμενο Τσιμεντοκονίαμα