

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα, συμπεραίνονται τα εξής:

7.1 Πειραματικός έλεγχος υποστυλωμάτων ΟΣ τετράγωνης διατομής, σε υφιστάμενες κατασκευές, υπό χαμηλή αξονική δύναμη και διαξονική επιπόνηση

1. Από τα δοκίμια ΧΠ30Χ με αραιό εγκάρσιο οπλισμό, σε αυτά με τον μικρότερο λόγο διάτμησης ο ρυθμός απομείωσης της αντοχής είναι γενικά μεγαλύτερος, συνεπώς αυτά τα δοκίμια εμφανίζουν περισσότερο ψαθυρή απομειούμενη συμπεριφορά. Στα δοκίμια, όπου ο εγκάρσιος οπλισμός είναι πυκνός σε όλο το μήκος τους, αυτό δεν ισχύει άμεσα. Η συμπεριφορά του δοκιμίου ΥΠ301 με λόγο διάτμησης 4,80 είναι λιγότερο ψαθυρή από αυτή του ΥΠ302 με λόγο διάτμησης 7,80.

2. Στο σύνολο των δοκιμίων με ανεπαρκή εγκάρσιο οπλισμό σε κάποιο τμήμα τους (δοκίμια ΧΠ303, ΧΠ304, ΧΠ301, ΧΠ302, ΧΠ305) δεν παρουσιάστηκε διατμητικός τύπος αστοχίας, με εξαίρεση την εμφάνιση ρωγμών διάτμησης στο δοκίμιο ΧΠ304, όχι όμως σε σημαντικό βαθμό. Αυτό δείχνει πως οι λοιποί μηχανισμοί ανάληψης τέμνουσας (συνισταμένη θλιπτικών τάσεων της μη ρηγματωμένης θλιβόμενης ζώνης, αλληλεμπλοκή των αδρανών του σκυροδέματος κατά μήκος ρωγμής κλπ.) εκτός του εγκάρσιου οπλισμού λειτούργησαν ικανοποιητικά κατά την ανακύκλιση.

3. Στα δοκίμια με επαρκή εγκάρσιο οπλισμό Φ10/100 σε όλο το μήκος τους, το φαινόμενο λυγισμού διαμήκους οπλισμού δεν αποφεύγεται για τις γωνιακές ράβδους σε πλαστιμότητα 3,0 (περιορίζεται δε μόνο σε αυτές), αν και οι συνέπειες του λυγισμού αυτού είναι εμφανώς περιορισμένες στο ρυθμό απομείωσης της αντοχής με την ανακύκλιση, και (άρα) στην ολική πλαστιμότητα.

4. Στις περιπτώσεις των δοκιμίων **ΧΠ30Χ**, εμφανίστηκε σημαντικός λυγισμός του διαμήκους οπλισμού (ιδιαίτερως το δοκίμιο **ΧΠ304**), και η μετελαστική συμπεριφορά τους είναι ψαθυρή. Συμπεραίνεται ότι το φαινόμενο λυγισμού του διαμήκους θλιβόμενου οπλισμού είναι σημαντικότερο από τη διάτμηση αυτή καθαυτή σε παρόμοια υφιστάμενα υποστυλώματα και απαιτείται να διερευνηθεί περαιτέρω, με ευρύτερη επιλογή των παραμέτρων που το επηρεάζουν (τιμή θλιπτικού αξονικού φορτίου, διάμετρος διαμήκων ράβδων, διάμετρος και αποστάσεις συνδετήρων, διαξονικότητα, πλαϊνή παρεμπόδιση με ΙΝΟΠ).

5. Στα δοκίμια με μικρό λόγο διάτμησης στο ελεγχόμενο τμήμα το φαινόμενο λυγισμού του διαμήκους οπλισμού είναι εντονότερο σε σχέση με τα δοκίμια με μεγαλύτερο λόγο διάτμησης. Αυτό οφείλεται στο ότι στα πρώτα δοκίμια η κλίση του διαγράμματος των ροπών στο ελεγχόμενο τμήμα είναι πιο απότομη, συγκριτικά με τα δεύτερα, με αποτέλεσμα η πλαστική περιοχή να περιορίζεται σε μικρότερο μήκος και η καταπόνηση από κάμψη του διαμήκους οπλισμού να είναι εντονότερη.

6. Όπως προκύπτει από την παρουσίαση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων, η χρησιμοποίηση των διαξονικών διαγραμμάτων αλληλεπίδρασης (με δεδομένα τις διαστάσεις και τα ποσοστά οπλισμού της υπό εξέταση διατομής) η εύρεση των ροπών αντοχής και κατ' επέκταση της προβλεπόμενης δύναμης αστοχίας του εγκάρσιου εμβόλου οδηγεί σε συντηρητικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η μέγιστη πειραματική αντοχή των δοκιμίων **ΧΠ304**, **ΥΠ302**, **ΧΠ302** είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη προβλεπόμενη με χρήση επιφανειών αλληλεπίδρασης, ενώ στα δοκίμια **ΧΠ303**, **ΧΠ301**, **ΥΠ301** η πειραματική μέγιστη δύναμη είναι λίγο μικρότερη από την προβλεπόμενη.

7. Η απορροφούμενη ενέργεια στο πέρας του εκάστοτε πειράματος των **ΥΠ30Χ**, είναι εμφανώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των υπόλοιπων δοκιμίων. Η παρουσία συνδετήρων Φ10/100 σε όλο το μήκος των δοκιμίων

ελαχιστοποιεί το φαινόμενο λυγισμού αλλά και ολίσθησης σε ανακύκλιση των Φ14, παράγοντες που αλλιώς συμβάλλουν αρνητικά στο μέγεθος του υστερετικού βρόγχου.

8. Συγκρίνοντας την απορροφούμενη ενέργεια στα δοκίμια **ΥΠ301**, **ΥΠ302** προκύπτει πως το **ΥΠ302** με λόγο διάτμησης 7,8 απορροφάει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας στο πέρας του πειράματος σε σχέση με το **ΥΠ301** με λόγο διάτμησης 4,8. Αντίστοιχα για τα **ΧΠ** δοκίμια. Συνεπώς, τα δοκίμια που υποφέρουν λιγότερο έναντι τέμνουσας (με μεγαλύτερο λόγο διάτμησης) εμφανίζουν βελτιωμένη συμπεριφορά όσον αφορά την απορροφούμενη ενέργεια.

7.2 Πειραματικός έλεγχος υποστυλωμάτων ΟΣ σε υφιστάμενες κατασκευές επισκευασμένων και/ή ενισχυμένων, υπό χαμηλή αξονική και διαξονική επιπόνηση

9. Για υποστυλώματα οπλισμένα σύμφωνα με τον ΕΑΚ (ΟΑΣΠ, 2000), που υπέστησαν σημαντική βλάβη και επισκευάσθηκαν, η αποκατάσταση των βλαβών στις κρίσιμες διατομές με ισχυρή μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία, είναι δυνατόν να αποδώσει στο στοιχείο την πρότερη κατάσταση αντοχής αλλά με 20% περίπου μειωμένη δυσκαμψία, με πλήρη αποκατάσταση όμως της πρότερης δυνατότητας του φορέα να παραμορφωθεί μετελαστικά σε αντίστοιχες παραμορφώσεις. Λόγω της μειωμένης δυσκαμψίας, η πλαστιμότητα είναι ανάλογα μειωμένη.

10. Η εφαρμογή εγκάρσιως μόνο ΙΝΟΠ για την αύξηση της πλαστιμότητας υφισταμένων υποστυλωμάτων, μέσω της εγκάρσιας περιτύλιξης των κρίσιμων περιοχών, όπως αυτές ορίζονται κατά ΕΑΚ, είναι εφικτή και αποδίδει αξιόπιστα αποτελέσματα σε ανακυκλιζόμενη συμπεριφορά, τόσο από πλευράς αυξημένης ενεργειακής απορρόφησης όσο και στην αύξηση της αντοχής σε σχέση με την πρότερη αντοχή.

11. Πρέπει πάντως να τονισθεί ότι ένα τμήμα της αύξησης αντοχής που εμφάνισαν τα εν λόγω δοκίμια πρέπει να αποδοθεί και στο επισκευαστικό σκυρόδεμα υψηλής αντοχής που χρησιμοποιήθηκε, πέραν από την όποια περαιτέρω αύξηση λόγω περίσφιγξης της θλιβόμενης ζώνης στη διαξονική διατομή – σύμφωνα και με αντίστοιχες αυξήσεις των ΥΠ30Χ_ΑΠ, τα οποία δεν είχαν καμία περιτύλιξη με ΙΝΟΠ.

12. Η ύπαρξη εγκάρσιας περιτύλιξης έχει σαν αποτέλεσμα την ματαίωση φαινομένων λυγισμού των διαμήκων ράβδων, που ήταν και η βασική αιτία δραστηκής απομείωσης της ανακυκλιζόμενης αντοχής των παρθένων ΧΠ30Χ. Στην περίπτωση των περιτυλιγμένων μόνον δοκιμίων Χ30Χ_ΕΠ (χωρίς ενίσχυση λόγω εφαρμογής διαμήκους ανθρακονήματος), η τελική αντοχή διατηρείται σε επίπεδα άνω του 85% της μέγιστης καταγεγραμμένης σε παραμορφώσεις έως 6,1 cm (παραμόρφωση ίση με το μισό της σχετικής ορόφου βάσει του προσομοιώματος ελέγχου). Η παραμόρφωση αυτή αντιστοιχεί σε πλαστιμότητα 4,6 είναι δε κατά πολύ μεγαλύτερη των 4,40 cm οπότε και εμφανίστηκαν τα φαινόμενα μείωσης αντοχής στα ΧΠ30Χ σε πλαστιμότητα 2,6.

13. Η απομάκρυνση των ΙΝΟΠ μετά το πέρας των πειραμάτων έδειξε ότι η ύπαρξη της περιτύλιξης υποχρέωσε την δημιουργία φαινομένων λυγισμού δεύτερης ιδιομορφής κατά Euler, στις γωνιακές (και, ενίοτε, στις αμέσως όμορες εσωτερικά) ράβδους, σε αντίθεση με τα παρθένα δοκίμια, που όλα εμφάνισαν πρώτη ιδιομορφή με μήκος λυγισμού την απόσταση μεταξύ συνδετήρων (βλ. και σχετικές Φωτογραφίες). Η συνεισφορά του ΙΝΟΠ στην αύξηση της αντοχής της ράβδου σε θλίψη κατά το τετράγωνο της μείωσης του κρίσιμου μήκος λυγισμού της είναι ουσιαστική.

14. Η συνεισφορά (ε) των ΙΝΟΠ σε διαμήκη καμπτική ενίσχυση των υφισταμένων υποστυλωμάτων, λαμβάνοντας υπόψη και την αύξηση αντοχής λόγω του υλικού αποκατάστασης, εκτιμάται πειραματικά από 8 έως 14%. Η

συντηρητικότερη από τις τιμές αυτές (14%) δέον όπως λαμβάνεται άρα υπόψη κατά τον ικανοτικό έλεγχο του υποστυλώματος υπό ενίσχυση.

7.3 Αναλυτική αποτίμηση συμπεριφοράς υποστυλωμάτων ΟΣ υφισταμένων κατασκευών με χαμηλό ανηγμένο αξονικό φορτίο, σε καταπόνηση υπό γωνία

14. Για την αναλυτική πρόβλεψη της επικινδυνότητας παλαιών κτιρίων, ειδικά για υποστυλώματα από ΟΣ οπλισμένα βάσει των παλαιών Κανονισμών, απαιτούνται καλύτερα αναλυτικά προσομοιώματα για την αξιόπιστη πρόβλεψη δεικτών συμπεριφοράς τους σε τιμές παραμορφώσεων. Για τις παραμέτρους που ελέγχθηκαν, και την ουσιαστική απουσία φαινομένου επιρροής διάτμησης – η προβλεπόμενη αντοχή σύμφωνα με τις αναλύσεις είναι γενικά προβλέψιμη με καλή αξιοπιστία.