

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Περιγραφή του προβλήματος

Παράλληλα με τη χρήση των συμβατικών τεχνολογιών επισκευής και ενίσχυσης των κατασκευών από ΟΣ μετά κυρίως από τον σεισμό του 1999, παρατηρήθηκε και μία ραγδαία εισαγωγή νέων τεχνολογιών εφαρμογής στις επισκευές και ενισχύσεις, η οποία βασίστηκε στη χρήση ΙΝΟΠ. Αυτά τα υλικά είναι σύνθετα υλικά ΙΝΟΠ ινών υάλου, άνθρακα ή αραμιδίου, τα οποία διατίθενται στο εμπόριο σε μορφή ελασμάτων και εμποτισμένων νημάτων, αρχικά, και, πλέον πρόσφατα, ράβδων οπλισμού και εξηλασμένων διατομών (*poltruded shapes*). Τα υφάσματα ΙΝΟΠ, που είναι και τα πλέον διαδεδομένα, αποτελούνται από ομοιογενείς ίνες υψηλής αντοχής εμποτισμένες με ρητίνες, που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του ΟΣ υπό ενίσχυση, με τη μέθοδο της υγρής εφαρμογής (*wet lay up method*), με χρήση ρευστών εποξειδικών ρητινών και, ενδεχομένως, τοπική μηχανική αγκύρωση .

Αυτού του είδους τα υλικά οδηγούν σε εναλλακτικούς τρόπους επέμβασης πέραν από τις συμβατικές τεχνολογίες επισκευής / ενίσχυσης υφισταμένων κατασκευών από ΟΣ, λιθοδομή ή τοιχοποιία (είτε πρόκειται για συμβατικές υφιστάμενες κατασκευές είτε πρόκειται για διατηρητέα και ιστορικά μνημεία), όπου μέχρι σήμερα χρησιμοποιείτο τυπικά μανδύας από έγχυτο ή εκτοξευόμενο ΟΣ. Πολλές φορές δε, τα νέα αυτά υλικά παρέχουν την μόνη εναλλακτική δυνατότητα εφαρμογής, σε περιπτώσεις όπου οι συμβατικές αυτές τεχνικές δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθούν ελλείψει χώρου (καθαρού ύψους), χρόνου ή αδυναμίας παρεμποδισμού της συνεχούς λειτουργίας του έργου.

Εν τούτοις, η εφαρμογή των υλικών αυτών δεν είναι πλήρως θεωρητικά και πειραματικά τεκμηριωμένη, σε ότι αφορά α) τη λειτουργία τους, τον τρόπο αστοχίας και την αντοχή τους σαν σύμμεκτο σύστημα σύνθετου ΙΝΟΠ υφάσματος-ρητίνης συνεργαζόμενου με το υπόστρωμα από σκυρόδεμα, β) την ευστάθειά τους στο χρόνο και στις περιβαλλοντικές φορτίσεις (υπεριώδης ακτινοβολία, παγετός και αλκαλικά), γ) την ικανοποιητική αντοχή τους σε

πυρκαγιά, δ) την περιβαλλοντική τους όχληση (τοξικότητα) και κυρίως, δ) την επάλληλη συμπεριφορά τους με την κατασκευή από ΟΣ, την οποία καλούνται να ενισχύσουν / επαναφέρουν στην πρότερη κατάσταση, είτε είναι αυτή 'άθικτη' (περίπτωση ενίσχυσης) είτε έχει αντεπεξέλθει ενός σεισμού (περίπτωση επισκευής και ενίσχυσης).

1.2 Περιγραφή του αντικειμένου

Για την περαιτέρω διερεύνηση του προβλήματος αυτού υποβλήθηκε η παρούσα πρόταση Ερευνητικού Έργου στον ΟΑΣΠ, για τη χρηματοδότηση μίας σειράς πειραμάτων σε δομικά στοιχεία ενισχυμένα / επισκευασμένα με ΙΝΟΠ, που θα έχει σαν στόχο τον έλεγχο της εγκυρότητας της τεχνολογίας εφαρμογής τους (περιλαμβανομένων των παραδοχών, του σχεδιασμού, της πρόβλεψης απόκρισης, της συμπεριφοράς και της μορφής αστοχίας) σε υφιστάμενες κατασκευές από ΟΣ, για την επισκευή των οποίων η εφαρμογή των ΙΝΟΠ, μετά τον σεισμό της Αθήνας το Σεπτέμβριο του 1999, υπήρξε εκτενής.

Η έμφαση του Ερευνητικού Προγράμματος δόθηκε σε θέματα τα οποία ακόμη δεν έχουν εντελώς γίνει πλήρως κατανοητά όσον αφορά την χρήση των ΙΝΟΠ αλλά και τη μέθοδο σχεδιασμού τους, όπως περιγράφεται παρακάτω, ειδικότερα δε:

1. Η επιρροή της διάτμησης
2. Τα φαινόμενα συγκέντρωσης ανελαστικών απαιτήσεων λόγω διαξονικότητας.
3. Η επιρροή της ανακύκλισης
4. Η δυνατότητα υπερστατικών φορέων ΙΝΟΠ για ανακατανομή
5. Το προσομοίωμα παραλαβής φορτίων σε κάμψη και διάτμηση
6. Η παρεχόμενη πλαστιμότητα των ΙΝΟΠ σε σύγκριση με αντίστοιχους φορείς σχεδιασμένους βάσει των σύγχρονων απαιτήσεων σεισμικής συμπεριφοράς.
7. Η αποτίμηση δεικτών αστοχίας για το σχεδιασμό βάσει προδιαγεγραμμένης συμπεριφοράς.

1.3 Μεθοδολογία του Ερευνητικού Προγράμματος

Η μεθοδολογία του προτάθηκε και κατόπιν ακολουθήθηκε στο Πρόγραμμα περιελάμβανε δύο μέρη:

Μέρος 1^ο

Μελέτη και κατασκευή δομικών στοιχείων υποστυλωμάτων από ΟΣ υπό φυσική κλίμακα, τα οποία προσομοιάζουν φορείς που προέρχονται από μία τυπική υφιστάμενη κατασκευή που είχε μελετηθεί και οπλιστεί σύμφωνα με τους παλαιότερους Ελληνικούς Κανονισμούς Σχεδιασμού του '59 (ΥΔΕ, 1954, 1959). Κατασκευάστηκαν επτά υποστυλώματα παρόμοια με γωνιακό υποστυλώμα ισογείου μιας τυπικής υφιστάμενης πενταόροφης κατασκευής του '60 (θεωρώντας δύο διαφορετικά ύψη ισογείου), που τοποθετείται στη σεισμική ζώνη Ι της Αθήνας και σχεδιάστηκε με σεισμικό συντελεστή 4% του βάρους βάσει επιτρεπομένων τάσεων. Τα υποστυλώματα είναι τετράγωνα διατομής 30cm , και ελέγχονται σε φυσική κλίμακα σε κατακόρυφη διάταξη, σαν αμφιέριστοι φορείς, με σταθερό αξονικό φορτίο, σε ανακυκλιζόμενη καταπόνηση κατά τη διεύθυνση της διαγωνίου.

Τα επτά στοιχεία περιελάμβαναν πέντε με το προβλεπόμενο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού, ενώ, για λόγους σύγκρισης, άλλα δύο οπλίσθηκαν εγκαρσίως σύμφωνα με τις ισχύουσες σήμερα διατάξεις του ΕΑΚ (ΟΑΣΠ, 2000). Όλα τα παραπάνω στοιχεία ελέγχθηκαν πειραματικά σε αρχική ανακυκλιζόμενη καταπόνηση αύξουσας έντασης ως την αστοχία (Α φάση). Μετά από επισκευή όλων των δοκιμίων και επί πλέον ενίσχυση τεσσάρων από αυτά, ο πειραματικός επανέλεγχος επαναλήφθηκε σε παρόμοια καταπόνηση (Β φάση), μέχρι την τελική αστοχία. Τα αποτελέσματα αυτής της σειράς των πειραμάτων περιγράφονται στον Πρώτο Τόμο της παρούσης.

Η επισκευή των υποστυλωμάτων μεταξύ της Α φάσης και της Β φάσης γίνεται με συμβατικές μεθόδους και επισκευαστικά υλικά της τρέχουσας πρακτικής, ενώ η ενίσχυση και/ή αποκατάστασή τους γίνεται, για μεν την εγκάρσια διατμητική καταπόνηση, με ΙΝΟΠ ινών υάλου, λόγω ευκολίας περιτύλιξής τους στα δοκίμια, για δε τη διαμήκη κάμψη με ΙΝΟΠ υφάσματος

εμποτισμένων ινών γραφίτη. Σε κάθε περίπτωση, γίνεται και σύγκριση με δοκίμια ελέγχου τα οποία έχουν οπλιστεί σύμφωνα με τις σήμερα ισχύουσες διατάξεις των ΕΑΚ και ΕΚΟΣ (ΟΑΣΠ α,β, 2000) για δοκούς και υποστυλώματα.

Μέρος 2^ο

Μελέτη και κατασκευή οκτώ δομικών στοιχείων δοκών από ΟΣ υπό φυσική κλίμακα, οι οποίες επίσης προσομοιάζουν οπλισμικές διατάξεις δοκών που προέρχονται από την παραπάνω κατασκευή. Επελέγησαν αντιπροσωπευτικές δοκοί ορθογωνικής διατομής που περιλαμβάνουν έξη με χαμηλό ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού και δύο οπλισμένες σύμφωνα με τις ισχύουσες σήμερα διατάξεις (ΕΑΚ, 2000) σαν δοκίμια σύγκρισης. Όλες οι δοκοί είναι παραλληλόγραμμης διατομής 20/40 cm². Οι έξη δοκοί χαμηλού ποσοστού εγκάρσιου οπλισμού ενισχύονται εξ αρχής ανά ζεύγη με τρεις εναλλακτικές μεθόδους ενίσχυσης σε κάμψη και διάτμηση, χρησιμοποιώντας σύνθετα ΙΝΟΠ και ακολούθως ελέγχονται πειραματικά ως την αστοχία, σε μονότονη ή ανακυκλιζόμενη επιβίωση. Τα αποτελέσματα αυτής της σειράς των πειραμάτων περιγράφονται στο Δεύτερο Τόμο της παρούσης.

Όλες οι δοκοί είναι συνεχείς δοκοί δύο ανοιγμάτων, και ελέγχονται ανά ζεύγη παρόμοιων δοκιμών είτε σε μονοτονικώς αύξουσα είτε σε ανακυκλιζόμενη συμπεριφορά αύξουσας παραμόρφωσης εγκαρσίως, στο κέντρο του πρώτου ανοίγματος.

Πρόσθετες εργασίες

Σημειώνεται ότι πέραν από την συμβατική υποχρέωση της πρότασης, κατασκευάστηκαν και έξη υποστυλώματα φυσικών διαστάσεων, για να ελεγχθούν και αυτά, μετά το πέρας των συμβατικών πειραματικών εργασιών του παρόντος, ώστε να διευρυνθεί το πεδίο εφαρμογής των αποτελεσμάτων σε μια ευρύτερη ομάδα δομικών στοιχείων. Τα υποστυλώματα αυτά είναι παραλληλόγραμμης διατομής διαστάσεων 25/50 cm², επελέγησαν δε γιατί αντιπροσωπεύουν στοιχεία που επίσης απαντώνται συχνά στην πράξη και

στα οποία η επιρροή της επέμβασης με υφάσματα ΙΝΟΠ, κρίνοντας και από αντίστοιχες παρατηρήσεις με συμβατική περίσφιγξη, είναι ανεπαρκής.

Επί πλέον, αν και η αρχική πρόταση είχε έμφαση στην πειραματική διερεύνηση κυρίως, το αντικείμενο διευρύνθηκε σημαντικά και προς το υπολογιστικό πεδίο, με εκτεταμένη αριθμητική διερεύνηση της αξιοπιστίας αριθμητικών προβλέψεων της πειραματικής συμπεριφοράς με ανελαστικά προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων ευρύτερης χρήσης, καθώς και πλέον εξειδικευμένων, ερευνητικού χαρακτήρα.

