

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ

ΜΙΣΙΚΟΓΛΟΥ ΣΑΒΒΑΣ

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση των μεθόδων επισκευής – ενίσχυσης υποστυλωμάτων με περίσφιγξη. Αρχικά, θα παρουσιαστεί η επίδραση της περίσφιγξης στη συμπεριφορά των υποστυλωμάτων. Ακολούθως θα γίνει αναφορά στις υπάρχουσες μεθόδους, σύγκριση των μεθόδων μεταξύ τους ως προς την αποτελεσματικότητα αλλά και το κόστος ενώ, τέλος, θα δοθούν, όπου αυτό είναι δυνατό, σχέσεις για τον υπολογισμό των υποστυλωμάτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός ότι πολλές υφιστάμενες κατασκευές χρήζουν επισκευής και ενίσχυσης είτε εξαιτίας σφαλμάτων σχεδιασμού, είτε κακής ποιότητας υλικών και δόμησης ή και λόγω υποτίμησης ατυχηματικών δράσεων στη φάση σχεδιασμού.(Μ.Φράγκου , Κ.Πηλακούτας, Σ.Δρίτσος, 1994). Η παρούσα εργασία περιορίζεται στην επισκευή – ενίσχυση υποστυλωμάτων με περίσφιγξη. Οι νέοι κανονισμοί, τόσο αυτός του οπλισμένου σκυροδέματος όσο και ο νέος αντισεισμικός κανονισμός βασίζονται στην ευνοϊκή (πλάστιμη) συμπεριφορά του οπλισμένου σκυροδέματος όταν αυτό τελεί υπό περίσφιγξη. Η περίσφιγξη στις νέες κατασκευές επιτυγχάνεται μέσω ειδικών διατάξεων για την όπλιση με χρήση εγκάρσιων κλειστών συνδετήρων. Υπάρχει όμως ένας πολύ μεγάλος αριθμός κατασκευών οι οποίες μελετήθηκαν με τους παλαιότερους κανονισμούς στους οποίους δε δινόταν έμφαση στην πλάστιμη συμπεριφορά αλλά στην εξασφάλιση της αντοχής. Επίσης ο οπλισμός περίσφιγξης είναι ο πλέον ευαίσθητος στη διάβρωση λόγω μικρής διατομής αλλά και επειδή βρίσκεται σε μικρότερη απόσταση από την επιφάνεια προσβολής.(Σ.Πανταζοπούλου,2000). Σε υψηλά επίπεδα πλαστιμότητας η αντοχή και η πλαστιμότητα των φορέων εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από την αποτελεσματικότητα της περίσφιγξης. Η εξασφάλιση της περίσφιγξης είναι ιδιαίτερης σημασίας για την επίτευξη πλάστιμης συμπεριφοράς κάτι που αποτελεί επιδίωξη των σύγχρονων κανονισμών μεταξύ των οποίων και ο Ευρωκώδικας 8(Μ.Φράγκου,Κ.Πηλακούτας). Για την επίτευξη της απαιτούμενης πλαστιμότητας σε υφιστάμενες κατασκευές οι οποίες δεν έχουν σχεδιασθεί με τους νέους κανονισμούς έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που στοχεύουν στην εκ των υστέρων επιβολή της απαιτούμενης περίσφιγξης που θα δώσει πλάστιμη συμπεριφορά στα ενισχυμένα μέλη. Εκτός από την αύξηση της πλαστιμότητας η επιβολή της περίσφιγξης αυξάνει και τη διατμητική αντοχή. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στηρίζονται στην επιβολή της περίσφιγξης είτε μέσω ολόσωμων μανδύων είτε μέσω λωρίδων σε συγκεκριμένες θέσεις των μελών οι οποίες χρειάζονται ενίσχυση. Οι λωρίδες είναι δυνατό να εφαρμοστούν και σπειροειδώς ή εναλλακτικά η περίσφιγξη μπορεί να γίνει με σπειροειδές σύρμα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι είτε μεταλλικά στοιχεία όπως μανδύες ή κολάρα είτε ινοπλισμένα πολυμερή. Τα ινοπλισμένα πολυμερή περιέχουν ίνες άνθρακα ή ίνες γυαλιού ή ίνες αραμιίδης. Τα φύλλα ή οι λωρίδες επικολλώνται πάνω στην επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος με τη χρήση εποξειδικών ρητινών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν μεταλλικά στοιχεία για την περίσφιγξη συνδυάζουν πολύ καλά αποτελέσματα και είναι οικονομικές. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ΙΟΠ (FRP) χαρακτηρίζονται από εξαιρετική ευκολία, ευελιξία και ταχύτητα εφαρμογής με αποτέλεσμα να γίνεται ανταγωνιστική με συμβατικές τεχνικές επέμβασης παρά το υψηλό κόστος των υλικών(Θ.Τριανταφύλλου,1999). Οι παραπάνω μέθοδοι κερδίζουν συνεχώς έδαφος και προτιμώνται ολοένα και περισσότερο καθώς εκτός από την αποτελεσματικότητα προσφέρουν και ταχύτητα κάτι που σε

περιπτώσεις που ο χρόνος είναι σημαντικός όπως στις πρώτες ώρες μετά από έναν καταστροφικό σεισμό αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

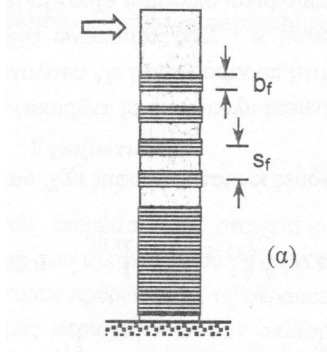
ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ (FRP)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ενίσχυση με χρήση ινοπλισμένων πολυμερών είναι μία πολύ αποτελεσματική μέθοδος ενίσχυσης που παράλληλα συνδυάζει ευκολία και ταχύτητα στην εφαρμογή της με αποτέλεσμα να προτιμάται ολοένα και περισσότερο ως μέθοδος. Η μέθοδος βασίζεται στη χρήση των ινοπλισμένων πολυμερών σε μορφή λωρίδων ή «υφασμάτων». Αποτελούνται από συνεχείς ίνες σε συνδυασμό με εποξειδική ρητίνη και σαν κύρια μηχανικά χαρακτηριστικά έχουν την πολύ μεγάλη εφελκυστική αντοχή μέχρι 7000 Μπα και μέτρο ελαστικότητας παρόμοιο με του χάλυβα. Το βάρος τους είναι μόλις το ¼ του βάρους του χάλυβα ενώ τέλος, δε διαβρώνονται (Θ.Τριανταφύλλου, 1999). Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι η τεχνική αυτή δεν αλλάζει ουσιαστικά τη γεωμετρία του στοιχείου (Σ.Πανταζοπούλου, 2000). Η αντοχή των ινοπλισμένων πολυμερών στη διάβρωση είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος καθώς αρκετές βλάβες σε υποστυλώματα οφείλονται στη δράση της που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διατομής των οπλισμών και ειδικά των συνδετήρων με συνέπεια τόσο τη μείωση της αντοχής των υποστυλωμάτων αλλά και την απώλεια της περίσφιγξης η σημασία της οποίας είναι καθοριστική για την πλαστιμότητα. Σε πειράματα που έγιναν εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα των μανδύων από ινοπλισμένα πολυμερή ως μέσο ενίσχυσης σε διαβρωμένα στοιχεία με την παρατήρηση ότι μιας και η διάβρωση είναι διογκωτική διαδικασία μπορεί να ενεργοποιήσει το μανδύα ως μέσο περίσφιγξης ενώ παράλληλα η χημική αδράνεια του μανδύα λειτουργεί ανασταλτικά στη συνέχιση του φαινομένου της διάβρωσης. Στα πειράματα αυτά δείκτες συμπεριφοράς ήταν οι συνήθεις δείκτες της αντοχής και της πλαστιμότητας αλλά και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου ως προς τον περιορισμό της διάβρωσης. Η προτεινόμενη σχέση για την δύναμη περίσφιγξης είναι : $\sigma_{lat} = 2t_{FRP}E_{FRP}\epsilon_{lat} n/D = nK\epsilon_{lat}$ όπου E_{FRP} η αξονική δυσκαμψία του υλικού του μανδύα, t_{FRP} το τυπικό πάχος της στρώσης ινοϋφάσματος, n ο αριθμός των στρώσεων FRP, D η διάμετρος του στοιχείου και K η δυσκαμψία του συστήματος περίσφιγξης. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ήταν ότι σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους επισκευής, η μέθοδος με τα FRP έδειξαν βελτιωμένη συμπεριφορά σε ως προς όλους τους δείκτες μηχανικής συμπεριφοράς. Η χρήση διογκούμενων κονιαμάτων για προένταση του μανδύα είχε μάλλον αρνητικά αποτελέσματα καθώς μείωσε την ικανότητα του μανδύα να παραμορφώνεται. Καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν όταν χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερος δείκτης δυσκαμψίας του FRP (αυξάνει με τον αριθμό των στρώσεων) και με τη χρήση FRP με μεγαλύτερη ικανότητα παραμόρφωσης (Σ.Πανταζοπούλου, 2000). Η ενίσχυση υποστυλωμάτων σε τέμνουσα επιτυγχάνεται με επικόλληση λωρίδων ή υφασμάτων FRP στις κρίσιμες σε διάτμηση περιοχές με τη θεώρηση ότι η συνεισφορά των υλικών στην ανάληψη της τέμνουσας εξασφαλίζεται με τη μεταφορά ορθών τάσεων στη διεύθυνση των ινών. Για τη διαστασιολόγηση θεωρείτε ότι οι λωρίδες ή τα υφάσματα FRP δρουν όπως και οι συνδετήρες με τη διαφορά ότι η δύναμη που παραλαμβάνουν δε μπορεί να υπολογισθεί με βάση την τάση διαρροής αλλά με βάση μία «ενεργή» τάση που προκύπτει από τη μέγιστη παραμόρφωση που μπορεί να αναπτυχθεί στα FRP κατά τη διατμητική αστοχία του υποστυλώματος. Η παραμόρφωση αυτή είναι σημαντικά μικρότερη από την παραμόρφωση θραύσης καθώς τα FRP αποκολλώνται από την επιφάνεια του σκυροδέματος πριν αστοχήσουν σε εφελκυσμό. Η πρόσθετη τέμνουσα σχεδιασμού V_{fd} που παραλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς μπορεί να υπολογισθεί ως εξής : $V_{fd} = 0.9(\alpha\epsilon_{f,e}/\gamma_f)E_f\rho_f b_w d(1 + \cot\beta)\sin\beta$ όπου $\alpha = 0.8$, $\gamma_f = 1.2$, E_f = μέτρο ελαστικότητας σύνθετων υλικών στη διεύθυνση των ινών, b_w = πλάτος διατομής, d = στατικό ύψος, β = γωνία μεταξύ

διεύθυνσης των ινών και άξονα του υποστύλωματος, ρ_f = γεωμετρικό ποσοστό εξωτερικών οπλισμών και $\epsilon_{f,e}$ = ενεργή παραμόρφωση σύνθετων υλικών. Το ρ_f ορίζεται ως $\rho_f = 2t_f/b_w$ ή $\rho_f = (2t_f/b_w)(b_f/s_f)$ ανάλογα με το αν οι εξωτερικοί οπλισμοί έχουν μεγάλο πάχος ή αν είναι σε μορφή λωρίδων πλάτους b_f σε απόσταση s_f . Το t_f είναι το πάχος του μανδύα. Η ενεργή παραμόρφωση υπολογίζεται ως εξής :

- Για λωρίδες ή μανδύες κλειστής μορφής : $\epsilon_{f,e} = \min[0,17 \epsilon_{f,u}(f_c^{2/3}/E_f\rho_f)^{0,30}, 0,006]$ όπου $\epsilon_{f,u}$ = παραμόρφωση θραύσης σύνθετων υλικών.

Στην περίπτωση κυκλικών υποστύλωματων διαμέτρου διατομής D με κλειστούς μανδύες, η συμμετοχή των εξωτερικών οπλισμών στην ανάληψη τέμνουσας καθορίζεται από την εφελκυστική αντοχή τους όμως παράλληλα περιορίζεται σε μια μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί σε μια μέγιστη δόγκωση του σκυροδέματος έτσι ώστε να είναι δυνατή η ενεργοποίηση του μηχανισμού αλληλεμπλοκής των αδρανών στις λοξές ρωγμές. Η μέγιστη τέμνουσα που παραλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς είναι : $V_{fd} = \epsilon_{\max}\pi/2DE_f t_f \cot\theta$ όπου θ η γωνία μεταξύ των λοξών ρωγμών και του άξονα του μέλους και $\epsilon_{\max} = 0,004(\Theta, \text{Τριανταφύλλου}, 1999)$. Τέλος, δίνεται μία από τις πλέον αξιόπιστες σχέσεις για τη συμπεριφορά του με σύνθετα υλικά περισφιγμένου σκυροδέματος : $\sigma_c = \{ (E_1 - E_2)\epsilon_c / \{ 1 + [(E_1 - E_2)\epsilon_c / f_0]^{1,5} \} + E_2\epsilon_c$ όπου $E_1 = 3950(c)^{1/2}$, $E_2 = 245,61 f_{co} + 1,344 t_f / D E_f$, $f_0 = 0,872f_{co} + 0,371 f_r + 6,258$, $f_{cc} = f_{co} + 6f_r^{0,7}$, $\epsilon_{c,u} = (f_{cc} - f_0) / E_2$. Όλες οι παραπάνω σχέσεις δίνουν αποτελέσματα σε ΜΡα. Επίσης f_{co} είναι η αντοχή του μη εγκιβωτισμένου σκυροδέματος και f_r η μέγιστη τιμή της τάσης εγκιβωτισμού στο σκυρόδεμα που ισούται με : $f_r = 2t_f / D E_f \epsilon_{f,u,e}$ όπου $\epsilon_{f,u,e}$ η οριακή παραμόρφωση του μανδύα στην εφαπτομενική διεύθυνση, δηλαδή παράλληλα στις ίνες. Για σύνθετα υλικά με ίνες άνθρακα η τιμή του $\epsilon_{f,u,e}$ είναι της τάξης του 0,01. Η καμπύλη τάσης παραμόρφωσης που προκύπτει για το περισφιγμένο σκυρόδεμα με χρήση της προαναφερθείσας σχέσης δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα(Θ.Τριανταφύλλου,2000).



Εικόνα 1 : Τοποθέτηση λωρίδων σε υποστύλωμα

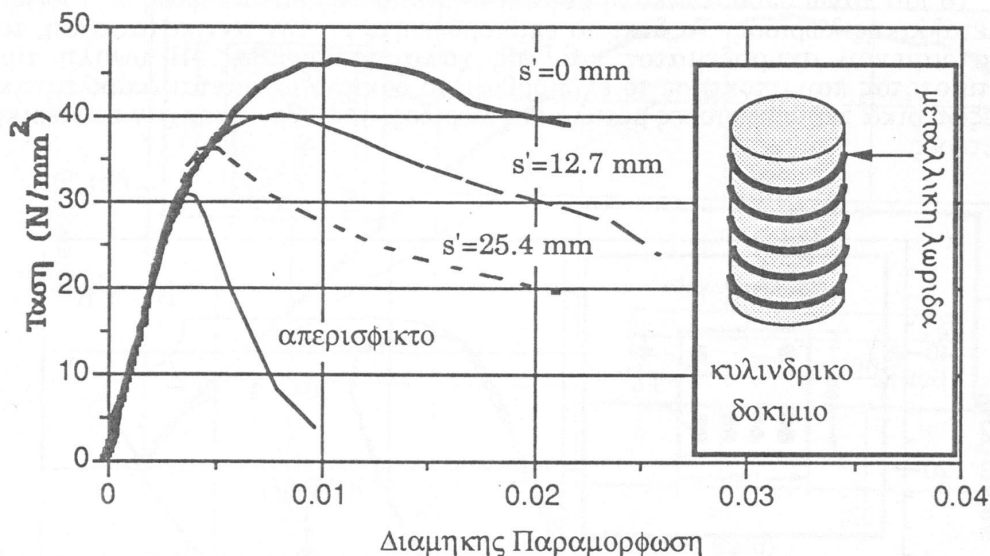


Εικόνα 2 : Εφαρμογή FRP

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία μπορεί να γίνει είτε με ολόσωμους μεταλλικούς μανδύες είτε με προένταση μεταλλικών λωρίδων γύρω από αδύναμα σημεία του φορέα με στόχο την αύξηση της αντοχής αλλά και της πλαστιμότητας του τελευταίου. Η τεχνική των λωρίδων εκτός από την προένταση των λωρίδων γύρω από το φορέα η οποία επιτυγχάνεται με μηχανή περισφιγξης περιλαμβάνει και στήριξη των λωρίδων σε μεταλλικούς συνδετήρες. Οι μεταλλικές λωρίδες είναι διαθέσιμες σε μεγάλη ποικιλία αντοχών, πλάτους και πάχους αλλά καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή του μέγιστου πάχους και πλάτους είναι η ευκολία λυγισμού γύρω από τις γωνίες. Για το λόγο αυτό το πάχος και το πλάτος περιορίζονται σε μέγιστες τιμές του 1 και 30mm αντίστοιχα. Ο πιο ακριβής τρόπος για την επιβολή της

έντασης στη λωρίδα είναι με μηχανή περισφιγξης που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα. Η καινοτομία της τεχνικής είναι αφενός η ενεργή εξάσκηση πλευρικής πίεσης στο φορέα πριν αυτός ενταθεί με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται τόσο η εκμετάλλευση της πλήρους αντοχής της λωρίδας και αφετέρου αποφεύγεται η πρόωγη αστοχία του σκυροδέματος λόγω ανεπαρκούς περισφιγξης όταν οι λωρίδες είναι χαλαρά τοποθετημένες (Μ.Φράγκου,Κ.Πηλακούτας,Σ.Δρίτσος,1994). Στην προαναφερθείσα εργασία διεξήχθησαν πειράματα τα οποία περιλάμβαναν κυλινδρικά και πρισματικά δοκίμια που εξετάστηκαν σε αξονική θλίψη. Τα πρισματικά δοκίμια είχαν ύψος 200mm και διατομή 100x100mm ενώ τα κυλινδρικά ύψος 200mm και διάμετρο 100mm. Τα δοκίμια περισφίχθηκαν εξωτερικά με λωρίδες πλάτους 12.7mm και πάχους 0.5mm. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται οι καμπύλες τάσεων - παραμορφώσεων για τρία περισφιγμένα κυλινδρικά δοκίμια και ένα απερίσφικτο. Η καθαρή απόσταση μεταξύ των λωρίδων είναι 0, 12.7 και 25.4mm για κάθε ένα δοκίμιο αντίστοιχα. Φαίνεται καθαρά ότι όσο μικραίνει η καθαρή απόσταση μεταξύ των λωρίδων τόσο μεγαλώνει η αντοχή και η παραμόρφωση που αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο. Αποτέλεσμα της αύξησης της παραμόρφωσης θραύσης αλλά και της παραμόρφωσης που αντιστοιχεί στ μέγιστο φορτίο είναι η αύξηση της καμπυλότητας της διατομής και επομένως η αύξηση της πλαστιμότητας.



Διαγραμμα 1. Καμπύλες τάσεων-παραμορφώσεων για περισφιγμένα και το απερίσφικτο κυλινδρικά δοκίμια

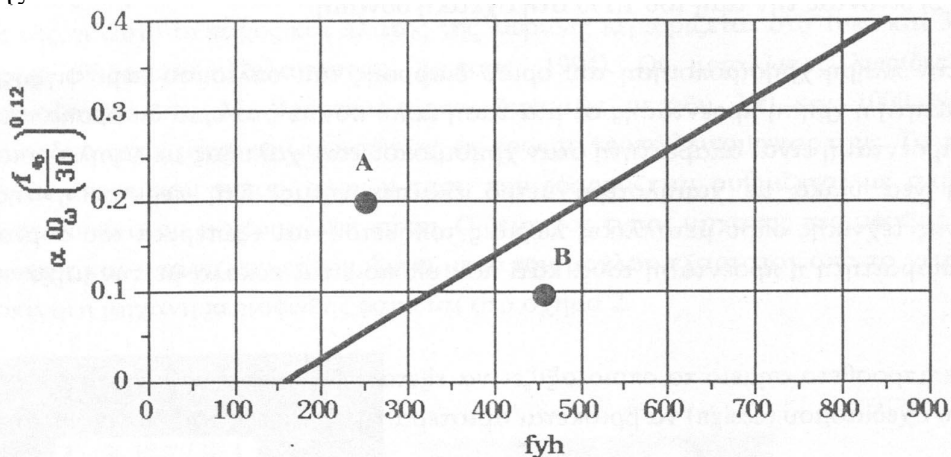
Ακολούθως έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του πειράματος με το ημιεμπειρικό αναλυτικό μοντέλο του Ευροκώδικα 8. Οι εξισώσεις που δίνουν την αύξηση της θλιπτικής αντοχής εξαιτίας της πλευρικής περισφιγξης είναι οι παρακάτω :

$$f_{cc} = f_{co}(1 + 2.5\alpha\omega_w), \quad \alpha\omega_w \leq 0.1$$

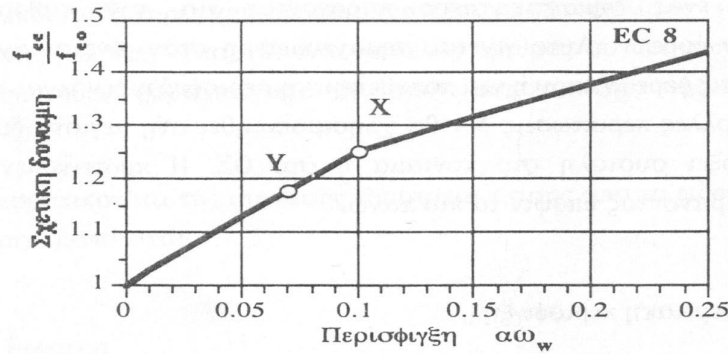
$$f_{cc} = f_{co}(1.125 + 1.25\alpha\omega_w), \quad \alpha\omega_w \geq 0.1$$

όπου f_{co} η αντοχή του απερίσφικτου σκυροδέματος, α ένας μειωτικός συντελεστής που εκφράζει την αποτελεσματικότητα της περισφιγξης σε κάτοψη και τομή και ω_w το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό συνδετήρων. Στο παρακάτω διάγραμμα γίνεται σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων και αυτών που προκύπτουν από την ανάλυση με χρήση των εξισώσεων του Ευροκώδικα 8 για κυλινδρικά δοκίμια που περισφίχθηκαν εξωτερικά με δύο είδη λωρίδων Bryten και Extraten. Η συμφωνία των αποτελεσμάτων είναι ολοφάνερη. Η αλλαγή της κλίσης της καμπύλης του Ευροκώδικα 8 συμφωνεί απόλυτα με τα πειραματικά

αποτελέσματα. (Μ.Φράγκου,Κ.Πηλακούτας,Σ.Δρίτσος,1994). Μια άλλη εργασία προτείνει μια σχέση για τον υπολογισμό της περιφερειακής επιμήκυνσης που προκύπτει από το μοντέλο beton που προτείνεται από τους Ahmad&Shah με την εξής τροποποίηση. Η τροποποίηση είναι η εισαγωγή του όρου $\alpha\omega_w$ που αντιπροσωπεύει την αποτελεσματική πλευρική περίσφιγξης με βάση τις εξισώσεις του Ευροκώδικα 8. Η σχέση αυτή είναι : $\epsilon_{ccr} = -7.92 \times 10^{-4} - 8.68 \times 10^{-3} \alpha\omega_w (f_{co}/30)^{0.12}$ όπου ϵ_{ccr} η περιφερειακή επιμήκυνση. Η τάση στον περιφερειακό οπλισμό πριν τη διαρροή είναι : $f_{yh} = \epsilon_{ccr} E_s$. Οι εξισώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό του διαγράμματος 1 θεωρώντας πλήρη συνάφεια μεταξύ του σκυροδέματος και του οπλισμού περίσφιγξης. Η γραμμή του διαγράμματος 1 δείχνει τη σχέση μεταξύ απαιτούμενης περίσφιγξης και του βαθμού εφελκυσμού του τελευταίου. Το όριο διαρροής του οπλισμού περίσφιγξης είναι άμεσα συνδεδεμένο με την τιμή του $\alpha\omega_w$ και εξαρτάται από τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες της διατομής. Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες περιλαμβάνουν την απόσταση και διανομή του περιφερειακού αλλά και του κύριου οπλισμού. Για μια ορισμένη τιμή εφελκυσμού του οπλισμού περίσφιγξης υπάρχει μια ελάχιστη τιμή απαιτούμενης περίσφιγξης. Αν η τιμή της περίσφιγξης σε μια διατομή είναι μικρότερη από την τιμή αυτή που απαιτείται για να διαρρεύσει ο οπλισμός περίσφιγξης, τότε ο οπλισμός δε θα χρησιμοποιηθεί στη μέγιστη δυνατή του τάση. Συνέπεια της χρησιμοποίησης της τιμής του ορίου διαρροής του οπλισμού περίσφιγξης στον υπολογισμό του μηχανικού ποσοστού ω_w αντί της χρησιμοποιούμενης δύναμης του οπλισμού είναι η υπερτίμηση της αντοχής και της πλαστιμότητας του φορέα. Στο διάγραμμα 2 χρησιμοποιείται το μοντέλο του Ευροκώδικα 8 για την πρόβλεψη της σχετικής δύναμης (f_{cc}/f_{co}) μιας διατομής λόγω τιμών απαιτούμενης περίσφιγξης. Το σημείο X στο διάγραμμα 2 δίνει αύξηση στην αντοχή του οπλισμένου σκυροδέματος κατά 25% λόγω μιας τιμής $\alpha\omega_w = 0.1$. Από το διάγραμμα 1 φαίνεται ότι για $\alpha\omega_w = 0.1$ η μέγιστη τάση του περιφερειακού οπλισμού παίρνει την τιμή 330 N/mm^2 . Αν χρησιμοποιηθεί χάλυβας με υψηλό όριο διαρροής (π.χ. 460 N/mm^2) η τιμή του f_{yh} θα είναι 30% χαμηλότερη από το όριο διαρροής.

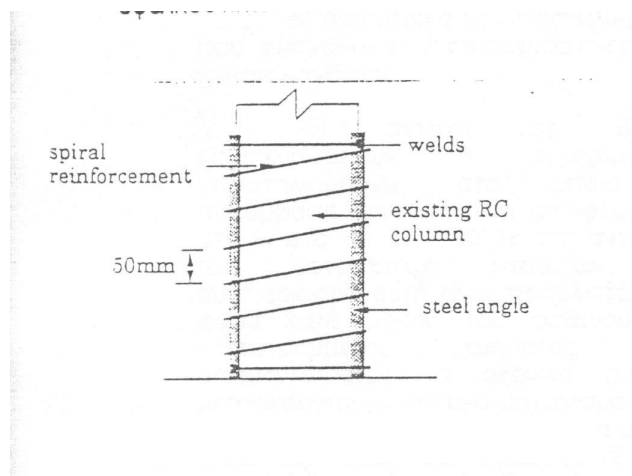


Διαγραμμα 1 Σχέση μεταξύ βαθμού περισφιγξης και τάσης οπλισμου περισφιγξης (Frangou and Pilakoutas 1994 (a))



Διαγραμμα 2 Αυξηση θλιπτικής αντοχής λόγω πλευρικής περισφιγξης βασει του EC 8

Για την πλήρη χρησιμοποίηση του ορίου διαρροής του οπλισμού περίσφιγξης είναι απαραίτητη η προένταση σε μια τάση πολύ κοντά στο όριο διαρροής. Η προένταση είναι απαραίτητη όταν χρησιμοποιείται χάλυβας με υψηλό όριο διαρροής. (Μ.Φράγκου, Κ.Πηλακούτας, 1996). Εναλλακτικά η περίσφιγξη μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση λεπτών χαλύβδινων φύλλων σε όλο το μήκος και την περίμετρο του υποστυλώματος. Η τεχνική βασίζεται στην τοποθέτηση γωνιακών ελασμάτων στις γωνίες του υποστυλώματος τα οποία συσφίγγονται γύρω από το σκυρόδεμα σε θερμοκρασία 200 – 400°C ούτως ώστε να δημιουργηθεί περίσφιγξη κατά τη συστολή που θα επέλθει όταν τα ελάσματα ψυχθούν. Ακολουθεί η συγκόλληση των φύλλων και προστίθεται μανδύας από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Τα κενά μεταξύ κλωβού και σκυροδέματος πληρώνονται με εποξειδική κόλλα ή μη συρρικνούμενο κονίαμα. Εναλλακτικά λεπτά χαλύβδινα φύλλα επικολλώνται στα ασθενή μέλη με τη χρήση εποξειδικής ρητίνης στη διεπιφάνεια μετάλλου – σκυροδέματος. Τα φύλλα τοποθετούνται και εν συνεχεία δένονται με τη συσφιγκτήρες για τουλάχιστον 24 ώρες διάστημα απαραίτητο για να δράσει η ρητίνη. Μια άλλη μέθοδος επιβολής της περισφιγξης είναι με σπειροειδές σύρμα που εφαρμόζεται περιμετρικά γύρω από το υποστυλώμα. Στρογγυλοί ράβδοι χάλυβα θερμαίνονται και σφυριλατώνται γύρω από το υποστυλώμα σε μορφή σπείρας. Ακολούθως είναι δυνατό να συγκολληθούν σε κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα που είναι τοποθετημένα στις γωνίες του μέλους.



Εικόνα 3: Περίσφιγξη με σπειροειδές σύρμα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα εκτεθέντα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι η επισκευή – ενίσχυση υποστυλωμάτων με περίσφιγξη είναι μία ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος καθώς δίνει πολύ καλά αποτελέσματα τόσο στην αύξηση της αντοχής των υποστηλωμάτων όσο και στην αύξηση της πλαστιμότητας τους. Η αύξηση της πλαστιμότητας είναι πολύ σημαντική καθώς όλοι οι νέοι κανονισμοί έχουν διατάξεις που επιδιώκουν την επίτευξη μιας τέτοιας συμπεριφοράς. Όλες οι μέθοδοι ενίσχυσης παρουσιάζουν μεγάλη ευκολία κατά την εφαρμογή και κατά συνέπεια μεγάλη ταχύτητα. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ινοπλισμένα πολυμερή έχουν το πλεονέκτημα της ταχύτητας, ευκολίας και ευελιξίας σε σχέση με τις άλλες και αντισταθμίζουν έτσι το μεγάλο κόστος υλικών. Οι μέθοδοι με μεταλλικά στοιχεία συνδυάζουν τα πολύ καλά αποτελέσματα με την οικονομία αλλά υστερούν στο θέμα της ταχύτητας (σε σχέση με τις μεθόδους επιβολής περίσφιγξης με ινοπλισμένα πολυμερή). Ακόμα τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν συμφωνία με τις αναλυτικές σχέσεις του Ευροκώδικα 8 κάτι που σημαίνει ότι μπορούν αυτές οι σχέσεις να χρησιμοποιηθούν για τη διαστασιολόγηση των επισκευαζόμενων στοιχείων όσον αφορά τον απαιτούμενο εξωτερικό οπλισμό περίσφιγξης. Για τους παραπάνω λόγους οι μέθοδοι ενίσχυσης με χρήση περίσφιγξης κρίνονται ιδιαίτερα συμφέρουσες κάτι, άλλωστε, που επιβεβαιώνεται και στην πράξη μιας και προτιμώνται όλο και περισσότερο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μ.Φράγκου, Κ.Πηλακούτας, Σ.Δρίτσος :Μια απλή τεχνική ενίσχυσης γραμμικών στοιχείων από Ο.Σ.- 11^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Κέρκυρα, 1994
- Μ.Φράγκου, Κ.Πηλακούτας : Ενίσχυση γραμμικών στοιχείων από Ο.Σ. με περιφερειακή περίσφιγξη – 12^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Λεμεσός, 1996
- Θανάσης Χ. Τριανταφύλλου : Νέα, τεχνική ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά : Διαδικασία ανάλυσης και διαστασιολόγησης –13^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος – Ρέθυμνο, 1999
- Σταυρούλα Πανταζοπούλου : Μανδύες από σύνθετα υλικά ως μέσο επισκευής στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα – Επιστημονική έκδοση περιοδικού «ΚΤΙΡΙΟ» - Α/2000
- Φουστέρη Μαριάννα : Βλάβες και προτάσεις επισκευής-ενίσχυσης σε υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα – Ενισχύσεις – Επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα : Παρουσιάσεις φοιτητικών εργασιών, Πάτρα