



Καμπτική ενίσχυση με επικοληητά φύλλα από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή

Η ανεπάρκεια του εφελκούμενου οπλισμού σε ένα υφιστάμενο δομικό στοιχείο από Οπλισμένο Σκυρόδεμα μπορεί να αντιμετωπιστεί με επικοληηση ελασμάτων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερών (ΙΟΠ), σε μορφή ελάσματος ή επιτόπου εμποτισμένου υφάσματος.

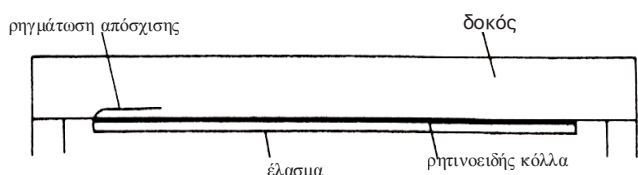
Η τεχνική εφαρμόζεται σε πλάκες και δοκούς. Η εφαρμογή της σε υποστυλώματα ή τοιχώματα είναι δυσχερής ή μάλλον αδύνατη. Τα ελάσματα ή τα υφάσματα επικοληούνται στο εφελκούμενο πέλημα με χρήση ρητίνης. Η τεχνική προδιαγραφή για την εφαρμογή της τεχνικής μπορεί να αναζητηθεί στην ιστοσελίδα του ΙΟΚ, ως ΠΕΤΕΠ 14-01-08 και 14-01-13-01 (ΙΟΚ, 2004).

Στην περίπτωση των χαλυβδίνων ελασμάτων χρησιμοποιούνται και βλήτρα σύνδεσης. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ινοπλισμένα πολυμερή επιτρέπεται η χρήση ειδικών αγκυρίων-βλήτρων, υπό την προϋπόθεση ότι η αποτελεσματικότητά των είναι επαρκώς τεκμηριωμένη στη βιβλιογραφία και βεβαιώνεται με αξιόπιστες πειραματικές δοκιμές.

Σημειώνεται ότι μέσω αυτής της τεχνικής, εκτός από την αύξηση της καμπτικής αντίστασης του στοιχείου, επιφέρεται σημαντική αύξηση της δυσκαμψίας και περιορισμός των παραμορφώσεων και της ρηγμάτωσης, καθώς και μείωση της πλαστικότητας.

Πάντως η εφαρμογή της τεχνικής, προϋποθέτει ότι το στοιχείο, χωρίς τον οπλισμό ενίσχυσης, μπορεί να φέρει ασφαλώς το συνδυασμό των οιοει-μονίμων φορτίων ($G+\psi 2Q$). Με αυτό τον τρόπο τηρείται ένα ελάχιστο προϋποθέσεων για να μην αστοχήσει το στοιχείο στην περίπτωση μιάς απρόβλεπτης έντονης δράσης (π.χ. πυρκαγιάς), που θα μπορούσε να καταστρέψει την ενίσχυση.

Η κυριότερη αδυναμία της τεχνικής βρίσκεται στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων των φύλλων. Η πρόωρη αστοχία των άκρων με απόσχιση στη γειτονική προς το έλασμα περιοχή σκυροδέματος (Σχ.1) και η ευαισθησία διάβρωσής τους στην περίπτωση χρήσης χάλυβα είναι τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου που οφείλονται στην υψηλή συγκέντρωση τάσεων στην περιοχή. Το θέμα έχει ερευνηθεί εκτενώς στο παρελθόν. Μια εκτενής ειδική βιβλιογραφία για το θέμα, μπορεί να αναζητηθεί αλλού (Δρίτσος, 2005).



Σχήμα 1: Εικόνα αστοχίας ακραίας περιοχής δοκού ενισχυμένης με επικοληητά φύλλα

Η χρήση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή αντί για χαλυβδίνα ελάσματα διαφοροποιεί την συμπεριφορά του ενισχυμένου στοιχείου, αφού ο νέος οπλισμός έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από τον ήδη υπάρχοντα με τον οποίο καλείται, από κοινού, να αναλάβει τις εφελκυστικές δυνάμεις. Σημειώνεται ότι πρόσφατα πειραματικά αποτελέσματα (Spradea et al, 2000) δείχνουν ότι η πλαστικότητα, των ενισχυμένων στοιχείων, σε όρους καμπυλιότητας και σε όρους ενέργειας, είναι σε

πολλές περιπτώσεις σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των αρχικών στοιχείων. Ως εκ τούτου η παραπάνω τεχνική δεν συνιστάται εν γένει για την ενίσχυση στοιχείων που συμμετέχουν στην ανάληψη σεισμικής έντασης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μετά από ειδική μελέτη που θα εξασφαλίσει ότι η πλαστικότητα του ενισχυμένου μέλους βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων σχεδιασμού.

Η διαδικασία ανάλυσης και διαστασιολόγησης δομικών στοιχείων ενισχυμένων με επικοληητά φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή βασίζεται στις αρχές για τη μελέτη στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω δύο βασικά σημεία (Νεοκλήους κ.α., 1999 - Τριανταφύλλου, 2003 - fib, 2001):

- Στην κατάσταση οριακής φέρουσας ικανότητας ο οπλισμός ενίσχυσης (σύνθετων υλικών) δεν "διαρρέει" όπως ο χάλυβας, αλλά παραμορφώνεται ελαστικά. Η παραμόρφωση αυτή εξαρτάται βασικά από την ικανότητα του σκυροδέματος (δηλαδή του υποστρώματος) να μεταφέρει μέσω διάτμησης τις εφελκυστικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα σύνθετα υλικά, και είναι, κατά κανόνα, μικρότερη από τη μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση (θραύσης) των σύνθετων υλικών.
- Ο "δεσμός" σύνθετων υλικών-σκυροδέματος μπορεί να αστοχήσει πρόωρα, δηλαδή πριν εξαντληθεί η καμπτική αντοχή του ενισχυμένου στοιχείου.

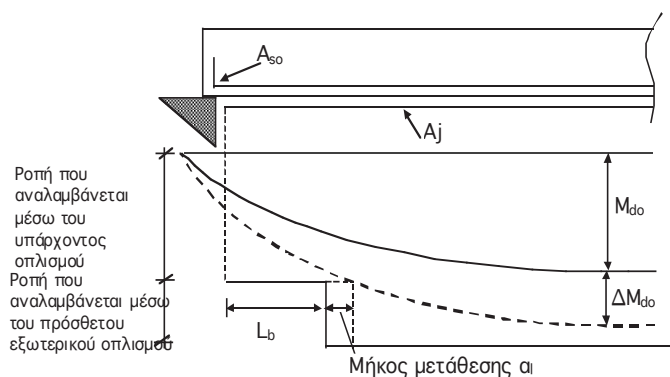
Η ποσότητα του προστιθέμενου υλικού ενισχύσεως συνιστάται να επιλέγεται έτσι ώστε στην οριακή κατάσταση αστοχίας, ο υφιστάμενος εφελκούμενος οπλισμός να αναπτύσσει παραμόρφωση τουλάχιστον ίση με την παραμόρφωση διαρροής τους, χωρίς αστοχία της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος. Έτσι, αποφεύγεται η τοποθέτηση υπερβολικά μεγάλης ποσότητας υλικού ενίσχυσης, η οποία θα οδηγούσε σε πρόωρη ψαθυρή αστοχία της θλιβόμενης ζώνης.

Στην βιβλιογραφία συνιστάται όπως το αδιάστατο ύψος της θλιβόμενης ζώνης $\xi = \chi/d$, στη τελική (σύνθετη διατομή), είναι μικρότερο από 0,40 (Swamy et al, 1987).

Επίσης προτείνονται πάνω όρια του βαθμού ενίσχυσης, λόγω έλλειψης επαρκών αποτελεσμάτων έρευνας για ισχυρές ενισχύσεις και επειδή από τα μέχρι σήμερα πειραματικά αποτελέσματα, προκύπτει ότι σε στοιχεία με ισχυρές ενισχύσεις, ο κίνδυνος πρόωρης αποκόλλησης των άκρων είναι ιδιαίτερα αυξημένος.

Ως βαθμός ενίσχυσης ενός στοιχείου θα μπορούσε να οριστεί ο λόγος της πρόσθετης αντοχής προς την αντοχή του αρχικού στοιχείου. Επομένως για ενίσχυση σε κάμψη μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ο λόγος $\Delta M_{d0}/M_{d0}$ (Σχ.2). Στη βιβλιογραφία τα πάνω όρια του βαθμού ενίσχυσης που έχουν προταθεί κυμαίνονται από 0,5 μέχρι 4 ενώ στην πράξη η μέθοδος έχει εφαρμοστεί μέχρι σήμερα με τιμές 1 για γέφυρες και μέχρι 1,5 για κτίρια. Έτσι θα ήταν λογικό να θεωρηθεί ένα προσωρινό όριο ίσο με 1.

Το μήκος του νέου οπλισμού πρέπει να καλύπτει όλο το τμήμα του εφελκούμενου πέληματος του στοιχείου, στο οποίο απαιτείται η ανάληψη πρόσθετης ροπής, συνεκτιμώντας και το απαιτούμενο μήκος μετάθεσης του Δ.Ρ.Κ. (a_s), και εκτείνεται πέραν από αυτό κατά τα μήκη αγκύρωσης l_b (Σχ.2).



Σχήμα 2: Διαγράμματα ροπών κάμψης. Ροπές σχεδιασμού και αναλαμβανόμενες ροπές

Ο νέος οπλισμός υπολογίζεται έτσι ώστε σε συνεργασία με τον υφιστάμενο παλιό οπλισμό να αναλαμβάνονται οι εφεδρικές δυνάμεις, που αντιστοιχούν στην συνολική καμπτική ένταση, στην περιοχή ενίσχυσης.

Προσεγγιστικά, για τον υπολογισμό της απαιτούμενης διατομής του οπλισμού ενίσχυσης (A_j), σε βαθμό προμελέτης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$A_j = \frac{\Delta M_{d0}}{z \sigma_{jd}}, \quad (1)$$

όπου:

ΔM_{d0} είναι η πρόσθετη ροπή που καλείται να αναλάβει η ενισχυμένη διατομή (επιπλέον της M_{d0} την οποία μπορεί να αναλάβει η αρχική), z είναι ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων (ο οποίος μπορεί να ληφθεί ίσος με $0.9 d_j$) και d_j το στατικό ύψος της διατομής, μετρούμενα από την στάθμη του εξωτερικού οπλισμού.

Σε κάθε περίπτωση η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσεως του νέου οπλισμού (σ_{jd}), εκτιμάται με βάση μια κρίσιμη τιμή της τάσης ($\sigma_{j,crit}$) ή της παραμορφώσεως ($\varepsilon_{j,crit}$) του υλικού ενίσχυσης, η οποία εξαρτάται από την μορφή αστοχίας.

Τρεις είναι οι κρίσιμες μορφές αστοχίας που πρέπει να ελεγχθούν:

Η 1η μορφή αστοχίας αφορά την περίπτωση που θα αστοχήσει το ίδιο το υλικό ενίσχυσης. Αν το υλικό ενίσχυσης είναι ινοπλισμένο πολυμερές ως αστοχία θεωρείται η θραύση του, ενώ αν είναι χάλυβας θεωρείται η διαρροή του.

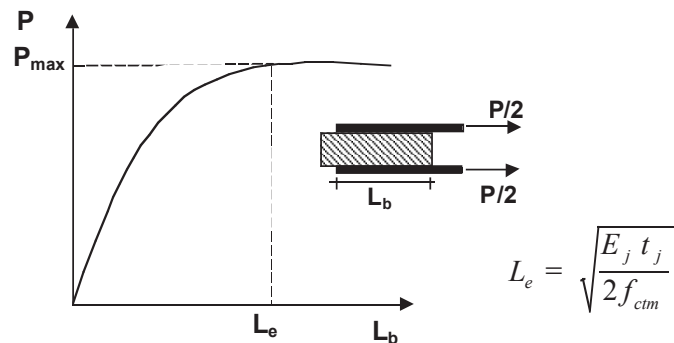
Επομένως στην περίπτωση αυτή θεωρείται $\sigma_{j,crit} = f_{yk}$ για χάλυβα ή $\sigma_{j,crit} = f_{yk}$ για ΙΟΠ.

Όπου f_{yk} και f_{jk} οι χαρακτηριστικές τιμές αντοχής των υλικών ενίσχυσης.

Η 2η μορφή αστοχίας αφορά την πρόωρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης λόγω ανεπάρκειας της σύνδεσης κατά μήκος του στοιχείου ή της αγκύρωσης των άκρων του.

Η δύναμη αποκόλλησης του υλικού ενίσχυσης από το υπόστρωμα (P), εξαρτάται από την μέγιστη διατμητική αντοχή της σύνδεσης ($\tau_b^{αποκ}$) στην διεπιφάνεια των δύο στοιχείων καθώς και από το εμβαδόν της επιφάνειας επικόλλησης (αγκύρωσης), που εξασφαλίζει την μεταφορά των δυνάμεων.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η μορφή του διαγράμματος $P-L_b$, όπου L_b είναι το διατιθέμενο μήκος συνάφειας (αγκύρωσης), όπως έχει προκύψει από μια σειρά πειραματικών δοκιμών (Teng et al, 2002).



Σχήμα 3 : Αναλαμβανόμενη δύναμη επικόλλησης φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης

Όπως γίνεται σαφές από το σχήμα, όταν το διατιθέμενο μήκος αγκύρωσης ξεπεράσει μία κρίσιμη τιμή L_e , η δύναμη αποκόλλησης παραμένει σταθερή. Ως εκ τούτου, το πρακτικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι όσο και αν αυξηθεί το μήκος επαφής του υλικού ενίσχυσης επί του υποστρώματος, η δύναμη αποκόλλησης δεν μπορεί να γίνει μεγαλύτερη από το μέγεθος (P_{max}) που αντιστοιχεί όταν $L_b = L_e$. Δηλαδή για μήκη συνάφειας $L_b > L_e$ το πλεονάζον τμήμα $L_b - L_e$ είναι ουσιαστικά αδρανές. Επομένως

$$P_{max} = k \tau_b^{αποκ} b_j L_e \quad (2)$$

όπου k συντελεστής επιρροής της ανομοιομορφίας κατανομής των διατμητικών τάσεων στην διεπιφάνεια υλικού ενίσχυσης και υποστρώματος

b_j το πλάτος του υλικού ενίσχυσης, και

$\tau_b^{αποκ} \cong f_{ctm}$, όπου:

f_{ctm} είναι η μέση τιμή της εφεδρικής αντοχής του σκυροδέματος.

Αν θεωρηθεί ότι η αποκόλληση πραγματοποιείται όταν η ολίσθηση του υλικού ενίσχυσης (στην τελευταία πριν την απόληξη του υλικού ενίσχυσης ρωγμή του υποστρώματος), υπερβεί το κρίσιμο μέγεθος δ_k , η μέγιστη τιμή της δύναμης αποκόλλησης P_{max} μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής (Τάσιος, 2004):

$$P_{max} = b_j t_j \sigma_{j,max} = b_j t_j E_j \varepsilon_{j,max} = b_j t_j E_j \frac{2\delta_k}{L_e} \quad (3)$$

όπου

$$L_e = \sqrt{\left(\frac{2\delta_k}{k}\right) \cdot \frac{E_j \cdot t_j}{f_{ctm}}} \quad (4)$$

Η μορφή της παραπάνω σχέσης είναι σε συμφωνία με τα περισσότερα αναλυτικά προσομοιώματα που έχουν προταθεί στην βιβλιογραφία (Teng et al, 2001) και βρίσκεται σε καλή σύγκλιση με τα διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα για τιμή $\delta_k / k \cong 0,25 \text{ mm}$.

Ως εκ τούτου μπορεί να θεωρηθεί

$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2f_{ctm}}} \quad (\text{MPa, mm}) \quad (5)$$

Για την διαστασιολόγηση, λαμβάνοντας υπ' όψη και τις υπόλοιπες παραμέτρους, που επηρεάζουν αυτήν την μορφή αστοχίας, η τιμή της $\sigma_{j,crit}$ προτείνεται στο σχέδιο 2 του ΚΑΝΕΠΕ μέσω της σχέσης (ΟΑΣΠ, 2005):

$$\sigma_{j,crit} = \beta \frac{f_{ctm}}{t_j} L_e = \beta \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2t_j}} \quad (6)$$

όπου:

t_j είναι το πάχος του υλικού ενίσχυσης. Στην περί-

πτωση που χρησιμοποιούνται k επάλληλες στρώσεις υλικού ενίσχυσης πάχους t_{jl} λαμβάνεται $t_j = \psi k t_{jl}$ όπου $\psi = k^{-1/4}$ είναι ο μειωτικός συντελεστής αποδοτικότητας ποηλών στρώσεων.

$$\beta = \beta_o \beta_w \beta_L$$

$$\beta_o \approx 0,40$$

$$\beta_w = \sqrt{\frac{2 - (b_j/b_w)}{1 + (b_j/b_w)}}$$

$$\beta_L = \sin\left(\frac{\pi\lambda}{2}\right) = \lambda(2 - \lambda)$$

$$\lambda = \frac{L_{av}}{L_e} \text{ και } L_{av}$$

είναι διορθωτικός συντελεστής είναι ο συντελεστής του προσομοιώματος προσαρμοσμένος στα διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα συντελεστής επιρροής πλάτους οπλισμού ενίσχυσης, όπου b_w το πλάτος του δομικού στοιχείου επί του οποίου επικολληθεί το υλικό ενίσχυσης συντελεστής επιρροής διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης, όπου: το διατιθέμενο μήκος αγκύρωσης του οπλισμού ενίσχυσης

Όταν $\lambda \geq 1,0$ λαμβάνεται $\beta_L = 1,0$

Για να αξιολογηθεί η τάξη μεγέθους της κρίσιμης τιμής της τάσης $\sigma_{j,crit}$ με την οποία ενεργοποιείται ο οπλισμός ενίσχυσης, ας θεωρηθεί η περίπτωση μιάς δοκού από σκυρόδεμα C16/20 που ενισχύεται στο εφεθκυτόμενο πέλημα με ένα έλασμα από χάλυβα ή ΙΟΠ-Άνθρακα, πάχους $t_j = 1\text{mm}$ και πλάτους $b_j = 1/2b_w$. Εξετάζοντας την 2η μορφή αστοχίας λαμβάνεται:

$$f_{ctm} \approx 0,3 f_{ck}^{2/3} = 0,316^{2/3} = 1,92 \text{ MPa} \text{ και} \quad (7)$$

$$\sigma_{j,crit} = 0,4 \sqrt{\frac{200 \cdot 1,92 \cdot 10^3}{2}} = 175 \text{ MPa} \quad (8)$$

Είναι, ως εκ τούτου, προφανής η αδυναμία ενεργοποίησης της πλήρους αντοχής του υλικού ενίσχυσης. Στην περίπτωση μάλιστα των ΙΟΠ, όπου η αντοχή του υλικού φτάνει τα 3000 MPa, είναι εντυπωσιακό ότι αξιοποιείται μόλις το 6% αυτής της αντοχής.

Από την παραπάνω παρατήρηση, βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι δυνατότητες της παραπάνω τεχνικής είναι περιορισμένες, αφού η προσφορά της περιορίζεται τόσο πολύ από δεδομένα που δεν μπορούν να τροποποιηθούν. Όμως παραμένει πάντοτε η δυνατότητα να εφαρμοστεί η παραπάνω τεχνική (όπως και κάθε άλλη τεχνική), αν τύχει να πλεονεκτήει, συγκρινόμενη με άλλες εναλλακτικές τεχνικές που θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν το ίδιο πρόβλημα. Εξάλλου, η κρίσιμη τιμή της τάσης ενεργοποίησης του υλικού $\sigma_{j,crit}$ θα μπορούσε να αυξηθεί σημαντικά αν χρησιμοποιηθούν ειδικά στοιχεία αγκύρωσης στις περιοχές απόληξης του υλικού ενίσχυσης (Σχ.4 και 5). Όμως, για την ποσοτικοποίηση της παραπάνω αύξησης, δεν διατίθενται μέχρι σήμερα αξιόπιστα προσομοιώματα, που θα μπορούσαν να ληφθούν υπ' όψη στον σχεδιασμό. Τελικά, για τον σχεδιασμό, ως κρίσιμη τιμή $\varepsilon_{j,crit}$ ή $\sigma_{j,crit}$ θεωρείται η μικρότερη τιμή που προκύπτει από την 1η και την 2η μορφή αστοχίας και η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσης του νέου οπλισμού λαμβάνεται από τις σχέσεις:

$$\sigma_{jd} = E_j \varepsilon_{jd} \quad (9)$$

$$\sigma_{jd} = \sigma_{j,crit} / \gamma_{Rd}, \quad \varepsilon_{jd} = \varepsilon_{j,crit} / \gamma_{Rd} \quad (10)$$

όπου $\gamma_{Rd} = 1,3$

Η 3η μορφή αστοχίας αφορά την πρόωρη διατμητική αστοχία σκυροδέματος, δηλ. την απόσχιση στην απόληξη του στοιχείου ενίσχυσης. Αυτή η μορφή αστοχίας είναι από τις πλέον συνήθεις περιπτώσεις και συμβαίνει με τη μορφή απόσχισης της επικάλυψης στην περιοχή απόληξης του οπλισμού ενίσχυσης. Στην βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί μέχρι σήμερα αρκετές προτάσεις προσομοιωμάτων για την ερμηνεία του φαινομένου, η διατύπωση των οποίων ξεφεύγει από τα όρια και τους στόχους του παρόντος. Προσεγγιστικά, πάντως, θα μπορούσε να

θεωρηθεί ότι ο έλεγχος επάρκειας έναντι αυτής της μορφής αστοχίας ικανοποιείται εφόσον ισχύει η σχέση:

$$V_{sd, απόληξης} \leq V_{cd} \text{ και } M_{sd, απόληξης} \leq 0,67 M_{Rd, απόληξης}$$

όπου:

$V_{sd, απόληξης}$ είναι η τέμνουσα σχεδιασμού του ενισχυμένου στοιχείου στην διατομή που απολήγει ο οπλισμός ενίσχυσης, και

V_{cd} η τέμνουσα σχεδιασμού που αναλαμβάνει στο σκυρόδεμα (βλ. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 2000 § 11.2.3.2)

Αν δεν ικανοποιείται ο παραπάνω έλεγχος, απαιτείται πρόσθετος εξωτερικός οπλισμός διάτμησης (Rostasy, 1997), που θα αναλάβει τέμνουσα

$$V_{sdj} = \frac{A_j \sigma_{jd}}{A_{so} f_{ydo} + A_j \sigma_{jd}} V_{sd, απόληξης} \quad (11)$$

όπου:

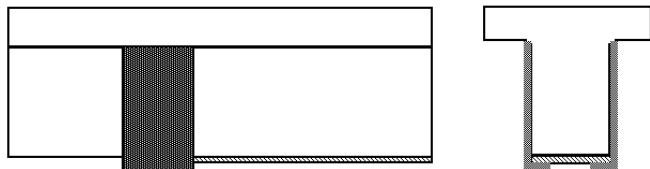
$A_{so} f_{ydo}$ είναι το εμβαδόν της διατομής και το όριο διαρροής του εφεθκυσμένου οπλισμού στο αρχικό στοιχείο

Κατασκευαστικές διατάξεις

Συνοψίζοντας τις κατασκευαστικές διατάξεις που έχουν διατυπωθεί μέχρι σήμερα στη βιβλιογραφία καθώς και τις συστάσεις του Σχεδίου 2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (ΟΑΣΠ, 2005) προτείνονται τα εξής:

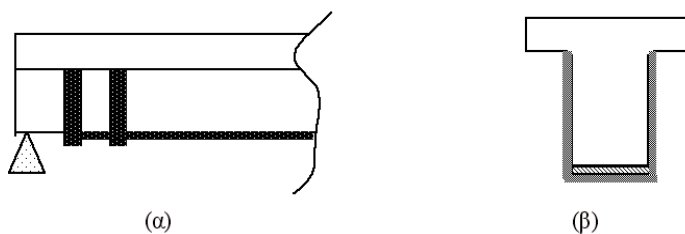
- Το πάχος των ελασμάτων ενίσχυσης να είναι μικρό για να αποφεύγεται η πρόωρη αστοχία στη διεπιφάνεια επικόλλησης του ελάσματος, ιδιαίτερα στην ακραία περιοχή αγκύρωσης του. Ειδικότερα προτείνεται να μην ξεπερνά τα 4 mm και επίσης να είναι μικρότερο από το 2% του πλάτους του ελάσματος (Swamy et al, 1987). Εξάλλου η χρήση ελασμάτων με μικρό πάχος επιτρέπει την καλύτερη σύνδεση με τη δοκό αφού έτσι το έλασμα μπορεί να παρακολουθήσει κάθε αλληλαγή της επιπεδότητας του πέληματος, χωρίς να εισάγονται πρόσθετες τοπικές τάσεις στο έλασμα. Αυτός είναι ο λόγος που πολλές φορές χρησιμοποιούνται ελάσματα σε περισσότερες στρώσεις, αντί για ελάσματα μεγάλου πάχους.
 - Το πλήθος των στρώσεων να μην ξεπερνά το 3 για ελάσματα και το 5 για εύκαμπτα υφάσματα, εκτός αν διατίθεται σχετική τεκμηρίωση που επιτρέπει τη χρήση περισσότερων στρώσεων.
 - Να αποφεύγονται οι ματίσεις του υλικού ενίσχυσης.
 - Η απόσταση του υλικού ενίσχυσης από τις ακμές της διατομής σκυροδέματος να μην υπερβαίνει το πάχος της επικάλυψης της πλησιέστερης προς την ακμή παράλληλης ράβδου του υφιστάμενου οπλισμού.
 - Στις περιπτώσεις χρήσης περισσότερων παράλληλων ρωρίδων (συνήθως στην περίπτωση πηλακών), η μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5πλάσιο του πάχους του στοιχείου και του $0,20 l_o$ όπου l_o είναι η απόσταση των σημείων μηδενισμού της ροπής κάμψης κατά μήκος του στοιχείου.
 - Η χρησιμοποιούμενη κόλλη σύνδεσης να έχει πλήρως συμπεριφορά. Έτσι επιτρέπεται καλύτερη κατανομή των τάσεων στην περιοχή αγκύρωσης.
 - Στην περίπτωση χρήσης χαλύβδινων ελασμάτων, να εξασφαλίζεται η πλήρης μεταφορά της δύναμης διαρροής του οπλισμού ενίσχυσης στο σκυρόδεμα μέσω βηλίων.
 - Η αγκύρωση του οπλισμού ενίσχυσης να γίνεται στη θλιβόμενη περιοχή του στοιχείου.
 - Στις περιπτώσεις ενίσχυσης στο μέσο ανοίγματος, το υλικό ενίσχυσης πρέπει να επεκτείνεται και να αγκυρώνεται κοντά στις στηρίξεις. Στην περίπτωση ενίσχυσης στην περιοχή της στήριξης δοκών ή πηλακών, το υλικό ενίσχυσης επεκτείνεται και αγκυρώνεται στις θλιβόμενες περιοχές σε μήκος της τάξεως του 1 m, εντός αυτών. Πάντως, η εφαρμογή της τεχνικής δεν συνίσταται σε στηρίξεις δοκών, όπου λόγω εναλλασσόμενου προσήμου της ροπής, η υπό μόνιμα φορτία εφεθκυτόμενη ζώνη, μπορεί να γίνει και θλιβόμενη.
 - Να επιδιώκεται η βελτίωση της αγκύρωσης στα άκρα των ελασμάτων/υφασμάτων με χρήση εγκάρσιων ρωρίδων ή γωνιακών ή άλλων αγκυριών ειδικού τύπου με τεκμηριωμένη αποτελεσματικότητα.
- Στην περίπτωση που σε δοκούς χρησιμοποιούνται χαλύβδινα ελάσματα

τα, συνιστάται ιδιαίτερα η χρήση χαλύβδινων γωνιακών αγκύρωσης που ηλεκτροσυγκολλούνται στα ελάσματα και επικολλώνται στις παρειές της δοκού (Σχ.4).



Σχήμα 4: Ειδικά επικολλητά γωνιακά αγκύρωσης όταν χρησιμοποιούνται χαλύβδινα ελάσματα

Στη περίπτωση που η ενίσχυση γίνεται με χρήση ΙΟΠ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηωρίδες ινοπλισμένων πολυμερών τα οποία, εν είδει εξωτερικών ανοικτών συνδετήρων μορφής αντεστραμμένου Π που τα άκρα τους φθάνουν μέχρι τη θλιβόμενη ζώνη της διατομής (Σχ.5), κατανέμουν τις τάσεις στην πλευρική επιφάνεια της δοκού. Η χρήση των παραπάνω στοιχείων για την εξασφάλιση των άκρων έναντι πρόωρης αποκόλλησης συνιστάται έντονα ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα του υπολογιστικού ελέγχου που αναφέρθηκε παραπάνω.



Σχήμα 5: Στοιχεία αγκύρωσης άκρων όταν χρησιμοποιούνται ΙΟΠ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΔΡΙΤΣΟΣ Σ., (2005) "Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα", Γ' Έκδοση, σελ. 352, Βιβλ. Παπασωτηρίου.
2. Ι.Ο.Κ. (2004) "Π.Ε.Τ.Π. (Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές) Ομάδα Εργασίας για Έργα Αποκατάστασης Ζημιών από Σεισμούς: Δρίτσος Σ., Θεοδωράκης Σ., Σπανός Χ., Τζανέτος Γ., www.iok.gr, Αθήνα.
3. ΝΕΟΚΛΕΟΥΣ Κ., ΠΗΛΑΚΟΥΤΑΣ Κ., ΔΡΙΤΣΟΣ Σ., ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ Θ., (1999) "Σχεδιασμός Οπλισμένου Σκυροδέματος με Ινοπλισμένα Πολυμερή", Πρακτικά 13ου Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Τόμ.2, 266-276, Ρέθυμνο.
4. ΟΑΣΠ, (2005) ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Κανονισμός Επεμβάσεων), Σχέδιο 2, Αθήνα, (Αδημοσίευτο κείμενο).
5. ΤΑΣΙΟΣ Θ., (2004) "Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων", Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Ε.Μ.Π.
6. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ Θ., (2004) "Ενισχύσεις Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος με Σύνθετα Υλικά", 2η Έκδοση, σελ. 120, βιβλ. Παπασωτηρίου.
7. Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., (2000) "Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος - ΕΚΩΣ 2000". Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Αθήνα.
8. FIB, (2001) "Externally Bonded FRP Reinforcement for R.C. Structures", fib Bul. No 14, Lausanne.
9. ROSTASY F. (1997), "Verstärken von Betontragwerken mit geklebter auBerer Bewehrung aus kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen", Ernst & Sohn Beton und Stahlbetonbau 92, Heft 5, 132-138.
10. SPADEA G., BENCARDINO F., SWAMY R.N., (2000) "Strengthening Through Bonded External Reinforcement Design for Extended Durable Service Life", Proc. of the 2nd International Symposium: Cement and Concrete Technology in the 2000s, Vol.2, 505-514, Istanbul.
11. SWAMY R., JONES R., BLOXHAM J., (1987) "Structural Behaviour of Reinforced Concrete Beams Strengthened by Epoxy-Bonded Steel Plates", The Structural Engineer, 65A(2), 59-68.
12. TENG J.G., CHEN J.F., SMITH S.T., LAM L., (2001) "FRP Strengthened R.C. Structures", John Wiley and Sons Inc.

ΟΔΟΣΗΜΑΝΣΗ

ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ



Διαφόρων μεγεθών - Προδιαγραφής Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε.

ΚΩΝΟΙ



ΦΑΝΟΙ



Πολλαπλών χρήσεων

ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΕΣ



Διαφόρων τύπων

ΕΡΓΟΤΑΞΙΑΚΗ ΣΗΜΑΝΣΗ



Ποικιλία υλικών

ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΗΘΑΙΑ



Πωλήσεις - Τοποθετήσεις

ΗΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ



Διαφανή και αλουμινίου

ΔΙΑΓΡΑΜΜΙΣΗ



Εκτέλεση διαγραμμίσεων Πωλήσεις χρωμάτων

ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ



Μεγάλη ποικιλία μεγεθών



Κ. ΧΡΟΝΗΣ Α.Β.Ε.Ε. βιομηχανία υλικών σηματοδότησης

570 22 ΒΙ.Π.Ε. Θεσσαλονίκης, Τηλ. 2310 797.802 FAX. 2310797.880

Ναυπλίου 21, τ.κ. 144 52, Μεταμόρφωση, τηλ.: 210.2846.904-5, Fax: 210.2846.906

www.odosimansi.gr, e-mail: odosimansi@tee.gr

Lysis

Μ Ο Ν Ω Σ Ε Ι Σ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΑΠΕΔΑ - ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

Κώστας Ζυγούνας
Πολ. Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Δ/ντης Έργων

Τηλ.: 210 67 73 227 - Κιν.: 69 37 11 97 15

e-mail : lysis@ath.forthnet.gr

http://www.lysis-monosis.gr