

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

- Κάθε επέμβαση σε υφιστάμενη κατασκευή, με ή χωρίς βλάβες, σκοπεί στην εξυπηρέτηση του στόχου ανασχεδιασμού , υλοποιείται δε με την προσθήκη νέων υλικών σε υφιστάμενα δομικά στοιχεία .Ο στόχος ανασχεδιασμού επιλέγεται με βάση τον επιθυμητό τρόπο συμπεριφοράς της κατασκευής (= στάθμη επιτελεστικότητας) για τον σεισμό σχεδιασμού που έχει επιλεγεί . Τρεις κύριες στάθμες επιτελεστικότητας μπορούν να διακριθούν
A = Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά τον σεισμό (που χαρακτηρίζεται από ασήμαντες βλάβες και διατήρηση όλων των προ του σεισμού λειτουργιών του κτιρίου) .
B = Προστασία ζωής και περιουσίας ενοίκων (που χαρακτηρίζεται από επισκεύασιμες βλάβες) .
Γ = Οιονεί κατάρρευση (που χαρακτηρίζεται από σοβαρές βλάβες στην πλειονότητα τους μη επισκεύασιμες) .
- Μέσω αυτής της προσθήκης θεωρείται ότι αποκαθίσταται οιονεί μονολιθική συνεργασία παλιών και νέων υλικών. Λόγω των μικρών σχετικών ολισθήσεων κατά μήκος των διεπιφανειών παλαιών - νέων υλικών , ο βαθμός μονολιθικότητας K ,(ως προς την αντίσταση κρίσιμων περιοχών ή την δυσκαμψία δομικών στοιχείων) , ενδέχεται να είναι μικρότερος της μονάδας .

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ K

- K = (Κρίσιμο μέγεθος συμπεριφοράς της πραγματικής σύνθετης διατομής) / (Αντίστοιχο κρίσιμο μέγεθος τις μονολιθικής)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

- Οι απαιτούμενες κάθε φορά συνδέσεις παλαιών - νέων υλικών οφείλουν να ελέγχονται ώστε στη διεπιφάνεια : $R_{jd} \geq S_{jd}$

όπου : R_{jd} = η αντίσταση της υπόψη σύνδεσης στη σχετική διεπιφάνεια . Η διατμητική αυτή αντίσταση αντιστοιχεί σε ένα μέγεθος μέγιστης ανεκτής σχετικής ολίσθησης στην υπόψη διεπιφάνεια . Τέτοιες αντιστάσεις νοούνται ως θλιπτικές, εφελκυστικές ή διατμητικές .

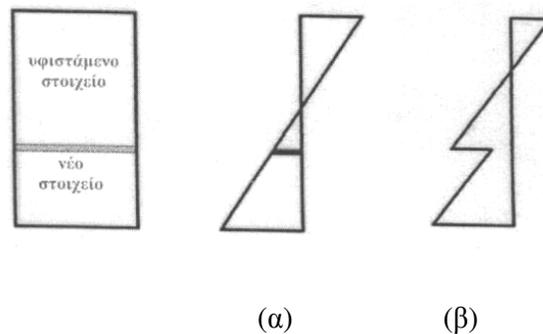
S_{jd} = αντίστοιχη δύναμη που δρα στην υπόψη διεπιφάνεια , όπως υπολογίζεται απ' τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού τα οποία ενεργούν στη περιοχή . Το εντατικό αυτό μέγεθος , μπορεί να είναι , θλιπτική , εφελκυστική ή διατμητική δύναμη .

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΜΕΛΟΥΣ

- Οι επιστρατευόμενες αντιστάσεις των επιμέρους τμημάτων του συνόλου των κρίσιμων περιοχών των στοιχείων που προκύπτουν μετά την επέμβαση , ελέγχονται με βάση τις απαιτήσεις των αρμοδίων για κάθε υλικό Κανονισμών , λαμβάνοντας υπόψη τις ολισθήσεις στις διεπιφάνειες .

Εξαιτίας της σχετικής ολίσθησης στην διεπιφάνεια της σύνθετης διατομής, η πραγματική κατανομή των παραμορφώσεων (βλ. Σχήμα 1) οδηγεί σε μικρότερη ενεργοποίηση εσωτερικών δυνάμεων που ενεργούν στο προστιθέμενο στοιχείο και, επομένως, σε μικρότερη αντίσταση του σύνθετου μέλους .

Στην περίπτωση που δεν διατίθενται αξιόπιστες μέθοδοι για την πρόβλεψη αυτής της σχετικής ολίσθησης επιτρέπεται να χρησιμοποιείται προσεγγιστική διαδικασία, δηλαδή να γίνεται η διαστασιολόγηση με την υπόθεση μονολιθικής συμπεριφοράς, υπό τον όρο ότι το εντατικό μέγεθος δράσης θα λαμβάνεται αυξημένο ως S_d/k , όπου k , ο αντίστοιχος συντελεστής μονολιθικότητας .



Σχήμα 1

Κατανομή παραμορφώσεων στη σύνθετη διατομή

(α) με μονολιθική συμπεριφορά, (β) με ολίσθηση στη διεπιφάνεια

- Οι αυξημένες αβεβαιότητες που σχετίζονται με τις αντιστάσεις κατά τη διαστασιολόγηση των στοιχείων μετά την επέμβαση, λαμβάνονται υπόψη μέσω ειδικών επιμέρους συντελεστών ασφαλείας που δίνονται στην συνέχεια ανάλογα με την περίπτωση της επέμβασης .
- Η αστοχία του ενισχυμένου στοιχείου πρέπει να προηγείται της αστοχίας των διεπιφανειών παλαιών-προς-νέα υλικά .

Προς τούτο , οι απαιτούμενοι συντελεστές υπεραντοχής μπορούν να περιλαμβάνονται μέσα στους συντελεστές αβεβαιότητας προσομοιωμάτων , αυξάνοντάς τους κατά ένα ποσοστό της τάξεως του 20% .

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Γενικά : Η αντίσταση μιας διεπιφάνειας μπορεί να είναι είτε αντίσταση σε θλίψη είτε αντίσταση σε εφελκυσμό είτε διατμητική αντίσταση.

Αντίσταση Διεπιφάνειας σε Θλίψη

Οι αντιστάσεις διεπιφάνειας σε θλίψη υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τη θλιπτική αντοχή του ασθενέστερου υλικού εκατέρωθεν της διεπιφάνειας , υπό την προϋπόθεση ότι έχουν συμπληρωθεί όλα τα κενά ή ρωγμές μέσω κατάλληλης τεχνικής .

Αντίσταση Διεπιφάνειας σε Εφελκυσμό

Οι αντιστάσεις διεπιφάνειας σε εφελκυσμό υπολογίζονται βάσει των ακόλουθων κριτηρίων:

- Υπό ορισμένες αξιόπιστες και πλήρως ελέγξιμες συνθήκες κατασκευής και συντήρησης , επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη η εφελκυστική αντοχή αποκόλλησης σκυροδέματος προς σκυρόδεμα .

(i) Σ' αυτές τις περιπτώσεις, η εφελκυστική αντοχή της διεπιφάνειας υπαγορεύεται από την εφελκυστική αντοχή του ασθενέστερου εκατέρωθεν της διεπιφάνειας υλικού .

(ii) Σε συνήθεις περιπτώσεις δεν συνιστάται να λαμβάνεται υπόψη η εφελκυστική αντοχή αποκόλλησης σκυροδέματος , παρά μόνο εφόσον έχει χρησιμοποιηθεί ρητίνη και οι εργασίες έχουν εκτελεσθεί σύμφωνα με τις σχετικές τεχνικές προδιαγραφές .

(β) Όταν δεν πληρούνται οι συνθήκες της προηγούμενης παραγράφου , η εφελκυστική αντίσταση στη διεπιφάνεια διασφαλίζεται μέσω πρόσθετων αγκυρίων .

Διατμητική Αντίσταση Διεπιφάνειας

Οι διατμητικές αντιστάσεις στις διεπιφάνειες υπολογίζονται με την ακόλουθη διαδικασία:

(α) Για την ανεκτή τιμή σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες, υπολογίζονται οι αντιστάσεις οι οποίες επιστρατεύονται απ' το σύνολο των διαθέσιμων στη διεπιφάνεια μηχανισμών , δηλαδή κατά περίπτωση :

(i) Συνοχής σκυροδέματος προς σκυρόδεμα

(ii) Συνοχής σκυροδέματος προς ρητίνη

(iii) Τριβής σκυροδέματος προς σκυρόδεμα λαμβανομένων υπόψη :

- των ορθών τάσεων που προέρχονται απ' τις εξωτερικές δράσεις φορτίων
- των ορθών τάσεων που προκύπτουν απ' την επιστρατευόμενη αντίσταση εξόλκευσης τυχόν διαθέσιμων αγκυρωμένων εγκάρσιων οπλισμών , λόγω της κάθετης προς την διεπιφάνεια διόγκωσης η οποία αντιστοιχεί στην αποδεκτή τιμή σχετικής ολίσθησης .

(iv) Αντιστάσεων βλήτρων

Η μέγιστη ανεκτή σχετική ολίσθηση στη διεπιφάνεια εξαρτάται απ' την σκοπούμενη στάθμη επιτελεσματικότητας, μπορεί δε να λαμβάνεται ίση με 0.2 ή 0.8 ή 1.5mm, για τις στάθμες A, B και Γ, αντίστοιχα .

(β) Λαμβάνεται υπόψη η τυχόν αλληλόδραση μεταξύ των πιο πάνω μηχανισμών .

(γ) Ανάλογα με τη θέση και την κρισιμότητα των υπό έλεγχο περιοχών του διαστασιολογούμενου δομικού στοιχείου , λαμβάνεται υπόψη η τυχόν εξασθένηση των πιο πάνω μηχανισμών λόγω ανακύκλισης των επιβαλλομένων δράσεων .

(δ) Υπό ορισμένες προϋποθέσεις , επιτρέπεται ο υπολογισμός της συνολικής αντίστασης , αθροίζοντας τις μέγιστες τιμές αντίστασης του κάθε διαθέσιμου μηχανισμού , μειωμένες όμως μέσω κατάλληλων συντελεστών συμμετοχής β_i μικρότερων της μονάδας .

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \sum_{i=1}^k \beta_i \max F_{Ri}$$

Όπου :

γ_{Rd} = κατάλληλος συντελεστής ασφαλείας έναντι αβεβαιότητας προσομοιώματος .

Συνήθως λάμβανεται η τιμή 1.25 .

β_i = μειωτικός συντελεστής εξαρτώμενος:

- απ' το είδος του αντίστοιχου μηχανισμού "i"
- απ' το μέγεθος της ανεκτής σχετικής ολίσθησης
- απ' την τιμή της ανηγμένης αξονικής δύναμης
- απ' τις τυχόν ανακυκλιζόμενες διατμητικές δράσεις στις οποίες υπόκειται η υπό έλεγχο διεπιφάνεια

$\max F_{Ri}$ = μέγιστη τιμή της αντίστασης την οποία μπορεί να προσφέρει ο μηχανισμός "i", για τιμή σχετικής ολίσθησης που προσιδιάζει σ' αυτόν .

Σε συνήθεις περιπτώσεις , όπου κρίσιμο μέγεθος στην διεπιφάνεια είναι η δρώσα τέμνουσα και οι κύριοι μηχανισμοί αντίστασης είναι η δράση βλήτρου και ο μηχανισμός τριβής , μπορεί να τεθεί $I = D$ και F οπότε $R_d = \beta_D F_{Dud} + \beta_F F_{Fud}$ όπου $\beta_D = 0.7$ και $\beta_F = 0.4$ ή 0.6 ή 0.8 ανάλογα με την στοχευόμενη στάθμη επιτελεστικότητας A , B και Γ αντίστοιχα.

Στην παραπάνω σχέση οι τιμές F_{Dud} και F_{Fud} μπορούν να προσδιοριστούν ως εξής :

Υπολογισμός F_{Fud} :

Διεπιφάνεια λεία $F_{Fud} = 0.4 \sigma_{cd}$ όπου σ_{cd} είναι η τιμή σχεδιασμού της συνολικής ορθής θλιπτικής τάσεως στην διεπιφάνεια . **Λόγω ανακυκλιζόμενων ολισθήσεων** $F_{Fud,n} = F_{Fud} (1 - \delta \sqrt{n} - 1)$ όπου $\delta = 0,15$ και n ο αριθμός των κύκλων , συνήθως λαμβάνεται $n = 3$ έως 5 , $F_{Fud,n}$ = η διατμητική αντίσταση μετά από n κύκλους και $F_{Fud} =$ η διατμητική αντίσταση κατά τον πρώτο κύκλο .

Τραχειάς διεπιφάνειας $F_{Fud} = 0,4 (f_{cd}^2 * \sigma_{cd})^{1/3}$ όπου f_{cd} είναι η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής αντοχής του ασθενέστερου απο τα δύο σκυροδέματα της διεπιφάνειας . **Τριβή υπό ανακυκλιζόμενες δράσεις** . Η ανακύκλιση των επιβαλλομένων ολισθήσεων κατά μήκος της διεπιφάνειας προκαλεί σημαντική μείωση της αποκρίσεως τριβής , εξαιτίας της λειάνσεως της διεπιφάνειας . Αυτή η μείωση της αποκρίσεως θα πρέπει να λαμβάνεται καταλλήλως υπόψη κατά το σχεδιασμό .

- **Υπολογισμός F_{Dud} :** Η τιμή σχεδιάσμου της μέγιστης τέμνουσας , F_{Dud} που μπορεί να μεταφερθεί από μία ράβδο με διάμετρο d_b , μπορεί να υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$F_{ud} = 1,30 d_b^2 \sqrt{F_{cd} F_{yd}} \leq \frac{A_s F_{yd}}{\sqrt{3}} [\text{mm,MPa}]$$

Όταν η διεπιφάνεια στην οποία διαπερνά η ράβδος ενδέχεται να υποβληθεί σε **ανακυκλιζόμενη δράση**, συνιστάται να λαμβάνεται υπόψη μειωμένη αντοχή

$$\text{βλήτρου ως ακολούθως: } F_{ud} = d_b^2 \sqrt{F_{cd} F_{yd}} \leq \frac{A_s F_{yd}}{\sqrt{3}} \text{ [mm,MPa]}$$

Η μέγιστη ανηγμένη διατμητική τάση στη διεπιφάνεια δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την διατμητική αντοχή ψαλιδισμού του ασθενέστερου σκυροδέματος :

$$\tau_{id} \leq 0,30 f_{cd}$$

Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι δεν αστοχεί το υπόβαθρο λόγω εκτεταμένων λοξών ρωγμών .

ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΠΟΥ ΔΡΟΥΝ ΣΤΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

- Ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών που δρουν στις διεπιφάνειες οι οποίες περιέχονται στην υπό διαστασιολόγηση κρίσιμη περιοχή υπολογίζονται με βάση την συμβατή προς τον στόχο σχεδιασμού ανάλυση του φορέα .

Για την εξασφάλιση της σύνδεσης στη διεπιφάνεια παλαιού-νέου σκυροδέματος θα πρέπει προφανώς να ισχύει η σχέση

$$V_{sd}^{diep.} \leq V_{Rd}^{diep.} \quad (1)$$

όπου:

$V_{sd}^{diep.}$ είναι η τιμή του διατμητικού φορτίου στη διεπιφάνεια και

$V_{Rd}^{diep.}$ είναι η διατμητική αντίσταση της διεπιφάνειας

Ο έλεγχος της διεπιφάνειας γίνεται σε όλο το μήκος του δομικού στοιχείου όπου έχει γίνει η ενίσχυση, με βάση τη μέση τιμή της $V_{sd}^{diep.}$ που αντιστοιχεί σε τμήματα, μήκους l_{i-j} (i,j διαδοχικές διατομές), στα οποία χωρίζεται το στοιχείο.

Δηλαδή ελέγχεται:

$$V_{sd(i-j)}^{diep.} \leq V_{Rd(i-j)}^{diep.} \quad (2)$$

- Το μήκος των τμημάτων l_{i-j} είναι σκόπιμο να μην ξεπερνά το διπλάσιο του ύψους της διατομής του στοιχείου. Όμως η διαδικασία διευκολύνεται εάν τα τμήματα του δομικού στοιχείου ορίζονται από **χαρακτηριστικές διαδοχικές διατομές**, ανεξάρτητα από τη μεταξύ τους απόσταση l_{i-j} . Ως τέτοιες ορίζονται οι διατομές : (α) μέγιστης θετικής ή αρνητικής ροπής κάμψης (β) στις στηρίξεις (γ) επιβολής συγκεντρωμένων φορτίων (δ) απότομης αλλαγής διατομής (ε) στα ελεύθερα άκρα προβόλων.

Σε ένα καμπτόμενο στοιχείο η τιμή της $V_{sd}^{diep.}$ μπορεί να προκύψει με δύο τρόπους.

- **Ο πρώτος τρόπος** είναι μέσω της διατμητικής τάσης της διεπιφάνειας.

Για ενισχύσεις στο εφελκόμενο πέλμα η διατμητική τάση σε μια τυχαία διατομή ι μπορεί να εκτιμηθεί από την παρακάτω σχέση

$$\tau_i^{διεπ.} = \frac{V_{sd,i}}{b_n \cdot z_n \cdot \left(1 + \frac{A_{so}}{A_{sn}} \frac{d_o - x}{d_n - x} \frac{z_o}{z_n}\right)} \quad (3)$$

όπου :

$V_{sd,i}$ είναι η τέμνουσα σχεδιασμού στη διατομή i,

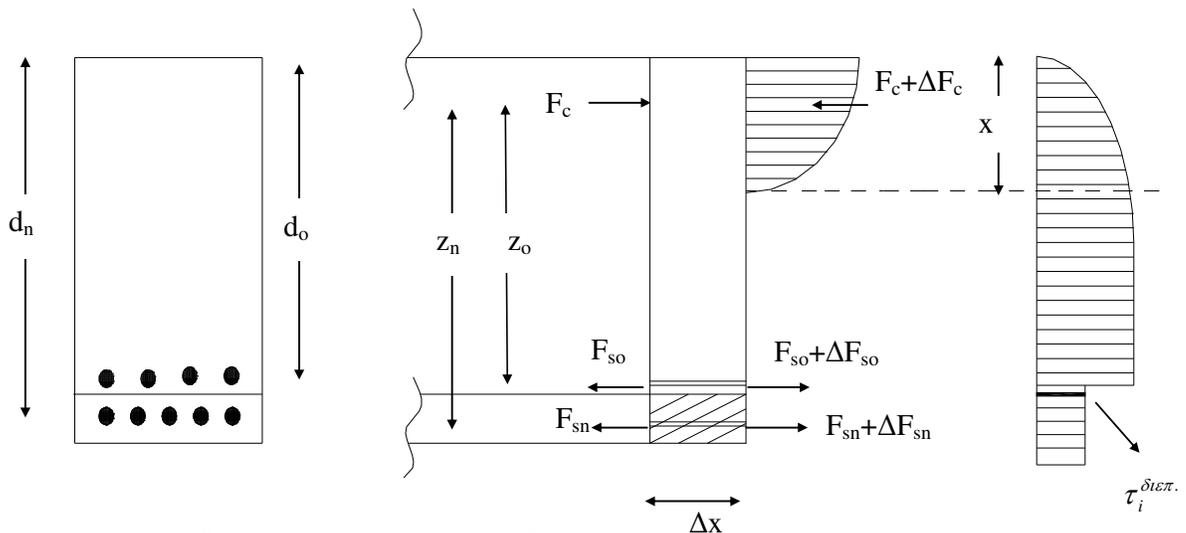
b_n είναι το πλάτος της πρόσθετης στρώσης σκυροδέματος (τις περισσότερες φορές είναι ίδιο με το πλάτος του δομικού στοιχείου),

A_{so}, A_{sn} είναι τα εμβαδά διατομής του υπάρχοντος και του πρόσθετου εφελκόμενου οπλισμού αντιστοίχως,

d_o, d_n είναι τα ύψη της διατομής, ως προς τις στάθμες του υπάρχοντος και του νέου οπλισμού αντιστοίχως,

x είναι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης της διατομής και

z_o, z_n είναι οι μοχλοβραχίονες των εσωτερικών δυνάμεων του υπάρχοντος και του νέου οπλισμού αντιστοίχως.



Σχήμα 2 : Διατμητική τάση στη διεπιφάνεια σε εφελκόμενη ζώνη

Για ενισχύσεις στο θλιβόμενο πέλμα η διατμητική τάση μπορεί να εκτιμηθεί από τις παρακάτω σχέσεις

εάν $d_\varepsilon \leq x$:

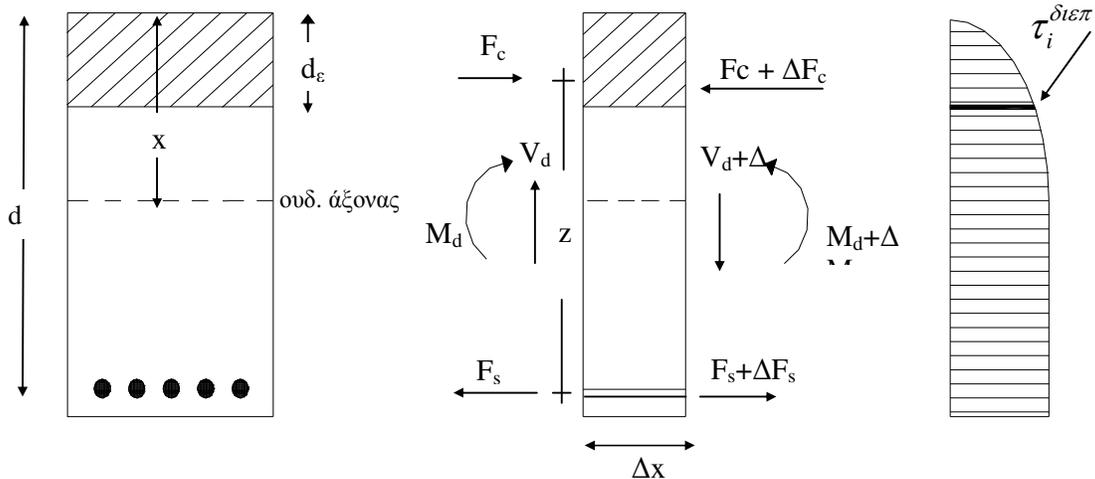
$$\tau_i^{διεπ.} = \frac{V_{sd,i}}{b \cdot z} \frac{d_\varepsilon}{x} \left(2 - \frac{d_\varepsilon}{x}\right) \quad (4)$$

εάν $d_\varepsilon > x$:

$$\tau_i^{diep} = \frac{V_{sd,i}}{b \cdot z}$$

όπου:

d_e είναι το πάχος ενίσχυσης



Σχήμα 3: Διατμητική τάση στη διεπιφάνεια σε θλιβόμενη ζώνη

Είτε πρόκειται για ενίσχυση στο εφελκόμενο πέλμα είτε στο θλιβόμενο, η τιμή του διατμητικού φορτίου στη διεπιφάνεια στο μήκος l_{i-j} προσδιορίζεται από τη διατμητική τάση κατά μήκος του τμήματος ΒΓ

$$V_{sd(i-j)}^{diep.} = V_{sd}^{B\Gamma} = \tau_{B\Gamma}^{diep.} \cdot b_n \cdot l_{i-j} \quad (5)$$

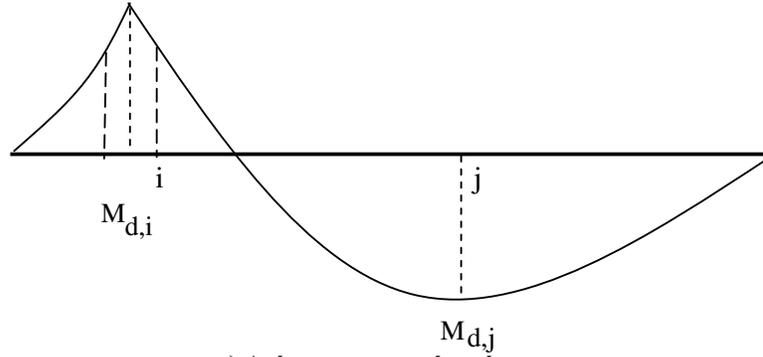
όπου:

$$\tau_{B\Gamma}^{diep.} = \frac{\tau_B^{diep.} + \tau_\Gamma^{diep.}}{2} \quad (6)$$

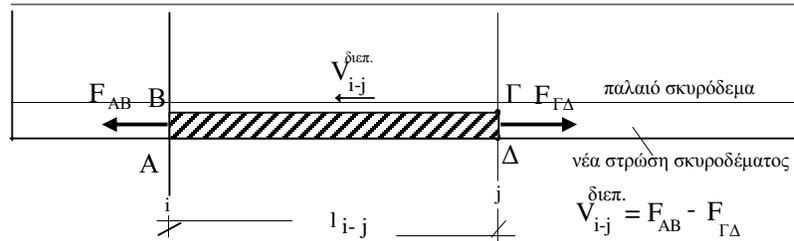
- **Ο δεύτερος τρόπος** ακολουθεί τη διαδικασία που εφαρμόζεται σε σύμμικτα δομικά στοιχεία. Είτε πρόκειται για ενίσχυση του εφελκόμενου πέλματος είτε του θλιβόμενου, η τιμή του διατμητικού φορτίου στη διεπιφάνεια στο μήκος l_{i-j} προσδιορίζεται από τη σχέση ισοροπίας στο τμήμα ΑΒΓΔΑ

$$V_{sd(i-j)}^{diep.} = V_{sd}^{B\Gamma} = F_{AB} - F_{\Gamma\Delta} \quad (7)$$

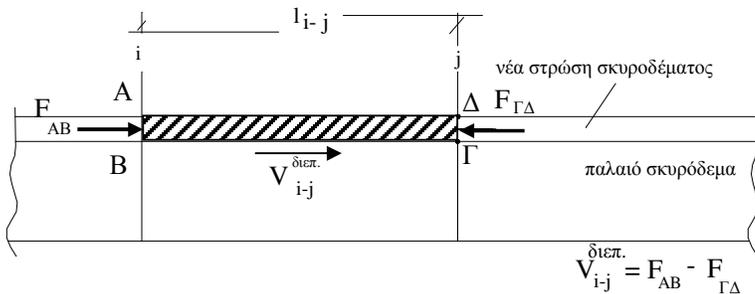
Οι τιμές των δυνάμεων F_{AB} και $F_{\Gamma\Delta}$ προσδιορίζονται από τις αντίστοιχες ροπές κάμψης των διατομών i και j , ως οι εφελκυστικές ή θλιπτικές δυνάμεις που αντιστοιχούν σε ύψος ΑΒ ή ΓΔ.



α) Διάγραμμα ροπών κάμψης



β) Ενίσχυση στο εφελκόμενο πέλμα



γ) Ενίσχυση στο θλιβόμενο πέλμα

Σχήμα 4 : Διατμητική ένταση στη διεπιφάνεια

Για δομικά στοιχεία που συμμετέχουν στο σύστημα ανάληψης σεισμικής έντασης είναι σκόπιμο να αγνοηθούν οι μηχανισμοί συνοχής και τριβής και το διατμητικό

φορτίο στη διεπιφάνεια να αναληφθεί μέσω διατμητικών συνδέσμων (βλήτρα ή ηλεκτροσυγκολλήσεις ράβδων).

Σε άλλες περιπτώσεις (π.χ. πλάκες) θεωρούμε ότι απαιτούνται διατμητικοί σύνδεσμοι μόνο όταν σε κάποια περιοχή του δομικού στοιχείου, η διατμητική τάση στη διεπιφάνεια υπερβεί τη διατμητική αντίσταση λόγω συνοχής και τριβής. Γίνεται δηλαδή συντηρητικά δεκτό ότι, εφόσον αστοχήσει η διεπιφάνεια σε κάποιο σημείο, η ρωγμή θα επεκταθεί και στην υπόλοιπη περιοχή της διεπιφάνειας, έστω και αν εκεί οι διατμητικές τάσεις που υπολογίζονται είναι μικρότερες από την εκτιμώμενη διατμητική αντοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΜΕΓΕΘΩΝ ΟΡΘΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

Τοπική Αποκατάσταση Βλαμμένης Περιοχής

- Το δομικό στοιχείο με τοπική αποκατάσταση βλαμμένης περιοχής , μπορεί να θεωρείται ως μονολιθικό υπό την προϋπόθεση ότι έχουν εφαρμοστεί οι σχετικές απαιτήσεις των σχετικών Τεχνικών Προδιαγραφών .

Σε στοιχεία Ο.Σ. τα οποία έχουν υποστεί σχετικώς ελαφρές βλάβες , για την ανάκτηση των προ της βλάβης χαρακτηριστικών του στοιχείου , είναι δυνατόν να εφαρμόζεται τοπική αποκατάσταση “ίσης” διατομής , με ή χωρίς ρητινενέσεις .

Αποκατάσταση Ανεπαρκών Αναμονών

- Όταν το διατιθέμενο μήκος μάτισης (l_s) των ράβδων οπλισμού στις περιοχές των ενώσεων δεν είναι επαρκές , επιτρέπεται η βελτίωση των συνθηκών μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των ράβδων με τις ακόλουθες μεθόδους :

Το διατιθέμενο μήκος μάτισης των ράβδων οπλισμού θεωρείται επαρκές αν είναι τουλάχιστον όσο το απαιτούμενο (l_{so}), σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην § 18.4.7 του ΕΚΩΣ 2000

(α) Ηλεκτροσυγκόλληση των αναμονών με τις νέες ράβδους ή επέκταση των υφισταμένων αναμονών με πρόσθετες ράβδους μέσω ηλεκτροσυγκόλλησης . Η πλήρης μεταφορά δυνάμεων από την μία ράβδο εις την άλλη εξασφαλίζεται υπό την προϋπόθεση ότι έχουν εφαρμοστεί οι απαιτήσεις των σχετικών Τεχνικών Προδιαγραφών για ηλεκτροσυγκολλήσεις .

Για την ηλεκτροσυγκόλληση των ράβδων οπλισμού εφαρμόζονται οι σχετικές διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων .

(β) Εφαρμογή εξωτερικής περίσφιγξης στο στοιχείο.

Στόχος της περίσφιγξης είναι η παρεμπόδιση της πρόωρης αστοχίας της περιοχής μάτισης από διάρρηξη του περιβάλλοντος την ράβδο σκυροδέματος , (άρα αστοχίας

του μηχανισμού μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των ράβδων) και τελικά από ολίσθηση κατά μήκος της κρίσιμης ρωγμής που έχει δημιουργηθεί μεταξύ των ράβδων, πριν οι ράβδοι φθάσουν στην διαρροή τους.

Ο απαιτούμενος οπλισμός περίσφιγξης μπορεί να υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A_j / s = \gamma_{Rd} \frac{(1 - \lambda_s) 1}{\beta} \frac{f_{yk} A_b}{\mu \sigma_j l_s}$$

όπου

- $\gamma_{Rd} = 1,5$
- $A_j = t_j w_j$: είναι το εμβαδόν της διατομής του οπλισμού περίσφιγξης υπό μορφή κολλάρων, όπου t_j και w_j είναι το πάχος και το πλάτος της διατομής των κολλάρων αντίστοιχα.
- s είναι η αξονική απόσταση των κολλάρων
- $A_b = \pi d_s^2 / 4$ είναι το εμβαδόν μιας ματιζόμενης ράβδου
- l_s : είναι το διατιθέμενο μήκος μάτισης των ράβδων

Στην περίπτωση συνεχούς εξωτερικού μανδύα από χάλυβα ή ινοπλισμένο ύφασμα $w_j = s$ και $A_j / s = t_j$, όπου t_j είναι το πάχος του μανδύα.

Στην περίπτωση n επαλλήλων στρώσεων ινοπλισμένου υφάσματος πάχους t_{j1} λαμβάνεται $t_j = \psi n t_{j1}$ όπου $\psi < 1$ είναι ο μειωτικός συντελεστής αποδοτικότητας πολλών στρώσεων, που εκτιμάται μετά από κατάλληλη βιβλιογραφική τεκμηρίωση. Ελλείψει επαρκών στοιχείων λαμβάνεται προσεγγιστικά $\psi = 0,9^{n-1}$.

- $\sigma_j = E_j \varepsilon_j$ είναι η επιστρατευόμενη αξονική τάση των στοιχείων της περίσφιγξης

Η επιστρατευόμενη τάση σ_j δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή $\sigma_{j,max} = f_{yd}$ όταν η ενίσχυση γίνεται με στοιχεία από χάλυβα ή $\sigma_{j,max} = E_j \varepsilon_{ju} / 2$ όταν η ενίσχυση γίνεται με στοιχεία από ΙΟΠ (ε_{ju} είναι η αξονική παραμόρφωση αστοχίας του υλικού ενίσχυσης).

- $0 \leq \lambda_s \leq 1$: είναι συντελεστής που εκφράζει το μέγεθος της συνεισφοράς της συνάφειας του διατιθέμενου μήκους μάτισης, ως ποσοστό της διαθέσιμης αντοχής της ισχυρότερης ράβδου.

Μπορεί να ληφθεί $\lambda_s = l_s / l_{so}$. Ο συνυπολογισμός αυτής της συνεισφοράς λαμβάνεται υπ' όψιν εφόσον την περιοχή της μάτισης διατίθεται τουλάχιστον το 50% των συνδετήρων που απαιτούνται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον ΕΚΩΣ 2000 για τις περιοχές ματισμάτων.

- $\beta = \rho_f / B$: είναι συντελεστής που εκφράζει το μέγεθος της θλιπτικής δύναμης ($\sigma_N \cdot \rho_f \cdot \ell_s$) η οποία ενεργοποιεί τον μηχανισμό τριβής στην περιοχή της κρίσιμης ρωγμής, ως ποσοστό της συνολικής επιστρατευόμενης αξονικής δύναμης.
- $F_j = (\sigma_j A_j) \frac{1s}{s}$: είναι του υλικού περίσφιγξης.
- ρ_f : είναι το μέσο πλάτος της ζώνης τριβής των ματιζομένων ράβδων και B είναι ένα μέτρο του πλάτους κατανομής της συνολικής θλιπτικής δύναμης που εισάγεται από την επιστρατευόμενη αξονική δύναμη (F_j) του υλικού περίσφιγξης :
- μ : είναι ο συντελεστής τριβής στην δυνητική διεπιφάνεια ολίσθησης στην θέση της αναμενόμενης ρηγμάτωσης

Ο συντελεστής τριβής μ , εν γένει, εξαρτάται από το μέγεθος της θλιπτικής τάσης στην διεπιφάνεια της ρηγμάτωσης (σ_N), και μειώνεται με την ανακύκλιση επιβαλλομένων ολισθήσεων. Συνήθεις τιμές του μ κυμαίνονται μεταξύ 0,4 και 2,0. Μία προσεγγιστική εκτίμηση του συντελεστή τριβής μπορεί να γίνει από τη σχέση $\mu = \mu_o (f_{ck} / \sigma_N)^{2/3}$ και η αρχική μας σχέση παίρνει τη μορφή :

$$\left(A_j / s \right)_{\text{απ.}} = \gamma_{Rd} (\pi / 4 \mu_o)^3 (d_s / \rho_f)^3 [(1 - \lambda_s) d_s / l_s]^3 (f_{yk}^3 / f_{ck}^2 \sigma_j) B \quad (N, mm)$$

όπου: $\mu_o = 0.4 (\delta / \delta_u)^{1/3}$

- δ : είναι το αποδεκτό μέγεθος της σχετικής ολίσθησης των ράβδων, ανάλογα με την στάθμη επιτελεστικότητας που έχει επιλεγεί. Μπορεί να επιλεγεί $\delta = 0.50mm$, $1.00mm$ και $1.50mm$ για τις στάθμες επιτελεστικότητας A, B και Γ αντίστοιχα, και πάντως όχι μεγαλύτερα από την ολίσθηση δ_{\max} που αντιστοιχεί στην ενεργοποίηση της $\sigma_{j,\max}$. Το όριο του δ_{\max} είναι συχνά κρίσιμο για ενίσχυση με στοιχεία από χάλυβα και στάθμες επιτελεστικότητας B και Γ.
- δ_u : είναι το μέγεθος της ολίσθησης για το οποίο επιστρατεύεται η μέγιστη αντίσταση τριβής στη διεπιφάνεια. Μπορεί να ληφθεί ίσο με $2mm$.

Για γωνιακές ράβδους επιπρόσθετα μπορεί να γίνουν οι εξής παραδοχές :

$$\rho_f = 2d_s$$

$$B = 2(c + d_s) \text{ όπου } c \text{ η μικρότερη επικάλυψη των ματιζομένων ράβδων}$$

$$\sigma_j = (\sqrt{2} w / \bar{b}) E_j \leq \sigma_{j,\max}$$

όπου $w = 0.6 \delta^{2/3}$ είναι το εύρος της ρωγμής που αντιστοιχεί στο αποδεκτό μέγεθος

της σχετικής ολίσθησης “ δ ” των ράβδων, και $\bar{b} \equiv \frac{b_1 + b_2}{2}$ όπου

b_1 και b_2 οι δύο διαστάσεις της διατομής .

Οπότε η σχέση παίρνει τη μορφή

$$(A_j/s)_{\alpha\pi} = \frac{6}{\delta^{5/3}} [(1-\lambda_s) d_s / \ell_s]^3 \frac{f_{yk}^3}{E_j f_{ck}^2 f_{ctm}} \bar{b} (c + d_s) \text{ (N, mm)}$$

Η τιμή της ολίσθησης δ , που επιλέγεται ανάλογα με την στάθμη επιτελεστικότητας δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή .

$$\delta_{\max} = 1.30 (\bar{b} \sigma_{j,\max} / E_j)^{3/2} \text{ (N, mm)}$$

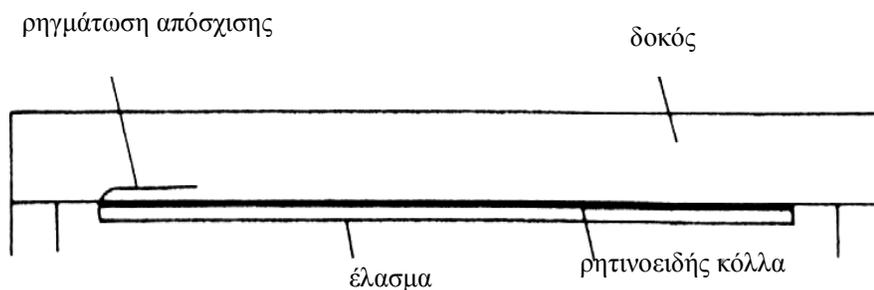
Για ενδιάμεσες ράβδους ο οπλισμός ενίσχυσης μπορεί να εκτιμηθεί θεωρούμενος ως οπλισμός συρραφής της κρίσιμης ρωγμής ολίσθησης s . Η επιλογή του καταλλήλου προσομοιώματος γι’ αυτή την περίπτωση και ο εξ’ αυτού προσδιορισμός του απαιτούμενου οπλισμού ενίσχυσης γίνεται μετά από κατάλληλη και εμπεριστατωμένη βιβλιογραφική τεκμηρίωση που θα περιλαμβάνει και έλεγχο αξιοπιστίας με διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα . Διαφορετικά η θετική επιρροή της ενίσχυσης αγνοείται .

- Η εφαρμογή της περίσφιγξης μπορεί να εξασφαλίσει την αποφυγή αστοχίας της συνάφειας των ματιζομένων ράβδων , εφόσον το διατιθέμενο μήκος αλληλοκάλυψης l_s είναι μεγαλύτερο από $0.25 \ell_{so}$ και $15 d_s$. Διαφορετικά, η καμπτική ικανότητα της περιοχής θεωρείται αναλογικά μειωμένη και ο συντελεστής συμπεριφοράς του στοιχείου (m) λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα .
- Το μήκος του στοιχείου στο οποίο εφαρμόζεται η περίσφιγξη πρέπει κατ’ ελάχιστον να είναι όσο το ύψος της κρίσιμης περιοχής και όχι λιγότερο από $1.3 l_s$.

Το ελάχιστο μήκος περίσφιγξης προκύπτει σε συνάρτηση και με τις απαιτήσεις για πλαστιμότητα και διάτμηση στην περιοχή . Επιλέγεται εξασφαλίζοντας ότι : (α) η πλαστική άρθρωση δεν δημιουργείται αμέσως πάνω από το πέρασ του στοιχείου περίσφιγξης και (β) δεν αστοχεί σε διάτμηση το απερίσφικτο τμήμα του στοιχείου .

- Το πάχος του υλικού ενίσχυσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 mm για την περίπτωση που χρησιμοποιούνται στοιχεία από χάλυβα και 0.2 mm για την περίπτωση που χρησιμοποιούνται στοιχεία από ινοπλισμένα πολυμερή.

Επεμβάσεις Με Στόχο την Ενίσχυση της Εφελκόμενης Ζώνης



Σχήμα 5 : Εικόνα αστοχίας ακραίας περιοχής δοκού ενισχυμένης με επικολλητά φύλλα

(α) Προσθήκη Χαλύβδινων Ελασμάτων ή Υφασμάτων από Ινοπλισμένα Πολυμερή

(i) Η ανεπάρκεια του εφελκόμενου οπλισμού σε ένα υφιστάμενο δομικό στοιχείο Ο.Σ. μπορεί να αντιμετωπιστεί με επικόλληση ελασμάτων από χάλυβα ή ινοπλισμένο πολυμερές ή υφασμάτων από ινοπλισμένο πολυμερές .

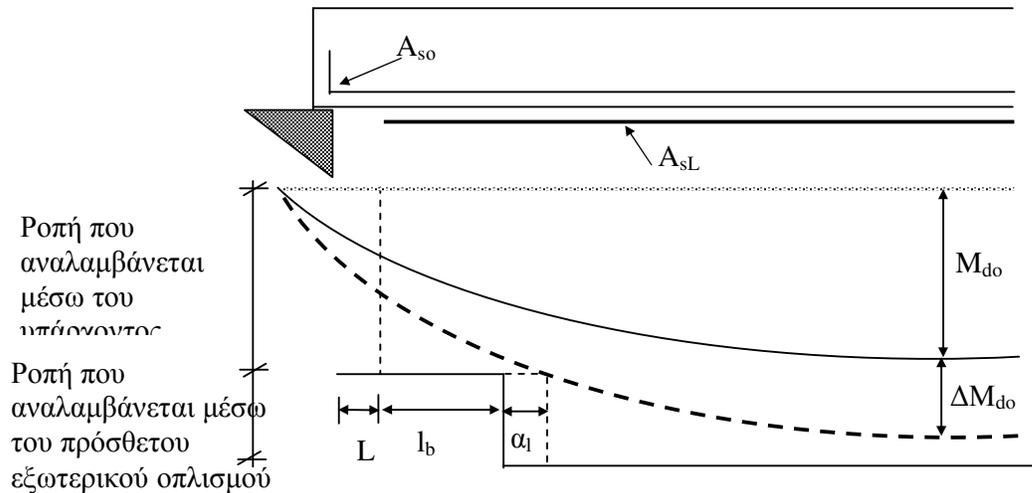
Η τεχνική εφαρμόζεται κυρίως σε πλάκες και δοκούς σπανίως δε σε υποστολώματα ή τοιχώματα. Τα ελάσματα επικολλώνται στο εφελκόμενο πέγμα με χρήση ρητίνης. Στην περίπτωση των χαλυβδίνων ελασμάτων χρησιμοποιούνται και βλήτρα σύνδεσης.

(ii) Η εφαρμογή της τεχνικής επιτρέπεται υπό τον όρο ότι το υφιστάμενο δομικό στοιχείο πριν από την ενίσχυση είναι σε θέση να αναλάβει την ένταση από τα μόνιμα φορτία .

(iii) Η ποσότητα του προστιθέμενου υλικού ενισχύσεως συνιστάται να επιλέγεται έτσι ώστε στην οριακή κατάσταση αστοχίας, ο υφιστάμενος εφελκόμενος οπλισμός να έχει παραμόρφωση τουλάχιστον ίση με την παραμόρφωση διαρροής του.

(iv) Υπό το σύνολο των προϋποθέσεων που ακολουθούν, το ενισχυμένο στοιχείο θεωρείται μονολιθικό, η δε εκτίμηση της καμπτικής του αντίστασης και των άλλων χαρακτηριστικών του μπορεί να γίνει θεωρώντας το υλικό ενίσχυσης ως νέον εξωτερικό οπλισμό.

Προσεγγιστικά, για τον υπολογισμό της απαιτούμενης διατομής του οπλισμού ενίσχυσης (A_j) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση :



Σχήμα 6 : Διαγράμματα ροπών κάμψης, ροπές σχεδιασμού και αναλαμβανόμενες ροπές

$$A_j = \frac{\Delta M_{do}}{z \sigma_{jd}} \quad \text{όπου}$$

ΔM_{do} είναι η πρόσθετη ροπή που καλείται να αναλάβει η ενισχυμένη διατομή (επιπλέον της M_{do} την οποία μπορεί να αναλάβει η αρχική),

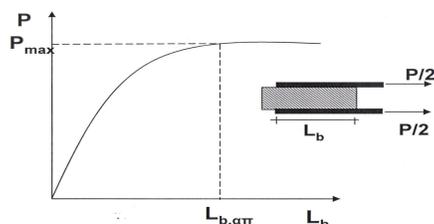
z , d_j είναι ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων (ο οποίος μπορεί να ληφθεί ίσος με $0.9 d_j$) και το στατικό ύψος της διατομής, μετρούμενα από την στάθμη του εξωτερικού οπλισμού .

(v) 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 , που είναι περισσότερο κρίσιμη . Η μορφή αστοχίας μπορεί να είναι :

(i) Θραύση του ιδίου του υλικού ενίσχυσης.

Γι' αυτή την μορφή αστοχίας μπορεί να θεωρηθεί $\varepsilon_{j,crit} = \varepsilon_{ju}$, όπου ε_{ju} είναι η μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση του υλικού.

(ii) Πρόωρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης λόγω ανεπάρκειας της σύνδεσης κατά μήκος του στοιχείου ή της αγκύρωσης των άκρων του.



Σχήμα : 7

Σ' αυτή την περίπτωση Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω προσεγγιστικές σχέσεις .

$$(1) P_{\max} = \beta \tau_b^{\alpha_{\text{πο}}} b_j L_e$$

- $L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2f_{cm}}}$, το ενεργό μήκος αγκύρωσης (δηλ. το μήκος πέραν του οποίου η αναλαμβανόμενη απ' το υλικό ενίσχυσης δύναμη, δεν αυξάνεται άλλο).
- $\tau_b^{\alpha_{\text{πο}}} \cong f_{cm}$
- t_j είναι το πάχος του υλικού ενίσχυσης. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται n παράλληλες στρώσεις υλικού ενίσχυσης πάχους t_{j1} λαμβάνεται $t_j = \psi_n t_{j1}$.
- $\beta = \beta_o \beta_w \beta_L$, διορθωτικός συντελεστής
- $\beta_o \cong 0,40$, συντελεστής κατά μήκος κατανομής των διατμητικών τάσεων αντίστασης

- $\beta_w = \sqrt{\frac{2 - b_j/b_w}{1 + b_j/b_w}}$, συντελεστής επιρροής πλάτους οπλισμού ενίσχυσης, ίσος με $1/\sqrt{2}$ για ενίσχυση με συνεχή φύλλα ή υφάσματα.
- $\beta_L = \sin\left(\frac{\pi\lambda}{2}\right) \cong \lambda(2 - \lambda)$ συντελεστής επιρροής διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης όπου $\lambda = \frac{L_{av}}{L_e}$

και L_{av} το διατιθέμενο μήκος αγκύρωσης του οπλισμού ενίσχυσης
Όταν $\lambda \geq 1,0$ λαμβάνεται $\beta_L = 1,0$

$$(2) \sigma_{j,crit} = \frac{P_{max}}{b_j t_j} = \frac{\beta * f_{cm} * L_e}{t_j} = \beta * \sqrt{\frac{E_j * f_{cm}}{2 * t_j}}$$

(3) Εκτίμηση τάξη μεγέθους $\sigma_{j,crit}$

C16/20 και $E_j = 200 \text{ GPa}$ (π.χ. χάλυβας ή ΙΟΠ) και $t_j = 1 \text{ mm}$

$$\sigma_{max} = 350 \text{ MPa} \approx f_{su} \text{ για χάλυβα}$$

$\sigma_{max} = 350 \text{ MPa} \approx 1/10 * f_{su}$ για ΙΟΠ → Δηλαδή γίνεται εκμετάλλευση μόνο το 1/10 της αντοχής του υλικού .

$$\text{Εξ' άλλου } t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{max} \downarrow$$

(iii) Πρόωρη διατμητική αστοχία σκυροδέματος («απόσχιση») στην απόληξη του στοιχείου ενίσχυσης.

Για τον έλεγχο προσεγγιστικά μπορεί να θεωρηθεί ότι η ισχύς της ανισότητας $V_{cd} \leq V_{sd, απόληξης}$ αποτελεί επαρκές κριτήριο. Διαφορετικά απαιτείται πρόσθετος

εξωτερικός οπλισμός διάτμησης που θα αναλάβει τέμνουσα $V_{sdj} = \frac{A_j}{A_{so}} V_{sd, απόληξης}$

όπου

A_{so} είναι ο υπάρχων οπλισμός στο αρχικό στοιχείο.

Ως κρίσιμη τιμή $\varepsilon_{j,crit}$ θεωρείται η μικρότερη τιμή που προκύπτει για τις μορφές αστοχίας (i), (ii) και (iii) .

$$\sigma_{jd} = E_j \varepsilon_{jd}$$

$$\sigma_{jd} = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}}, \varepsilon_{jd} = \frac{\varepsilon_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \text{Μπορεί να ληφθεί } \gamma_{Rd} = 1,3$$

(vi) Συνιστάται:

- Να επιδιώκεται η χρήση ελασμάτων ή υφασμάτων με μικρό πάχος.
- Στην περίπτωση μεταλλικών ελασμάτων, να εξασφαλίζεται η πλήρης μεταφορά της δύναμης διαρροής του οπλισμού ενίσχυσης στο σκυροδέμα μέσω βλήτρων.
- Να αποφεύγονται οι ματίσεις του υλικού ενίσχυσης
- Να επιδιώκεται η βελτίωση της αγκύρωσης στα άκρα των ελασμάτων/υφάσματος με χρήση εγκάρσιων λωρίδων ή γωνιακών.
- Η αγκύρωση του οπλισμού ενίσχυσης να γίνεται στη θλιβόμενη περιοχή του στοιχείου.

(β) Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος

(i) Η αύξηση της καμπτικής αντίστασης δομικού στοιχείου Ο.Σ. μπορεί να γίνει με πρόσθετη στρώση οπλισμένου σκυροδέματος, στο εφελκόμενο (ή και το θλιβόμενο) πέλμα τους.

(ii) Για τον υπολογισμό της καμπτικής αντίστασης και των άλλων χαρακτηριστικών του ενισχυμένου στοιχείου, όταν δεν διατίθενται αξιόπιστες μέθοδοι για την εκτίμηση της σχετικής ολίσθησης κατά μήκος της διεπιφάνειας μεταξύ υφισταμένου στοιχείου και προστιθέμενης στρώσης, επιτρέπεται υπό προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική διαδικασία με επιλογή καταλλήλων συντελεστών μονολιθικότητας.

Συντελεστές μονολιθικότητας.

Για πλάκες

$$k_k = 0.95, \quad k_r = 1.0 \quad k_{\theta_y} = 1.0, \quad k_{\theta_t} = 1.0$$

Για δοκούς και στοιχεία θεμελίωσης

$$k_k = 0.85, \quad k_r = 0.9 \quad k_{\theta_y} = 1.0, \quad k_{\theta_t} = 1.0$$

Για τα λοιπά στοιχεία

$$k_k = 0.7, \quad k_r = 0.8 \quad k_{\theta_y} = 1.0, \quad k_{\theta_t} = 1.0$$

(iii) Η διεπιφάνεια μεταξύ του υφιστάμενου στοιχείου και των προστιθέμενων στρώσεων, ελέγχεται κατά τα προηγούμενα .

(iv) Πρέπει να διασφαλίζεται ικανή διατμητική αντοχή της διεπιφάνειας ακόμη και μετά την ενδεχόμενη αποκόλληση της διεπιφάνειας. Η απαίτηση αυτή θεωρείται ότι ικανοποιείται με τη τοποθέτηση ελάχιστου ποσοστού εγκάρσιου οπλισμού διεπιφάνειας ρ_δ :

$$\rho_\delta = \frac{A_{sd}}{A_{c\delta} \sin \alpha} \geq 0.18 f_{cm} / f_{yk}$$

όπου A_{sd} , α είναι το εμβαδόν και η γωνία κλίσης του εγκάρσιου οπλισμού, $A_{c\delta}$ είναι το εμβαδόν της διεπιφάνειας.

Πρβλ. §18.3.4 ΕΚΩΣ 2000, για το ελάχιστο ποσοστό συνδετήρων.

(v) Πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής αγκύρωση του πρόσθετου εφελκόμενου οπλισμού επί των στοιχείων του αρχικού φορέα.

Ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην § 17.6 ΕΚΩΣ 2000.

Επεμβάσεις με Στόχο την Ενίσχυση της Θλιβομένης Ζώνης

- Η ανεπάρκεια του θλιβόμενου πέλματος σε ένα δομικό στοιχείο Ο.Σ. μπορεί να αντιμετωπιστεί με προσθήκη νέας στρώσης σκυροδέματος στο θλιβόμενο (ή στο εφελκόμενο) πέλμα.
- Για τον υπολογισμό της καμπτικής αντίστασης ως και των άλλων χαρακτηριστικών των ενισχυμένων στοιχείων ακολουθούνται οι διατάξεις που αναφέρονται πιο πάνω .
- Η διεπιφάνεια μεταξύ του υφιστάμενου στοιχείου και των νέων στρώσεων ελέγχεται όπως πιο πάνω .
- Για το ελάχιστο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού ισχύουν τα σχετικά αναφερόμενα .

Επεμβάσεις με Στόχο την Σύγχρονη Ενίσχυση της Εφελκυσμένης και Θλιβόμενης Ζώνης

- Η σύγχρονη ανεπάρκεια στο εφελκυσμένο και θλιβόμενο πέλμα σε ένα δομικό στοιχείο Ο.Σ. μπορεί να αντιμετωπίζεται με προσθήκη κλειστού μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος, ο οποίος περιβάλλει ολόκληρη την περίμετρο του εν λόγω στοιχείου.
- Όταν η ενίσχυση αφορά τις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων, ο μανδύας επεκτείνεται και περιβάλλει την περιοχή του κόμβου.

Αν η ενίσχυση επεκτείνεται και στις κρίσιμες περιοχές των δοκών, ο έλεγχος των διατάξεων ικανοτικού σχεδιασμού ενδέχεται να αποδειχθεί κρίσιμος.

- Η μεταφορά δυνάμεων απ' το αρχικό δομικό στοιχείο προς τον μανδύα οφείλει να διασφαλίζεται με κατάλληλα κατασκευαστικά μέσα και να ελέγχεται υπολογιστικός.
- Όταν δεν εφαρμόζεται ασφαλέστερη μέθοδος οι απαιτήσεις της παραπάνω παραγράφου θεωρείται ότι ικανοποιούνται με την εφαρμογή των κατωτέρω διατάξεων:

(i) Η αρχική διατομή μαζί με την διατομή του μανδύα θεωρούνται ότι συνιστούν ενιαία μονολιθική διατομή.

(ii) Η διατομή του μανδύα ελέγχεται για την ανάληψη των ορθών και τεμνουσών δυνάμεων που της αναλογούν, λαμβανομένων υπόψη:

- των τυχόν βλαβών του αρχικού στοιχείου, και
- των συνθηκών υποστύλωσης κατά την επέμβαση της τυχόν ανακατανομής της έντασης μετά την επέμβαση

(iii) Η ασφαλής μεταφορά δυνάμεων από το αρχικό στοιχείο προς τον μανδύα, καθώς και το συμβιβαστό των παραμορφώσεων, ελέγχονται κατά τις ακόλουθες παραγράφους “ε” και “στ”.

- Η θλίβουσα δύναμη F_{cm} του μανδύα μεταφέρεται ασφαλώς ως διατμητική δύναμη στη διεπιφάνεια μέσω τριβής, συγκολλημένων αναρτήρων και βλήτρων, εντός διαθέσιμου μήκους συναρμογής “ u_0 ” ως κατωτέρω:

$$F_{cm} = 4u_o \mu f_{ctm} t + 10n_b \frac{A_{sb}}{h_s} + n_D F_{uD} \quad (\text{kN, mm})$$

όπου:

u_o = το διαθέσιμο μήκος συναρμογής στο κάθε άκρο του μανδύα

μ = συντελεστής τριβής σκυρόδεμα/σκυρόδεμα από χαμηλές ορθές τάσεις, ο οποίος μπορεί να ληφθεί ίσος με την μονάδα

f_{ctm} = η μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος του μανδύα

t = το πάχος του μανδύα

n_b και n_D = ο συνολικός αριθμός των αναρτήρων (“πάπιες”) και βλήτρων αντίστοιχα, που διατάσσονται εντός της θλιβόμενης ζώνης, στο κάθε άκρο του μανδύα κατά την έννοια του μήκους του αρχικού στοιχείου.

A_{sb} = εμβαδόν διατομής αναρτήρα

h_s = απόσταση μεταξύ του αρχικού και του νέου διαμήκους οπλισμού του στοιχείου.

F_{uD} = η αντίσταση ενός βλήτρου

- Για την ανάληψη των εφελκυστικών τάσεων ρηγμάτωσης κατά μήκος του μανδύα, στις θέσεις έναρξης του μήκους u_o , πρέπει να διατάσσονται πυκνοί συνδετήρες που να αναλαμβάνουν τουλάχιστον τη δύναμη που αντιστοιχεί στην εγκάρσια εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος του μανδύα. Οι ελάχιστοι συνδετήρες που απαιτούνται ελέγχονται από τη σχέση:

$$\frac{A_{sw}}{\alpha_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{2ct}}{f_{ywd}}$$

όπου:

A_{sw} είναι το εμβαδόν της διατομής της ράβδου του συνδετήρα,

α_{sw} είναι η απόσταση των συνδετήρων,

f_{ywd} είναι το όριο διαρροής των συνδετήρων,

Στη σχέση αυτή ως f_{2ct} λαμβάνεται $f_{2ct} = f_{ctk0.95}$. Η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων α_{sw} μπορεί να υπολογίζεται :

$$\alpha_{sw} \leq 0.8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{2ct}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$$

Στην περιοχή της βλάβης, απαιτείται η τοποθέτηση πυκνών συνδετήρων, ώστε να αποφεύγεται ο πρόωρος λυγισμός του νέου διαμήκους οπλισμού. Όταν δεν διατίθεται ακριβέστερα στοιχεία διατάσσονται συνδετήρες $\Phi 8/75$ mm.

- Όταν δεν διατίθενται αξιόπιστες μέθοδοι για την εκτίμηση της σχετικής ολίσθησης κατά μήκος της διεπιφάνειας μεταξύ υφισταμένου στοιχείου και των προστιθέμενων στρώσεων, για τον υπολογισμό της καμπτικής αντίστασης και των άλλων χαρακτηριστικών του ενισχυμένου στοιχείου, επιτρέπεται υπό προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική διαδικασία με επιλογή καταλλήλων συντελεστών μονολιθικότητας.

Επιτρέπεται η χρήση των ακόλουθων τιμών συντελεστών μονολιθικότητας.

Για υποστυλώματα ($v_d \leq -0.1$)

$$k_k = 0.80, \quad k_r = 0.90 \quad k_{\theta_y} = 1.0, \quad k_{\theta_u} = 1.0$$

Για δοκούς ($v_d > -0.1$)

$$k_k = 0.90, \quad k_r = 0.95 \quad k_{\theta_y} = 1.0, \quad k_{\theta_u} = 1.0$$

- Η περίπτωση κατά την οποία ένα υφιστάμενο υποστύλωμα έχει βλάβες και αποφασίστηκε να μην λαμβάνεται πλέον υπόψη η φέρουσα ικανότητά του («κατάργηση υποστυλώματος»), η κατασκευή μανδύα, θεωρείται ισοδύναμη με την προσθήκη νέου υποστυλώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΒ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης Κορμού

- Η ανεπάρκεια ενός στοιχείου Ο.Σ. σε τέμνουσα λόγω λοξής θλίψης ($V_{sd} > V_{Rd2}$) αντιμετωπίζεται είτε με περισφιγξη είτε με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος, κατά προτίμηση με τη μορφή μανδύα.
- Στην περίπτωση εφαρμογής περισφιγξης, η τέμνουσα σχεδιασμού λόγω λοξής θλίψης V_{Rd2} υπολογίζεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στον ΕΚΩΣ (§ 11.2), Στην περίπτωση προσθήκης νέων στρώσεων ή μανδύα σκυροδέματος ελέγχεται η ανίσωση ασφαλείας:

$$V_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_{Rd}} (V_{Rd,r} + V_{RM})$$

όπου:

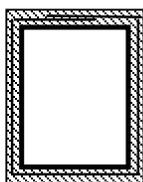
V_{sd} = η δρώσα τέμνουσα σχεδιασμού

$V_{Rd,r}$ = η απομένουσα αντίσταση τέμνουσας του αρχικού δομικού στοιχείου.

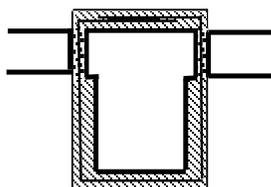
(προκύπτουν με βάση τον ΕΚΩΣ 2000) .

V_{RM} = η αντίσταση σε τέμνουσα V_{Rd2} των πρόσθετων στρώσεων ή του μανδύα. (προκύπτουν με βάση τον ΕΚΩΣ 2000) .

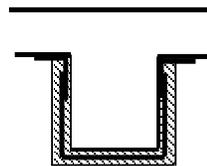
γ_{Rd} = συντελεστής ο οποίος καλύπτει τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τη σύγχρονη επιστράτευση των δύο αντιστάσεων . (Μπορεί να ληφθεί $\gamma_{Rd} = 1,25$)



(α)



(β)

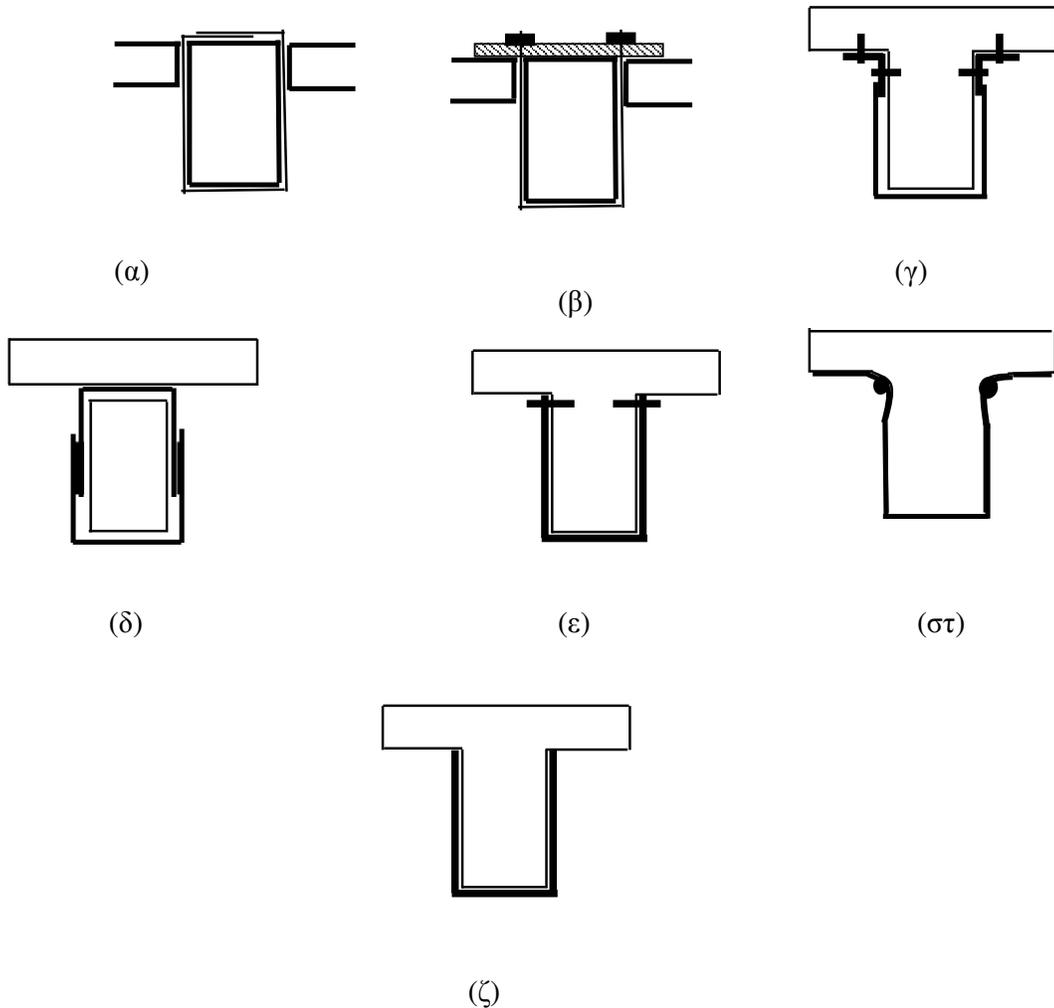


(γ)

Σχήμα 8 : Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη: (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις , (γ) Ανοικτές ενισχύσεις .

Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης

- Η ενίσχυση σε τέμνουσα ενός στοιχείου Ο.Σ. η οποία απαιτείται λόγω ανεπάρκειας του οπλισμού διάτμησης ($V_{sd} > V_{Rd3}$) μπορεί να γίνει είτε με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος, είτε με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή τα οποία επικολλώνται πλήρως επί του στοιχείου, αναλαμβάνοντας ρόλο οπλισμού διάτμησης, ανάλογα με αυτόν του αντίστοιχου συμβατικού οπλισμού.



Σχήμα 9 : Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης :(α), (β) “κλειστή” ενίσχυση, (γ), (δ),(ε),(στ) “ανοικτή” ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα και (ζ) “ανοικτή” ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση και υπό τις προϋποθέσεις του προηγούμενου σχολίου.

- Στην περίπτωση ενίσχυσης με νέες στρώσεις ή μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα, ισχύει η διάταξη της προηγούμενης παραγράφου .
- Στην περίπτωση ενίσχυσης με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή, η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης (V_{Rd3}) υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{jd}$$

όπου

V_{cd} και V_{wd} είναι οι τέμνουσες που αναλαμβάνουν το σκυρόδεμα και οι συνδετήρες του αρχικού στοιχείου

V_{jd} είναι η τέμνουσα που αναλαμβάνει ο νέος οπλισμός διάτμησης

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_j b_w h_{j,ef} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin^2 \alpha$$

όπου:

σ_{jd} είναι η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσης του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης.

ρ_j είναι το γεωμετρικό ποσοστό του εξωτερικού οπλισμού, $\rho_j = \frac{2A_j}{s_j b_j \sin \alpha}$

b_w είναι το πλάτος της διατομής

$h_{j,ef}$ είναι το ενεργό ύψος της ενίσχυσης = $d_j - 0,1d$

d, d_j είναι το στατικό ύψος του αρχικού στοιχείου και του στοιχείου ενίσχυσης, αντίστοιχα.

θ είναι η γωνία μεταξύ του άξονα του στοιχείου και της διεύθυνσης των αναμενομένων λοξών ρωγμών που μπορεί να θεωρηθεί ίση προς 45° .

α είναι η γωνία του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου.

Για $\theta = 45^\circ$ και $\alpha = 90^\circ$ η σχέση απλοποιείται:

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_j b_w \cdot h_{j,ef} = \frac{2 A_{sj}}{s_j} h_{j,ef} \sigma_{jd}$$

όπου $A_{sj} = t_j w_j$, t_j και w_j είναι το πάχος και το πλάτος του εξωτερικού οπλισμού

Για συνεχή φύλλα $t_j = \frac{A_j}{s_j}$, $w_j = s_j$

- Η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσεως του νέου οπλισμού διάτμησης (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 που μπορεί να είναι:

(1) Θραύση του υλικού ενίσχυσης.

(2) Σημαντική διεύρυνση του ανοίγματος μιας κρίσιμης λοξής ρωγμής, πέραν της οποίας μειώνεται η συμβολή του σκυροδέματος (V_c) στην διατμητική αντοχή του μέλους.

(3) Πρόωρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης λόγω ανεπαρκούς αγκύρωσης των άκρων του

$$\sigma_{jd} = E_j \varepsilon_{jd}, \quad \sigma_{jd} = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}}, \quad \varepsilon_{jd} = \frac{\varepsilon_{j,crit}}{\gamma_{Rd}}$$

E_j είναι το μέτρο Ελαστικότητας του υλικού ενίσχυσης.

Ως κρίσιμη τιμή $\varepsilon_{j,crit}$ θεωρείται η μικρότερη τιμή που προκύπτει για τις μορφές αστοχίας (1), (2) και (3). Η τιμή γ_{Rd} μπορεί να τεθεί 1,3 για ενίσχυση με χάλυβα και 1.5 για ενίσχυση με ΙΟΠ.

Κλειστές” ενισχύσεις

- Στην περίπτωση “κλειστών” ενισχύσεων, η κρίσιμη τιμή παραμόρφωσης του υλικού ενίσχυσης ($\varepsilon_{j,crit}$) μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

$$\varepsilon_{j,crit} = k_v \varepsilon_{j,max}$$

όπου k_v είναι ο συντελεστής κατανομής παραμορφώσεων κατά μήκος της κρίσιμης λοξής ρωγμής. Για ενίσχυση με στοιχεία από ΙΟΠ λαμβάνεται $k_v = 0,5$ και $\varepsilon_{j,max} = \min(\varepsilon_{ju}, 1,5\%)$ όπου ε_{ju} είναι η μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση του υλικού.

Για ενίσχυση με στοιχεία από χάλυβα

$$k_v = 1,0 \quad , \quad \varepsilon_{j,\max} = \varepsilon_{j,yd} \quad (\text{παραμόρφωση διαρροής}), \quad \sigma_{j,\text{crit}} = f_{yd}$$

“Ανοικτές” ενισχύσεις

- “Ανοικτές” ενισχύσεις για τις οποίες εξασφαλίζεται η πλήρης αγκύρωση των άκρων τους στα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος ελέγχοντας και όλους τους ενδεχόμενους τρόπους αστοχίας των στοιχείων αγκύρωσης, θεωρούνται οιονεί “κλειστές” ενισχύσεις.
- Στην κατά παρέκκλιση επιτρεπόμενη περίπτωση “ανοικτών” ενισχύσεων (όπου η αγκύρωση των άκρων τους εξασφαλίζεται μόνο με πρόσφυση μέσω συγκολλητικής κόλλας) ελέγχονται και οι τρεις ενδεχόμενες μορφές αστοχίας (1), (2), (3). Για τις μορφές αστοχίας (1) και (2) ισχύουν τα προαναφερθέντα για “κλειστές” ενισχύσεις. Για την μορφή αστοχίας (3) λαμβάνεται:

$$k_v = 0,525 \quad \text{για } \lambda \leq 0,5$$

$$k_v = 0,40 + 0,25\lambda \leq 0,8 \quad \text{για } \lambda > 0,5$$

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

όπου

L_{av} το διατιθέμενο μήκος αγκύρωσης του οπλισμού ενίσχυσης και

$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2f_{cm}}} \quad \text{το αντίστοιχο ενεργό μήκος αγκύρωσης (δηλ. το μήκος αγκύρωσης}$$

πέραν του οποίου η αναλαμβανόμενη δύναμη από το υλικό ενίσχυσης δεν αυξάνεται).

$$\sigma_{j,\max} = \beta \frac{\tau_b^{\text{αποκ.}}}{t_j} L_e$$

$$\tau_b^{\text{αποκ.}} \cong f_{cm}$$

t_j είναι το πάχος του υλικού ενίσχυσης

$\beta = \beta_o \beta_w \beta_L$ διορθωτικός συντελεστής

$\beta_o \cong 0,25$ συντελεστής κατά μήκος κατανομής των διατμητικών τάσεων αντίστασης.

$$\beta_w = \sqrt{\frac{2 - \frac{w_j}{s_j} \sin a}{1 + \frac{w_j}{s_j} \sin a}}$$

συντελεστής επιρροής πλάτους οπλισμού ενίσχυσης, ίσος με $\frac{1}{\sqrt{2}}$ για ενίσχυση με συνεχή φύλλα ή υφάσματα

$$\beta_L = \sin\left(\frac{\pi\lambda}{2}\right) \cong \lambda(2 - \lambda), \text{ συντελεστής επιρροής διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης}$$

$$\beta_L = 1 \text{ αν } \lambda \geq 1,0$$

- Για στοιχεία με κυκλική διατομή η V_{jd}^n υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_{jd}^n = \sigma_{jd} \rho_j \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} (\cot \theta + \cot a) \cdot \sin^2 a$$

όπου:

ρ_j είναι το ογκομετρικό ποσοστό του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης που στην περίπτωση λωρίδων ή κολλάρων είναι ίσο προς $4A_j / D \cdot s_j \cdot \sin a$ ενώ στην περίπτωση ολόσωμων μανδυνών είναι $4t_j / D \cdot \sin a$

D είναι η διάμετρος της διατομής

$A_j = t_j \cdot w_j$ είναι το εμβαδόν της διατομής του σκέλους του οπλισμού διάτμησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

- Η αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας ραβδωτών δομικών στοιχείων επιτυγχάνεται με την επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης.
- Το απαιτούμενο μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιγξης (ω_{wd}) προσδιορίζεται ανάλογα με την τιμή-στόχο του δείκτη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων $\mu_{1/r}$.
- Η σχέση του δείκτη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων $\mu_{1/r}$ και του ω_{wd} εξαρτάται από το είδος του υλικού περίσφιγξης (χάλυβας ή ΙΟΠ).
- **Χαλύβδινης περίσφιγξη** : για τον προσδιορισμό του ω_{wd} μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$\alpha \omega_{wd} = 30 \mu_{1/r} \varepsilon_{yd} (v_d + \omega_{vd}) \frac{b}{b_o} - 0,035$$

όπου:

v_d είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη θλίψης, $v_d = N_d / A_c f_{cd}$,

ω_{vd} είναι το μηχανικό ποσοστό κατακορύφων οπλισμών στον κορμό μεταξύ εφελκόμενου και θλιβόμενου πέλματος,

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ είναι η παραμόρφωση διαρροής διαμήκων ράβδων,

b και b_o είναι το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και του περισφιγμένου πυρήνα αντίστοιχα.

$\alpha = \alpha_s \cdot \alpha_\eta$ είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης και προσδιορίζεται όπως και για συμβατικούς συνδετήρες.

- Σε στοιχεία **ορθογωνικής διατομής** που ενισχύονται με την τεχνική του μεταλλικού κλωβού, ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης (α)

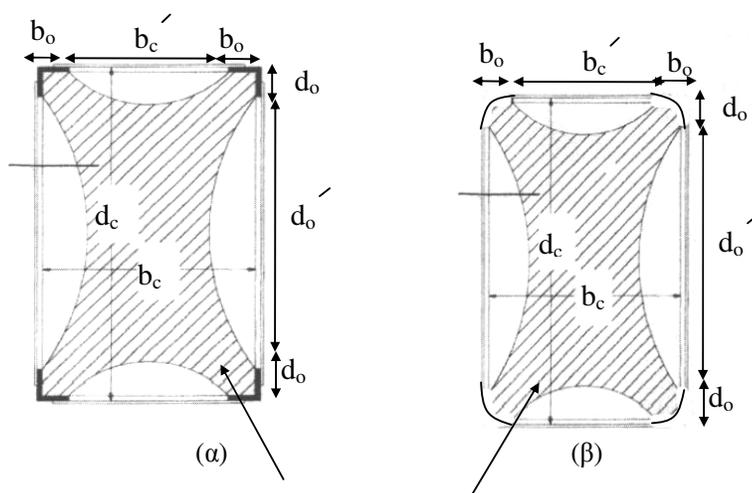
προσδιορίζεται συνυπολογίζοντας την ευεργετική επίδραση των γωνιακών ελασμάτων.

Μπορεί να ληφθεί $\alpha_s = 0,9$

$$\text{Και } \alpha_n = 1 - \frac{1}{3A_c} [b_c^2(1 - \beta)^2 + d_c^2(1 - \gamma)^2]$$

όπου $A_c = b_c \cdot d_c$ και

$$\beta = \frac{2b_o}{b_c}, \quad \gamma = \frac{2d_o}{d_c}$$



Σχήμα 10 : Περισιφισμένο σκυρόδεμα

b_o και d_o είναι οι διαστάσεις των γωνιακών ελασμάτων (συχνά $b_o = d_o = 50$ mm). Η ίδια ως άνω σχέση για το α_n ισχύει και στην περίπτωση που η περίσιφισξη γίνεται με μανδύες ή λωρίδες από ινοπλισμένα πολυμερή, λαμβάνοντας υπ' όψη την ευεργετική επίδραση της εξομάλυνσης των ακμών του στοιχείου, θέτοντας b_o και d_o τα μήκη στρωγγυλοποίησης των πλευρών b_c και d_c αντίστοιχα

v_d είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη θλίψης, $v_d = N_d / A_c f_{cd}$,

ω_{vd} είναι το μηχανικό ποσοστό κατακορύφων οπλισμών στον κορμό μεταξύ εφελκόμενου και θλιβόμενου πέλματος,

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ είναι η παραμόρφωση διαρροής διαμήκων ράβδων,

b και b_o είναι το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και του περισφιγμένου πυρήνα αντίστοιχα.

$\alpha = \alpha_s \cdot \alpha_{\eta}$ είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της περισφιγξης και προσδιορίζεται όπως και για συμβατικούς συνδετήρες.

- Όταν η τεχνική περιλαμβάνει **την προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων** (όπως οι μεταλλικές γωνιακές λάμες στην περίπτωση του μεταλλικού κλωβού), στα οποία ανατίθεται και η ανάληψη μέρους του αξονικού φορτίου, απαιτείται έλεγχος ικανότητας μεταβίβασης των φορτίων από τον αρχικό φορέα. Εάν ο μηχανισμός τριβής που θα αναπτυχθεί λόγω της περισφιγξης είναι ανεπαρκής για τη μεταφορά των φορτίων, απαιτούνται πρόσθετα μέτρα εξασφάλισης της σύνδεσης, (π.χ. αγκύρια ή καρφιά).
- Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται **ινοπλισμένα πολυμερή**, το απαιτούμενο μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό περισφιγξης (ω_{wd}), μπορεί να υπολογιστεί με βάση την σχέση:

$$\mu_{\frac{1}{r}} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{\varepsilon_{cu}^*}{\varepsilon_{sy} + 0,0015} : v_d \lambda \quad \gamma_{Rd} = 1,5 \quad , \quad \lambda = \frac{A_c}{A_o} \cong 1$$

όπου

$$\varepsilon_{cu}^* = \varepsilon_{co} (1,1 + 1,3 a \omega_{wd})^2 \leq 1,5 \varepsilon_{jk} \quad \text{και} \quad \varepsilon_{co} \cong 0,003$$

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

- Η αύξηση της δυσκαμψίας ενός δομικού στοιχείου Ο.Σ., με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος είτε με προσθήκη νέων εξωτερικών στοιχείων, μπορεί να εκτιμηθεί αναλυτικά με θεώρηση του στοιχείου ως σύνθετου μέλους, ή προσεγγιστικά με τη χρήση συντελεστών μονολιθικότητας, εφόσον διατίθενται προς τούτο αξιόπιστα στοιχεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ .

- Η διατμητική ανεπάρκεια κόμβου δοκού-υποστυλώματος (ή δοκού-τοιχώματος) μπορεί να οφείλεται είτε σε διαγώνια θλίψη του κόμβου είτε σε ανεπάρκεια οπλισμού.

ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΛΟΓΩ ΔΙΑΓΩΝΙΑΣ ΘΛΙΨΗΣ ΚΟΜΒΟΥ

- Η ενίσχυση κόμβου έναντι αστοχίας σε διαγώνια θλίψη πραγματοποιείται με αύξηση των διαστάσεών του, μέσω μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα

ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΟΜΒΟΥ

- Η ανεπάρκεια του οπλισμού σε έναν κόμβο αντιμετωπίζεται συνήθως με ενίσχυση με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα, είτε με χιαστί κολλάρα από χαλύβδινα στοιχεία, είτε με επικολλητά ελάσματα από χάλυβα, είτε με υφάσματα από ινοπλισμένα πολυμερή, είτε με προσθήκη νέων οριζοντίων και κατακόρυφων συνδετήρων.

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- Η επάρκεια της ενίσχυσης ελέγχεται αρχικά σύμφωνα με τις γνωστές εξισώσεις λαμβάνοντας υπόψη τις διαστάσεις του ενισχυμένου κόμβου . Αν οι διαστάσεις του κόμβου δεν εξασφαλίζουν την αποφυγή διαγώνιας εφελκυστικής ρηγμάτωσης ο οριζόντιος οπλισμός του μανδύα στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται από την σχέση:

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_{ywd}}$$

και ο κατακόρυφος από την σχέση:

$$A_{jv} = \frac{V_{jv}}{f_{ywd}}$$

όπου V_{jh} και V_{jv} η οριζόντια και κατακόρυφη τέμνουσα στον κόμβο.

Για τον υπολογισμό των V_{jh} και V_{jv}

Αν $\Sigma M_{yb} < \Sigma M_{yc}$, η οριζόντια τέμνουσα (V_{jh}) υπολογίζεται από την γνωστή σχέση και η κατακόρυφη τέμνουσα (V_{jv}) από την σχέση:

$$V_{jv} = V_{jh} \frac{h_b}{h_c}$$

Αν $\Sigma M_{yc} < \Sigma M_{yb}$, η κατακόρυφη τέμνουσα V_{jv} υπολογίζεται από την γνωστή σχέση και η οριζόντια (V_{jh}) από την σχέση:

$$V_{jh} = V_{jv} \frac{h_c}{h_b}$$

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΧΙΑΣΤΙ ΚΟΛΛΑΡΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑΙΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η απαιτούμενη διατομή των χαλυβδίνων στοιχείων σε κάθε διαγώνια διεύθυνση υπολογίζεται από την σχέση:

$$A_{j\delta} = \frac{F_{j\delta}}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$$

όπου $F_{j\delta}$ είναι η διαγώνια εφελκυστική δύναμη στον κόμβο.

Η εφελκυστική δύναμη $F_{j\delta}$ μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση :

$$F_{j\delta} = \frac{V_{jh}}{h_c} h_\delta = \frac{V_{jv}}{h_b} h_\delta$$

όπου h_δ είναι το μήκος της διαγωνίου του κόμβου .

Οι τιμές των τεμνουσών V_{jh} και V_{jv} υπολογίζονται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις προηγούμενες παραγράφους .

Η τιμή του γ_{Rd} μπορεί να ληφθεί ίση προς 2 .

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΚΟΛΛΗΤΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ Η ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

- Το πάχος του ελάσματος ή τους υφάσματος πρέπει να είναι επαρκές να αναλάβει την οριζόντια και κατακόρυφη τέμνουσα.
- Για ενίσχυση με **ελάσματα από χάλυβα**, το απαιτούμενο πάχος τους προσδιορίζεται από την σχέση:

$$t_{ελ} \geq \max \left(\frac{V_{jh}}{h_b \sigma_{jd}}, \frac{V_{jv}}{h_c \sigma_{jd}} \right)$$

h_b και h_c είναι το ύψος της διατομής της δοκού και του υποστρώματος αντίστοιχα,

και $\sigma_{jd} = \frac{f_{yd}}{\gamma_{Rd}}$.

- Για ενίσχυση με υφάσματα από **ινοπλισμένα πολυμερή**, το πάχος του απαιτούμενου υφάσματος με ίνες παράλληλες προς τον άξονα της δοκού προσδιορίζεται από την σχέση $t_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_d \sigma_{jd}}$ ενώ αυτό με ίνες παράλληλες

προς τον άξονα του υποστρώματος από την σχέση $t_{jv} = \frac{V_{jv}}{b_c \sigma_{jd}}$

Η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσης του οπλισμού ενίσχυσης (σ_{jd}), προσδιορίζεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις προηγούμενες παραγράφους. Ο συντελεστής γ_{Rd} μπορεί να τεθεί ίσος με 1,5.

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

- Στην περίπτωση κόμβου με βλάβες, μπορεί να επιλεγεί η τεχνική της αποκατάστασης “ίσης” διατομής, με προσθήκη οριζοντίων και κατακόρυφων συνδετήρων. Η συνολική διατομή των οριζοντίων και κατακόρυφων σκελών συνδετήρων $A_{jh,tot}$ και $A_{jv,tot}$ αντίστοιχα, προσδιορίζονται από τις παρακάτω σχέσεις.

$$A_{jh,tot} \geq \frac{\gamma_{Rd} V_{jh}}{f_{ywd}}$$

$$\text{και } A_{jv,tot} \geq \frac{\gamma_{Rd} V_{jv}}{f_{ywd}}$$

Οι τιμές των τεμνουσών V_{jh} και V_{jv} υπολογίζονται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις προηγούμενες παραγράφους . Λαμβάνεται $\gamma_{Rd} = 1,5$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ζ

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

Επεμβάσεις με Στόχο την Ικανότητα Έναντι Μεγεθών Ορθής Έντασης.

Τοπική Αποκατάσταση Βλαμμένης Περιοχής

- Ισχύουν αντίστοιχα τα αναφερόμενα στο κεφάλαιο Β

Αποκατάσταση Ανεπαρκών Αναμονών

- Όταν το διατιθέμενο μήκος αλληλεπικάλυψης των ράβδων οπλισμού στις περιοχές των ενώσεων δεν είναι επαρκές είναι δυνατή η εξασφάλιση της μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των ράβδων με ηλεκτροσυγκόλλησή τους υπό την προϋπόθεση ότι έχουν εφαρμοστεί οι σχετικές απαιτήσεις των Τεχνικών Προδιαγραφών για ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Επεμβάσεις με Στόχο την Αύξηση της Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Κάμψης

- Η ανεπάρκεια ενός τοιχώματος έναντι κάμψης αντιμετωπίζεται με προσθήκη νέων τμημάτων οπλισμένου σκυροδέματος στην εφελκόμενη και θλιβόμενη ζώνη.,

Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης είναι:

(α) Η προσθήκη υποστλωμάτων στα άκρα

(β) Η μονόπλευρη ενίσχυση και προσθήκη υποστλωμάτων στα άκρα.

(γ) Ο ολόπλευρος κλειστός μανδύας που συνήθως περιλαμβάνει και τη μόρφωση κρυφών υποστλωμάτων στα άκρα (προτιμώμενος τρόπος επέμβασης).

- Για την διαστασιολόγηση του ενισχυμένου τοιχώματος εφαρμόζονται αντίστοιχα οι διατάξεις του κεφαλαίου Β και για τον έλεγχο των διεπιφανειών οι διατάξεις του κεφαλαίου Δ .

Επεμβάσεις με Στόχο την Αύξηση της Φέρουσας Ικανότητας Τέμνουσας

Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης Κορμού

- Η ανεπάρκεια ενός τοιχώματος έναντι λοξής θλίψης κορμού ($V_{sd} > V_{Rd2}$) μπορεί να αντιμετωπισθεί με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος κατά προτίμηση με την μορφή μανδύα.
- Για την διαστασιολόγηση του ενισχυμένου τοιχώματος και τον έλεγχο των διεπιφανειών εφαρμόζονται οι διατάξεις των προηγούμενων κεφαλαίων .

Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης

- Η ενίσχυση σε τέμνουσα ενός τοιχώματος που απαιτείται λόγω ανεπάρκειας του οπλισμού διάτμησης μπορεί να επιτευχθεί με μία από τις ακόλουθες τεχνικές :
 - (i) με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος
 - (ii) με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή που επικολλώνται ή περισφίγγουν το στοιχείο αναλαμβάνοντας ρόλο οπλισμού διάτμησης αντίστοιχων με αυτόν του συμβατικού οπλισμού.
- Οι απαιτήσεις για την εφαρμογή των τεχνικών επέμβασης ακολουθούν τις αντίστοιχες που αναφέρονται για τα ραβδωτά μέλη
- Για την διαστασιολόγηση του ενισχυμένου τοιχώματος και τον έλεγχο των διεπιφανειών εφαρμόζονται οι διατάξεις των προηγούμενων κεφαλαίων .

Ολίσθηση Τοιχώματος

- Ολίσθηση τοιχώματος συχνά σε θέσεις αρμού διακοπής των εργασιών σκυροδέτησης μπορεί να αντιμετωπίζεται είτε με την προσθήκη τοπικού μανδύα είτε με την προσθήκη κατακόρυφων μεταλλικών στοιχείων καλά αγκυρωμένων εκατέρωθεν του αρμού.

- Σε κάθε περίπτωση η ανάληψη των διατμητικών δυνάμεων στη διεπιφάνεια του αρμού εξασφαλίζεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα .

Επεμβάσεις με Στόχο την Αύξηση της Πλαστιμότητας

- Η αύξηση της διατομής του θλιβομένου πέλματος (με την προσθήκη εγκάρσιου τοιχώματος ή με την τοπική διεύρυνση του άκρου του τοιχώματος σε μορφή “ακραίου υποστυλώματος”), μπορεί να αυξήσει την πλαστιμότητα του τοιχώματος.
- Εάν τοποθετηθούν πρόσθετοι εγκάρσιοι σφικκτήρες, πέραν όσων απαιτούνται για τον έλεγχο των διεπιφανειών, επιτρέπεται να ληφθεί υπόψη η ευνοϊκή για την πλαστιμότητα εγκάρσια θλίψη.

Έλεγχος Διεπιφανειών Ενισχυομένων Τοιχωμάτων

- Η διανυσματική διαφορά του συνόλου των δυνάμεων που αναλαμβάνονται από το ενισχυμένο τοίχωμα, και εκείνων που αναλαμβάνονται από το υφιστάμενο τοίχωμα, συνιστά τις δρώσες διατμητικές δυνάμεις επί των διεπιφανειών παλαιού/νέου σκυροδέματος.
- Οι διατμητικές αυτές δυνάμεις πρέπει (σ’ όλες τις περιοχές των διεπιφανειών), να είναι μικρότερες απ’ τις διατμητικές αντιστάσεις οι οποίες επιστρατεύονται μετά από σχετική ολίσθηση, συμβατή με την στοχευόμενη στάθμη επιτελεστικότητας.