

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
4^Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 24-11-2015
ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ Ο.Σ.

Δρ Κυριαζόπουλος Αντώνης
Αναπληρωτής καθηγητής πολιτικός μηχανικός

ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ Ο.Σ.- ΜΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

Παραδοσιακές μέθοδοι

Κατασκευές και τεχνικά έργα υποδομής παγκόσμια - όριο συμβατικής διάρκειας ζωής τους

Συνεπώς: Έλεγχοι -επέμβαση ,για αποκατάσταση στατικής επάρκειας.

Ταχεία γήρανση κατασκευών (δυσμενές, έντονα διαβρωτικό περιβάλλον) -Ανάγκη επέμβασης.

Άλλοι παράγοντες: αλλαγή χρήσης μίας κατασκευής, καθώς και αύξηση σεισμικής απαίτησης ΛΟΓΩ νέων αντισεισμικών -κατασκευές σε περιοχές **αυξημένης σεισμικής διακινδύνευσης**.

Αποδοτικότερη εφαρμογή μεθόδων επισκευή και ενίσχυση κατασκευών με χρήση υλικών και τεχνολογιών -αποκατάστασης ή βελτίωσης στατικής επάρκειας οικονομικά και αποτελεσματικά.

Υλικά: το σκυρόδεμα και ο χάλυβας.

Πλεονέκτημα σε σχέση με τα νέα υλικά, (ινοπλισμένα ,πολυμερή)

Πολύ καλή γνώση ιδιοτήτων τους και μακροχρόνια εφαρμογή τους στην πράξη.

Κατασκευές ΜΕ βλάβες λόγω σεισμικής δράσης -επισκευάστηκαν ή ενισχύθηκαν με παραδοσιακές μεθόδους, κατά κανόνα επέδειξαν πολύ καλή συμπεριφορά σε μεταγενέστερους σεισμούς.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης :

Εξαιρετικά αξιόπιστες - συνήθης πρακτική επέμβασης - υφιστάμενες κατασκευές.

Επιλογή της πλέον κατάλληλης ΓΙΑ απόδοση και οικονομία.

Προϋπόθεση:

- ❑ Εμπειρία μηχανικού της μελέτης αποτίμησης και ανασχεδιασμού.
- ❑ Ακριβής γνώση υφιστάμενης κατάστασης -πρόγραμμα διαγνωστικών ελέγχων.
- ❑ Προσδιορισμός με ακρίβεια: ιδιότητες του σκυροδέματος και του χάλυβα οπλισμών.

Δύο γενικές προσεγγίσεις:

❖ **Ενεργητικές μέθοδοι:** δομικά στοιχεία αναβαθμίζονται για παραλαβή μελλοντικών (κινητά, επικαλύψεις, κτλ.) και παρόντων (μόνιμων) φορτίων.

Περιλαμβάνουν προένταση ή τοποθέτηση μανδύων στα ενισχυόμενα μέλη ΓΙΑ κατάργηση των παραμενουσών τάσεων σε αυτά.

❖ **Οι παθητικές μέθοδοι :**επεμβάσεις παραλαβής ΜΟΝΟ μελλοντικών φορτίων.

Ο πρόσθετος οπλισμός **ενεργός μόνο αφού η διατομή υποστεί παραμορφώσεις** λόγω των νέων φορτίων.

Διαστασιολόγηση επεμβάσεων

- ❑ Η συμπεριφορά του στοιχείου **ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ απόκρισης** διεπιφάνειας παλαιού νέου στοιχείου.
- ❑ **Απόκριση διεπιφάνειας:** μεταβολή ανάλογη βαθμού ολίσθησης λόγω σύνδεσης των δύο στοιχείων κατά μήκος της μεταξύ τους διεπιφάνειας

Εκφράζεται: μέσω διαγράμματος διατμητικού φορτίου-ολίσθησης.

Ο υπολογισμός της σχετικής ολίσθησης APA ο σχεδιασμός των σύνθετων μελών μετά την επέμβαση προϋποθέτει : αναλυτικά προσομοιώματα -ιδιαιτέρα πολύπλοκη.

Συνήθη οικοδομικά έργα : εφαρμογή απλούστερης προσεγγιστικής μεθόδου

Κατάλληλοι συντελεστές μονολιθικότητας.

Συντελεστές μονολιθικότητας

Διορθωτικοί συντελεστές αβεβαιότητας στην προσομοίωση διατομών .

- Συσχετισμός πραγματικών χαρακτηριστικών απόκρισης επισκευασμένης ή ενισχυμένης διατομής με τα αντίστοιχα μιας μονολιθικής διατομής

Συντελεστές μονολιθικότητας δυσκαμψίας K_k - συντελεστές μονολιθικότητας αντοχής K_r .

- μειωτικοί συντελεστές: **τιμές μικρότερες ή ίσες της μονάδας.**

Συνήθως $K_k < K_r$, - ασυνέχεια μεταξύ παλαιού , νέου στοιχείου- επιδρά περισσότερο στη

δυσκαμψία από **αντοχή** **στοιχείου**.

- ✓ Η επιλογή συντελεστών μονολιθικότητας για κάθε είδος βάση πειραματικά αποτελέσματα, αξιοπιστία πειραμάτων

- **έλλειψη πειραματικών δοκιμών**, για διαστασιολόγηση επισκευασμένων ή ενισχυμένων στοιχείων -σε μεγάλο βαθμό η κρίση του μηχανικού του έργου.

ΕΠΙΔΙΩΞΗ: μέγιστος δυνατός βαθμός **μονολιθικότητας της σύνθετης διατομής.**

όλα τα απαραίτητα μέτρα, (επαρκής αριθμός βλήτρων και αγκυρίων),

ικανοποιείται το συμβιβαστό των παραμορφώσεων στη διεπιφάνεια παλαιού και νέου.

Επισκευή μικρών σχετικά βλαβών, - ελαφρά ρηγματώση

Αποκατάσταση: εποξικές ρητίνες -μερική αποδιοργάνωση σκυροδέματος της διατομής
τοπική αποκατάσταση ίσης διατομής, -- συντελεστές μονολιθικότητας ίσοι με τη μονάδα
δυσκαμψίας και αντοχής του επισκευασμένου .

Ενίσχυση με χρήση επικολητών χαλύβδινων φύλλων ΕΠΙΛΟΓΗ συντελεστές
μονολιθικότητας =1 (αν όχι πληρέστερα πειραματικά αποτελέσματα).

α. Συντελεστές Μονολιθικότητας Δυσκαμψίας

Η απομείωση αδρανειακών χαρακτηριστικών της σύνθετης διατομής μετά την επέμβαση
ως προς τα αντίστοιχα της ίδιας διατομής θεωρούμενης ως μονολιθικής

$$K_k = \frac{\text{Δυσκαμψία σύνθετης διατομής}}{\text{Δυσκαμψία " ίδιας " μονολιθικής διατομής}} \leq 1$$

Μικρότεροι συντελεστές μονολιθικότητας : **μείωση των εντατικών μεγεθών ΓΙΑ**
επισκευασμένα ή ενισχυμένα στοιχεία, **ΑΥΞΗΣΗ εντατικών για τα υπόλοιπα.**

β. Συντελεστές Μονολιθικότητας Αντοχής

ΜΕΙΩΣΗ αντοχής ΓΙΑ αξονικό, διατμητικό ή καμπτικό φορτίο, σύνθετης διατομής σε σχέση
με αντίστοιχη της ίδιας διατομής θεωρούμενης ως μονολιθικής

$$K_r = \frac{\text{Αντοχή σύνθετης διατομής}}{\text{Αντοχή " ίδιας " μονολιθικής διατομής}} \leq 1$$

Συντελεστές μονολιθικότητας αντοχής

Σε κάθε ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΙΣΧΥΕΙ ΠΑΝΤΑ

$$S_d \leq K_r R_d$$

S_d **δράση** και R_d **αντίσταση** σχεδιασμού του μέλους, αντίστοιχα, για το συγκεκριμένο είδος καταπόνησης.

Μικρότεροι συντελεστές μονολιθικότητας αντοχής
διατομής.



αύξηση του σπλισμού

Επισκευή και ενίσχυση δοκών

Δοκοί : συνηθισμένο αντικείμενο επέμβασης,

Βλάβες - πρόσθετα φορτία που καλούνται να παραλάβουν.

Η επέμβαση **μόνο για επισκευή** των υφιστάμενων βλαβών, ή:

την ενίσχυση της δοκού, : περαιτέρω βελτίωση των ιδιοτήτων της.

Σε σεισμική καταπόνηση: οι βλάβες **ΚΥΡΙΑ σε κόμβο δοκού και υποστυλώματος.**

Επέμβαση στις βλαμμένες δοκούς : μέρος ενός ευρύτερου σχεδίου επεμβάσεων

Περιλαμβάνει κόμβους και κατακόρυφα στοιχεία που συντρέχουν σε αυτούς.

Επισκευή Δοκών

Στόχος : αποκατάσταση χαρακτηριστικών πριν τις βλάβες από αντοχή όσο και δυσκαμψία.

Μέθοδος επισκευής : από το βαθμό βλάβης ΔΟΚΟΥ.

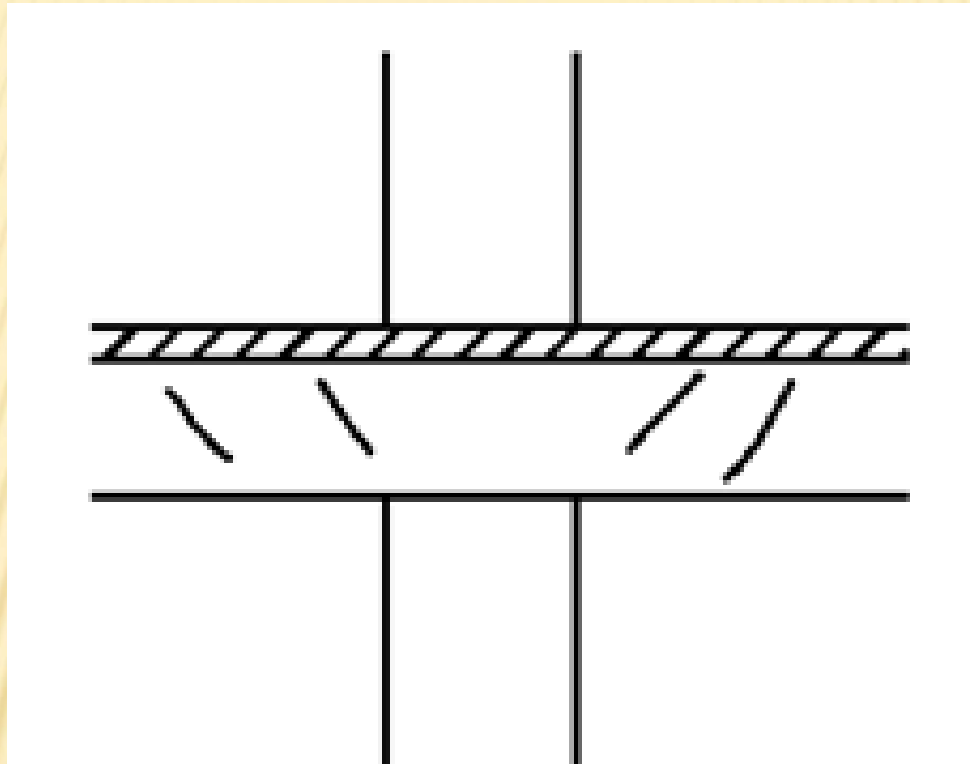
Ελαφρές βλάβες, : επισκευή δοκού -συγκόλληση των ρωγμών με εποξική ρητίνη (Σχήμα 1)

Ρηγμάτωση ΚΑΙ επιφανειακή αποφλοιώση του σκυροδέματος **χωρίς αποδιοργάνωση**

σκυροδέματος της διατομής του πυρήνα

Αποκατάσταση φλοιού : επισκευαστικό κονίαμα. βάση : ρητίνη,

Βάθος αποφλοιώσης μεγαλύτερο: μη συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο



Σχ 1.Ρητινενέσεις για συγκόλληση ρωγμών σε δοκό.

Τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση

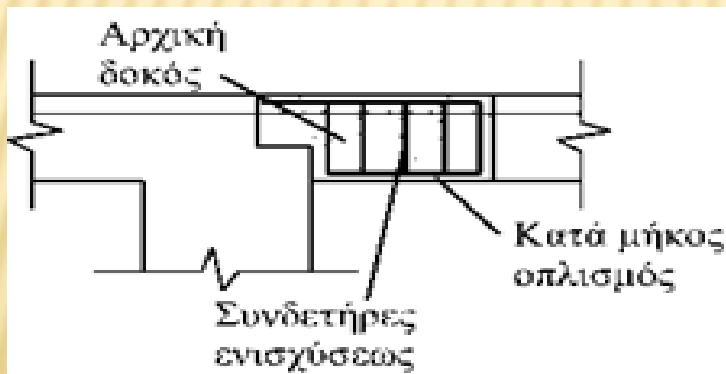
ΤΑ ακόλουθα βήματα:

- Υποσύλωση της δοκού.
- Καθαίρεση αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Τοποθέτηση στην εξωτερική παρειά της δοκού ελαφρού δομικού πλέγματος (σχ2)
- Διάστρωση εκτοξευόμενου ή έγχυτου σκυροδέματος.

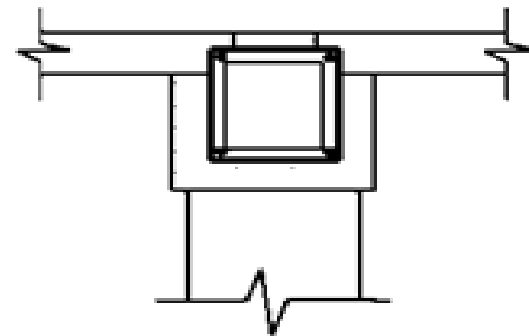
Εναλλακτικά : ενίσχυση της δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.

Πρώτα θραύση της πλάκας στην περιοχή του μανδύα - εκτράχυνση της επιφάνειας τοποθετούνται κατά μήκος οπλισμοί και συνδετήρες (Σχήμα 3).

έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.



Σχ 2. Επισκευή δοκού με ελαφρύ δομικό πλέγμα



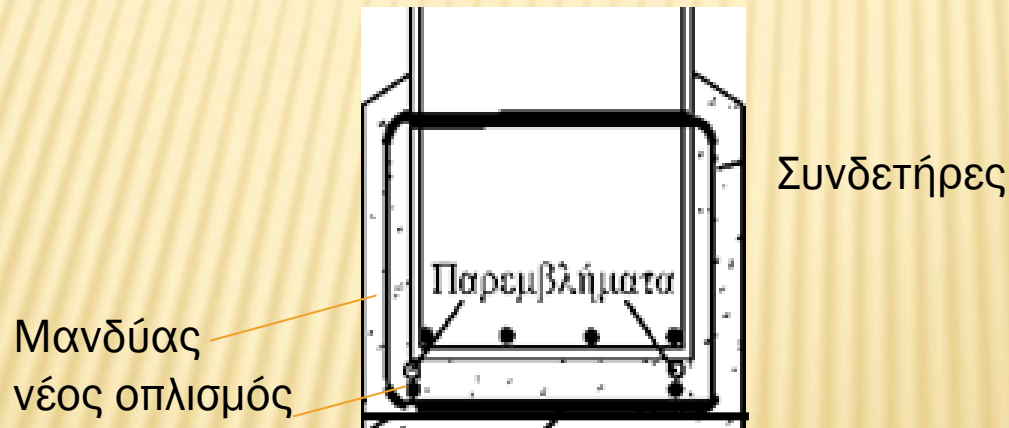
Σχ 3 . Επισκευή δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.

ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ

Αποκάλυψη υπάρχοντος οπλισμού και συγκόλληση νέου οπλισμού κάμψης πάνω στον παλαιό μέσω παρεμβλημάτων (Σχήμα 4).

Σύνδεση του μανδύα με την υφιστάμενη διατομή από σκυρόδεμα γίνεται με συνδετήρες, (αγκυρώνονται σε οριζόντιες οπές στον κορμό της δοκού -Σχ 4. η χημικά -μηχανικά βλήτρα.

Ενίσχυση δοκού (αύξηση πάχους υπερκείμενης πλάκας), Συνδετήρες περικλείουν ολόκληρη την ενισχυόμενη δοκό.



Σχ4. Μανδύας για επισκευή δοκού σε κάμψη.

Πρόβλημα μανδύα,

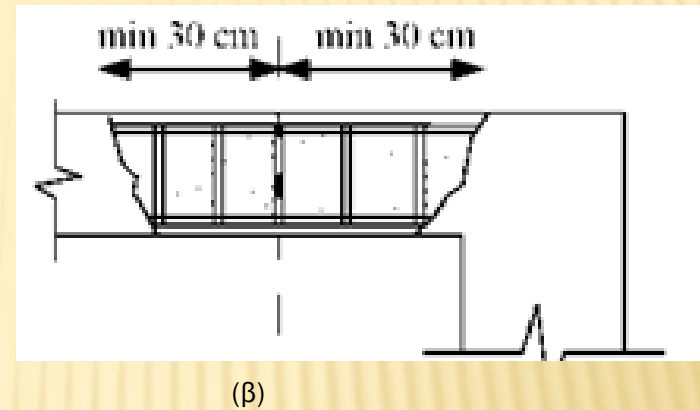
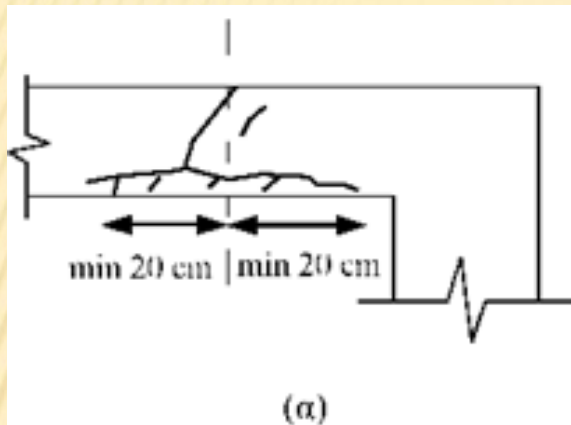
Συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος.

Σκυρόδεμα με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή αντικατάσταση τσιμέντου από μη συρρικνούμενη κονία,

Κόκκοι αδρανούς μικρότεροι ή ίσοι με κόκκους υπάρχοντος σκυροδέματος.

ΓΙΑ πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού : βλάβες ΣΕ διαμήκη, και εγκάρσιο οπλισμό, ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ:

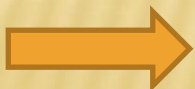
- **Υποστύλωση της δοκού.**
- **Καθαίρεση αποδιοργανωμένου σκυροδέματος σε βλαμμένο τμήμα δοκού (Σχήμα 5α) προσεκτικός καθαρισμός της εναπομένουσας διατομής.**
- **Έλεγχος υπάρχοντος διαμήκους οπλισμού και ενίσχυση αυτού (εάν απαιτείται) με ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων.**
- **Απομάκρυνση των διαρρηγμένων και τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων (Σχήμα 5β).**
- **Διαμόρφωση των παρειών του παλαιού σκυροδέματος.**
- **Τοποθέτηση ξυλότυπου.**
- **Σκυροδέτηση του καθαιρεθέντος τμήματος με έγχυτο σκυρόδεμα ή διάστρωση εγκιβωτισμένου σκυροδέματος (pre-packed concrete).**



Σχήμα 5. Επισκευή δοκού με καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής. (α) Ρηγματωμένη διατομή. (β) Προσθήκη νέου οπλισμού.

σωστή εφαρμογή παραπάνω μεθόδων,

δυσκαμψία - αντοχή μπορούν να αποκατασταθούν πλήρως.



διορθωτικοί συντελεστές μονολιθικότητας **K_k** και **K_r = 1**

Ενίσχυση Δοκών

- Κατάλληλη μέθοδος ενίσχυσης : επιδιωκόμενος στόχος.
- Δοκοί κατασκευής που ανασχεδιάζεται.
- Ενίσχυση σε ανεπαρκή καμπτική ή/και διατμητική αντοχή
- Απαιτήσεις - κριτήρια σχεδιασμού - **επιλεγείσας στάθμης επιτελεστικότητας**,
- **Άλλος λόγος ενίσχυσης** : αύξηση των φορτίων δοκού λόγω αλλαγής χρήσης του κτιρίου.

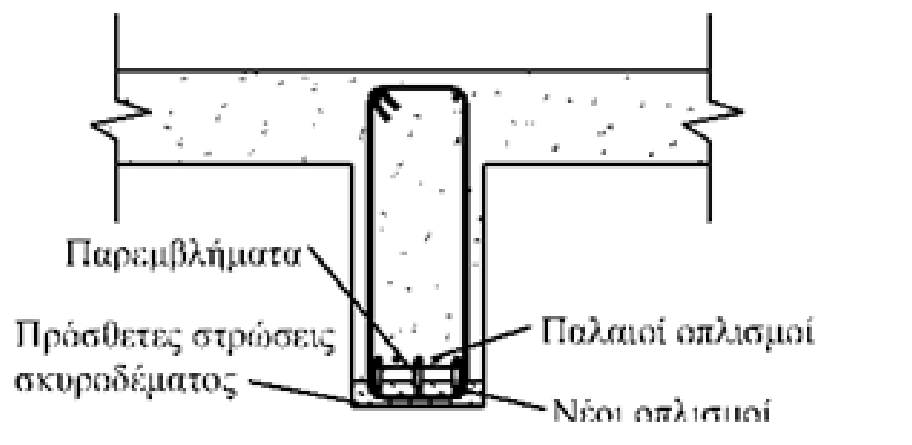
Ενίσχυση σε Κάμψη με Πρόσθετες Στρώσεις Σκυροδέματος

- ✓ Αντοχή δοκού σε κάμψη δεν πληροί κριτήρια σχεδιασμού,
- ✓ **Ενίσχυση του εφελκυόμενου πέλματος** με νέους διαμήκεις οπλισμούς
- ✓ Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε όλο το πλάτος της δοκού.
- ✓ Πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος 7 - 10 cm

Σπανιότερα σε ενίσχυση θλιβόμενου πέλματος όχι νέος οπλισμός,

Αντί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί έγχυτο. Σχήμα 6

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Προ εφαρμογής μεθόδου -αποφόρτιση της ενισχυόμενης δοκού στο μέγιστο.



ΣΧ 6. Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος

Κατασκευή μανδύα: σύνδεση υπάρχοντος με νέο οπλισμό μέσω **παρεμβλημάτων**.

Παρεμβλήματα : καβίλιες ή αναρτήρες (απόσταση)

Εναλλακτικά, πάχος νέας στρώσης σκυροδέματος μεγάλο, η σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου (**μονόμητα ή δίμητα βλήτρα**).

Πλεονέκτημα βλήτρων: **αρνητικές συνέπειες της ηλεκτροσυγκόλλησης του χάλυβα.**

Επιφάνεια πέλματος που ενισχύεται : εκτράχυνση ως αποκάλυψη αδρανών υδροβολή ή κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό.

Προσεκτική προετοιμασία της διεπιφάνειας για τη σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου

Ιδιαίτερα κρίσιμη για μη αποκόλληση πρόσθετων στρώσεων σκυροδέματος όταν η ενισχυμένη δοκός κληθεί να παραλάβει τα επιπλέον φορτία

Μειονεκτήματα μεθόδου ενίσχυσης δοκών με προσθήκη στρώσεων σκυροδέματος

Κυριότερο :νέο σκυρόδεμα, έγχυτο η εκτοξευόμενο, -**συστολή ξηράνσεως ως πλήρη αντοχή** αντίθετα οι διαστάσεις αρχικού στοιχείου παραμένουν πρακτικά αμετάβλητες.

ΤΑ στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους -συμπεριφέρονται ενιαία –λόγω συστολής ξηράνσεως νέου σκυροδέματος παρεμποδίζεται, ΚΑΙ **αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις.**

Αν τάσεις σημαντικές :

Ρηγμάτωση προστιθέμενου στοιχείου -αποκόλλησή του από υφιστάμενη διατομή.

Χρήση σκυροδέματος με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή μη συρρικνούμενη κονία.

Άλλο πρόβλημα λόγω αύξησης διατομής :διάβρωση νέου οπλισμού και των βλήτρων σε επαφή με παλαιό σκυρόδεμα λόγω **ηλεκτροχημικής διάβρωσης** του σκυροδέματος αυτού.

Συντελεστές μονολιθικότητας διαστασιολόγηση νέων στοιχείων είναι $K_k = 0.85$ και $K_r = 0.90$.

ΣΥΣΤΑΣΗ :νέα υλικά, χάλυβα και σκυροδέματος, **ΟΧΙ ασθενέστερα** υφιστάμενων υλικών.

Ενίσχυση με Προσθήκη Νέων Μεταλλικών Μελών

Προσθήκη νέων μελών :οικονομική -αποδοτική από ενίσχυση οπλισμένου σκυροδέματος. Από αντοχή υπερκείμενης πλάκας, τα πρόσθετα μέλη μεταξύ υφιστάμενων δοκών η σε επαφή με πλευρικές παρειές τους.

Πλεονέκτημα τοποθέτησης στο μεσοδιάστημα μεταξύ των δοκών : μείωση ανοίγματος πλάκας στο μισό, **-αυξάνεται σημαντικά η φέρουσα ικανότητα** πλάκας όσο των δοκών (Σχ.6)

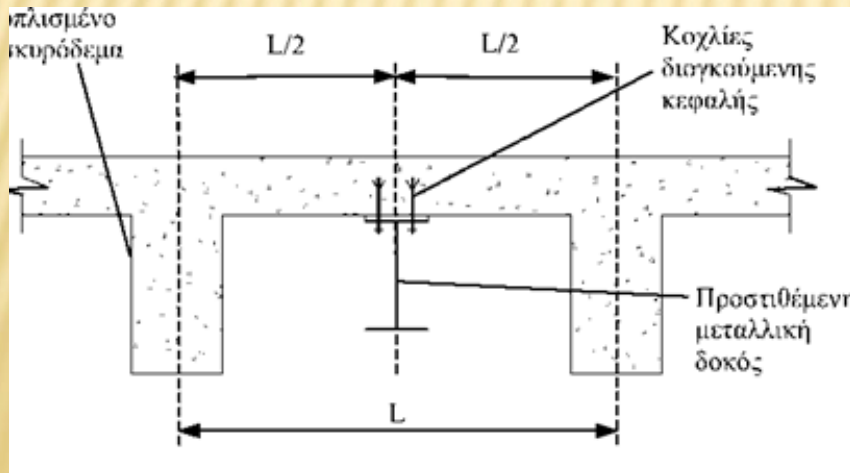
Εξασφαλίζει συνεργασία για παραλαβή των φορτίων.

Νέα σύνθετη διατομή αυξημένη αντοχή σε σχέση με αρχική.

Παθητική προσέγγιση, οι νέες δοκοί παραλαμβάνουν μόνο τα πρόσθετα φορτία Υπάρχουσα πλάκα και δοκοί εξακολουθούν να φέρουν το ίδιο βάρος τους.

Ενεργητική προσέγγιση, απαιτείται ανύψωση με γρύλους της πλάκας και των δοκών – αναίρεση παραμορφώσεων λόγω φορτίων βαρύτητας πριν τοποθέτηση των νέων μελών.

Διαδικασία επίπονη και συχνά με μικρή ωφέλεια.



ΣΧ 6. Προσθήκη μεταλλικών δοκών στο μέσο του ανοίγματος της πλάκας

Πρόσθετα μέλη από δομικό χάλυβα αντί για σκυρόδεμα.

Πλεονεκτήματα :

Ευκολότερο-ταχύτερο

Κατασκευή νέων δοκών από σκυρόδεμα **απαιτεί κατασκευή ξυλότυπου και υποστήλωση.**

Σκυροδέτηση δύσκολη (υφιστάμενη πλάκα).

Αποδοτικότητα πρόσθετων μεταλλικών δοκών : **συμβιβαστό των παραμορφώσεων** στη

διεπιφάνεια τους με τις ενισχυόμενες δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Προσθήκη μεταλλικών διατομών U σε κάθε πλευρά μιας υφιστάμενης δοκού (σχ7α)

- Οι δοκοί συνδέονται με περαστά αγκύρια και κοχλίωση στις άκρες
- Στην πλάκα άνω της δοκού εκκένωση κινητών φορτίων
- ❖ παρόμοια τεχνική ενίσχυσης δοκών (7β). **Εύκαμπτες μεταλλικές διατομές U** στις δύο παρειές της δοκού που ενισχύεται, αλλά συνδέονται με αυτή μόνο στα άκρα τους.

Ο σκοπός της σύνδεσης :

Ανακούφιση υφιστάμενης δοκού από μέρος ν φορτίων- **επιβάλλεται τιμή θετικής παραμόρφωσης στις δοκούς η σφήνες στο κενό μέταλλου -πλάκας**

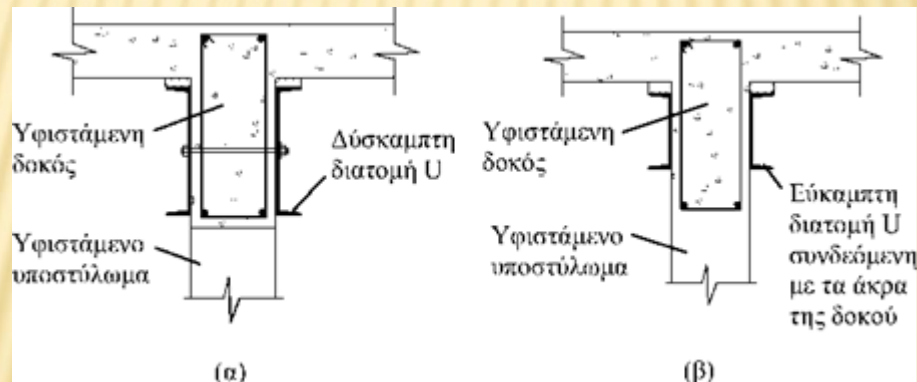
Πλεονέκτημα μεθόδου ενίσχυσης σε σχέση με αυτή στο Σχήμα 7α

Δεν απαιτείται ικανοποίηση του συμβιβαστού των παραμορφώσεων στη διεπιφάνεια

Δυσκαμψία των μεταλλικών όχι συγκρίσιμη με αυτή των δοκών από σκυρόδεμα



Ελαφροί εύκαμπτοι μεταλλικοί δοκοί, (βαριές δύσκαμπτες δοκοί προηγούμενης μεθόδου).



Σχήμα 7. Προσθήκη νέων μεταλλικών μελών στις παρειές υφιστάμενης δοκού.
(α) Δύσκαμπτες διατομές. (β) Εύκαμπτες διατομές.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

- ❑ Αυξημένες απαιτήσεις πυροπροστασίας,
- ❑ Λόγοι αισθητικής επιβάλλουν παρουσία αποκλειστικά σκυροδέματος στην κατασκευή
- ❑ Κόστος μεταφοράς χάλυβα μεγάλο σε σχέση με το κόστος της παραγωγής σκυροδέματος
- ❑ Επιλογή : αύξηση της διατομής με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος,
- ❑ Χρήση νέων μεταλλικών μελών : πιθανά δυσκολίες στις θέσεις των συνδέσεων με στύλους

Ενίσχυση με Μείωση του Ανοίγματος της Δοκού

- ΟΤΑΝ Καμπτική αντοχή δοκού είναι ανεπαρκής,
- **Προϋπόθεση** :βρίσκεται στο ισόγειο κατασκευής,
- ✓ **Ενίσχυση** : μειώνοντας το άνοιγμά της.
- ✓ **Νέα πρόσθετα υποστυλώματα- απαιτούν θεμέλια,**
- ❖ Κόστος επέμβασης ενδέχεται **απαγορευτικό**.

Εναλλακτικά μειώνεται με διαγώνιους συνδέσμους όχι πρόσθετα θεμέλια. (Σχήμα 8).

□ Μειονέκτημα :

- **Θυσιάζεται ωφέλιμος χώρος** κάτω από τις ενισχυόμενες δοκούς.
- **Ενδείκνυται η χρήση στοιχείων από χάλυβα**, όχι συστολή ξηράνσεως γρήγορη εγκατάσταση
- **Ένα ζεύγος χαλύβδινων αγκυρίων** επαρκεί για την αγκύρωση των νέων μελών (θλίψη)



Σχ.8 Μείωση του ανοίγματος δοκού με χρήση μεταλλικού υποστυλώματος

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ

- ❖ Αντί διαγώνιων συνδέσμων -ενισχύσεις στις γωνίες των πλασιίων
- ❖ Μείωση απώλειας ωφέλιμης επιφάνειας κάτω από τη δοκό.
- ❖ **Ενισχύσεις επιβάλλουν οριζόντιες δυνάμεις στα υποστυλώματα που συνδέονται**
- ❖ Καταπόνηση σε επιπλέον κάμψη και διάτμηση.
- ❖ Αντίθετα, οι διαγώνιοι σύνδεσμοι μεταφέρουν φορτία στη βάση του υποστυλώματος
- ❖ εύκολη παραλαβή από υποκείμενη πλάκα.

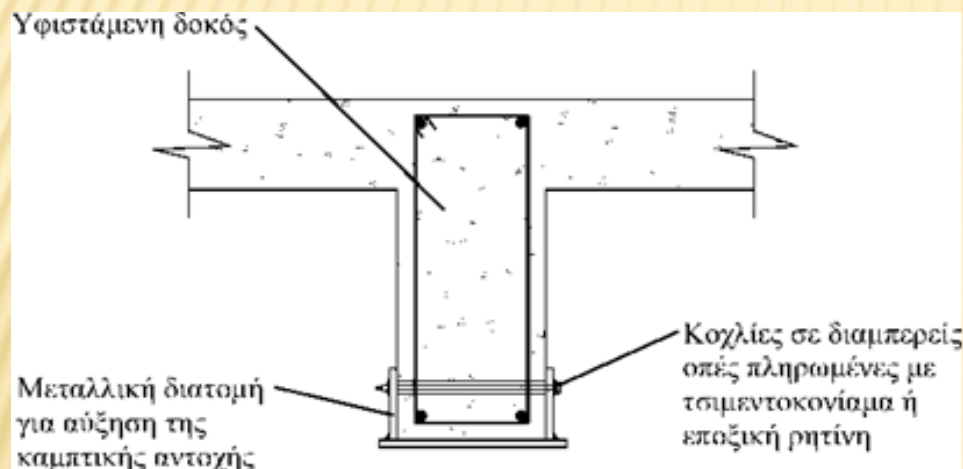
Ενίσχυση με Προσθήκη Κοχλιωμένου Εφελκυσμένου Οπλισμού

Καμπτική αντοχή δοκού δεν επαρκεί, ενίσχυση επιτόπου - προσθήκη χαλύβδινων ελασμάτων η συγκολλητών μεταλλικών διατομών -κοχλιώνονται στη δοκό.

Η συγκολλητή διατομή σχήματος ανεστραμμένου Π (Σχ. 9)

ΧΡΗΣΗ: Όταν εμβαδό απαιτούμενου πρόσθετου οπλισμού σημαντικό.

Παθητική προσέγγιση - νέος χάλυβας ανενεργός έως παραμόρφωση σκυροδέματος



Σχ 9 Κοχλιωτή σύνδεση συγκολλητής μεταλλικής διατομής για αύξηση της καμπτικής αντοχής υφιστάμενης δοκού από σκυροδέμα.

Μέγεθος - απόσταση κοχλιών εξαρτώνται από μέγεθος φορτίων σχεδιασμού

Θέσεις συνδέσεων μέσω ς **εφελκυστικής και διατμητικής** αντοχής κοχλιών.

Σε πλήρη διαπέραση - ιδιαίτερη προσοχή επιλογής θέσης οπής

Συνιστάται θέση ς οπής σε **μεγαλύτερη απόσταση** από άξονα διαμήκους οπλισμού

Μία παραλλαγή σύνδεσης μεταλλικών ελασμάτων

- Στην κάτω παρειά δοκού : χρήση χημικώς πακτωμένων αγκυρίων.
- ❖ Προϋπόθεση :σάρωση παρειάς δοκού για εντοπισμό διαμήκων ράβδων,
- ❖ Αποφυγή βλαβών στην τοποθέτηση των αγκυρίων.
- **Εναλλακτικά δύο ελάσματα**, ένα στην πάνω και ένα στην κάτω παρειά δοκού.

Συνδέονται μέσω κοχλιών ΠΕΡΑΣΤΑ κάθετα σε όλο το ύψος δοκού.

ΧΡΗΣΗ : Όταν η δοκός παρουσιάζει μεγάλη ανεπάρκεια αντοχής.

Μειονέκτημά :

Διάνοιξη οπών καθ' ύψος της δοκού είναι δύσκολη.

Ειδική επικάλυψη επιφάνειας πλάκας -κάλυψη ελάσματος και αγκυρίων του.

Εκτός από αντοχή, αύξηση και δυσκαμψία δοκού.

Με τον ανασχεδιασμό δοκού :απαίτηση σημαντικής αύξησης εφελκυσμένου οπλισμού:

Μόνο μεταλλικά στοιχεία πολύ μεγάλου μεγέθους,

Τότε αριθμός και διάμετρος των κοχλιών συνδέσεων εξαιρετικά μεγάλος και μη ρεαλιστικός.

Επιλέγεται κάποια άλλη μέθοδος ενίσχυσης της δοκού.

Ενίσχυση με Προσθήκη Επικολητών Χαλύβδινων Ελασμάτων

Αντί για κοχλίες, επικόλληση χαλυβδοελασμάτων με χρήση εποξικής κόλλας

Αύξηση καμπτικής αντοχής δοκού.

Επικόλληση ελασμάτων ευκολότερη από διάνοιξη οπών και κοχλίωσή τους

Εργασίες ενίσχυσης γρήγορα, μικρή επιβάρυνση υφιστάμενης κατασκευής και όχληση.

Επιτυγχάνεται και αξιοσημείωτη αύξηση της καμπτικής δυσκαμψίας.

Είναι απόλυτα εξαρτημένο από την ποιότητα της εργασίας,

Ιδιαίτερα στη φάση εφαρμογής της εποξικής κόλλας.

ΚΙΝΔΥΝΟΣ!!! κακή προετοιμασία επιφάνειας σκυροδέματος -ελαττωματική κόλλα –μη

προσεκτική διαδικασία --τελικό αποτέλεσμα χαλαρή σύνδεση του ελάσματος στη δοκό

Περιορίζει σημαντικά την αποδοτικότητα της ενίσχυσης.

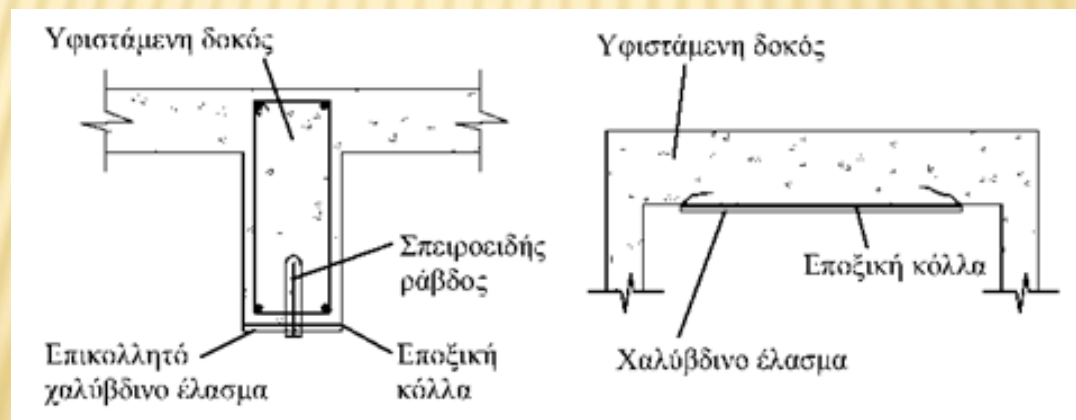
Καθοριστικοί παράγοντες επιτυχούς εφαρμογής :

- **Επισταμένη προετοιμασία επιφάνειας σκυροδέματος .**
Απαιτείται εκτράχυνση και απομάκρυνση επιφανειακής ασθενούς στρώσης σκυροδέματος ιδιαίτερα σε **ίχνη ενανθράκωσης**. Υδροβολή ή κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό.
- Αντοχή συνάφειας εποξικής κόλλας ίση με αυτή του σκυροδέματος **-κατάλληλη** για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες θέση του έργου.
- **Επαρκές μήκος και πλάτος χαλύβδινου ελάσματος** αποφυγή ψαθυρής αστοχίας του συστήματος ενίσχυσης **-αποκόλληση ελάσματος από δοκό.**

Η εποξική κόλλα –ΕΦΑΡΜΟΓΗ :ρητινένωση η επάλειψη κόλλας (δύο επιφάνειες).

Σύνδεση της δοκού με Χαλυβδόφυλλα απαιτεί πίεση για αντοχή της κόλλας.

Ανάρτηση ελάσματος και παροχή πρόσθετης διατμητικής αντοχής στη διεπιφάνεια ΧΡΗΣΗ: σπειροειδείς ράβδοι (αγκυρώνονται σε κατακόρυφες οπές πληρωμένες τσιμεντένεμα (Σχ. 10α).



Σχ 10α Ενίσχυση καμπτικής αντοχής δοκού με επικολητά Χαλυβδόφυλλα

Σχ 10β Αστοχία στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων ελάσματος.

Η αδυναμία τεχνικής εντοπίζεται:

- **Υψηλές συγκεντρωμένες** τάσεις στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων των ελασμάτων.
 - **Τάσεις στα άκρα** : απόσχιση στη γειτονική προς το έλασμα περιοχή σκυροδέματος (Σχ10β).
Επαρκές μήκος αγκύρωσης του ελάσματος, εκτός της περιοχής καμπτικής ενίσχυσης.
- Έλεγχος συγκέντρωσης** καμπτικών και διατμητικών τάσεων στα άκρα, (ασυνέχεια ελάσματος).

Ελέγχονται μόνο οι διατμητικές τάσεις στο πέρας χαλυβδόφυλλων.

ΕΛΕΓΧΟΣ: αλληλεπίδραση των δύο εντάσεων.

Περιορισμό συγκεντρωμένων τάσεων : προοδευτική μείωση πάχους ελασμάτων στα άκρα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ: κίνδυνος διάβρωσης χάλυβα στην περιοχή της διεπιφάνειας με σκυρόδεμα

Επικάλυψη ελάσματος με αντιδιαβρωτική βαφή :

ΟΧΙ βέλτιστη λύση- πιθανή αλληλεπίδρασή με εποξική κόλλα

Εξωτερικός οπλισμός με ελάσματα όχι μακροπρόθεσμη λύση σε πρόβλημα διάβρωσης.

Πρόσθετα μεταλλικά στοιχεία αποκρύπτουν ίχνη διάβρωσης,

Συνεισφέρουν στην ανάπτυξη γαλβανικής δράσης -το πρόβλημα εντονότερο.

Προσοχή εφιστάται στην μείωση αντοχής της εποξικής κόλλας υπό αυξανόμενη θερμοκρασία.

Διαστασιολόγηση της ενισχυμένης διατομής

Συνεισφορά υπάρχοντος και προστιθέμενου υπό μορφή ελασμάτων οπλισμού. Απλοποιητικά ένα μέσο στατικό ύψος.

Η αντοχή της ενισχυμένης διατομής \leq αντοχή του αρχικού στοιχείου.

Το πάχος των ελασμάτων ως 4 mm η 2% του πλάτους του ελάσματος.

Πλεονέκτημα ελασμάτων μικρού πάχους : παρακολουθήσει παραμορφώσεις του πέλματος της δοκού όχι επιβολή πρόσθετων τάσεων στο έλασμα.

Σύσταση: ΧΡΗΣΗ περισσότερα ελάσματα μικρότερου πάχους αντί για ελάσματα μεγάλου πάχους.

Η αγκύρωση ελασμάτων κοντά στα σημεία μηδενισμού ροπών και σε ικανή απόσταση από τις θέσεις των μέγιστων ροπών.

Για το μήκος αγκύρωσης ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$l_b = \max (200 \text{ mm}, 140 / b_i \text{ } 200 \text{ t}_i)$$

όπου b_i και t_i το πλάτος και το πάχος του ελάσματος σε mm,

Καλύτερη αγκύρωση των ελασμάτων με χρήση : ειδικά επικολλητά γωνιακά αγκύρωσης, συγκολλημένα στα ελάσματα και στις παρειές της δοκού.

Ενίσχυση Δοκών σε Διάτμηση

Αύξηση διατμητικής αντοχής της δοκού,

Δύο ελάσματα πλευρικά μέσω κοχλιών διαμπερών σε δύο τουλάχιστον θέσεις (Σχήμα 11α).

Από μελέτη ενίσχυσης, ελάσματα για ενίσχυση δοκού σε **κάμψη όσο και σε διάτμηση** σε διαφορετικές θέσεις κατά μήκος της δοκού.

Άλλη μέθοδος αύξησης διατμητικής αντοχής δοκού :

Προσθήκη νέων χαλύβδινων συνδετήρων (περισφίγγουν εξωτερικά δοκό).

Οι συνδετήρες :κατακόρυφοι είτε υπό γωνία 45° (Σχήμα 11β).

Ανεπαρκής διατμητική αντοχή -διαγώνιες ρωγμές

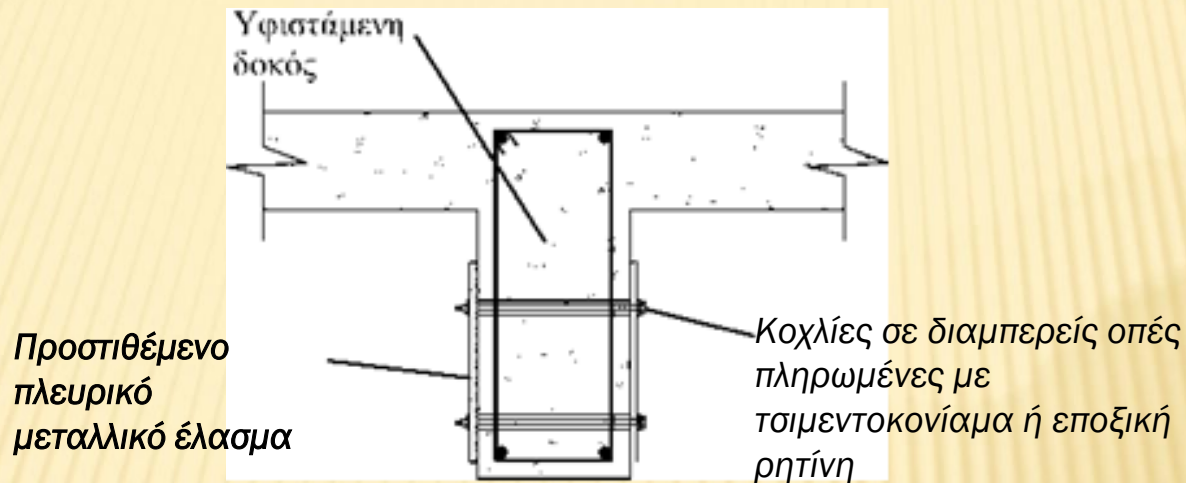
Ρωγμές είναι εύρους ($> 0.5 \text{ mm}$), μηχανισμός αλληλεμπλοκής αδρανών ΔΕΝ αποτρέπει σχετική ολίσθηση μεταξύ τπαρειών των ρωγμών.

Σε σοβαρές διατμητικές βλάβες η προσθήκη πλευρικών ελασμάτων η εξωτερικών συνδετήρων δεν επαρκεί για επισκευή και ενίσχυση δοκού,

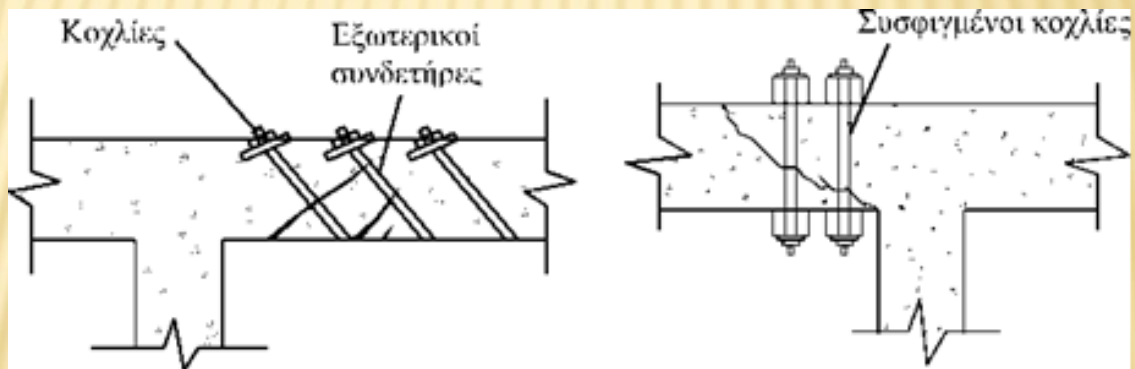
Απαιτείται σύσφιξη στοιχείων ενίσχυσης μέχρι αρνήσεως. (11γ),

Ζεύγη κοχλιών σε κάθε πλευρά ρηγματωμένης δοκού και εντείνονται αποτρέποντας τη διάρρηξη του σκυροδέματος.

Βελτίωση και με ρητινενέσεις μέσα στις ρωγμές.



Σχ11α Προσθήκη πλευρικών μεταλλικών ελασμάτων για αύξηση της διατμητικής αντοχής δοκού



Σχ11β Διατμητική ενίσχυση δοκού με διαγώνιους εξωτερικούς συνδετήρες

Σχ 11γ Αύξηση διατμητικής αντοχής δοκού με σοβαρές διατμητικές βλάβες μέσω συσφιγμένων κοχλιών.

Ενίσχυση Δοκών με Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος

Τεχνική μανδύων συνηθέστερη και αποτελεσματικότερη

μέθοδος ενίσχυσης δοκών

Όταν : απαιτείται αύξηση τόσο της καμπτικής όσο και της διατμητικής τους αντοχής.

Προ σκυροδέτησης μανδύα:

Νέοι διαμήκεις οπλισμοί στην εφελκυσόμενη παρειά και νέοι συνδετήρες περιμετρικά του.

Έγχυτο η εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, η χρήση εκτοξευόμενου για λόγους ευκολίας.

Αν όχι δυνατή θραύση πλάκας πάνω από θλιβόμενη παρειά δοκού, (κλειστός μανδύας) -

Επιλογή ανοικτού μανδύα (λιγότερο αποτελεσματική)- εκτοξευόμενο

Προσοχή : εξασφάλιση επαρκούς αγκύρωσης των συνδετήρων.

Διορθωτικός συντελεστής μονολιθικότητας δυσκαμψίας =0.75, **για την αντοχή** παίρνει τις

τιμές 0.90 και 0.80 διαστασιολόγηση ενισχυμένης διατομής σε κάμψη και διάτμηση

Επισκευή και ενίσχυση υποστυλωμάτων

Επισκευή Υποστυλωμάτων

Μέθοδος επισκευής υποστυλώματος :διαδικασία αποκατάστασης αρχικών χαρακτηριστικών της διατομής του στοιχείου και είναι συνάρτηση του βαθμού της βλάβης.

(α) Απλή Ρηγμάτωση. απλή ρηγμάτωση ή επιφανειακή αποφλοίωση του σκυροδέματος, χωρίς αποδιοργάνωση του περισφιγμένου πυρήνα και λυγισμός των κατακόρυφων ράβδων, Συγκόλληση ρωγμών με εποξική ρητίνη, (αποκατάσταση του φλοιού επισκευαστικό κονίαμα).

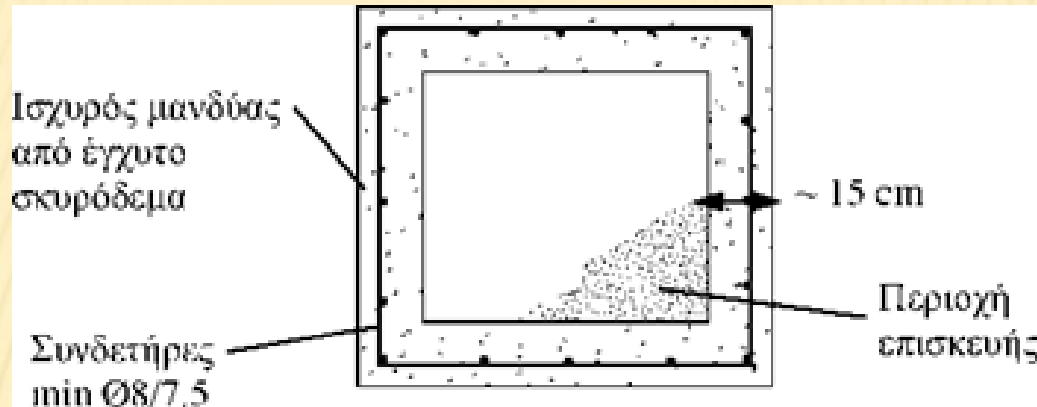
(β) Τοπική Βλάβη με Μερική Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος.

Τοπική βλάβη -μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος :

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο βλαμμένο στοιχείο.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Αποκάλυψη οπλισμών.
- Συγκόλληση νέου οπλισμού και πυκνών κλειστών συνδετήρων.
- Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευομένου σκυροδέματος (μανδύα) (Σχήμα 12).

Επιλεκτικά: ειδικό έτοιμο κονίαμα.

- Εναλλακτικά, επισκευή διατομής από ενσωματωμένη μεταλλική κατασκευή με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και οριζόντια μεταλλικά κολάρα ή πλήρη χαλύβδινα φύλλα (μεταλλικός κλωβός).



σχ12 Επισκευή υποστυλώματος με μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα

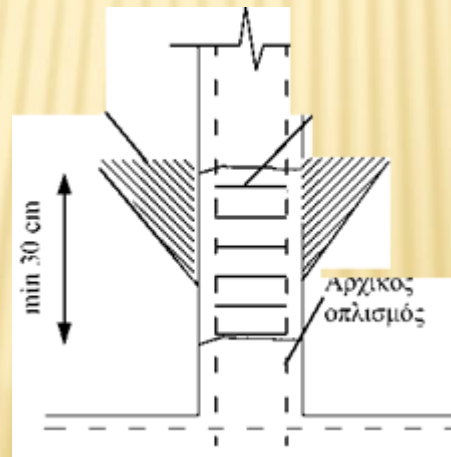
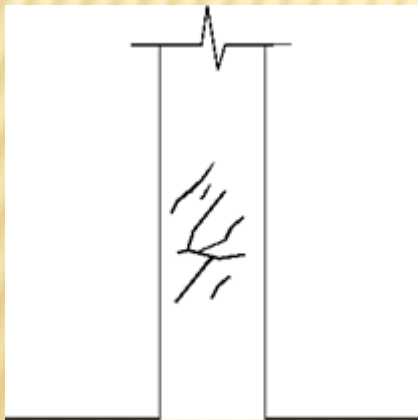
Πλεονέκτημα μεταλλικού κλωβού VS κατασκευή μανδύα είναι:

- ✓ **Δυνατότητα ανάληψης** ενός τμήματος κατακόρυφων φορτίων του στοιχείου.
- ✓ **Εξαιρετική ταχύτητα εφαρμογής** της μεθόδου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης,
- ✓ **Ελκυστική προσωρινή λύση** για την άμεση ανάληψη κατακόρυφων φορτίων - υποστυλώματα που υπέστησαν βλάβες όχι μεταφορά αξονικών φορτίων με ασφάλεια.

(γ) Σοβαρή Βλάβη με Πλήρη Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος.

Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος -διάρρηξη συνδετήρων και λυγισμό θλιβόμενων ράβδων διαμήκους οπλισμού, **ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ:**

- Υποσύλωση δοκών που συντρέχουν στο υποσύλωμα.
- Πλήρης καθαίρεση αποδιοργανωμένου τμήματος υποστυλώματος σε ύψος τουλάχιστον 30 cm (Σχήμα 13).
- Έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκους οπλισμού, όπου αυτό απαιτείται.
- Προσθήκη πυκνών συνδετήρων.
- Τοποθέτηση ξυλότυπου.
- Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή ετοιμού κονιάματος.



Σχ13. Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής.

❖ Ιδιαίτερη προσοχή: συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος.

Μανδύας από σκυρόδεμα σε ένα υφιστάμενο υποστύλωμα :

- ❖ **Συστολή ξηράνσεως** νέου σκυροδέματος περιορίζεται από υπάρχον σκυρόδεμα,
- ❖ **ΑΡΑ εφελκυστικές τάσεις**: πιθανή ρηγμάτωση του μανδύα κάθετα στον άξονα στοιχείου.
- ❖ Χρήση σκυροδέματος με χημικά πρόσθετα ή μη συρρικνούμενη κονία.
- **Πλήρης αποφόρτιση ζώνης υπερκείμενων ορόφων** που φορτίζουν το υπόψη υποστύλωμα,
- **ΑΝΑΙΡΕΣΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ** σε παραλαβή φορτίων , λόγω συστολής ξηράνσεως.
- **Διευκόλυνση σκυροδέτησης** και καλύτερη συμπύκνωση του νέου σκυροδέματος, -

η απόληξη ξυλοτύπου άνω με μορφή χοάνης, (Σχ 13).

Επιπλέον πρισματικό τμήμα σκυροδέματος αφαιρείται επόμενη σκυροδέτησης.

- ❑ Αναφορικά με διαστασιολόγηση επισκευασμένου στοιχείου, διορθωτικοί συντελεστές μονολιθικότητας K_k και $K_r = 1$

Ενίσχυση Υποστυλωμάτων

Ενίσχυση Υποστυλωμάτων με Αύξηση Διατομής

Συνηθέστερη μέθοδος ενίσχυσης υφιστάμενων υποστυλωμάτων

Ανεπάρκεια : σε αντοχή, δυσκαμψία πλαστιμότητα.

Πλεονεκτήματα μεθόδου :

Μη μεταβολή αρχιτεκτονικής όψης με προσθήκη νέων υλικών

Αυξάνεται βαθμός πυροπροστασίας.

Μανδύας που περικλείει υφιστάμενο στοιχείο : **μείωση λυγηρότητας και αύξηση δυσκαμψίας**

Ενισχυμένη διατομή **ΘΑ παραλάβει μόνο πρόσθετα φορτία** που θα ασκηθούν σε αυτή,

Δεν αποτελεί λύση όταν ο στύλος υπερβεί φέρουσα ικανότητά λόγω των υφιστάμενων φορτίων, εκτός αν προηγηθεί αποφόρτιση του στοιχείου.

Λεπτομέρεια όπλισης μανδύα στην περιοχή του κόμβου δοκού - υποστυλώματος (Σχ 14)

Είδη μανδρών οπλισμένου σκυροδέματος :

1. Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα.

Έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται όταν ο μανδύας έχει πάχος μεγαλύτερο > 8 cm.

Για σκυροδέτηση του μανδύα απαιτείται χρήση ξυλοτύπου.



Σχ 14 . Όπλιση μανδύα στην περιοχή του κόμβου δοκού - υποστυλώματος

2. Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Συνηθέστερη πρακτική για **συνολικό πάχος μανδύα ≤ 10 εκ .**

Όχι ξυλότυπος, εξασφάλιση κατακόρυφης επιφάνειας του μανδύα-χρήση οδηγών.

Συστολή ξηράνσεως είναι μεγαλύτερη, σημαντική σωστή συντήρησή τους (ΚΤΣ)

3. Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα.

Πλεονέκτημα :εύκολη σκυροδέτηση - διαδικασία εφαρμογής του σκυροτσιμεντοπήγματος

Αδρανή σε καλούπια -πλήρωση με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση. Τα αδρανή έχουν

Ελάχιστο μέγεθος κόκκων 10-15 mm. μειώνεται σημαντικά το πρόβλημα της συστολής

ξηράνσεως, Μη διαδεδομένη (έλλειψη εμπειρίας και υψηλό σχετικά κόστος).

4. Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα.

Μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους.

Μειονέκτημα το αυξημένο κόστος κατασκευής τους.

Μανδύας κλειστού τύπου (μεμονωμένο εσωτερικό υποστύλωμα), (σχ 15α)

Περιμετρικό υποστύλωμα που βρίσκεται σε επαφή με τοίχο πλήρωσης. (σχ15β)

Συμβιβαστό παραμορφώσεων μεταξύ παλαιού και νέου στοιχείου

Εξασφαλίζεται με ηλεκτροσυγκόλληση νέου οπλισμού σε παλαιό ή/και χημικώς πακτωμένων αγκυρίων (μηχανισμός δράσης βλήτρου)(σχ 15α -15β).

Εκτράχυνση της επιφάνειας σκυροδέματος βάθος περίπου 6 mm, ,

Κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός. Διαβροχή και ξυλότυπου πριν τη σκυροδέτηση.

Απόσταση μεταξύ τσουνδετήρων και αγκύρωση διαμήκων ράβδων του μανδύα: ΕΚΩΣ

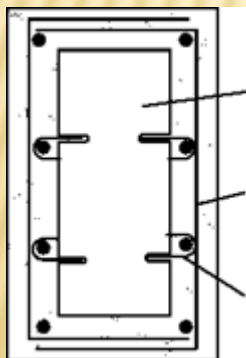
Οπλισμοί των παρειών του : διακόπτονται καθ' ύψος από δοκούς και πλάκες

Πάνω από τέσσερις διαμήκεις ράβδοι, απόσταση >15 εκ. - πλευρική στήριξη

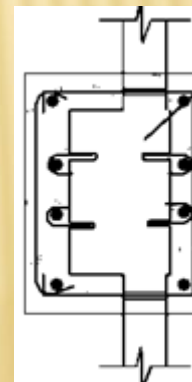
βλήτρα (ένα άκρο σε άγκιστρο, άλλο αγκυρώνεται στο σώμα του υφιστάμενου στύλου (Σχ. 15)

Υποστύλωμα του ανώτερου ορόφου μικρότερων διαστάσεων από το ενισχυόμενο - **Αγκύρωση**

διαμήκους οπλισμού στην άνω παρειά της πλάκας (Σχήμα 16)



Υφιστάμενο
υποστύλωμα
Νέοι
συνδετήρες
Χημικώς
πακτωμένα
αγκύρια



Υφιστάμενο
υποστύλωμα
Νέοι
συνδετήρες
Χημικώς
πακτωμένα
αγκύρια

Σχ 15. Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.

(α) Εσωτερικό μεμονωμένο υποστύλωμα, (β) Περιμετρικό υποστύλωμα σε επαφή με τοίχωμα

Εξωτερικό υποστύλωμα σε επαφή με τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος (Σχ. 15β),

Μανδύας σε δύο τμήματα, ένα σε κάθε πλευρά τοιχώματος.

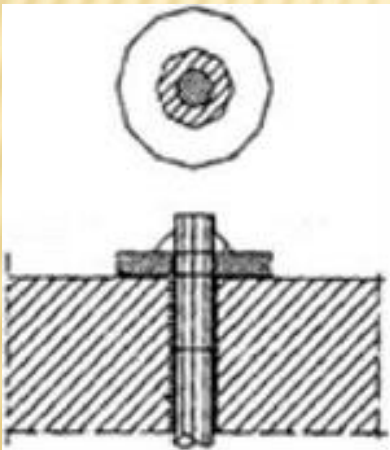
Διάνοιξη διαμπερών οπών. **Περιορισμός διαμέτρου οπών** : κάμψη άκρων των συνδετήρων προκειμένου να αγκυρωθούν γίνεται επιτόπου.

Μανδύας δεν περιβάλλει ολόκληρη διατομή (μεσοτοιχίας ή αρμού) (Σχήμα 17),

Λύση ανοικτού μανδύα. Στο Σχήμα 18α και 18β περιπτώσεις μανδύα ανοικτού τύπου.

Προσοχή στην αγκύρωση συνδετήρων -συγκόλληση παλαιού και νέου οπλισμού.

Στύλος άνω μικρότερων διαστάσεων από ενισχυόμενο, διαμήκης οπλισμός μανδύα αγκυρώνεται στην άνω παρειά της πλάκας Σχήμα 16



Σχ 16 Λεπτομέρεια αγκύρωσης διαμήκους οπλισμού μανδύα



Σχ 17 Κατασκευή ανοικτού μανδύα υποστυλώματος στην περιοχή αντισεισμικού αρμού

Από πειράματα: ενισχυμένο στοιχείο συμπεριφέρεται σχεδόν πανομοιότυπα με το αντίστοιχο μονολιθικό -δυσκαμψία και αντοχή του.

Αβεβαιότητες (ποιότητα κατασκευής μανδύα και βαθμό συνεργασίας παλαιού νέου σκυροδέματος), **συντελεστές μονολιθικότητας:** τιμές $K_k = 0.70 \sim 1.00$ και $K_r = 0.80 \sim 1.00$.

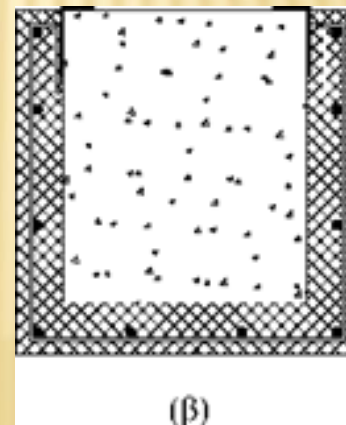
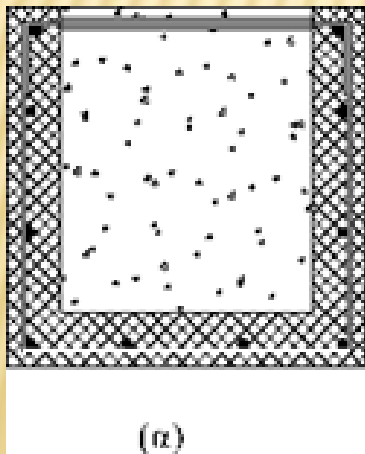
ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ: αποκατάσταση συνέχειας με συγκόλληση νέου οπλισμού - **καλή αγκύρωση** διαμηκών ράβδων - **Εμανδύα < 2ΧΕ αρχικού**

Διαστασιολόγηση μανδύα με βάση τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη: δύο αναλύσεις.

Πρώτη ανάλυση - μόνο η διατομή μανδύα - αγνοείται πλήρως υπάρχον στοιχείο - Δυσκαμψία ενισχυμένων στοιχείων εκτιμάται με χρήση $K_r = 0.70$,

Δεύτερη ανάλυση - πλήρως μονολιθική σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου : $K_k = 1.00$.

Ελάχιστο πάχος μανδύα, τουλάχιστον 5 εκ για μανδύες εκτοξευόμενου σκυροδέματος, 8~12 εκ για μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα - μία σειρά οπλισμών και 12 εκ για μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα με δύο σειρές οπλισμών.



Σχ 18 Ενίσχυση υποστυλώματος με μανδύα ανοικτού τυπού. (α) Αγκύρωση συνδετήρων με διαμπερή οπή και συγκόλληση. (β) Αγκύρωση συνδετήρων με συγκόλληση σε γωνιακά βλητρωμένα στο υπάρχον στοιχείο.

Ενίσχυση Υποστυλωμάτων με Περίσφιγξη

Χωρίς αύξηση διατομής του υποστυλώματος με επικολλητές χαλύβδινες διατομές.

Μεταλλικός κλωβός (Σχήμα 19), τεσσάρων μεταλλικών γωνιακών στις κορυφές του υποστυλώματος, τα οποία συσφίγγονται (ειδικά κλειδιά) -περίσφιγξη.

Σύνδεση γωνιακών με υποστύλωμα -συγκόλληση -κοχλιωτά με πακτωμένα αγκύρια.

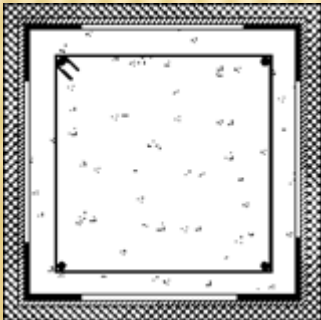
Σε γωνιακά συγκολλούνται οριζόντια μεταλλικά ελάσματα σε θερμοκρασία 200-400 °C, - απόψυξη - περίσφιγξη λόγω συστολής.

Το κενό μεταξύ του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος πληρώνεται με μη συρρικνούμενη κονία. διαμόρφωση τελικής επιφάνειας - ισχυρή τσιμεντοκονία οπλισμένη με ελαφρύ δομικό πλέγμα

Υψος του υποστυλώματος : $(h/d < 3)$, αντί μεταλλικά ελάσματα -πλήρη χαλύβδινα φύλλα.

Διατομή γωνιακών πρέπει τουλάχιστον L50x5. Το πάχος των οριζόντιων μεταλλικών ελασμάτων ίσο με πάχος των γωνιακών, ενώ πλάτος μεταξύ 25 και 60 mm.

Η απόσταση μεταξύ τους < ήμισυ της μικρότερης διάστασης της διατομής και τα 15 cm.



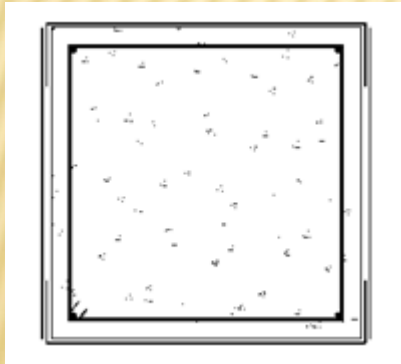
Σχ19. Εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού για ενίσχυση υποστυλώματος με επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης.

Εναλλακτικά, αντί μεταλλικού κλωβού, -επικολλητά χαλύβδινα κολάρα πάχος 1-2 mm, εγκιβωτίζεται ολόκληρη η διατομή ενισχυόμενου υποστυλώματος (Σχήμα 20).

Αποδοτικότητα περίσφιγξης αυξάνει : αν μεταλλικά κολάρα είναι προεντεταμένα, Σπειροειδής οπλισμός από μεταλλικά ελάσματα, εξωτερικά περιβάλλει ολόκληρο το στοιχείο καθ' ύψος.

Μία μέθοδος ενίσχυσης υποστυλωμάτων κυκλικής διατομής, - κατασκευή ολόσωμου μεταλλικού μανδύα. Κενό-πλήρωση με τσιμεντένεμα.

- Αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος ,καμπτικής , διατμητικής αντοχής και Αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος.
- Υποστυλώματος ορθογωνικής διατομής -το σχήμα του μανδύα να είναι ελλειψοειδές. Ευρεία εφαρμογή για ενίσχυση βάρων γεφυρών.
- Μειονέκτημά της :υψηλό εργατικό κόστος - ειδικός μηχανολογικός εξοπλισμός μεταφοράς - εγκατάστασης των μανδύων.



Σχ20 Ενίσχυση υποστυλώματος με επικολλητά χαλύβδινα κολάρα.

Προσθήκη Νέων Υποστυλωμάτων

ΕΝΙΣΧΥΣΗ με την κατασκευή ενός νέου υποστυλώματος.

Δύο υποστυλώματα η τελείως ανεξάρτητα η συνδέονται μεταξύ (βλήτρων -μηχανικών μέσων).

Προσθήκη νέου υποστυλώματος -επωφελή αποτελέσματα -υφιστάμενο υποστύλωμα λαμβάνει μεγαλύτερο μέρος φορτίου από μία μόνο δοκό.

Νέο υποστύλωμα θα παραλάβει μόνο τμελλοντικά φορτία.

Βοηθά στοιχεία υπάρχοντων φορτίων **εκτός αν προηγηθεί αποφόρτιση υφιστάμενου στοιχείου.**

Νέο υποστύλωμα -δομικό χάλυβα -οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το σκυρόδεμα -καλύτερη επιλογή σε απαιτήσεις πυροπροστασίας,

Μεταλλικό υποστύλωμα -λιγότερο χώρο.

Ενδιάμεση λύση -σύμμικτο υποστύλωμα, -μεταλλική διατομή εγκιβωτίζεται στο σκυρόδεμα.

Λύση χάλυβα, -σωληνοειδείς διατομές για λόγους αισθητικής

Νέα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, ορθογωνικές διατομές.

Εναλλακτικά λύση επέκτασης υφιστάμενης διατομής προς τη μία ή και τις δύο πλευρές του.

Μειονέκτημα της προσθήκης γειτονικού υποστυλώματος κοντά σε υπάρχον, -θεμελίωσης νέου στοιχείου-διαστάσεις του υπάρχοντος θεμελίου ανεπαρκείς για το νέο υποστύλωμα,

Επαρκής χώρος για την κατασκευή νέου θεμελίου?

Κατασκευή πρόσθετου στοιχείου:

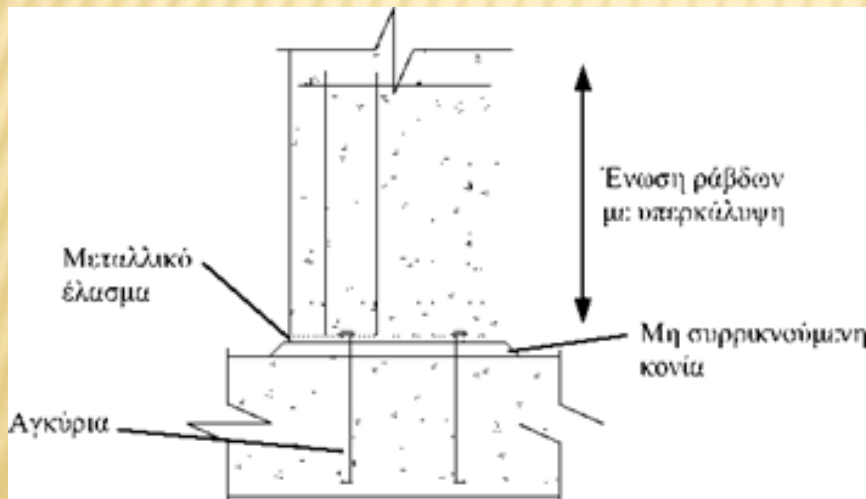
Απαιτείται προσεκτική διερεύνηση τ συνθηκών σε επίπεδο θεμελίωσης.

Σύνδεση: νέο υποστύλωμα με θεμέλιο υπάρχοντος, διαμήκεις ράβδοι -ματίζονται σε βλήτρα, αγκυρωμένα θεμέλιο.

Μεγάλος αριθμός διαμήκων ράβδων –χρήση πλάκας έδρασης -συγκολλούνται τα βλήτρα.

Η πλάκα έδρασης συνδέεται με θεμέλιο μέσω αγκυρίων, (Σχ. 21).

Νέο στοιχείο κοντύτερο και πλήρωση κενού ως δοκό με μη συρρικνούμενη κονία



Σχ21. Σύνδεση νέου υποστυλώματος σε υπάρχουσα θεμελίωση.

Επισκευή και ενίσχυση τοιχωμάτων

Μέθοδοι ανάλογες -για τα υποστυλώματα.

Λαμβάνεται υπόψη η επιρροή που θα έχουν στη συνολική συμπεριφορά της κατασκευής.

Επισκευή Τοιχωμάτων

Απλή ρηγμάτωση, ρωγμές συγκολλούνται -χρήση εποξικής ρητίνης.

Προσοχή : επισκευή τοιχωμάτων σε κτίρια με παλαιότερους κανονισμούς.

Οπλισμός τοιχωμάτων δεν καλύπτει απαιτήσεις ισχύοντος κανονισμού,

Οφείλεται στις μεθόδους ανάλυσης και σχεδιασμού που εφαρμόζονταν παλιότερα.

Η σφράγιση ρωγμών με ρητίνες δεν είναι αρκετή και :

Συνιστάται η περαιτέρω ενίσχυση των τοιχωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος η

με εφαρμογή εξωτερικής περίσφιγξης.

Σοβαρότερη βλάβη

Αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, - αποκατάσταση ίσης διατομής ΚΑΙ μανδύας.

- Υποσύλωση δοκών που συντρέχουν στο υπόψη τοίχωμα.
- Καθαίρεση αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Αντικατάσταση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος (καθαυρεμένο), έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή με ειδικό κονίαμα.
- Τοποθέτηση οπλισμού από κάθε πλευρά του τοιχώματος -εσχάρα.

Οπλισμός στα άκρα Τοιχώματος.

- Σύνδεση οπλισμών (εγκάρσιοι σύνδεσμοι $1\Phi 12 / m^2$)
- Έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα -ειδικό κονίαμα – διπλός μανδύας.

Από πειράματα τοιχώματα με επισκευή ως άνω αντοχή =αρχικό (δυσκαμψία<αρχικού

Διαστασιολόγηση του επισκευασμένου τοιχώματος

Διορθωτικοί συντελεστές μονολιθικότητας K_k και $K_r = 1$

Ενίσχυση Τοιχωμάτων

Αύξηση διατομής -μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος η εξωτερική περίσφιγξη.

ΠΡΟΣΟΧΗ !! ιδιαίτερη συμπεριφορά των τοιχωμάτων έναντι σεισμικής δράσης.

Περιορισμοί λόγω της γεωμετρίας τους.

α. Ενίσχυση Τοιχωμάτων με Αύξηση της Διατομής τους

Συνηθισμένη - αποδοτική μέθοδος ενίσχυσης τοιχωμάτων.

Υποστυλώματα, (λύση του κλειστού μανδύα), οι μανδύες τοιχωμάτων δεν είναι κλειστοί.

Μεγάλη τιμή του λόγου μήκους ως προς το πλάτος τους:

Ισος ή μεγαλύτερος του τέσσερα -πολύ μεγάλες τιμές.

Ενίσχυση τοιχώματος (αύξηση του πάχους)

Μανδύας ανοικτού τύπου (Σχήμα 21α) - αύξηση της διατμητικής αντοχής τοιχώματος.

Άλλη πρακτική -καμπτική ενίσχυση των τοιχωμάτων- δύο κρυφοϋποστυλωμάτα, Σχ. 21β.

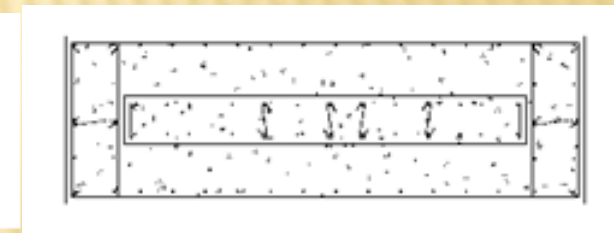
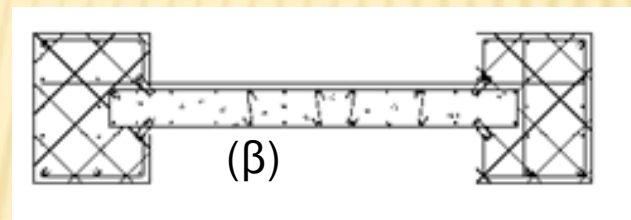
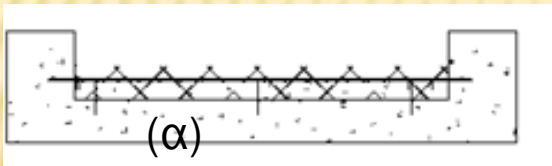
Κλειστός μανδύας σε ολόκληρο το υπάρχον τοίχωμα . Σχ. 21γ

Διαστασιολόγηση των ενισχυμένων τοιχωμάτων

Τιμές συντελεστών μονιλιθικότητας $K_k = 0.70 \sim 1.00$ και $K_r = 0.80 \sim 1.00$.

Προϋποθέσεις για εφαρμογή των τιμών K_k - K_r είναι:

- ✓ Αποκατάσταση της διατομής του βλαμμένου τοιχώματος πριν την κατασκευή του μανδύα,
- ✓ Επαρκής αγκύρωση του νέου οπλισμού στο υπάρχον σκυρόδεμα
- ✓ Περιορισμός εμβαδού του μανδύα έως το διπλάσιο εμβαδού του αρχικού στοιχείου.



(γ)

Σχ21 Ενίσχυση τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους.

(α) Διατμητική ενίσχυση. (β) Καμπτική ενίσχυση.

(γ) Διατμητική και καμπτική ενίσχυση με κλειστό μανδύα.

Δύο αναλύσεις : $K_k = 0.70$ και $K_r = 1.00$

- Διαστασιολόγηση ενισχυμένου τοιχώματος -δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη -
- Ανάλυση για $K_r = 1.00$, -μονολιθικής σύνδεσης παλαιού , νέου σκυροδέματος:
Δυσμενέστερη τιμή για την τέμνουσα σχεδιασμού.
- Ανάλυση για $K_r = 0.70$ - διαστασιολόγηση άλλων μελών του φορέα.

❖ Κατανομή τέμνουσας σχεδιασμού ενισχυμένου τοιχώματος - παλαιό -νέο στοιχείο

ΜΕ απομένουσα δυσκαμψία υπάρχοντος τοιχώματος και δυσκαμψία του μανδύα,

απομένουσα δυσκαμψία παλαιού τοιχώματος - **μεγάλος βαθμός αβεβαιότητας** τέμνουσα

που παραλαμβάνει ο μανδύας : διαφορά αρχικής διατμητικής αντοχής αρχικού τοιχώματος

από **συνολική τέμνουσα σχεδιασμού** ενισχυμένου στοιχείου.

□ **Προϋπόθεση** -επισκευή βλαβών τοίχων πριν ενίσχυσή του με μανδύα.

Διατμητική αντοχή σύνθετου στοιχείου, συνεισφορά συνδετήρων υπάρχοντος τοιχώματος:

Αγκυρωμένοι (ΕΚΩΣ) για στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

- Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού

$$V_{Sd} \leq k_r V_{Rd2,μονολιθ.}$$

$V_{Rd2,μονολιθ.}$ τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω λοξής θλίψης κορμού της αντίστοιχης μονολιθικής διατομής

- Έλεγχος οπλισμού) τεμνουσών

$$V_{Sd} \leq k_r V_{Rd3,μονολιθ.}$$

όπου

$$V_{Rd3,μονολιθ.} = V_{cd,μονολιθ.} + V_{wd,αρχ.} + V_{wd,μανδ.} \quad (1.3)$$

Από 1.3 $V_{cd,μονολιθ.}$ Η τέμνουσα που παραλαμβάνεται από σκυρόδεμα της αντίστοιχης μονολιθικής διατομής, ενώ $V_{wd,αρχ.}$ και $V_{wd,μανδ}$ τέμνουσα -συνδετήρες αρχικού στοιχείου και μανδύα, αντίστοιχα.

❖ Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (μανδύας),

☐ Πάχος > 5cm.

❖ Για μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα,

☐ Πάχος > 8cm.

➤ **Αντοχή σκυροδέματος μανδύα** - μία κατηγορία μεγαλύτερη από αρχικού στοιχείου.

➤ Σύνδεση του μανδύα με υπάρχον τοίχωμα -βλήτρα σχήματος Γ.

➤ Αμφίπλευροι μανδύες (Σχήμα 21γ) βλήτρα διαμπερή (εφικτό?) (min3Φ14/m²),

➤ Μονόπλευροι μανδύες δίτητοι διατμητικοί σύνδεσμοι σχήματος Π (Σχήμα 21α).

Ενίσχυση Τοιχωμάτων -Περίσφιγξη

Σπάνια VS Υποστυλώματα

Αποδοτικότητα περίσφιγξης μειώνεται λόγω έντονα ορθογωνικού σχήματος τοιχωμάτων.

Εξωτερική περίσφιγξη -μεταλλικός κλωβός.

Αυξημένη ικανότητα παραλαβής τέμνουσας,

Χρησιμότητά (προσωρινή λύση) ανάληψης των κατακορύφων φορτίων -**ΒΛΑΒΗ**

Μεταλλικός κλωβός, αύξηση απόδοσης με διαμπερείς συνδέσμους Π ή Z - αποστάσεις 30εκ

Ηλεκτροσυγκόλληση στα αντιδιαμετρικά ελάσματα του κλωβού.

Ενίσχυση πλαίσιακού φορέα - δικτυωτοί σύνδεσμοι

- Δικτυωτοί σύνδεσμοι σε προεπιλεγμένα φατνώματα του φορέα.
 - Σεισμικές δυνάμεις στο πλαίσιο αναλαμβάνονται από αξονικές δυνάμεις συνδέσμων.
 - Μεταλλικοί, μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις- απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας.
 - Αύξηση δυσκαμψίας κατασκευής, σημαντική αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας.
 - ‘Μαλακοί’ όροφοι (μειωμένη δυσκαμψία), : ισόγειο τύπου pilotis.
- Αύξηση αντοχής μέτρια vs κατασκευή τοιχωμάτων από Ο.Σ. εντός των πλαισίων φέροντα
- ✓ ΑΝ κανένας όροφος κατασκευής δεν εμφανίζει μειωμένη δυσκαμψία (ΣΧΕΤ. με άλλους)
 - ✓ Αλλά ΑΝ απαιτείται ενίσχυση του συνόλου της κατασκευής:
 - ✓ Τοποθέτηση δικτυωτών συνδέσμων σε κατακόρυφη σειρά φατνωμάτων περιμετρικών πλαισίων φορέα.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- ✓ Εύκολη τοποθέτηση,
- ✓ Μικρή επιβάρυνση κατακορύφων φορτίων του φορέα,
- ✓ Αρχιτεκτονικά δεν αλλοιώνουν τη φυσιογνωμία κτιρίου
- ✓ Δεν επηρεάζουν φωτισμό εσωτερικών του χώρων.
- ✓ Φάτνωμα με τοιχοπλήρωση, :εξωτερικά πλαισίου κατάλληλα, ίδια συμπεριφορά.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

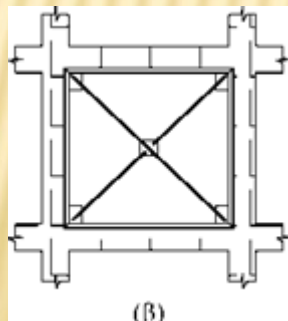
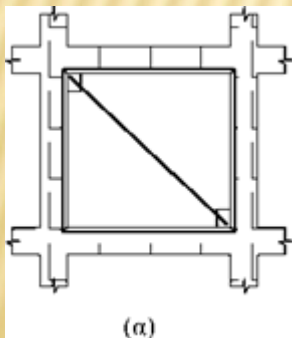
- Προσοχή απαιτείται στις θέσεις των συνδέσεων
- Ασφαλής μεταφορά δυνάμεων (νέα –υφιστάμενα)
- Χρήση δικτυωτών συνδέσμων –μεταβολή σεισμική συμπεριφορά του αρχικού φορέα.
- Πιθανές άλλες επεμβάσεις ανακατανομής δυνάμεων σε διάφορα μέλη Φ.Ο.

Κατηγορίες Δικτυωτών Συνδέσμων

- ❖ Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα.
- ❖ Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα.

Χωρίς εκκεντρότητα οι απλοί ή οι χιαστί διαγώνιοι (Σχήματα 22 και 23).

- ❑ Διεύθυνση μίας ή και δύο διαγωνίων φατνώματος.
- ❑ Διαστασιολόγηση εναλλασσόμενης φοράς οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις από Εφελκυσόμενες, θλιβομένων διαγωνίων αγνοείται.
- ❑ Χιαστί συνδέσμοι διαγώνιοι αντίθετης δράσης βρίσκονται στο ίδιο φάτνωμα,
- ❑ Απλών διαγωνίων, σε διαφορετικά φάτνωματα.
- ❑ Γινόμενο εμβαδού διατομής επί κλίση δύο διαγωνίων ιδίου ορόφου αντίθετη δράση $< 10\%$.



Σχήμα 22.: Διαγώνιοι δικτυωτοί σύνδεσμοι.

(α) Απλοί. (β) Χιαστί.

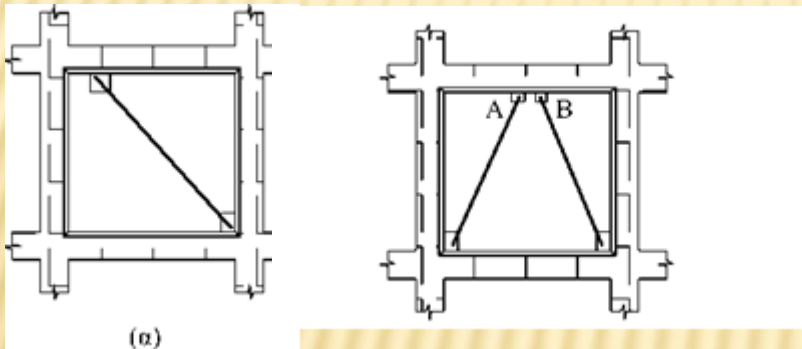


Σχήμα 23: Αντισεισμική ενίσχυση κατασκευής με χιαστί διαγώνιους συνδέσμους

Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα

Τουλάχιστον ένα από τα δύο άκρα διαγωνίου συνδέεται με ζύγωμα έκκεντρα ως προς τον αντίστοιχο κόμβο του υποστυλώματος (Σχήματα 24 α,β. 25)

Δοκός σύζευξης (AB σχ24β) Μεγάλη κάμψη - Διάτμηση : αυξημένη πλαστικότητα

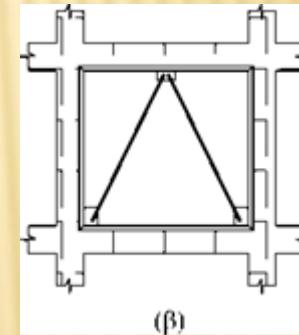
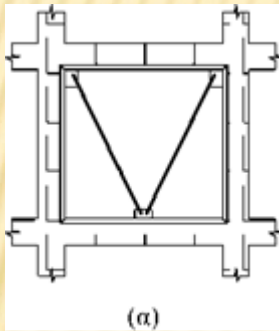


Σχήμα 24.: Τύποι δικτυωτών συνδέσμων με εκκεντρότητα. (α) Έκκεντρη διαγώνιος. (β) Έκκεντροι τύπου Λ.

Σχήμα 25: Εφαρμογή δικτυωτών συνδέσμων με εκκεντρότητα στο Κέντρο Τύπου των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004.

Διάταξη δύο στοιχείων ανά φάτνωμα,

- Συντρέχουν σε ένα κοινό ενδιάμεσο σημείο των οριζοντίων μελών του πλαισίου. (Σχ. 26)
- Τύπου V ή Λ, (κάτω ή στο πάνω ζύγωμα).
- Σεισμικές δυνάμεις αναλαμβάνονται από εφελκυσμένες και από θλιβόμενες ράβδους.

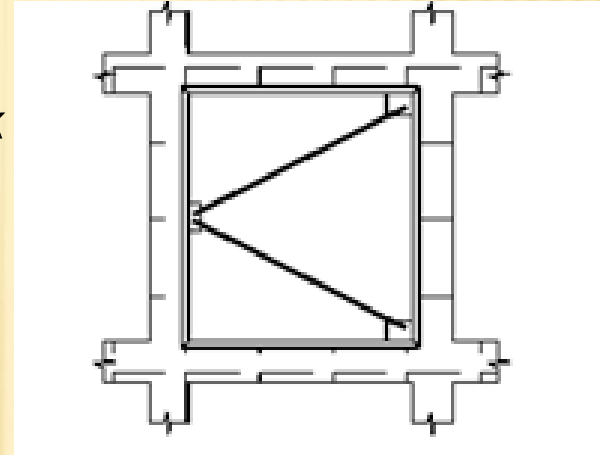


Σχήμα 26: (α) Δικτυωτοί σύνδεσμοι τύπου V. (β) Δικτυωτοί σύνδεσμοι τύπου Λ.

Η διάταξη Κ (σχ 27)

Να αποφεύγεται (απαιτεί συμμετοχή υποστυλώματος ΣΕ ανάπτυξη μηχανισμού διαρροής προκαλεί δυσμενείς επιρροές 2ας τάξεως, περιορίζει δυνατότητα πλάστιμης συμπεριφοράς.

Σχήμα 27.: Δικτυωτοί σύνδεσμοι τύπου Κ



Παρατηρήσεις

Σύνδεση μεταλλικών στοιχείων (πλαίσιο) στο στύλο – σύνδεση διαγωνίων.

Η σύνδεση των μεταλλικών στοιχείων συνεχής ή διακεκομμένη

Σε κάθε θέση ικανοποιείται το συμβιβαστό των παραμορφώσεων!!

Στοιχεία πρόσθετου μεταλλικού πλαισίου αναπτύσσουν αξονική, καμπτική, διατμητική

Μεταλλικό πλαίσιο μη εφικτό! (τοιχοπλήρωση) : απευθείας σύνδεση δικτυωτών συνδέσμων στο φέροντα μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων διατάξεων εξωτερικά του τοίχου πλήρωσης.

Αστοχίες Δικτυωτών Συνδέσμων

- **Αστοχία διαγώνιου στοιχείου** λόγω θραύσης (εφελκυσμό ή λυγισμού) -μη επαναφορά στην ευθεία θέση- καταπόνηση σε θλίψη-αντικατάσταση από νέο.
- **Διαρροή διαγώνιου στοιχείου**: πλαστική παραμόρφωση μικρή όχι αντικατάσταση
- **Ολίσθηση κοχλιών τριβής**: έως 2 mm πρόσθετες ραφές συγκόλλησης διαγώνιου στοιχείου στο κομβοέλασμα. Για μεγαλύτερη οι προεντεταμένοι κοχλίες να αντικαθίστανται.
- **Θραύση κοχλιών σύνδεσης στοιχείου στο κομβοέλασμα--αντικατάσταση κοχλιών με κοχλίες τριβής και εκτέλεση πρόσθετων ραφών συγκόλλησης.**
- **Θραύση κομβοελάσματος**: προσωρινή απομάκρυνση του στοιχείου συνδέσμου, αντικατάσταση κομβοελάσματος από μεγαλύτερου πάχους -επανατοποθέτηση στοιχείου.
- **Αποκόλληση κομβοελάσματος** από ζύγωμα η από υποστύλωμα πλαισίου. Επανεκτέλεση συγκόλλησης - ραφή μεγαλύτερου πάχους -ενίσχυση κομβοελάσματος με εγκάρσιες νευρώσεις.

Γενικές Κατασκευαστικές Διατάξεις Δικτυωτών Συνδέσμων

Εξασφάλιση επαρκούς πλαστιμότητας -ανάληψη με ασφάλεια σεισμικών φορτίων.

Λυγισμός: μη πλήρης εφελκυστική αντοχή συνδέσμων και δυνατότητα μετελαστικής συμπεριφοράς.

Διαγώνιοι σύνδεσμοι -αξονικός εφελκυσμός που εναλλάσσεται με αξονική θλίψη, περιορισμένη δυνατότητα ανάπτυξης ανακυκλιζόμενων ανελαστικών παραμορφώσεων.

Διαγώνια στοιχεία -διαμορφώνονται -αποφυγή μορφής ψαθυρής αστοχίας λόγω καμπτικού ή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού - θραύση του στοιχείου η της σύνδεσής του με φέροντα.

Ανακυκλιζόμενη σεισμική φόρτιση.

Λόγος του πλάτους b προς το πάχος t της διατομής ως ΕΑΚ 2000 (Παρ.Γ)

Περίπτωση χιαστί διαγωνίων, έλεγχος έναντι λυγισμού -αμφίπακτου στύλου.

Μείωση της διατομής του στοιχείου κοντά σε θέσεις σύνδεσης με μέλη του φατνώματος.

Σκοπός μείωσης περιορισμός λυγισμού λόγω εκκεντρότητας του αξονικού φορτίου

Εφελκυσόμενα στοιχεία,

Μη ανάπτυξη συγκεντρωμένων τάσεων στις θέσεις οπών κοχλιών -μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις και πιθανή ψαθυρή αστοχία σύνδεσης, πρέπει να :

$$A_{net} / A \geq 1.262 f_y / f_u \quad (2.4)$$

όπου A_{net} και A είναι η απομειωμένη καθαρή διατομή και η πλήρης διατομή του εφελκυσόμενου μέλους, f_y όριο διαρροής και f_u η εφελκυστική αντοχή του χάλυβα.

❖ Επάρκεια των συνδέσεων.

Υπεραντοχή - διαρροή - στα πλάστιμα μέλη, (διαγώνια στοιχεία).

Σύνδεση με εξωραφή, η υπεραντοχή $\geq 20\%$.

Κοχλιωτές συνδέσεις - οριακή αντοχή της σύνδεσης -έλεγχος σε σύνθλιψη άντυγας όχι διάτμηση κοχλιών. Χρήση κοχλιών υψηλής αντοχής.

Έλεγχος κόμβων υφιστάμενου φορέα μετά την τοποθέτηση των δικτυωτών συνδέσεων:

Επιπλέον εντατικά μεγέθη που εισάγονται σε αυτούς λόγω ανακατανομής της έντασης στο φορέα.

ΑΝ ανεπάρκεια κόμβων λόγω αλληλεπίδρασης με τα πρόσθετα στοιχεία:

Αναθεώρηση σχεδιασμού ενίσχυσης φέροντος οργανισμού, (ενίσχυση κόμβων με πρόβλημα).

Σχεδιασμός Δικτυωτών Συνδέσμων Χωρίς Εκκεντρότητα

Οι δικτυωτοί σύνδεσμοι **ΝΑΙ** ανάληψη των σεισμικών δράσεων, **ΌΧΙ** κατακορύφων δράσεων. Οι κατακόρυφες δράσεις από τα οριζόντια και τα κατακόρυφα μέλη του πλαισιακού φορέα, μαθηματικού προσομοιώματος κατασκευής τα διαγώνια στοιχεία δεν συμπεριλαμβάνονται.

Ειδικά συνδέσμοι V ή Λ, το κοινό σημείο κάτω ή στο άνω ζύγωμα, δεν διακόπτει τη στατική συνέχεια του ζυγώματος.

Ανηγμένη αδιάστατη λυγηρότητα $\bar{\lambda}$ διαγώνιων συνδέσμων,:

$$\bar{\lambda} = (A f_y / N_{cr})^{0.5} \leq 1.50 \quad 1.5$$

όπου A και f_y εμβαδόν ς διατομής και ριο διαρροής του χάλυβα, αντίστοιχα, $N_{cr} = \pi^2 E I / l^2$ ιδεατό κρίσιμο φορτίο Euler διαγωνίου.

Διαστάσεις φατνώματος μεγάλες, **ΜΕΙΩΣΗ** λυγηρότητας επιτυγχάνεται :διαγώνιοι σύνδεσμοι σύνθετης διατομής (δύο ισοσκελή γωνιακά)- χιαστί διαγώνιους συνδέσμους, Ελάχιστη τιμή της ανηγμένης λυγηρότητας $\bar{\lambda} \geq 1.2$ (ΟΑΣΠ) **ΑΛΛΙΩΣ:**

Διαγώνια στοιχεία εξαιρετικά δύσκαμπτα μεταβιβάζουν μεγάλα φορτία σε μέλη πλαισίου.

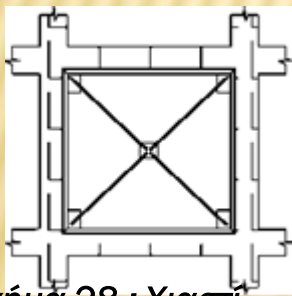
- ✓ **Εκτίμηση μήκους λυγισμού I των δικτυωτών συνδέσμων**
- ✓ **Σύνδεση διαγώνιων στοιχείων στο φέροντα οργανισμό.**
- **Αβεβαιότητες** (δυσκαμψία στήριξη), το μήκος λυγισμού συντηρητικά.
- **Χιαστί διαγώνιων συνδέσμων** (συγκολλούνται σε κοινό έλασμα) Σχ.28,

Μήκος λυγισμού ίσο με μισό μήκους διαγωνίου .

- **Χωρίς έλασμα στο μέσον της διαγωνίου** (συνδέεται με κομβοέλασμα στα αντιδιαμετρικά σημεία φατνώματος μόνο),
- **Μήκος λυγισμού ίσο με το 100% και με το 80% του μήκους της διαγωνίου** για λυγισμό περί τον ισχυρό και τον ασθενή άξονα της διατομής, αντίστοιχα.
 - Διαγώνιο στοιχείο συνδέεται με κομβοέλασμα με κοχλίωση, τιμές είναι 100% και 90%

Διαστασιολόγηση σε όρους αντοχών, (και σε όρους παραμορφώσεων),

Αποτελέσματα ελαστικής και ανελαστικής στατικής ανάλυσης,.



Σχήμα 28.: Χιαστί διαγώνιοι σύνδεσμοι με έλασμα στο κέντρο του φατνώματος.

Διαστασιολόγηση σε όρους αντοχών και η επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας της κατασκευής είναι Β': προστασία ζωής και περιοσίως των ενοίκων ή Γ': αποφυγή κατάρρευσης, Το προσομοίωμα περιλαμβάνει ως πρωτεύοντα μόνο τα στοιχεία των συνδέσμων, (οριζοντίων και κατακορύφων μελών) των φατνωμάτων τοποθέτηση στην περίμετρο

Στάθμη επιτελεστικότητας A

Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά το σεισμό (άμεση χρήση) ή σύνδεσμοι σχεδιάζονται σε όρους παραμορφώσεων, όλα τα στοιχεία της ενισχυμένης κατασκευής.

Διαστασιολόγηση σε όρους αντοχών, το προσομοίωμα αναλύεται για σεισμικές δυνάμεις (ελαστικό φάσμα επιταχύνσεων δια του συνολικού συντελεστή συμπεριφοράς).

Στον Πίνακα 1.1 τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q επιλεγείσας στάθμης επιτελεστικότητας και του τύπου των συνδέσμων.

Πίνακας 1.1.: Συντελεστής συμπεριφοράς q για διαστασιολόγηση συνδέσμων Χωρίς εκκεντρότητα σε όρους αντοχών

Τύπος δικτυωτού συνδέσμου		
Στάθμη επιτελεστικότητας	Απλοί ή χιαστί Διαγώνιοι	Σύνδεσμοι τύπου V ή Λ
	Άμεση χρήση (λειτουργικότητα)	1
Προστασία ζωής	4	2
Αποφυγή κατάρρευσης	6	3

Τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς η ΚΑΙ προϋποθέσεις,

- Διαγώνια στοιχεία δικτυωτών συνδέσμων διατάσσονται συμμετρικά και έχουν αντίστοιχες διατομές, (ίδιο επίπεδο έντασης \pm σεισμική δράση)
- **Υπεραντοχή συνδέσμων**, (λόγος αντοχής / n αντίστοιχη μέγιστη ένταση για κάθε διαγώνιο στοιχείο σε αξονικό εφελκυσμό, κατανέμεται ομαλά καθ' ύψος κατασκευής & κάτοψη. Ομαλή κατανομή η απόκλιση της μέγιστης από την ελάχιστη τιμή της υπεραντοχής των δικτυωτών συνδέσμων στο σύνολο του φορέα $\leq 25\%$.
- Διαστασιολόγηση για : (α) τις δυσμενέστερες καμπτικές ροπές, (β) αξονική δύναμη (άθροισμα αξονικής κατακορύφων και σεισμικών δράσεων).

Η δεύτερη επαυξάνεται με συντελεστή (δυσμενέστερη ελάχιστη τιμή της υπεραντοχής διαγώνιων στοιχείων των συνδέσμων πολλαπλασιασμένη επί 1.2).

- Ειδικά συνδέσμων τύπου V ή Λ, το ζύγωμα φατνώματος με σημείο σύνδεσης διαγώνιων, διαστασιολογείται για εγκάρσιο σημειακό φορτίο με τιμή ίση με τη διαφορά αντοχής εφελκυσμένου στοιχείου και του 30% φορτίου λυγισμού του θλιβόμενου στοιχείου.
- **Απλά διαγώνια στοιχεία: τα κατακόρυφα μέλη φατνώματος φέρουν με ασφάλεια το πλήρες φορτίο λυγισμού του διαγώνιου στοιχείου.**

ΜΕ όρους παραμορφώσεων, δικτυωτοί σύνδεσμοι ως ελαστοπλαστικά στοιχεία.

Φορτίο διαρροής εφελκυσμένων = όριο διαρροής του χάλυβα \times εμβαδό διατομής θλιβόμενα με το 20% του φορτίου λυγισμού

Παραμόρφωση αστοχίας = δωδεκαπλάσιο της παραμόρφωσης διαρροής Η οκταπλάσιο της Παραμόρφωσης που αντιστοιχεί στο φορτίο λυγισμού, για εφελκυσμένα και θλιβόμενα

Σχεδιασμός Δικτυωτών Συνδέσμων Με Εκκεντρότητα

- Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα δεν συμμετέχουν στην ανάληψη των κατακορύφων δράσεων αλλά μόνο των δράσεων στο σεισμικό συνδυασμό.
- Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις πλαστιμότητας συγκεντρώνονται στη δοκό σύζευξης.

Ο μηχανισμός διαρροής της δοκού σύζευξης εξαρτάται από το λόγο μήκους της l_c προς το μήκος της δοκού (θεώρηση αμφίπακτου στύλου $l_0 = 2 M_{pc} / V_{pc}$), όπου M_{pc} και V_{pc} αντοχή σε κάμψη και διάτμηση διατομής της δοκού- ως ακολούθως:

- $l_c / l_0 < 0.80$: η διαρροή της δοκού σύζευξης οφείλεται κυρίως σε διάτμηση.
- $0.80 < l_c / l_0 < 1.30$: η διαρροή της δοκού σύζευξης οφείλεται σε συνδυασμό κάμψης και διάτμησης.
- $l_c / l_0 > 1.30$: η διαρροή της δοκού σύζευξης οφείλεται κυρίως σε κάμψη.

Άκρα των δοκών σύζευξης ενισχύονται με αμφίπλευρες νευρώσεις σε το ύψος του κορμού.

Επιπλέον, όταν $I_c / I_o < 1.40$ ενδιάμεσες νευρώσεις (πρβλ τοπικού λυγισμού).

Ύψος μέχρι 60 εκ, οι ενδιάμεσες νευρώσεις επιτρέπεται να είναι μονόπλευρες.

Διαστασιολόγηση μπορεί να γίνει είτε σε όρους αντοχών (ελαστική ανάλυση) είτε σε όρους παραμορφώσεων (ανελαστική στατική ανάλυση).

Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν για την περίπτωση των συνδέσμων χωρίς εκκεντρότητα.

Οι τιμές του συνολικού συντελεστή συμπεριφοράς q /σεισμικές δυνάμεις -ελαστική ανάλυση του φορέα, αναγράφονται στον Πίνακα 1.2

Στάθμη	Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα
επιτελεστικότητας	οποιοδήποτε τύπου
Άμεση χρήση (λειτουργικότητα)	1
Προστασία ζωής	5
Αποφυγή κατάρρευσης	7.5

Πίνακας 1.2

Διαρροή μόνο σε δοκούς σύζευξης-τα υπόλοιπα επαρκή υπεραντοχή (κατακόρυφα οριζόντια διαγώνια) : **διαστασιολόγηση: ικανοτικά.**

Ο συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης = 18X ελάχιστης τιμής υπεραντοχής
συνόλου των συνδέσμων της ενισχυμένης κατασκευής.

Διαστασιολόγηση σε όρους παραμορφώσεων, στο προσομοίωμα **όλα τα στοιχεία του ενισχυμένου φορέα**, ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ πλήρως **ελαστοπλαστική.**

Ειδικά για την περίπτωση δικτυωτών συνδέσμων μορφής ορθού ή ανεστραμμένου Υ,

Το φορτίο διαρροής = τέμνουσα αντοχή του σεισμικού συνδέσμου.

Η παραμόρφωση **αστοχίας** συνάρτηση στροφής κατά την αστοχία της διατομής του συνδέσμου και = 0.12 rad ή με 0.03 rad, (αστοχία καμπτικού ή διατμητικού τύπου)

Παράδειγμα Σχεδιασμού Δικτυωτών Συνδέσμων

Φάτνωμα πλάτους 7.5 m και ύψους 5 m -ενισχύεται με τέσσερεις χιαστί διαγωνίους συνδέσμους, οι οποίοι συγκολλούνται σε κοινό έλασμα στο μέσον του μήκους τους, (Σχ 29)
Τα διαγώνια στοιχεία συνδέσμων HEA 160 και χάλυβα Fe 360 (S 235).

Μαx εφελκυστική δύναμη συνδέσμων, (σεισμικό συνδυασμό δράσεων), $N_s = 323$ kN.

Άθροισμα εφελκυστικής δύναμης διαγωνίου μόνο υπό σεισμική δράση $N_{Ed} = 287$ kN και εφελκυστικής δύναμης (μη σεισμικών δράσεων) του σεισμικού συνδυασμού $N_{vd} = 36$ kN.

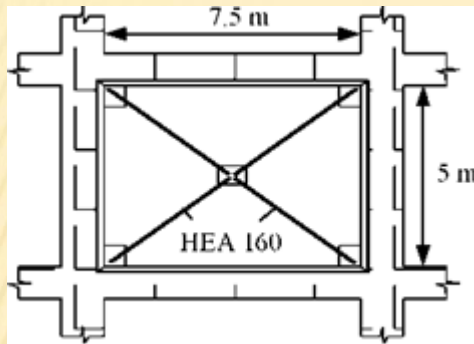
Η κατασκευή ανασχεδιάζεται για στάθμη επιτελεστικότητας B': προστασία ζωής και περιουσίας των ενοίκων

Διαστασιολόγηση των δικτυωτών συνδέσμων γίνεται σε όρους αντοχών.

Ο συντελεστής συμπεριφοράς για την ανάλυση της κατασκευής έχει ληφθεί ίσος με 3.5.

➤ **Εφελκυσόμενη διαγώνιος:** Η υπολογιστική οριακή αντοχή σε εφελκυσμό της κάθε εφελκυσόμενης διαγωνίου είναι:

$$N_{rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{38.8 \times 23.5}{1.1} = 828.91 \text{ kN} > N_s = 323 \text{ kN}$$



Σχήμα 29.: Παράδειγμα διαστασιολόγησης χιαστί διαγωνίων συνδέσμων.

Υποστυλώματα και δοκοί ορόφου: έλεγχος σε λυγισμό με μεγέθη σεισμικής έντασης **επί** συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης

$$\alpha_{\text{ext}} = (1.20 N_{\text{ext}} - N_{\text{int}}) / N_{\text{Ed}} = (1.20 \times 828.91 - 36) / 287 = 3.34 < q = 3.5$$

- **Θλιβόμενη διαγώνιος:** Σύμφωνα με Πίνακα 4.1 συντελεστής συμπεριφοράς για τη διαστασιολόγηση των συνδέσμων είναι $q = 4$. Επομένως ο μέγιστος λόγος του πλάτους προς το πάχος της διατομής για καθαρή θλίψη και $4 > q \geq 2$, από τον Πίν.1 Παραρτήματος Γ ΕΑΚ 2000, είναι 38ε για τον κορμό και 22ε για πέλματα. Για τη HEA 160 είναι:

α) Κορμός: $b/t = 104/6 = 17.33 < 38\varepsilon = 33$

(β) Πέλμα: $b/t = 160/9 = 17.78 < 22\varepsilon = 20$

Το μήκος λυγισμού είναι ίσο με το μισό του μήκους της διαγωνίου του φατνώματος,

$$l = \sqrt{7.5^2 + 5^2} / 2 = 4.51 \text{ m}$$

(α) Λυγισμός περί τον ισχυρό άξονα

Για λυγισμό περί τον ισχυρό άξονα της διατομής (εκτός του επιπέδου του φατνώματος) το ιδεατό κρίσιμο φορτίο Euler της διαγωνίου είναι

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I_y}{l^2} = \frac{\pi^2 \times 21000 \times 1670}{451^2} = 1701.70 \text{ kN}$$

Επομένως η ανηγμένη λυγηρότητα σύμφωνα με την εξίσωση (1.5) είναι

$$\bar{\lambda} = (A f_y / N_{cr})^{0.5} = (38.8 \times 23.5 / 1701.70)^{0.5} = 0.732 \leq 1.50$$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.5.3 του EC 3, η καμπύλη λυγισμού είναι η b, οπότε από τον Πίνακα 5.5.2 ο μειωτικός συντελεστής χ ισούται με 0.765.

(β) Λυγισμός περί τον ασθενή άξονα

Για λυγισμό περί τον ασθενή άξονα της διατομής (εντός του επιπέδου του φατνώματος) το ιδεατό κρίσιμο φορτίο Euler της διαγωνίου είναι αντίστοιχα

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{l^2} = \frac{\pi^2 \times 21000 \times 616}{451^2} = 627.69 \text{ kN}$$

Επομένως η ανηγμένη λυγηρότητα είναι

$$\bar{\lambda} = (A f_y / N_{cr})^{0.5} = (38.8 \times 23.5 / 627.69)^{0.5} = 1.205 \leq 1.50$$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.5.3 του EC 3, η καμπύλη λυγισμού είναι η c, οπότε από τον Πίνακα 5.5.2 ο μειωτικός συντελεστής χ ισούται με 0.431.

Η αντοχή σχεδιασμού σε λυγισμό της θλιβόμενης διαγωνίου δίνεται από τη σχέση (5.45) EC 3

$$N_{t,Rd} = \frac{\chi_{min} \beta_A A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.431 \times 1 \times 38.8 \times 23.5}{1.1} = 357.26 \text{ kN} > N_s = 323 \text{ kN}$$

ΤΕΛΟΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ 4^{ου} ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΕΠΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ 8-12-15

επισκευή ενίσχυση στοιχείων από οπλισμένο
σκυρόδεμα – υλικά επισκευής ,έγχυτο
σκυρόδεμα, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα,
εποξεικές ρητίνες, χάλυβας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ