

## **ΕΠΙΣΚΕΥΗ– ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ**

**ΚΑΡΑΒΑ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ  
ΦΙΛΙΠΠΑΚΗ ΑΘΗΝΑ**

### **Περίληψη**

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας επιχειρείται μια προσπάθεια πρακτικής προσέγγισης του αντικειμένου των επισκευών και ενισχύσεων υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αναφέρονται εν συντομία οι βλάβες που παρουσιάζουν τα υποστυλώματα και προτείνονται τρόποι αντιμετώπισής τους.

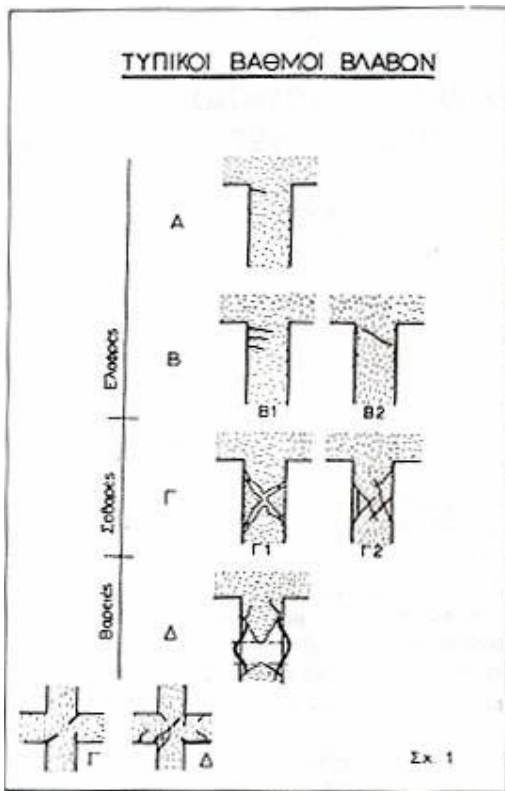
### **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η λειτουργία του οπλισμένου σκυροδέματος ως σύνθετου υλικού στηρίζεται στη συνάφεια μεταξύ των δύο υλικών που το συνθέτουν. Ιδιαίτερα καθοριστικός είναι ο ρόλος της συνάφειας στη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών δεδομένου ότι αυτή επηρεάζει τη δυσκαμψία και την ικανότητα απόσβεσης σεισμικής ενέργειας. Ένας ισχυρός σεισμός θέτει σε δοκιμασία το σύνολο μιας κατασκευής. Συνέπεια αυτού να αποκαλύπτονται όλες οι αδυναμίες της, που μπορεί να οφείλονται σε ατέλειες του Κανονισμού σχετικές με τα φορτία σχεδιασμού ή τη διαστασιολόγηση και όπλιση των δομικών στοιχείων, ή σε σφάλματα υπολογισμού. Οι βλάβες που δημιουργεί ο σεισμός δύσκολα ταξινομούνται και πολύ δυσκολότερα μπορούν να συνδεθούν ποσοτικά με το αίτιο που τις προκάλεσε. Όπως προαναφέρθηκε οι απώλειες που προκαλούνται από σεισμούς είναι γενικά μεγάλες, αλλά γίνονται ακόμα μεγαλύτερες από άγνοια ή έλλειψη θελήσεως για σωστή επέμβαση. Έτσι η πρόχειρη ή εσφαλμένη εκτέλεση των επισκευών δεν είναι απίθανο να οδηγήσουν σε αυξημένες ζημιές σε ένα μελλοντικό σεισμό. Κατά συνέπεια αποτελεί αδήρητη ανάγκη για παροχή όλης της απαραίτητης γνώσης ορθολογικού σχεδιασμού των επισκευών, στον οποίο περιλαμβάνονται η ορθή στατική και δυναμική θεώρηση του φορέα, η γνώση των σύγχρονων τεχνολογικών μεθόδων και υλικών επεμβάσεως, η μεθοδολογία υπολογισμού και η ορθή διαδικασία εκτελέσεως των εργασιών.

### **2.ΒΛΑΒΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ**

Οι βλάβες στα υποστυλώματα είναι υψηλού κινδύνου για την κατασκευή, διότι συνεπάγονται αλλοίωση ή και καταστροφή του φέροντος συστήματος κατακόρυφων στοιχείων. Στα πλαίσια της παραπάνω θεώρησης κρίνεται απαραίτητη η εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας του κτιρίου. Σύμφωνα με την απόφαση του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. οι τυπικοί βαθμοί βλάβης συνδέονται άμεσα με την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και τα διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας των βλαβέντων δομικών στοιχείων και της κατασκευής ως σύνολο, ενώ κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Βαθμού "Α", ελαφρές βλάβες:  
μεμονωμένες ρωγμές μικρού πλάτους (μικρότερου από 2,0mm) κυρίως λόγω κάμψεως ή δευτερευόντων λόγων (πχ διεύρυνση αρμών διακοπής σκυροδετήσεως, ελαφρές κρούσεις κλπ).
- Βαθμού "Β", ελαφρές βλάβες:  
πολλές καμπτικές ρωγμές ή μεμονωμένες διατμητικές ρωγμές μικρού πλάτους (μικρότερου από 0,5mm), με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται εμφανείς μετακινήσεις του σκελετού.
- Βαθμού "Γ", σοβαρές βλάβες:  
έντονη ρηγματώση, τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος από θλίψη και διάτμηση. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι πολύ μικρές.
- Βαθμού "Δ", βαριές βλάβες:  
θραύση του σκυροδέματος του στοιχείου, βλάβη των κυρίων οπλισμών, διακοπή της συνέχειας του στοιχείου. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι μικρές.



Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μία εκτίμηση απομενουσών φερουσών ικανοτήτων (ως ποσοστών της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για μεμονωμένα δομικά στοιχεία, κυρίως για υποστυλώματα, ανάλογα με το τυπικό βαθμό βλάβης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**  
**ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ (φ<sub>i</sub>)**  
**ΩΣ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ**

	ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ			
ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	"Α"	"Β"	"Γ"	"Δ"
ΜΙΚΡΗ ΗΛΙΚΙΑ	0,95	0,75	0,45	0,15
ΜΕΓΑΛΗ ΗΛΙΚΙΑ	0,80	0,60	0,30	0

Σημείωση:

Μικρή ηλικία  $\geq$  25 ετών, μεγάλη ηλικία  $\geq$  30 ετών  
Για ενδιάμεση ηλικία γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Οι βλάβες που παρουσιάζονται στα υποστυλώματα μετά από ένα σεισμό είναι δύο κατηγοριών κυρίως:

- Βλάβες από ανακυκλιζόμενη καμπτοδιάτμηση με ισχυρή αξονική σύνθλιψη.
- Βλάβες από ανακυκλιζόμενη τέμνουσα με ισχυρή αξονική σύνθλιψη.

**Βλάβες από ανακυκλιζόμενη καμπτοδιάτμηση με ισχυρή αξονική σύνθλιψη.**

Εμφανίζονται σε υποστυλώματα μέσης ως μεγάλης λυγηρότητας, ενώ εκδηλώνονται με αστοχία στα άκρα του. Η υψηλή καμπτική ροπή στα σημεία αυτά σε συνδυασμό με την αξονική δύναμη, οδηγεί στη συντριβή της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος, η οποία εκδηλώνεται αρχικά με αποφλοίωση του τελευταίου στα σημεία επικάλυψης των οπλισμών και στη συνέχεια με εγκάρσια δίογκωση και διάρρηξη του πυρήνα, με αποτέλεσμα τη διαρροή και συχνά τη θραύση των συνδετήρων.



**Βλάβες από ανακυκλιζόμενη τέμνουσα με ισχυρή αξονική σύνθλιψη.**

Εμφανίζονται σε υποστυλώματα μέσης ως μικρής λυγηρότητας, ενώ εκδηλώνονται υπό μορφή χιαστί ρηγμάτων στην ασθενέστερη ζώνη του υποστυλώματος. Πρόκειται για διατμητικού χαρακτήρα βλάβης διότι στα μέσης και μικρής λυγηρότητας υποστυλώματα η καμπτική αντοχή είναι πολύ μεγαλύτερη της διατμητικής. Παρατηρείται συχνότερα σε υποστυλώματα ισογείων όπου λόγω μεγάλων διαστάσεων διατομής η λυγηρότητα είναι μικρή, καθώς επίσης και σε κοντά υποστυλώματα.



### **3. ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΕΝΙΣΧΥΣΗ**

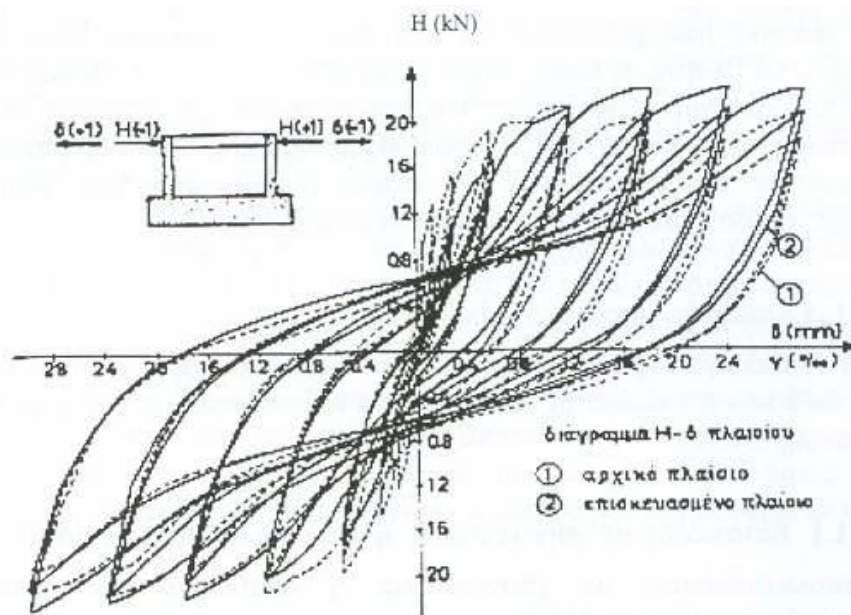
Επειδή τα υποστυλώματα φέρουν μεγάλο ρόλο για την ευστάθεια της κατασκευής, όταν εμφανισθεί κάποια βλάβη σε αυτά, κρίνεται αναγκαία η επισκευή ή η ενίσχυσή τους. Πρέπει να τονισθεί ότι λόγω της μεγάλης τους συμβολής στην ευστάθεια του φέροντος οργανισμού, στις περιπτώσεις όπου διαπιστώνεται σοβαρή βλάβη, είναι επιτακτική η άμεση υποστύλωση του, πριν αρχίσει οποιαδήποτε διαδικασία επισκευής ή ενίσχυσης. Η παραλαβή των κατακόρυφων φορτίων (υποστύλωση) γίνεται σε περίπτωση πολύ μικρών φορτίων με μεταλλικά ικριώματα, ενώ για μεγαλύτερα φορτία με χονδροξυλεία ή με χάλυβα μορφής.

#### **A) ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ**

##### **A1) Ρητινενέσεις και επισκευαστικά κονιάματα.**

Σε περιπτώσεις ελαφρών ρηγματώσεων η αποκατάσταση επιτυγχάνεται με ρητινενέσεις. Ενώ όταν παρουσιάζονται αποφλοιώσεις χωρίς συντριβή στο σκυρόδεμα ή διάρρηξη στους οπλισμούς με επισκευαστικά κονιάματα. Όσον αφορά τις ρητινενέσεις η επιτυχία της επέμβασης εξαρτάται από το βαθμό πλήρωσης της ρωγμής με ρητινοειδή κόλλα. Για να θεωρηθεί η επισκευή αποδεκτή πρέπει να

εξασφαλισθεί τέλεια ή τουλάχιστον κατά 90% πλήρωση της ρωγμής. Σχετικά με τα επισκευαστικά κονιάματα η χρήση των ρητινοκονιαμάτων βρίσκει μεγαλύτερη εφαρμογή, αν και το κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό σε σύγκριση με κονιάματα που έχουν βάση το τσιμέντο, επειδή οι αποφλοιώσεις είναι συνήθως μικρού πάχους. Προς διασφάλιση επαρκούς συνάφειας συνιστάται καλός καθαρισμός της επιφάνειας του παλαιού σκυροδέματος και επάλειψή της με σκέτη ρητίνη πριν από τη συμπλήρωση του αποσπασθέντος κομματιού με ρητινοκονιάματα. Επισημαίνεται ότι σε όλες τις παραπάνω επεμβάσεις εξασφαλίζεται μονολιθικότητα. Οι συντελεστές μονολιθικότητας  $K_c$ ,  $K_r$  ισούνται με τη μονάδα. Από μια πειραματική έρευνα που έγινε στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα το διάγραμμα οριζοντίων δυνάμεων (H)-πλευρικών μετακινήσεων ( $\delta$ ) ενός πλαισίου επισκευασμένου με εποξειδικές ρητίνες σε σύγκριση με το αντίστοιχο διάγραμμα του αρχικού πλαισίου, από το οποίο συμπεραίνουμε ότι η τεχνική των ρητινενέσεων αποκαθιστά πλήρως τα χαρακτηριστικά του αρχικού πλαισίου.



Σχήμα : Διάγραμμα πλευρικών φορτίσεων-οριζοντίων μετακινήσεων πλαισίου επισκευασμένου με εποξειδικές ρητίνες και σύγκριση με το αρχικό

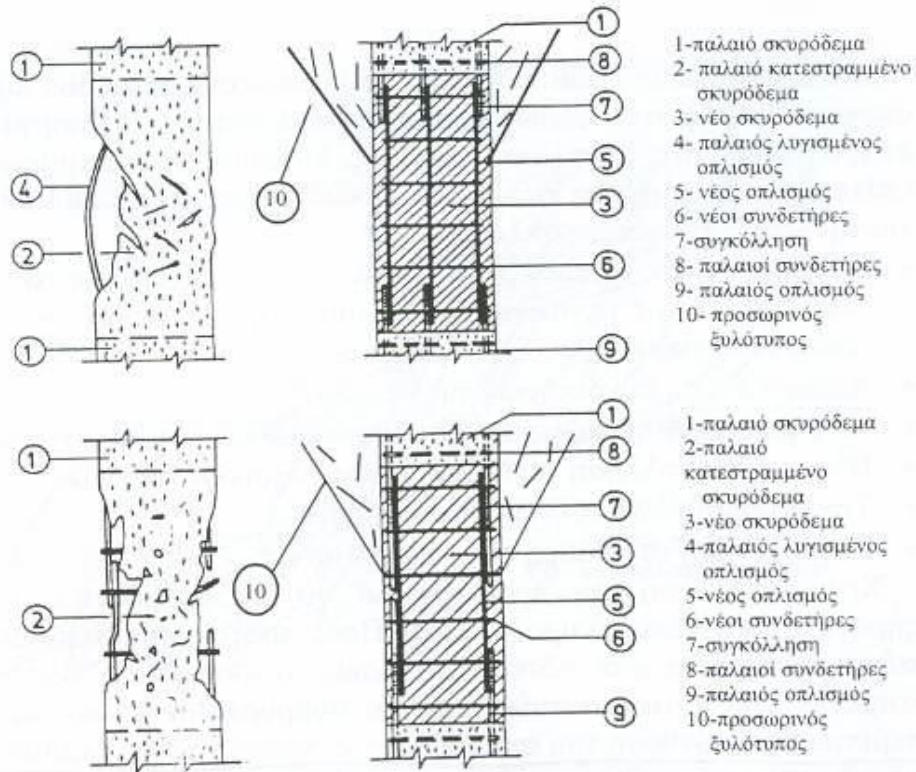
## A2) Τοπικές αποκατάστασης ίσης διατομής.

Η μέθοδος της αποκατάστασης ίσης διατομής εφαρμόζεται σε υποστυλώματα με μεγάλο βαθμό βλάβης όπως συντριβή του σκυροδέματος, διάρρηξη των συνδετήρων

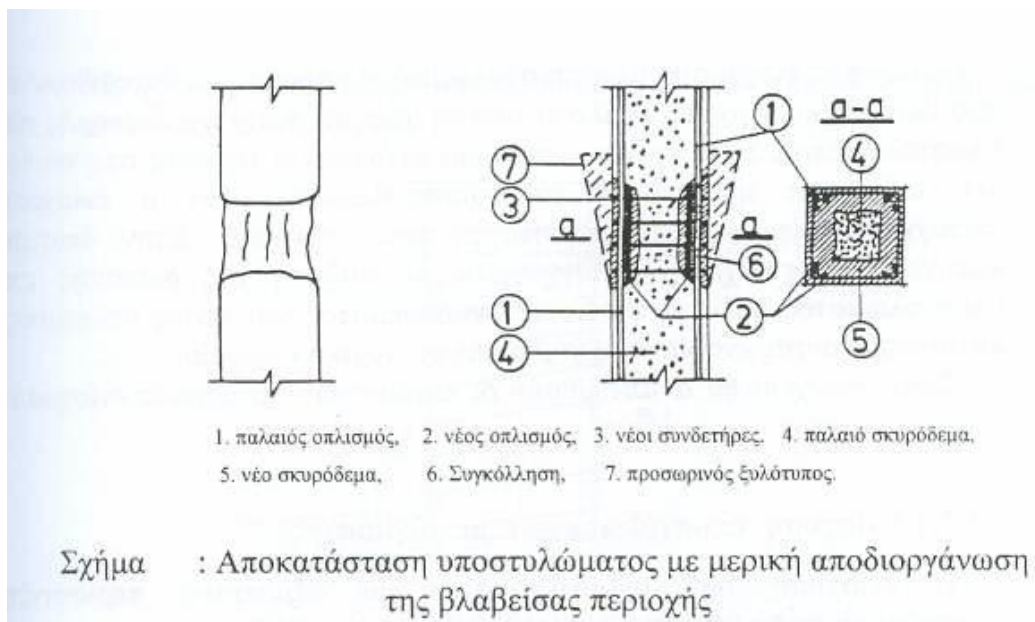
και λυγισμό των διαμήκων οπλισμών. Η υποστύλωση είναι υποχρεωτική. Οι βασικές διαδικασίες που απαιτούνται :

- Καθαίρεση και απομάκρυνση κάθε υλικού σκυροδέματος σε μήκος υποστύλωματος μεγαλύτερο από αυτό της βλαβείσας περιοχής και καλό καθαρισμό.
- Απομάκρυνση συνδετήρων της περιοχής
- Κόψιμο των τμημάτων των διαμήκων ράβδων που έχουν λυγίσει.
- Υλεκτροσυγκόλληση νέων τμημάτων διαμήκων ράβδων.
- Τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων.
- Σκυροδέτηση του καθαιρεθέντος τμήματος

Στην περίπτωση που η αστοχία του σκυροδέματος είναι μόνο επιφανειακή , και γίνεται μερική καθαίρεση και αποκατάσταση , είναι ιδιαίτερα σοβαρή η ανάγκη διασφάλισης υψηλής συνάφειας παλιού και νέου σκυροδέματος . Στην περίπτωση της καθολικής αστοχίας του σκυροδέματος όπου ακολουθούνται όλες οι παραπάνω ενέργειες συνήθως ακολουθεί η κατασκευή μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα Αποκατάσταση υποστύλωματος, με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαβείσας περιοχής



## Β)ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

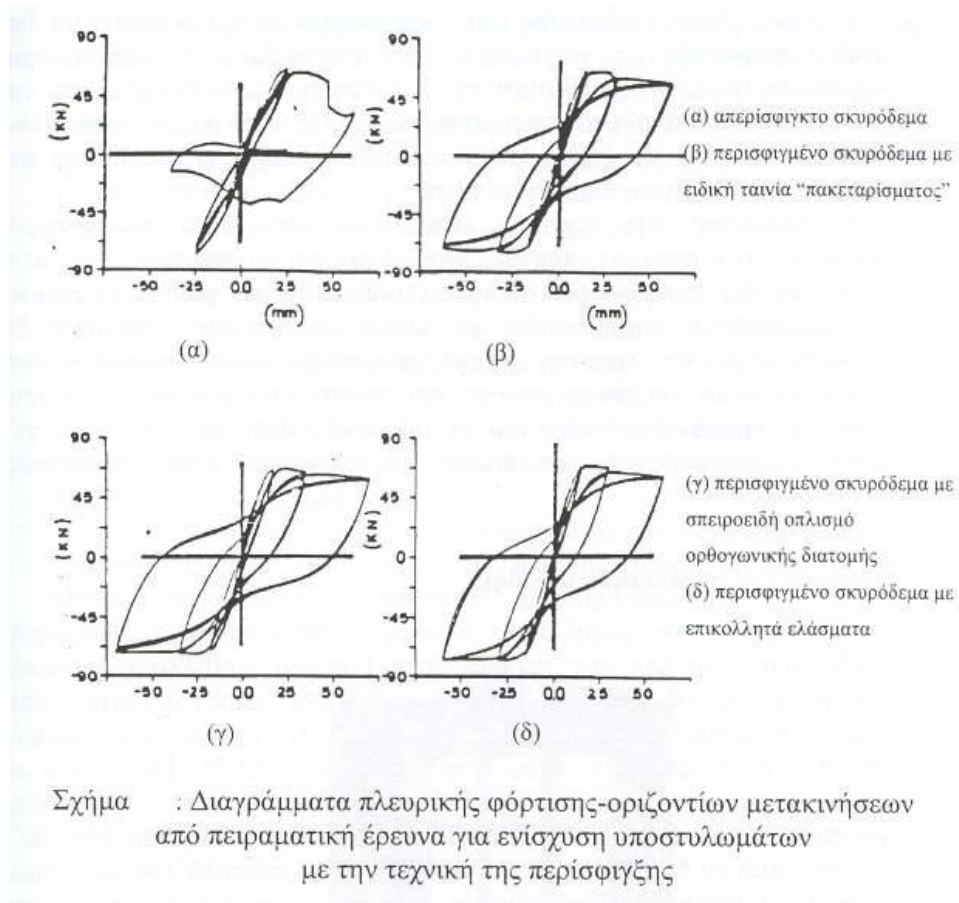
Ανάλογα με το αν αυξάνεται ή όχι η διατομή του υπό ενίσχυση υποστυλώματος οι τεχνικές ενίσχυσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες . Στην πρώτη κατηγορία η διατομή του υποστυλώματος παραμένει σταθερή και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με ενεργή περίσφιγξη του στοιχείου . Στη δεύτερη κατηγορία αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος κατασκευάζοντας ένα μανδύα γύρω από αυτό.

### Β1)Περίσφιγξη

Στην περίπτωση που η εξωτερική περίσφιγξη γίνεται για να αυξηθεί μόνο η πλαστιμότητα και η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος , η επιβολή θλιπτικής τάσης , εφαρμόζεται με τους εξής τρόπους:

- Με χρήση επικολλητών κολλάρων που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα με πάχος 1-2 mm και μορφής Π με μήκος σκελών 5 cm που επικολλούνται πάνω στο σκυρόδεμα.
- Με χρήση προεντεταμένων κολλάρων από χάλυβα ή FRP που μπορεί να έχουν τη μορφή ταινιών πακεταρίσματος.
- Με χρήση σπειροειδούς σπλισμού καλά προσαρμοσμένο σε γωνιακά.





Οι δύο πιο διαδεδομένοι και αξιόπιστοι τρόποι εξωτερικής περίσφιγξης είναι:

- Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)

Ο τρόπος αυτός της περίσφιγξης αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο τρόπο λόγω κυρίως της ευκολίας κατά τη χρήση του. Ο εγκιβωτισμός του σκυροδέματος μέσω μανδύα επιφέρει αύξηση της παραμορφωσιμότητας και της θλιπτικής αντοχής, μειώνει την πιθανότητα τοπικού λυγισμού των οπλισμών και βελτιώνει τη συνάφεια σε κρίσιμες περιοχές ενώσεων οπλισμών με μάτιση. Τα φύλλα εφαρμόζονται σε οριζόντια διεύθυνση όταν απαιτείται αύξηση μόνο της διατμητικής αντοχής ενώ αν συγχρόνως επιδιώκεται και η αύξηση της καμπτικής αντοχής χρησιμοποιούνται και φύλλα με κατακόρυφη διεύθυνση ινών. Η αποτελεσματικότητα του μανδύα στον εγκιβωτισμό του σκυροδέματος εξαρτάται από το συνολικό πάχος του μανδύα, από την εφελκυστική αντοχή κατά την έννοια της περιμέτρου του και από τη γεωμετρία της εγκιβωτισμένης διατομής. Συγκεκριμένα η αποδοτικότητα είναι μικρότερη σε

ορθογωνικές διατομές, στις οποίες απαιτείται εξομάλυνση των γωνιών έτσι ώστε να αποκτήσουν καμπυλότητα με ακτίνα τουλάχιστον 30 mm, από ότι σε κυκλικές. Η συμπεριφορά του επισκευασμένου υποστυλώματος δεν διαφέρει από εκείνη του ολόσωμου τόσο από πλευράς αντοχής όσο και από πλευράς ακαμψίας. Επειδή όμως στο εργοτάξιο οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές όπως στο εργαστήριο οι συντελεστές μονολιθικότητας που υιοθετούνται είναι για την αντοχή  $K_r = 0.8$  ενώ για τη δυσκαμψία  $K_K = 1$



- Τεχνική του μεταλλικού κλωβού

Σύμφωνα με αυτή την τεχνική τέσσερα μεταλλικά γωνιακά ελάσματα διαστάσεων L 50.50.5 προσαρμόζονται στις γωνίες του υποστυλώματος και συνδέονται μεταξύ τους με συγκολλημένες λάμες κατ' ελάχιστο 25,4 mm. Προς διασφάλιση της περίσφιξης πριν από τη συγκόλληση τα γωνιακά περισφίγγονται στο στύλο με ειδικά κλειδιά και προεντεταμένους κοχλίες. Τα κενά που δημιουργούνται στην επαφή του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος συμπληρώνονται με μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία ή εποξειδική κόλλα και ακολουθεί επένδυση με πλέγμα και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Με αυτή τη διάταξη δεν είναι δυνατή η αύξηση της καμπτικής αντοχής του υποστυλώματος στις θέσεις των κόμβων λόγω μη εκτάσεως του κλωβού στον υπερκείμενο και υποκείμενο όροφο, αλλά παρ'όλα αυτά η διαδικασία είναι διαδεδομένη επειδή καθιστά δυνατή τη μεταφορά ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του υποστυλώματος και σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης η τεχνική εφαρμόζεται με μεγάλη ταχύτητα. Όσον αφορά τους συντελεστές μονολιθικότητας  $K_r$ ,  $K_K$  ισχύουν όσα προαναφέρθηκαν προηγούμενα.

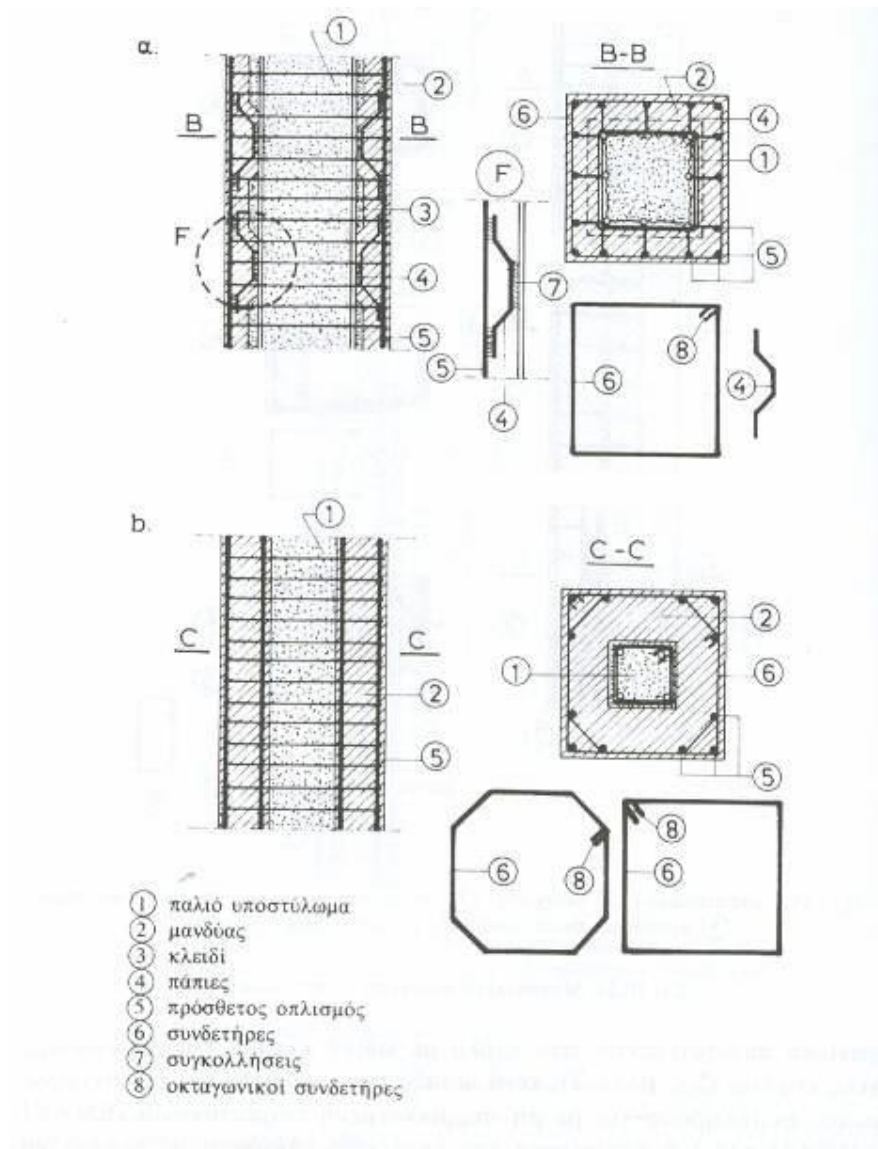


## **B2) μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Οι μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται σε σοβαρές βλάβες υποστυλωμάτων ή όταν διαπιστώνεται ανεπάρκεια της αντοχής τους. Η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού στοιχείου. Οι μανδύες συνίσταται να διαπερνούν την οροφή και το δάπεδο του ορόφου, γιατί έτσι επιτυγχάνεται αύξηση της καμπτικής ικανότητας των υποστυλωμάτων και στο ύψος των κόμβων. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους:

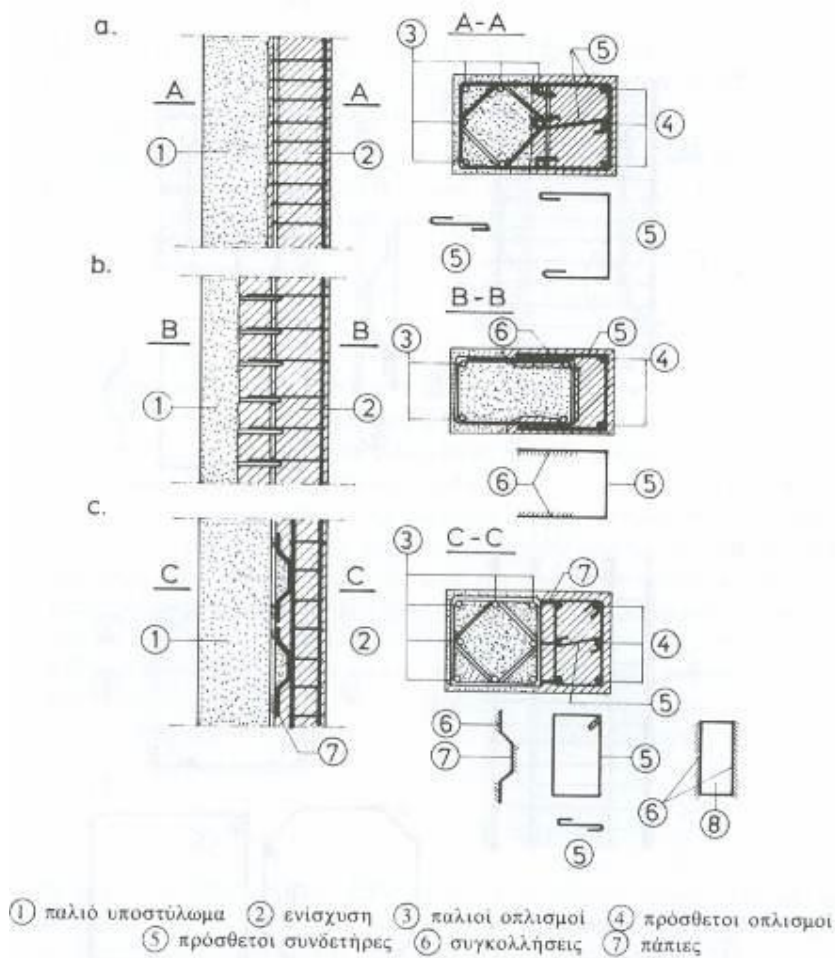
- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα
- Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
- Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα
- Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα

Στην περίπτωση ολόπλευρου μανδύα η συνεργασία παλιού και νέου σκυροδέματος ενισχύεται με αγρίεμα της παλιάς επιφάνειας και συγκόλληση κεκαμμένων οπλισμών μεταξύ παλιών και νέων διαμήκων ράβδων. Η σύνδεση αυτή κρίνεται απαραίτητη όταν το υποστύλωμα έχει αποδιοργανωθεί πλήρως ή όταν η διάστασή του είναι μεγάλη ή όταν υπάρχει κίνδυνος λυγισμού των ενδιάμεσων οπλισμών.



Σχ. Σύνδεση παλιών με νέους οπλισμούς σε μανδύα υποστυλώματος:  
 α) Προστασία νέων ράβδων από λυγισμό με συγκολλήσεις.  
 β) Προστασία νέων ράβδων από λυγισμό με οκταγωνικούς συνδετήρες.

Στην περίπτωση που ο μανδύας δεν μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη τη διατομή του υποστυλώματος χρησιμοποιείται η τεχνική του ανοικτού μανδύα. Απαιτείται ιδιαίτερη φροντίδα στη σύνδεση του παλιού με το νέο τμήμα της διατομής, το οποίο επιτυγχάνεται με τη συγκόλληση πυκνών συνδετήρων στους παλιούς οπλισμούς.



Σχ. Μονόπλευρη ενίσχυση υποστυλώματος.

#### **4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η μορφή και η έκταση των επισκευών δύσκολα μπορεί να τυποποιηθεί και ο μηχανικός υποχρεούται κατά κάποιο τρόπο να αυτοσχεδιάσει έτσι ώστε να προσαρμόσει τα υλικά και τις τεχνικές επεμβάσεως στις υφιστάμενες ειδικές συνθήκες. Τα υλικά και οι τεχνικές επεμβάσεως σπάνια εφαρμόζονται κατά την κατασκευή νέων κτιρίων με αποτέλεσμα να απαιτείται λεπτομερής μελέτη των προδιαγραφών τους. Η διαστασιολόγηση των επισκευών γίνεται με προσεγγιστικές διαδικασίες γιατί δεν έχουν αναπτυχθεί αναλυτικά μοντέλα υπολογισμού για την ποικιλία των περιπτώσεων. Τέλος το κόστος επισκευής είναι πολλές φορές μεγαλύτερο από το κόστος κατασκευής ενός νέου στοιχείου και αυτό γιατί συνοδεύεται από καθαιρέσεις, συγκολλήσεις, ενέματα καθώς και αδυναμία χρησιμοποίησεως μηχανικών μέσων.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Σ. Η. Δρίτσος (2002)  
«Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα»
2. Σ. Η. Δρίτσος (1999)  
«Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα»
3. Γ. Γ. ΠΕΝΕΛΗΣ Α. Ι. ΚΑΠΠΟΣ  
« Αντισεισμικές κατασκευές από σκυρόδεμα»
4. Απόφαση Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. για τροποποίηση και συμπλήρωση της υπουργικής απόφασης 5172/ΑΖ5β/18.10.99