

## ΜΑΝΔΥΕΣ ΩΣ ΜΕΣΟ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ-ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ.

ΓΕΡΕΟΥΔΑΚΗ ΑΝΤΩΝΙΑ  
ΧΑΛΚΙΑΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

### *Περίληψη*

*Είναι γεγονός, ότι οι βλάβες των υποστυλωμάτων, μονοπωλούν το ενδιαφέρον των μηχανικών που ασχολούνται στις μέρες μας με τις ενισχύσεις και τις επισκευές των κατασκευών. Στη παρούσα εργασία θα αναφερθούν οι συνηθέστεροι τύποι βλάβης και θα περιγραφεί αναλυτικά ο τρόπος αντιμετώπισης τους με τη χρήση μανδύων. Έπειτα, θα γίνει μια σύγκριση λειτουργικότητας και αποτελεσματικότητας αναλόγως του υλικού των μανδύων.*

### **1. Εισαγωγή**

Χρήση μανδύα για την επισκευή υποστυλωμάτων γίνεται όταν πρόκειται να αντιμετωπιστούν σοβαρές βλάβες οι οποίες κατά βάση προκύπτουν απο σεισμικές καταπονήσεις. Όταν μια κατασκευή υπόκειται σε σεισμό αποκαλύπτονται αδυναμίες της, που οφείλονται σε ατέλειες του Κανονισμού σχετικές με τα φορτία σχεδιασμού ή τη διαστασιολόγηση και όπλιση των δομικών στοιχείων, σε σφάλματα υπολογισμού ή σε χωρίς επιμέλεια κατασκευή.

Στα υπό επισκευή υποστυλώματα η ανάγκη και ο βαθμός επέμβασης εξαρτάται από το είδος των βλαβών που έχουν υποστεί. Έτσι ο μηχανικός προτού προβεί σε οποιαδήποτε ενέργεια πρέπει να κάνει ενδελεχή αποτίμηση της κατάστασης ώστε να γίνει κατάλληλη επιλογή των υλικών επισκευής. Αυτό, θα έχει το θεμιτό αποτέλεσμα όσον αφορά την ευστάθεια, την αντοχή και τη λειτουργικότητα του συνόλου της κατασκευής.

### **2. Βλάβες**

Οι κατασκευές ταλανίζονται συχνά από διάφορες φορτίσεις, με κυριότερη αυτή του σεισμού. Η επίρροή τους, βέβαια, στον φέροντα οργανισμό ποικίλλει ανάλογα με τη δομή των στοιχείων που τον αποτελούν. Γι' αυτό και εμφανίζονται διάφορα είδη βλαβών. Συγκεκριμένα στα υποστυλώματα, οι βλάβες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με :

- A) τον τυπικό βαθμό βλάβης και,
- B) τον χαρακτήρα των βλαβών

#### **2.1 Τυπικοί βαθμοί βλάβης υποστυλωμάτων**

1)Ελαφρές βλάβες

-Βαθμού "Α": Πρόκειται για μεμονωμένες ρωγμές μικρού πλάτους ( < 2.0 mm). Προκαλούνται λόγω κάμψης ή άλλων αιτιών όπως η διεύρυνση των αρμών διακοπής σκυροδέτησης, οι ανεπαρκείς αγκυρώσεις των οπλισμών κλπ.

## Γερεουδάκη Αντωνία-Χαλκιαδάκης Γεώργιος.

-Βαθμού "Β" : Πρόκειται για πολλές καμπτικές ή μεμονωμένες διατμητικές ρωγμές μικρού πλάτους ( $<0.5 \text{ mm}$  ). Χαρακτηρίζονται ελαφρές με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται μετακινήσεις των κόμβων.

### 2) Σοβαρές βλάβες

-Βαθμού " Γ " : Πρόκειται για έντονες διατμητικές ρωγμές και τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος από θλίψη και διάτμηση. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι αρκετά μικρές.

### 3) Βαριές βλάβες

-Βαθμού " Δ " : Πρόκειται για θραύση του σκυροδέματος του στοιχείου, βλάβη των κυρίων σπλισμών και διακοπή της συνέχειας του στοιχείου.



## 2.2 Χαρακτήρας βλαβών των υποστυλωμάτων

Οι βλάβες στα υποστυλώματα οφείλονται κυρίως σε καμπτικές και διατμητικές δυνάμεις.

### 1)Βλάβες λόγω κάμψης

Βλάβες τέτοιου τύπου δημιουργούνται συνήθως με αστοχία στην κεφαλή και στον πόδα του υποστυλώματος αφού εκεί σημειώνονται οι μέγιστες καμπτικές ροπές. Εκδηλώνονται με οριζόντιες ρωγμές από υπέρβαση του ορίου διαρροής του χάλυβα σε εφελκυσμό.

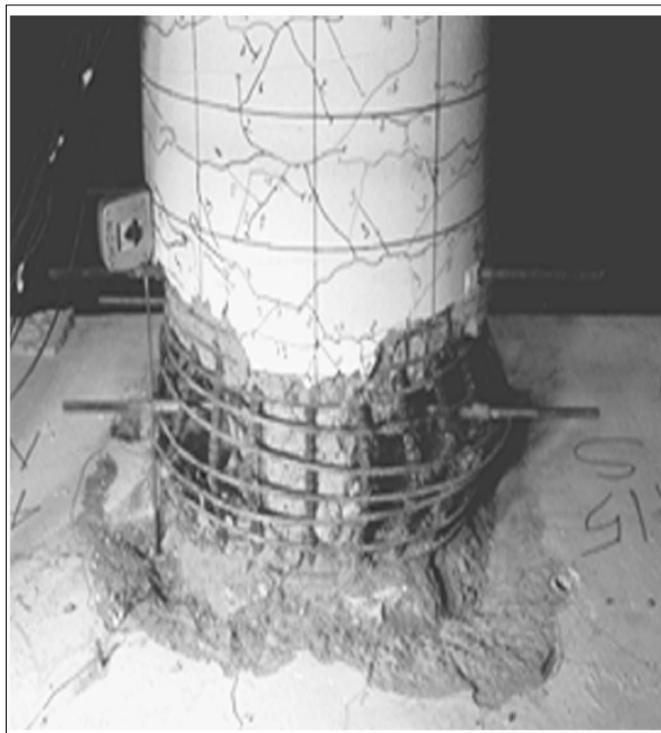
## Μανδύες ως μέσο επισκευής-ενίσχυσης υποστυλωμάτων.

### 2)Βλάβες λόγω διάτμησης

Βλάβες τέτοιου τύπου εκδηλώνονται με λοξές ρωγμές (περίπου διαγώνιες) στο μέσον του υποστυλώματος. Όταν το αξονικό φορτίο είναι μικρό τότε η ρηγματώση πλησιάζει τις 45° ενώ όταν η θλίψη είναι μεγάλη οι ρωγμές προσεγγίζουν την κατακόρυφο. Η συχνότητα αυτού του τύπου βλάβης είναι πολύ μικρότερη από την αστοχία στην κορυφή και στην βάση. Εμφανίζεται ως επί το πλείστον σε υποστυλώματα ισογείου όπου λόγω μεγάλων διαστάσεων διατομής η λυγηρότητα είναι μικρή, καθώς επίσης και σε κοντά υποστυλώματα.

### 3)Βλάβες λόγω καμπτοδιάτμησης

Αυτές οι βλάβες εκδηλώνονται με οριζόντιες και λοξές ρωγμές. Στην περίπτωση αυτή η λοξή ρωγμή εκδηλώνεται στην κορυφή του υποστυλώματος όπου έχω και την καμπτική αστοχία. Βασικές αιτιές αυτού του ψαθυρού τύπου βλάβης θα πρέπει να θεωρηθούν η χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, οι αραιοί συνδετήρες (μικρή περίσφιξη), η ύπαρξη ισχυρών ζυγμάτων που οδηγούν σε αστοχία πρώτα των στύλων, και τέλος βέβαια η ισχυρή και με πολλούς κύκλους επαναλήψεως σεισμική διέγερση. Πρόκειται για ένα πολύ σοβαρό τύπο βλάβης γιατί το υποστυλώμα, εκτός από την ακαμψία, χάνει και τη φέρουσα ικανότητά του σε κατακόρυφα φορτία.



### 3. Μανδύες

Χρήση μανδυών γίνεται όταν προκύπτει η ανάγκη για ισχυρή ενίσχυση, με αύξηση της διατομής του στοιχείου και προσθήκη νέων οπλισμών.

Αρχικά απομακρύνεται το αποσαθρωμένο σκυρόδεμα έτσι ώστε να μείνει ακάλυπτος ο οπλισμός, γίνεται τράχυνση της υπάρχουσας επιφάνειας σκυροδέματος και απομακρύνονται τα επιβλαβή υλικά εξασφαλίζοντας ικανοποιητική πρόσφυση των υλικών επισκευής με τα ήδη υπάρχοντα. Στη συνέχεια τοποθετούνται αγκύρια ή βλήτρα και οι πρόσθετοι οπλισμοί. Ακολουθεί η ηλεκτροσυγκόλληση παλιών και νέων οπλισμών με τα παρεμβλήματα και τα αγκύρια. Τοποθετούνται νέοι συνδετήρες, γίνεται επανακαθαρισμός των επιφανειών και σκυροδετείται ο μανδύας με χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή έγχυτου σκυροκονιάματος. Τέλος επιβάλλεται η διαβροχή του μανδύα για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 10 ημερών.

Αναλόγως των υλικών κατασκευής τους οι μανδύες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

**-Μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα**

**-Μεταλλικοί μανδύες**

**-Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή(FRP)**



#### 3.1 Μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα

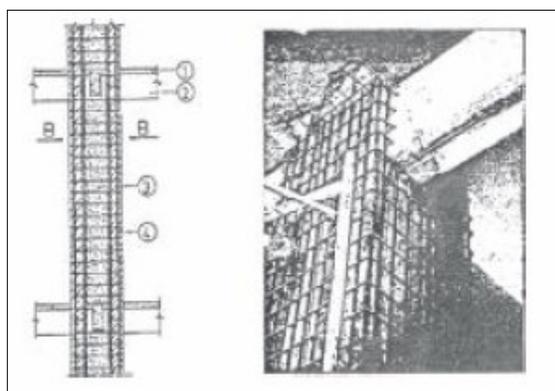
Οι μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα εφαρμόζονται στην περίπτωση βαρείας βλάβης ή μη επαρκούς σεισμικής ικανότητας του στύλου.

Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους:

α) Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα

Πρόκειται για μανδύες μεγάλου πάχους. Απαιτείται ξυλότυπος, χαμηλή πίεση κατά την χύτευση και μικρό μέγεθος αδρανών. Επίσης συνίσταται η χρήση ρευστοποιητών επειδή παρεμποδίζουν τη συστολή ξήρανσης.

Στα υποστυλώματα πρέπει να έχει γίνει αποκάλυψη των παλιών οπλισμών όπου χρειάζεται. Για καλύτερη συνεργασία παλιού και νέου σκυροδέματος πρέπει να αφαιρεθεί το βλαμμένο σκυρόδεμα και να διαμορφωθούν κοιλότητες. Τέλος χρειάζεται να γίνει εκτράχυνση του παλιού σκυροδέματος.



## Μανδύες ως μέσο επισκευής-ενίσχυσης υποστυλωμάτων.

β) Μανδύες από εκτόξευμένο σκυρόδεμα.

Πρόκειται για μανδύες μικρού πάχους και απαιτείται ξυλότυπος. Η εκτόξευση του σκυροδέματος γίνεται από απόσταση, κάθετα στην επισκευαζόμενη επιφάνεια. Η αντοχή του νέου σκυροδέματος πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή του παλιού τουλάχιστον κατά  $50\text{Kg/cm}^2$ , το τσιμέντο να είναι κοινό Portland και το νερό να είναι απαλλαγμένο από τα άλατα. Όπως αναφέρθηκε και στους μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα χρειάζεται εκτράχυνση του παλιού σκυροδέματος.

γ) Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα.

Το σκυροτσιμεντόπηγμα δημιουργείται με αρχική διάστρωση των αδρανών στα καλούπια του μανδύα και στη συνέχεια πλήρωση των κενών των αδρανών με τσιμεντοκονία που εισάγεται υπό πίεση. Έχει μικρή συστολή ξήρανσης, μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο από το συμβατικό σκυρόδεμα, μεγαλύτερη στεγανότητα και καλή πρόσφυση στο παλαιό σκυρόδεμα.

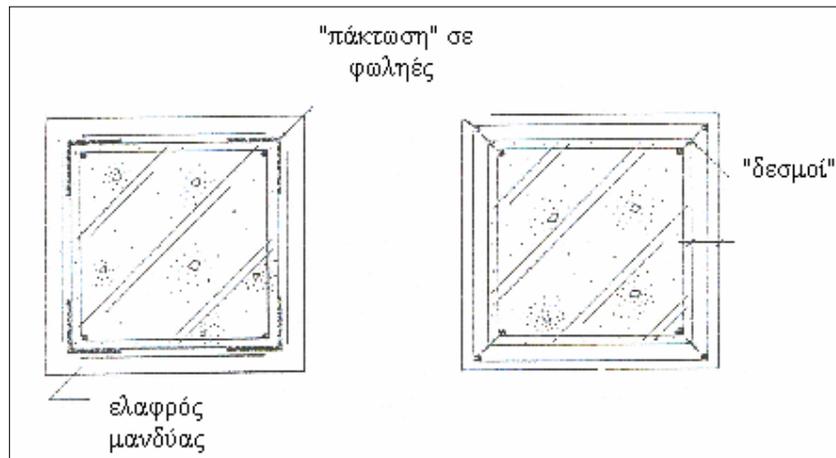
δ) Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα.

Χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει απαίτηση για μικρό πάχος μανδύα. Επειδή όμως το κόστος των συγκεκριμένων μανδύων είναι μεγάλο, δεν χρησιμοποιούνται συχνά για τις επισκευές υποστυλωμάτων.



Κλειστοί τοπικοί μανδύες (κεφαλής –ποδός )

Εφαρμόζονται σε υποστυλώματα που έχουν υποστεί ελαφρές βλάβες αφού προηγηθούν ενέσεις ή ακολουθήσει εμποτισμός μετά την σκλήρυνση του μανδύα. Οι τοπικοί μανδύες πρέπει να έχουν μήκος τουλάχιστον ίσο με δύο φορές το πλάτος του υποστυλώματος. Στο υπό ενίσχυση υποστυλώμα τοποθετούνται νέοι κλειστοί συνδετήρες ή εγκάρσια ελάσματα και αυτός ο νέος οπλισμός διάτμησης υπολογίζεται με τάσεις που ισοδυναμούν με το  $\frac{1}{2}$  των επιτρεπόμενων, λόγω των δυσκολιών ενεργοποίησής του.



#### Κλειστοί τοπικοί μανδύες (πλήρεις)

Χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση υποστυλωμάτων στα οποία διακρίνονται βλάβες στη μέση του ύψους τους. Οι βλάβες αυτές οφείλονται κυρίως σε δευτερεύοντες λόγους, όπως η ύπαρξη ισχυρών τοιχοδομών, η ανεπαρκής όπλιση και οι ελαφρές κρούσεις. Οι τοπικοί μανδύες πρέπει να καλύπτουν μήκος τουλάχιστον ίσο με δύο φορές το πλάτος του υποστυλώματος πάνω και κάτω από την περιοχή της βλάβης. Τοπικά ο έλεγχος σε θλίψη γίνεται λαμβάνοντας υπόψη ότι ο μανδύας (σκυρόδεμα και οπλισμοί) ή τα ελαφρά πρότυπα ελάσματα πρέπει να παραλάβουν αξονικό φορτίο:

$$N = N_{\text{μετά}} - N_{\text{απομ.}}$$

όπου  $N_{\text{μετά}}$  είναι η αξονική δύναμη που δρα στη διατομή μετά τις επεμβάσεις και την ενδεχόμενη ανακατανομή των δράσεων και  $N_{\text{απομ.}}$  η απομένουσα αντοχή σε αξονική δύναμη του βλαμμένου υποστυλώματος, λαμβάνοντας υπόψη και την τοπική επισκευή του.

Ο νέος οπλισμός διάτμησης υπολογίζεται με τάσεις ίσες με το  $\frac{1}{2}$  των επιτρεπόμενων. Εκτός από τους παραπάνω γενικούς ελέγχους χρειάζεται να γίνονται και ειδικοί έλεγχοι μεταφοράς δυνάμεων.

## Μανδύες ως μέσο επισκευής-ενίσχυσης υποστυλωμάτων.

Κλειστοί γενικοί μανδύες

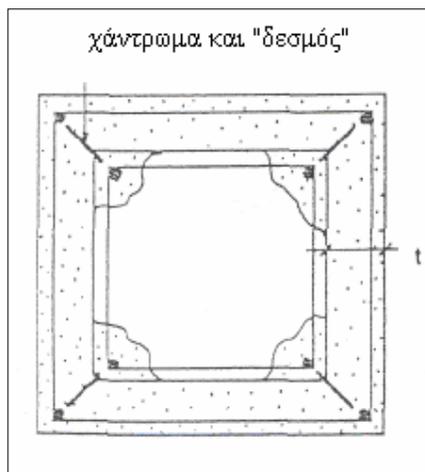
Αν τηρηθούν οι συστάσεις και οι προδιαγραφές για τα υλικά και τις τεχνολογίες, και κυρίως οι προϋποθέσεις για σωστή σύνδεση μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος καθώς επίσης και μεταξύ παλιών και νέων οπλισμών, τότε:

- Για ελαφρές ενισχύσεις  
( $F_{b, \text{τελ.}} < 2 F_{b, \text{αρχ.}}$ , πρακτικώς με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα)  
 $\gamma_{n,M,V,N} \approx 0,90$   
 $\gamma_{n,K} \approx 0,90$
- Για ισχυρές ενισχύσεις  
( $F_{b, \text{τελ.}} < 4 F_{b, \text{αρχ.}}$ , πρακτικώς με έγχυτο σκυρόδεμα)  
 $\gamma_{n,M,V,N} \approx 0,80$   
 $\gamma_{n,K} \approx 0,80$

Οι παραπάνω βαθμοί μονολιθικότητας ισχύουν ανεξάρτητα του βαθμού βλάβης. Συχνά για την αντιμετώπιση προβλημάτων ανακατανομής της έντασης σε περιπτώσεις ισχυρών ενισχύσεων, χρησιμοποιούνται δύο αναλύσεις για την εκτίμηση των εντατικών μεγεθών:

- με μονολιθικές διατομές ( $\gamma_{n,K} \approx 1$ ), όταν πρόκειται για την ένταση των στοιχείων στα οποία έγιναν οι επεμβάσεις
- με τις διατομές των μανδύων μόνο, όταν πρόκειται για την ένταση των υπολοίπων στοιχείων της κατασκευής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι γενικοί μανδύες των υποστυλωμάτων πρέπει να προεκτείνονται στον αμέσως επόμενο και στον αμέσως προηγούμενο όροφο, αν υπάρχει, και οι νέοι οπλισμοί να αγκυρώνονται πλήρως. Σε περίπτωση υποστυλωμάτων ισογείου, οι μανδύες πρέπει να προεκτείνονται και στα πέδιλα.



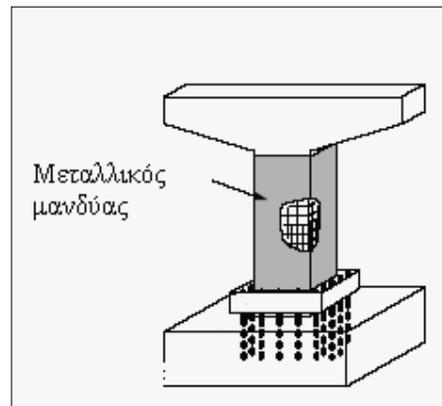
## Ανοικτοί μανδύες

Πρόκειται για μανδύες οι οποίοι δεν περιβάλλουν ολόκληρη την διατομή. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, σε υποστυλώματα που βρίσκονται στα όρια με άλλη οικοδομή. Κατά την κατασκευή ανοικτών μανδύων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην συγκόλληση παλαιών και νέων οπλισμών. Επιπρόσθετα συνιστώνται ελαφρές ενισχύσεις, ιδιαίτερα προσεκτική και συστηματική προετοιμασία των διεπιφανειών και κατάλληλη μελέτη για την αγκύρωση των συνδετήρων.

### 3.2 Μεταλλικοί μανδύες

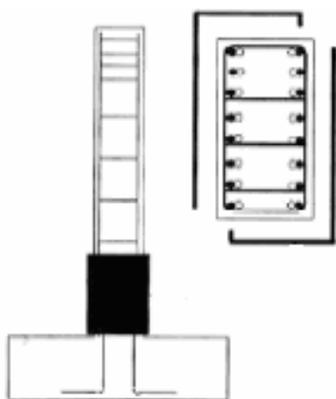
Η επισκευή των υποστυλωμάτων με μεταλλικούς μανδύες στηρίζεται κυρίως στην εξωτερική περίσφιξη αυτών και δύναται να εφαρμοστεί με τους τρόπους που παρατίθενται παρακάτω:

- Με χρήση **μεταλλικού κλώβου** που δημιουργείται με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και οριζόντια μεταλλικά κολλάρια ή πλήρη χαλύβδινα φύλλα. Η τεχνική αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη διαδικασία επιβόλης της περίσφιξης. Ο κλώβος συνίσταται από 4 γωνιακά κατ' ελάχιστον L 50.50.5 που συνδέονται μεταξύ τους με συγκολλημένες λάμες κατ' ελάχιστον 25.4 mm. Προς διασφάλιση της περίσφιξης πριν από τη συγκόλληση τα γωνιακά περισφίγγονται στο στύλο με ειδικά κλειδιά και προεντεταμένους κοχλίες. Τα κενά μεταξύ των γωνιακών και του σκυροδέματος συμπληρώνονται με μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία ή ρητινέμεμα και ακολουθεί επένδυση με πλέγμα και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή πατητή τσιμεντοκονία.
- Με χρήση **ολόσωμων μανδύα** από φύλλα χάλυβα. Τα φύλλα αυτά τοποθετούνται σε μικρή απόσταση από τις παρειές του υποστυλώματος και στη συνέχεια το κενό γεμίζεται με μη-συρρικνούμενο κονίαμα. Η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν ο μεταλλικός μανδύας έχει ελλειπτική ή κυκλική μορφή.
- Με χρήση **επικόλλητων κολλάρων** που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα συνήθους πάχους 1-2 mm

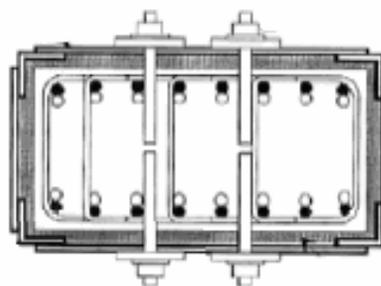


### Μανδύες ως μέσο επισκευής-ενίσχυσης υποστυλωμάτων.

- Με χρήση *πρεντεταμένων κολλάρων* από χάλυβα που μπορεί να έχουν την μορφή ταινιών "πακεταρίσματος".
- Με χρήση *σπειροειδούς οπλισμού* από μεταλλικό έλασμα



Τυπικό υποστύλωμα



Λεπτομέρεια από μεταλλικό μανδύα με αγκυρωμένα μπουλόνια

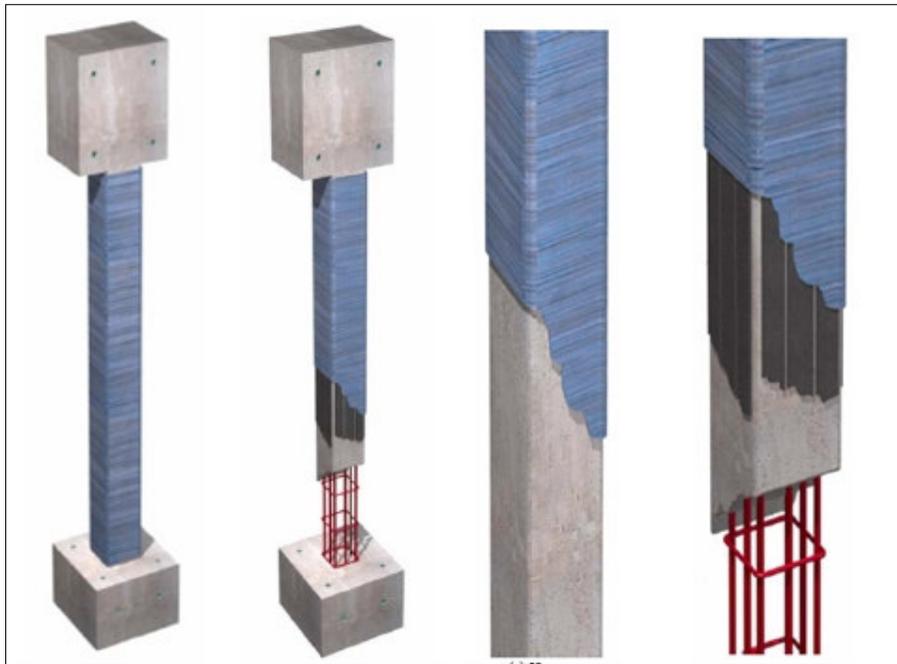
### **3.3 Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή ( FRP )**

Στον τομέα της επισκευής και ενίσχυσης στοιχείων με τη μορφή πρόσθετης εξωτερικής περίσφιγξης, τα ινοπλισμένα σύνθετα πολυμερή (FRPs) προσφέρουν ιδιαίτερα καινοτόμες και αποτελεσματικές λύσεις. Πρόκειται για σύνθετα υλικά με ίνες γυαλιού, άνθρακα και αραμιίδης. Τα υλικά με ίνες γυαλιού είναι τα συνηθέστερα στις μέρες μας συνδυάζοντας χαμηλό κόστος και εμπειρία στην τοποθέτηση. Η εφελκυστική αντοχή των ινών αυτών είναι μεταξύ 1500 και 3500 MPa, το μέτρο ελαστικότητας μεταξύ 70 και 80 GPa, η πυκνότητα περίπου 1500 kg/m<sup>3</sup>, η παραμόρφωση θραύσης 2-3,2% και η διάμετρος κυμαίνεται από 3,5 μm. Η εφελκυστική αντοχή των ινών άνθρακα είναι μεταξύ 2700 και 7000 MPa, το μέτρο ελαστικότητας μεταξύ 200 και 580 GPa, η πυκνότητα περίπου 1800 kg/m<sup>3</sup> και η παραμόρφωση θραύσης 0,5-2% . Η εφελκυστική αντοχή των ινών αραμιίδης είναι 2900 MPa, το μέτρο ελαστικότητας μεταξύ 70 και 135 GPa, η πυκνότητα περίπου 1400 kg/m<sup>3</sup> και η παραμόρφωση θραύσης 2,1-4% .

Τα ινοπλισμένα πολυμερή στο σύνολό τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόσθετος διαμήκης οπλισμός ή ως το κύριο υλικό μανδύα σε περιοχές του στοιχείου, στις οποίες είτε έχει διαπιστωθεί ανεπάρκεια πλάστιμότητας είτε σε περιπτώσεις όπου ο σεισμός και η διάβρωση έχουν κάνει εμφανή την παρουσία τους. Πιο συγκεκριμένα, ως μανδύας το FRP λειτουργεί παθητικά, όπως ακριβώς και οι συνδετήρες, παρεμποδίζει δηλαδή την εγκάρσια παραμόρφωση (διόγκωση) του δομικού στοιχείου, επιβάλλοντας τάση περίσφιγξης ανάλογη αυτής της παραμόρφωσης.

## Γερεουδάκη Αντωνία-Χαλκιαδάκης Γεώργιος.

Σε μια προσπάθεια να περιγράψουμε τον τρόπο κατασκευής και διαμόρφωσης τέτοιου τύπου μανδύα θα μπορούσαμε να πούμε ότι, τα φύλλα από πολυμερή εφαρμόζονται σε οριζόντια διεύθυνση όταν απαιτείται αύξηση μόνο της διατμητικής αντόχης ενώ αν συγχρόνως επιδιώκεται και η αύξηση της καμπτικής χρησιμοποιούνται και φύλλα με κατακόρυφη διεύθυνση ινών. Τοποθετώντας μανδύες από FRP, διαπιστώνουμε ότι οι διατομές των υπό επισκευή υποστυλωμάτων επηρεάζουν σημαντικά το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι ενώ η εφαρμογή της τεχνικής είναι απλούστερη και περισσότερο αποδοτική στα κυκλικά υποστυλώματα, στα ορθογωνικά απαιτείται προηγουμένως κατάλληλη εξομάλυνση των γωνιών έτσι ώστε να αποκτήσουν καμπυλότητα με ακτίνα τουλάχιστον 30 mm.



απεικόνιση των σταδίων τοποθέτησης μανδύα από FRP

## Μανδύες ως μέσο επισκευής-ενίσχυσης υποστυλωμάτων.



Συμπεριφορά υποστυλώματος σε καταπόνηση με μανδύα και χωρίς μανδύα

#### **4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΑΝΔΥΩΝ ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

Η κατασκευή μανδύων από οπλισμένο σκυρόδεμα παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αποτελεί την αποτελεσματικότερη μέθοδο για την αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας του υποστυλώματος. Επιπλέον πρόκειται για μία αρκετά οικονομική λύση. Από την άλλη πλευρά βέβαια, κατασκευάζοντας έναν μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα συχνά δεν επιτυγχάνουμε την απαιτούμενη πρόσφυση μεταξύ νέου και υπάρχοντος σκυροδέματος. Και αυτό γιατί απαιτείται τράχυνση της επιφάνειας του υποστυλώματος και τοποθέτηση συνδετήρων υπό την μορφή βλήτρων. Σε άλλες περιπτώσεις μάλιστα όπου χρησιμοποιούμε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υπάρχει δυσκολία στον τρόπο καθορισμού της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Τέλος, έχει παρατηρηθεί ότι μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα παρουσιάζουν συχνά δυσκολίες κατά την σκυροδέτηση ιδιαίτερα στις κορυφές των υποστυλωμάτων.

Όσον αφορά τους μεταλλικούς μανδύες είναι σημαντικό ότι δεν έχουν απαιτήσεις σε εξοπλισμό και δεν προκαλούν σημαντική αύξηση σε διαστάσεις και βάρος. Η τεχνική του μεταλλικού κλωβού εξασφαλίζει επιπλέον τη δυνατότητα μεταφοράς ενός τμήματος των

### **Γερεουδάκη Αντωνία-Χαλκιαδάκης Γεώργιος.**

κατακόρυφων φορτίων του υποστρώματος. Τα προβλήματα, τώρα, που δημιουργούνται με την χρήση μεταλλικών μανδύων, είναι τα ακόλουθα. Όταν το περιβάλλον είναι διαβρωτικό

κρίνεται αναγκαία η αντικατάστασή τους από ανοξείδωτο χάλυβα, γεγονός που επιφέρει σημαντική αύξηση του κόστους επισκευής. Υπάρχει, γενικά, δυσκολία στη σωστή πλήρωση του κενού μεταξύ σκυροδέματος και ρητίνης και τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την κατασκευή αυτών των μανδύων κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση συνδετικών βλήτρων στο παλιό σκυρόδεμα.

Σε σύγκριση με παραδοσιακές μεθόδους, η ενίσχυση με μανδύες FRP απλοποιεί τη διαδικασία τοποθέτησης, χωρίς να επιφέρει ουσιαστικά αλλαγή στη γεωμετρία του στοιχείου. Για το λόγο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενέστατα μετά από καταστρεπτικούς σεισμούς, για εσπευσμένη αντισεισμική υποστρωμάτων με ανεπαρκή οπλισμό. Επειδή η λειτουργία της παθητικής περίσφιγξης ενεργοποιείται από την διόγκωση του εγκιβωτισμένου σκυροδέματος, μανδύες από FRP έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία και ως μέσο ενίσχυσης και επισκευής υποστρωμάτων, τα οποία έχουν προσβληθεί από αλκαλοπυριτική αντίδραση. Οι μανδύες από σύνθετα πολυμερή είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για προστασία έναντι συνεχιζόμενης διάβρωσης, αφενός επειδή είναι χημικώς αδρανείς έναντι των συνήθων διαβρωτικών παραγόντων, αλλά και επειδή είναι αδιαπέραστοι (μετά την ωρίμανση της εποξειδικής ρητίνης με την οποία επικολλούνται στο υπόστρωμα) και άρα λειτουργούν ως φυσικός αναστολέας έναντι διείδυσης των απαραίτητων εκείνων στοιχείων που τροφοδοτούν την οξείδωση του σιδήρου, προστασία, η οποία δεν προσφέρεται από τους συνήθεις μανδύες με μεταλλικό οπλισμό.

### **5. ΣΥΜΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση μανδύων από ινοπλισμένα πολυμερή διαφέρεται η πιο συμφέρουσα όπως συμπαιρένουμε μετά την αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των μεθόδων, που αναφέρθηκαν παραπάνω. Βέβαια για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα απαιτείται σωστή μελέτη της κατασκευής, πλήρης έλεγχος των συνθηκών που επικρατούν και αυστηρή τήρηση των προδιαγραφών.

Σε γενικές γραμμές η χρήση μανδύων αποτελεί την καθοριστική επέμβαση για την ενίσχυση υποστρωμάτων που έχουν υποστεί σοβαρές βλάβες. Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό ότι είναι απαραίτητη η καλή γνώση και η εμπάθυνση σε όσα αφορούν τους μανδύες, από όλους τους μηχανικούς.

**Βιβλιογραφία**

1. Σ. Η. Δρίτσος (2004), « Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα », Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 111-114.
2. Γ. Γ. Πενέλης – Α. Ι. Κάππος, «Αντισεισμικές κατασκευές από σκυρόδεμα», Εκδόσεις Ζήτη
3. Μ. Π. Χρονόπουλος, «Συστάσεις και πρακτικοί κανόνες για τον επανέλεγχο επισκευασμένων/ενισχυμένων υποστηλωμάτων από Ο.Σ.», Εργαστήριο Ο.Σ./Ε.ΜΠ.
4. Πανταζοπούλου Σταυρούλα «Μανδύες από σύνθετα υλικά ως μέσο επισκευής στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα», Επιστημονική έκδοση ΚΤΙΠΙΟ
5. John E. Crawford, L. Javier Malvar and Kenneth B. Morrill, «REINFORCED CONCRETE COLUMN RETROFIT METHODS FOR SEISMIC AND BLAST PROTECTION»