

## ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ – ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

**ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑΝΝΑ  
ΓΚΙΚΑ ΜΑΡΙΑ**

### *Περίληψη*

*Στην εργασία αυτή επιχειρείται καταρχήν η ταξινόμηση των βλαβών στα υποστυλώματα. Διακρίνουμε τους τυπικούς βαθμούς βλάβης (4 κατηγορίες ανάλογα με την επικινδυνότητά τους) και το χαρακτήρα των βλαβών (δηλ. την έκτασή τους). Στη συνέχεια εισάγεται και εξηγείται η έννοια του συντελεστή φέρουσας ικανότητας που θα βοηθήσει τον μελετητή στη λήψη της απόφασης σχετικά με την αποκατάσταση της βλάβης στα υποστυλώματα. Αναλύεται η διαδικασία για την επισκευή τους, ενώ παράλληλα προτείνονται και τεχνικές ενίσχυσής τους. Τελικά προτείνεται η νέα μέθοδος των σύνθετων υλικών και αντισταθμίζονται τα αποτελέσματά της σε σχέση με τους προηγούμενους τρόπους ενίσχυσης.*

### **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε μια χώρα με έντονη σεισμική δραστηριότητα όπως η Ελλάδα, οι κατασκευές δοκιμάζονται συχνά από σεισμικές δονήσεις με μεγέθη ικανά να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες. Έτσι ο μηχανικός καλείται να αντιμετωπίσει τις βλάβες αυτές με σκοπό να αποκαταστήσει τον βαθμό ασφάλειας που είχε το βλαφθέν κτίριο πριν από το σεισμό ή ακόμα και να τον αυξήσει σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

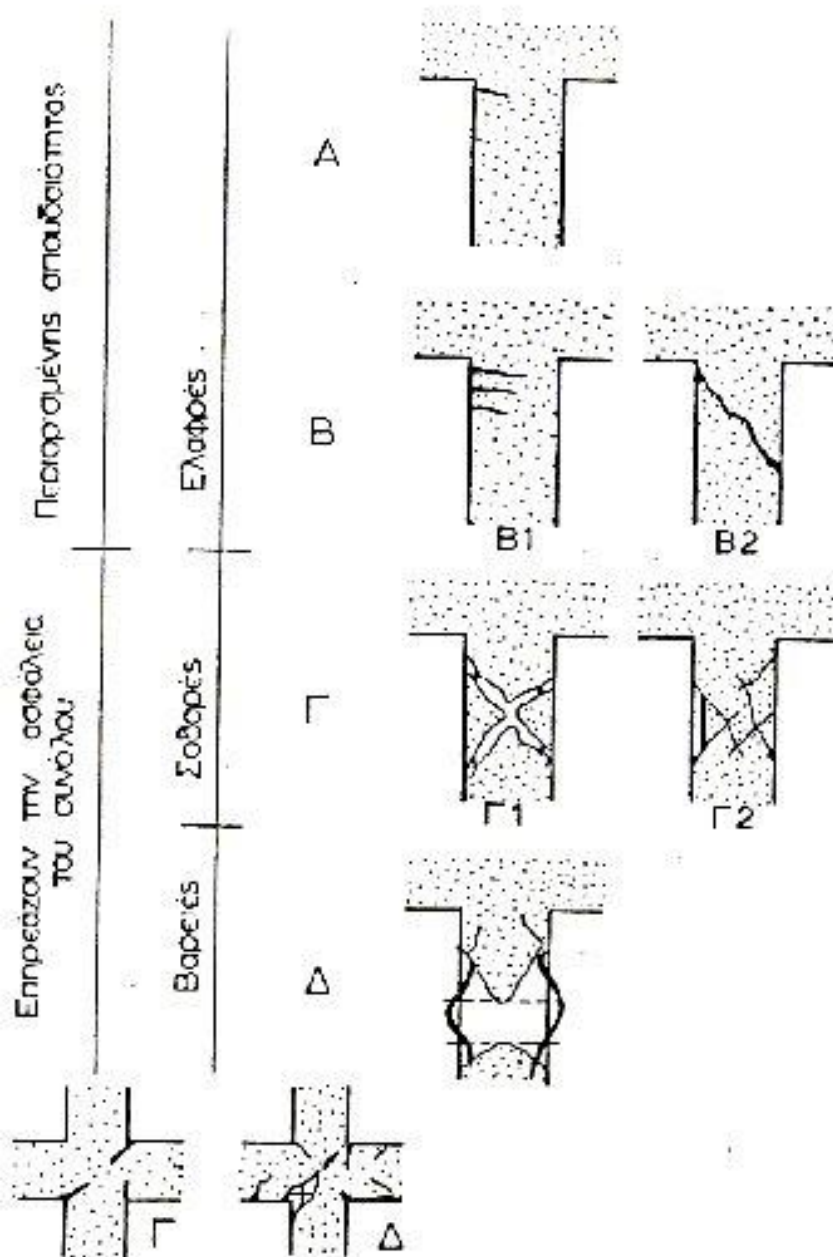
Εφόσον ληφθεί η απόφαση-βάσει τεχνικών και οικονομικών κριτηρίων-για επέμβαση στον πληγέντα φέροντα οργανισμό, αρχίζει να συντάσσεται η μελέτη επισκευής με γνώμονα το παρακάτω πλέγμα διαδικασιών :

- Αρχικά αναλύεται ο φορέας με βάση τα πραγματικά φορτία και τις υφιστάμενες αντοχές των στοιχείων, δηλαδή τις αντοχές που προέκυψαν μετά τη δόμηση, με στόχο τον προσδιορισμό των αιτιών αστοχίας.
- Στη συνέχεια αξιολογούνται οι βλάβες σε τοπικές, οπότε επισκευάζονται μεμονωμένα στοιχεία, ή σε βλάβες που δυσχεραίνουν την γενικότερη συμπεριφορά του κτιρίου με αποτέλεσμα την ανάγκη εξέτασής του ως ένα ενιαίο σύνολο.
- Ακολουθεί επανακαθορισμός των παραδοχών μελέτης, δηλαδή των υλικών και των επιβαλλόμενων φορτίων με έμφαση στις σεισμικές δράσεις αφού αυτές αποτελούν την κύρια αιτία των βλαβών ή τον κύριο λόγο για τον οποίο επιβάλλεται ενίσχυση.
- Επιλέγονται τα υλικά επισκευών και οι τεχνικές που θα ακολουθηθούν ώστε να επιτευχθεί κατά το δυνατό εύκολη και εύστοχη εφαρμογή καθώς και αξιόπιστος ποιοτικός έλεγχος.
- Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση και επαναδιαστασιολόγηση της διαφορετικής πλέον κατασκευής χρησιμοποιώντας τα νέα χαρακτηριστικά των επισκευασθέντων στοιχείων όπως προκύπτουν μετά την επέμβαση.
- Δεν παραλείπεται βέβαια ο έλεγχος λειτουργικότητας της προκύπτουσας κατασκευής, δηλαδή η ανάγκη διακύμανσης των αναμενόμενων τιμών παραμορφώσεων και ρηγματώσεων εντός των παραδεκτών ορίων.

### **2. ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ**

Είναι σίγουρα αναμφισβήτητη η συνδρομή των υποστυλωμάτων στην ασφάλεια και την ομαλή λειτουργία της κάθε κατασκευής. Ωστόσο, σε περίπτωση σεισμού, τα υποστυλώματα αποτελούν τα περισσότερο επιπονούμενα στοιχεία με αποτέλεσμα να υπόκεινται σε συχνές

βλάβες. Οι βλάβες αυτές επιβάλλεται να εξετασθούν διεξοδικά και να επισκευασθούν επιτυχώς, δεδομένων των καταστρεπτικών συνεπειών που θα συνεπαγόταν η ενδεχόμενη αστοχία τους.



Σχήμα 1

Οι βλάβες στα υποστυλώματα κατατάσσονται συνήθως σε δυο κατηγορίες ανάλογα με:  
α) τον τυπικό βαθμό βλάβης και β) το χαρακτήρα των βλαβών.

## 2.1 Τυπικοί βαθμοί βλάβης υποστυλωμάτων (1,5)

Αναφέρονται σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία και συνδέονται με τις απομένουσες φέρουσες ικανότητες των συγκεκριμένων βλαφθέντων στοιχείων και όχι κατ' επέκταση ολόκληρου του φέροντα οργανισμού.

Έτσι, βάσει των τυπικών βαθμών οι βλάβες διακρίνονται σε (σχήμα 1):

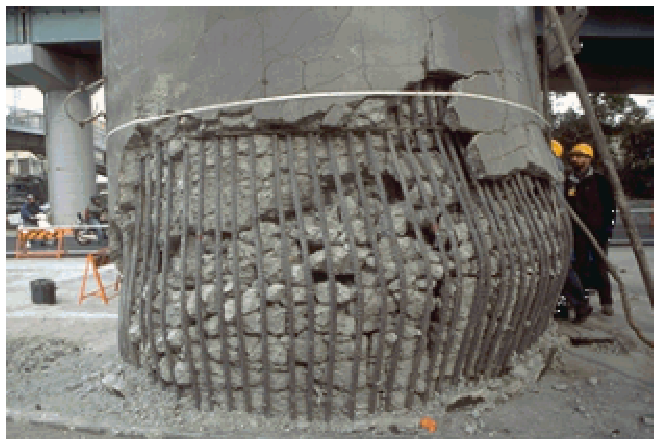
- Βλάβες βαθμού "Α". Είναι ελαφρές και εκδηλώνονται ως μεμονωμένες οριζόντιες ρωγμές με πάχος μικρότερο από 2 χιλιοστά. Οι ρωγμές αυτές είναι καμπτικού χαρακτήρα γι' αυτό εμφανίζονται συχνά στην κορυφή ή τη βάση του υποστυλώματος όπου παρουσιάζονται οι μέγιστες ροπές. Μπορούν ακόμη να οφείλονται σε δευτερεύοντες λόγους και κυρίως σε τοπικές αδυναμίες (διεύρυνση των αρμών διακοπής εργασίας, ανεπαρκείς αγκυρώσεις των οπλισμών, ελαφρές κρούσεις στην εν επαφή τοιχοπλήρωση, κ.λ.π.).
- Βλάβες βαθμού "Β". Και πάλι χαρακτηρίζονται ελαφρές με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται μετακινήσεις των κόμβων. Εδώ οι καμπτικές ρωγμές έχουν αυξηθεί τόσο σε αριθμό όσο και σε μέγεθος και οφείλονται σε υπέρβαση του ορίου διαρροής του χάλυβα σε εφελκυσμό. Στον ίδιο βαθμό βλάβης κατατάσσονται και οι μεμονωμένες λοξές ρωγμές, διατμητικού χαρακτήρα, με πλάτος μικρότερο από μισό χιλιοστό.
- Βλάβες βαθμού "Γ". Χαρακτηρίζονται σοβαρές. Παρατηρούνται έντονες χιαστί (λόγω αντιστροφής της σεισμικής δράσης) διατμητικές ρωγμές καθώς και τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος λόγω θλίψης ή και διάτμησης με αποτέλεσμα την εμφάνιση των διαμήκων ράβδων οπλισμού και των συνδετήρων. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι αρκετά μικρές. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και οι ρηγματώσεις στους κόμβους.
- Βλάβες βαθμού "Δ". Βαριές βλάβες. Στην περιοχή βλάβης παρατηρείται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος που συχνά συνοδεύεται από αποτίναξη. Οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού έχουν λυγίσει ενώ έχει συμβεί διαρροή ή και θραύση των συνδετήρων. Τόσο οι οριζόντιες όσο και οι κατακόρυφες (κυρίως αυτές) μετακινήσεις είναι πλέον αρκετά μεγάλες.

## 2.2 Χαρακτήρας βλαβών (1)

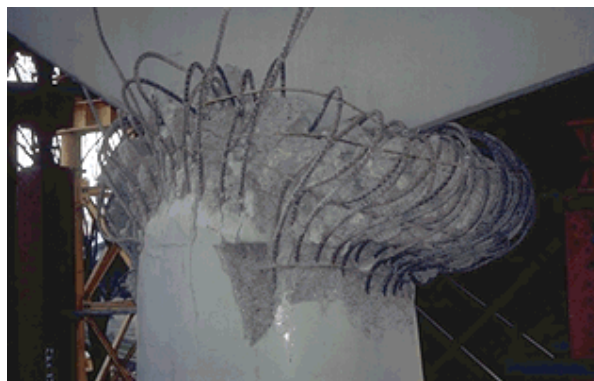
Αναφέρεται στην κατασκευή ως σύνολο και συνδέεται με τη στατική επάρκεια ή ανεπάρκεια του φορέα και τη λήψη αποφάσεων για τα μέτρα «θεραπείας» που πρέπει να ακολουθηθούν.

- ο Βλάβες γενικού χαρακτήρα (καθολικές) θεωρούνται αυτές που εκτείνονται στο σύνολο σχεδόν των στοιχείων του οργανισμού.
- ο Βλάβες μερικού χαρακτήρα χαρακτηρίζονται αυτές που εκτείνονται σε ποσοστό 30% έως 70% του συνόλου των στοιχείων του οργανισμού.
- ο Βλάβες τοπικού χαρακτήρα θεωρούνται αυτές που εμφανίζονται σε μεμονωμένα στοιχεία του οργανισμού

Παρακάτω παραθέτουμε δύο φωτογραφίες χαρακτηριστικών περιπτώσεων ρωγμών σε υποστυλώματα:



**Φωτογραφία 1:** Καμπτοδιατμητική αστοχία με σύνθλιψη (μεγάλη αξονική)



**Φωτογραφία 2:** Αστοχία πλαστικής άρθρωσης

### 3. ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (1)

Οι τυπικοί βαθμοί αλλά και ο χαρακτήρας των βλαβών συνδέονται άμεσα, εκτός των άλλων, και με την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και τα διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας των βλαμμένων δομικών στοιχείων και της κατασκευής ως συνόλου.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται μια εκτίμηση απομενουσών φερουσών ικανοτήτων και ακαμψιών (ως ποσοστών της αρχικής φέρουσας ικανότητας και ακαμψίας) για μεμονωμένα δομικά στοιχεία, και κυρίως για υποστυλώματα, ανάλογα με τον τυπικό βαθμό βλάβης από σεισμό που παρουσιάζουν και την ηλικία της κατασκευής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**  
**Συντελεστές Ικανότητας «γ»**

ΗΛΙΚΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ			
	«Α»	«Β»	«Γ»	«Δ»
Μικρή ηλικία	0.95	0.75	0.45	0.15
Μεγάλη ηλικία	0.80	0.60	0.30	0

Σημειώσεις: 1) Μικρή ηλικία  $\leq 25$  ετών. Μεγάλη ηλικία  $>25$  ετών.

2) Για κακή κατάσταση ή ποιότητα κατασκευής, πρόσθετη απώλεια φέρουσας ικανότητας 0.05.

Για κακή κατάσταση και ποιότητα κατασκευής, πρόσθετη απώλεια φέρουσας ικανότητας 0.15.

3) Συντελεστής Φέρουσας Ικανότητας:

$$\gamma = \frac{\text{απομένουσα φέρουσα ικανότητα}}{\text{αρχική φέρουσα ικανότητα}}$$

Απώλεια φέρουσας ικανότητας:  $\alpha = 1 - \gamma$

Για την εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας στο σύνολο της κατασκευής πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία, ο τυπικός βαθμός βλάβης και η απομένουσα φέρουσα ικανότητα του καθενός, να εκτιμηθεί η ένταση /έκταση των βλαβών και των φερόντων στοιχείων της κατασκευής και ο ρόλος τους και η συμπεριφορά του κτιρίου. Ακόμη, πρέπει να εκτιμηθεί η δυνατότητα ανακατανομών της εντάσεως και να ληφθούν υπόψη κατάλληλοι συντελεστές βαρύτητας για τα μεμονωμένα κατακόρυφα στοιχεία, ανάλογα με την επικινδυνότητά τους, δηλαδή με τις γενικότερες επιπτώσεις που προκαλεί ενδεχόμενη βαριά βλάβη τους.

Μια απλουστευμένη, συντηρητική ψευδο-ποσοτική εκτίμηση απομενουσών φερουσών ικανοτήτων (ως ποσοστών της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για κτίρια στο σύνολό τους, μπορεί να γίνει με βάση τη σχέση:

$$\gamma_{KT} = K \times \frac{\sum_{i=1}^N g_i}{h}$$

όπου:

$\gamma_{KT}$  = συντελεστής φέρουσας ικανότητας ορόφου ή στατικού ανεξάρτητου τμήματος στο σύνολό του

$\gamma_i$  = συντελεστής φέρουσας ικανότητας μεμονωμένου στοιχείου

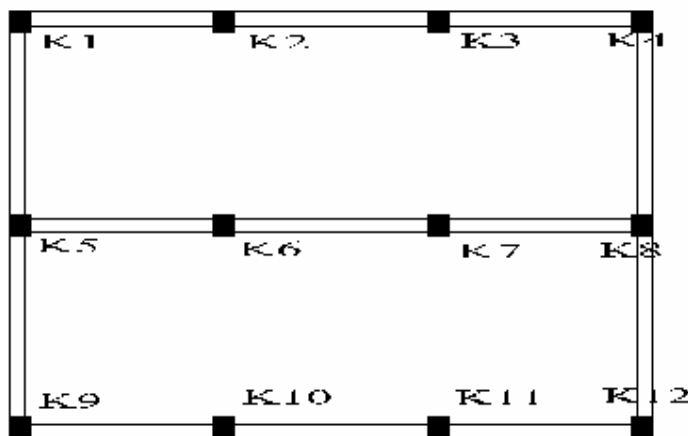
$h$  = αριθμός στοιχείων ορόφων ή τμήματος

$K$  = 1.0 για μικρές βλάβες και 1.2 για μεγάλες βλάβες

Ο συντελεστής  $K$  αποτελεί «έκφραση» της υπερστατικής λειτουργίας των φορέων. Η ανακατανομή της έντασης λόγω υπερστατικότητας είναι υπαρκτή σε περίπτωση μεγάλων βλαβών.

Η απομένουσα φέρουσα ικανότητα συνδέεται άμεσα και με την απόφαση για αποκατάσταση μικρών ή μεγάλων βλαβών της κατασκευής. Με την προϋπόθεση ότι η αρχική μελέτη δεν έχει χονδροειδή σφάλματα (κυρίως συλλήψεως) και η κατασκευή δεν παρουσιάζει κακοτεχνίες, τότε μπορεί να γίνει μόνο αποκατάσταση πρώτου βαθμού αν η απώλεια φέρουσας ικανότητας είναι μέχρι 15% για κτίρια μικρής ηλικίας και μέχρι 20% για κτίρια μεγάλης ηλικίας, ενώ επιβάλλεται αποκατάσταση δευτέρου βαθμού αν η απώλεια φέρουσας ικανότητας είναι μεγαλύτερη.

Η εφαρμογή των παραπάνω φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί:



**ΠΙΝΑΚΑΣ 2**  
**ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΜΙΚΡΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ £ 25 ΕΤΩΝ**

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ $\gamma_{KT}$								
Στοιχεία οικοδομής			Τμήμα ή όροφος – ηλικία					
Στοιχείο	Χωρίς βλάβη	Βαθμός βλάβης		Κατάσταση Στοιχείων (πριν τη βλάβη)		Ποιότητα κατασκευής στοιχείων		Συντελεστής Ικανότητας «γ»
		Στο στοιχείο	Στον κόμβο	καλή	κακή	καλή	κακή	
K1	*							1.00
K2								
K3		A		*		*		3×0.95
K4								
K5		A	Γ	*			*	0.40
K6		B	Γ		*		*	0.30
K7		B		*		*		2×0.75
K8								
K9								
K10		A		*		*		4×0.95
K11								
K12								
$*\gamma_{KT} = 1.1 \frac{9.85}{12} = 0.9 > 0.85 \text{ Αποκατάσταση πρώτου βαθμού}$								9.85

- (1) Εκτίμηση του «γ» με βάση τη βλάβη στον κόμβο (δυσμενέστερη) – μείωση του «γ» κατά 0.05 λόγω κακής ποιότητας κατασκευής στοιχείου
- (2) Μείωση του «γ» κατά 0.15 λόγω κακής ποιότητας και κακής κατασκευής
- (3) Το κτίριο επισκευάζεται (αποκατάσταση 1<sup>ου</sup> βαθμού), όταν η απώλεια φέρουσας ικανότητας λόγω των ορατών βλαβών δεν ξεπερνά το 15% της αρχικής, σε περίπτωση οικοδομής μικρής ηλικίας και το 20% της αρχικής σε περίπτωση οικοδομής μεγάλης ηλικίας.

- (4) Το κτίριο ενισχύεται (αποκατάσταση 2<sup>ου</sup> βαθμού), όταν η απώλεια αντοχής ξεπερνά το 15% της αρχικής σε οικοδομή μικρής ηλικίας και το 20% της αρχικής σε οικοδομή μεγάλης ηλικίας.

#### 4. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

- **Απλή ρηγμάτωση**

Στην περίπτωση αυτή επισκευάζουμε με συγκόλληση των ρωγμών, με χρήση εποξειδικής ρητίνης.

- **Σημαντική τοπική βλάβη-μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος**

Στην περίπτωση αυτή επισκευάζουμε ως εξής:

##### 1. Υποστύλωση (2)

Όταν ένα κτίριο υποστεί κατά τη διάρκεια ενός σεισμού σοβαρές βλάβες των φερόντων στοιχείων του και κυρίως των κατακόρυφων (θραύση υποστυλωμάτων κλπ.) σε βαθμό που να γίνεται προβληματική η ασφαλής λειτουργία του φέροντος οργανισμού του, το κτίριο πρέπει να υποστυλώνεται άμεσα. Με την υποστύλωση αυτή προκαλείται ελάφρυνση των βλαμμένων στοιχείων από τα φορτία τους μέσω προσθέτων προσωρινών στοιχείων, τα οποία πρέπει να τοποθετηθούν κατάλληλα ώστε να αναλαμβάνουν μέρος ή το σύνολο των φορτίων του βλαμμένου στοιχείου.

Η υποστύλωση πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε στον όροφο του βλαμμένου κατακόρυφου στοιχείου. Μια υποστύλωση πάντως σε περισσότερους ή και σε όλους τους ορόφους, δημιουργεί ευνοϊκότερη κατάσταση στο πρόβλημα της κατανομής των φορτίων του βλαμμένου στοιχείου στα άλλα υγιή στοιχεία του φέροντος οργανισμού.

Όσον αφορά την απόσταση των υποστηρίξεων από το βλαμμένο στοιχείο, αυτή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι δεν θα δημιουργεί προβλήματα για τη διεξαγωγή της εργασίας επισκευής ή αντικατάστασης του υποστυλώματος.

Σε περιπτώσεις αμφιβολιών ως προς την ευστάθεια της κατασκευής έναντι οριζοντίων δυνάμεων, πρέπει να προβλέπεται και λοξή αντιστήριξη.

Ο μελετητής πρέπει να μελετήσει ιδιαίτερα τη μεταφορά στο έδαφος των φορτίων της προσωρινής υποστύλωσης στην περίπτωση που υπάρχει υπόγειο.

Στην περίπτωση που απαιτείται να επισκευαστούν περισσότερα από ένα υποστυλώματα, πρέπει η επισκευή-ενίσχυση (κυρίως όταν ο βαθμός βλάβης επιβάλλει την καθαίρεση) να γίνεται σταδιακά δηλ.:

- α Κατάλληλη υποστύλωση όλων των βλαμμένων υποστυλωμάτων
- α Επισκευή-ενίσχυση ενός υποστυλώματος, και μετά τη σκλήρυνση, σταδιακή επισκευή-ενίσχυση των υπολοίπων υποστυλωμάτων

##### 2. Καθαίρεση αποδιοργανωμένου σκυροδέματος στις γωνίες και περιμετρικά του υποστυλώματος

Η καθαίρεση του σκυροδέματος γίνεται με εργαλεία λιθοξόου στις γωνίες και περιμετρικά του υποστυλώματος κατά 2-3 cm για την αποκάλυψη του κατακόρυφου σπλισμού από τον πυθμένα της δοκού οροφής έως το λαιμό του πεδύλου.

### 3. Εκτράχυνση της επιφάνειας του σκυροδέματος

Πραγματοποιείται η εκτράχυνση του παλιού σκυροδέματος με συρματόβουρτσες ή αμμοβολή, σε βάθος 0,6 mm περίπου. Η εκτράχυνση είναι πολύ σημαντική διότι είναι από τους κύριους παράγοντες που αυξάνουν τη συνοχή και το συντελεστή τριβής, δηλ. συντείνουν στη μεταφορά μεγαλύτερου ποσοστού φορτίου μέσω μηχανισμού τριβής στο μανδύα.

### 4. Καθαρισμός της επιφάνειας

Καθαρίζουμε τις παλιές ράβδους οπλισμών από τη σκουριά με συρματόβουρτσες και στη συνέχεια γίνεται ένας επιμελημένος καθαρισμός της επιφάνειας, χρησιμοποιώντας αέρα υπό πίεση.

### 5. Αποκάλυψη οπλισμών (3)

Οι ράβδοι οπλισμού που κατά τη βλάβη του δομικού έργου φορτίστηκαν πέρα από το όριο διαρροής, δε χρειάζονται τίποτα εφόσον το δομικό έργο μεταφέρει ακίνητα κυρίως φορτία, αρκεί να μην παρουσιάζουν περιστολές. Οι περιστολές πρέπει να επικαλύπτονται από πρόσθετες ράβδους.

### 6. Τοποθέτηση του νέου οπλισμού με παρεμβλήματα σύνδεσης (καβίλιες) (3)

Αφού ολοκληρωθεί και η φάση του καθαρισμού ακολουθεί η τοποθέτηση του οπλισμού.

Πολλές ατέλειες οφείλονται σε ανύπαρκτους ή ελλιπείς διαχωριστήρες (καβίλιες). Η διάρκεια ζωής των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα εξαρτάται από την προφύλαξη του οπλισμού κατά της διάβρωσης, δηλ. με μια επαρκή (ομοιόμορφη), πυκνή, αρκετού πάχους επικάλυψη από μπετόν. Οι καφετιές αποχρώσεις, οι διακοπές συνέχειας της στρώσης του μπετόν και οι σκουριές, αποτελούν τις συνέπειες. Από εμπειρία προκύπτει ότι η επικάλυψη από μπετόν εξασφαλίζεται μόνο με καβίλιες.

Στα υποστυλώματα χρειάζεται επιπλέον προσοχή, ώστε να μη λείπουν οι συνδετήρες στον πόδα, και στην κεφαλή, ενώ στον κορμό πρέπει να είναι καλά δεμένοι ώστε να μην ξεγλιστρούν. Σε θέσεις χωρίς συνδετήρες, οι μη ενισχυμένες σε κάμψη ράβδοι λυγίζουν υπό την ενέργεια του φορτίου και εξωθούν το μπετόν, δημιουργώντας ελαττωμένη διατομή που μπορεί να οδηγήσει σε θραύση.

Κινδύνους κρύβουν και οι υπερβολικού μήκους ράβδοι αναμονής, καθώς και οι ράβδοι υποστυλωμάτων που διατρέχουν συνεχείς το ύψος δύο ορόφων. Είναι τότε αναπόφευκτες κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης και της σκλήρυνσης οι μετακινήσεις και οι ταλαντώσεις τους από κρούσεις. Τότε δημιουργούνται κενοί χώροι μέσα στο μπετόν, κακή πρόσφυση και κρίσιμες διατομές. Χρειάζεται προσεκτική σύνδεσή τους.

### 7. Ηλεκτροσυγκόλληση νέου οπλισμού με παλαιό (3)

Κατά τις αποκαταστάσεις ή ενισχύσεις, χρειάζεται ενίοτε επανένωση των ράβδων ή προσθήκη νέων ράβδων με ανθεκτική σύνδεση προς αυτές. Τεχνολογικά σωστή σύνδεση, με μικρό μήκος και χωρίς μεγάλη ανάγκη χώρου, είναι η ηλεκτροσυγκόλληση. Από τα διάφορα είδη συγκολλήσεων μερικά μόνο μπορούν να μας χρησιμεύσουν, διότι τα υπόλοιπα είτε δεν έχουν δώσει καλά αποτελέσματα είτε δεν επιτρέπονται είτε τέλος γιατί δε βρίσκουν εργοταξιακή εφαρμογή. Οι εξής μέθοδοι μας ενδιαφέρουν:

α Ηλεκτροσυγκόλληση μετάλλου με βολταϊκό τόξο: Όταν η φόρτιση δομικών στοιχείων είναι κυρίως στατική, επιτρέπεται η εφαρμογή αυτής της μεθόδου για τη συγκόλληση ενισχυμένης εν ψυχρώ αντοχής νευροχαλύβων της ομάδας Bst 420/500 RK. Όταν δεν πρόκειται για στατική κυρίως φόρτιση, όλες οι συγκολλήσεις πρέπει να γίνονται με ηλεκτρική εκκαυματική εσωραφή, οπότε δεν υπάρχει θέμα θεραπευτικών εργασιών με συγκολλητές συνδέσεις. Οι πτωχοί σε άνθρακα ενισχυμένης αντοχής εν ψυχρώ χάλυβες, δεν ρέπουν προς ψαθυροποίηση έστω και με ταχεία ψύξη τους. Όταν τηρούνται οι επιταγές του



DIN 4099 «Συγκολλήσεις χάλυβα μετόν» (4/1972), η θερμική επίδραση είναι μικρή και έτσι δε συμβαίνει αξιόλογη απώλεια αντοχής. Κατά κανόνα επιτρέπεται η εισαγωγή του χάλυβα στον υπολογισμό για τη θέση συγκολλήσεως, με την πλήρη διατομή του χωρίς συγκόλληση.

Η επίβλεψη των εργασιών συγκολλήσεως εκτείνεται σε: 1) δοκιμές καταλληλότητας (= δοκιμές μεθόδου, προ της έναρξης των εργασιών συγκολλήσεως στο εργοτάξιο) και 2) δοκιμές ποιότητας (= δοκίμια κατά τη διάρκεια των εργασιών).

Οι αστήρικτες άκρες ράβδων (βοστρυχωτές) πρέπει να απομακρύνονται από τις θέσεις συγκολλήσεως, εκτός των παράπλευρων ράβδων. Οι ράβδοι πρέπει να απορρυπαίνονται, να ξεσκουριάζονται και να παραθέτονται. Τα ηλεκτρόδια δεν πρέπει να ανάβονται στο φέρον τμήμα της ράβδου. Πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο στεγνά ηλεκτρόδια. Το βολταϊκό τόξο πρέπει να διατηρείται βραχύ.

α Θερμική συγκόλληση ( αλουμίνιο-ΑΤ): Η συγκόλληση χάλυβα μετόν με τη μέθοδο ΑΤ χρησιμοποιεί μεταλλοθερμικά μίγματα και μήτρες όπως η συγκόλληση Thermit με μούφφα.

α Συγκόλληση Thermit (όχι γνήσια συγκολλητή σύνδεση): Κατά τη μέθοδο αυτή, οι δύο άκρες των προς συγκόλληση ράβδων ενθέτονται σε έναν μικρού μήκους σωλήνα περιβολής και εκεί περιχύνονται με ρευστό μέταλλο.

#### 7. Τοποθέτηση νέων συνδετήρων

Νέοι πυκνοί συνδετήρες τοποθετούνται για τους νέους οπλισμούς. Οι συνδετήρες αυτοί εκτείνονται συνήθως καθ' όλο το ύψος του υποστυλώματος μέχρι την πλάκα. Επίσης μπορεί να χρειαστεί οπλισμός και στις γωνίες του πεδίου.

#### 8. Σκυροδέτηση του καθαιρεθέντος τμήματος

- **Σημαντική τοπική βλάβη-πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος**

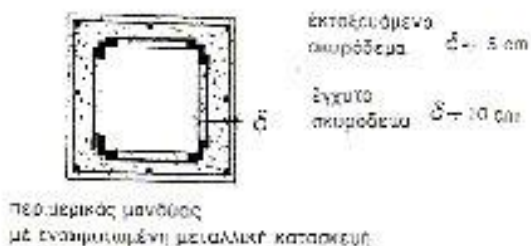
Στην περίπτωση αυτή επισκευάζουμε ως εξής:

1. Υποστύλωση
2. Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστυλώματος τουλάχιστον σε ύψος 30 cm
3. Έλεγχος του διαμήκους οπλισμού, ενίσχυσή του εάν απαιτείται και προσθήκη πυκνών συνδετήρων
4. Τοποθέτηση ξυλοτύπου
5. Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή έτοιμου κονιάματος σε σακιά

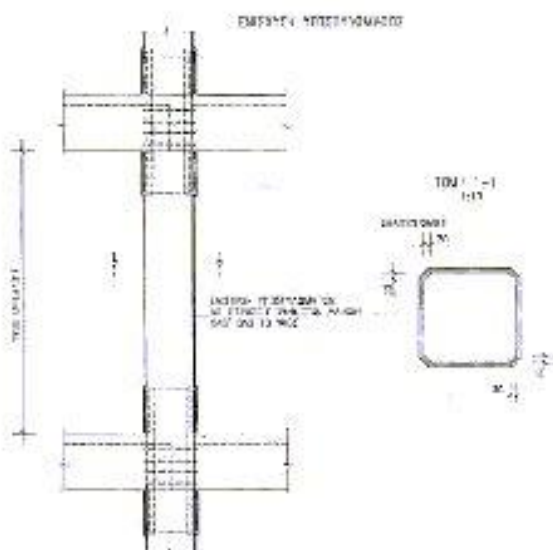
Οι διαδικασίες εφαρμογής των παραπάνω εργασιών έχουν ήδη προηγουμένα αναλυθεί και γι' αυτό αναφέρονται μόνο επιγραμματικά

### **5. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ**

Στην περίπτωση που επιθυμούμε την αύξηση της φέρουσας ικανότητας και πλαστιμότητας του υποστυλώματος κατασκευάζεται μανδύας σκυροδέματος με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Αντί του μανδύα μπορούν να τοποθετηθούν στρώσεις σύνθετου υλικού περιμετρικά του υποστυλώματος.



Σχήμα 2



Σχήμα 3

Ανάλογα με το βαθμό βλάβης εφαρμόζονται οι εξής τεχνικές:

- **Μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Εφαρμόζονται στην περίπτωση βαριάς βλάβης ή μη επαρκούς σεισμικής ικανότητας του υποστυλώματος. Σε αυτή την περίπτωση οπλισμοί και εγκάρσιοι σύνδεσμοι διατάσσονται γύρω από την κολώνα και σκυρόδεμα εγχύνεται ή εκτοξεύεται. Το πάχος της πρόσθετης αυτής στρώσης κυμαίνεται από 100mm μέχρι 150mm (σχήμα 2).

- **Μεταλλικοί μανδύες**

Σε αυτού του είδους την παρέμβαση κατασκευάζεται ο μεταλλικός μανδύας γύρω από την υπάρχουσα κολώνα δια συγκολλήσεως μεταλλικών πλακών με εποξειδική ρητίνη που εγχύνεται στο κενό μεταξύ σκυροδέματος και χάλυβα το οποίο είναι περίπου της τάξης των 3mm.

Σκοπός του εγκιβωτισμού είναι να αποτρέψει την αποφλοιώση της επικάλυψης του σκυροδέματος, να αναπτύξει πλευρική στήριξη στο διαμήκη οπλισμό, να επαυξήσει την αντοχή του σκυροδέματος και τέλος να αυξήσει την πλαστιμότητα.

### **Σύγκριση των δύο προηγούμενων μεθόδων:**

Η πρώτη μέθοδος είναι σχετικά ανέξοδη, αλλά παρουσιάζει τα ακόλουθα προβλήματα:

1. Η συνεργασία (πρόσφυση) μεταξύ νέου και υπάρχοντος σκυροδέματος απαιτεί «αγρίεμα» της επιφάνειας του υποστρώματος και την τοποθέτηση συνδετήρων υπό τη μορφή βλήτρων στον προϋπάρχον κορμό, εργασία αρκετά δύσκολη στην επιτυχή διεξαγωγή της, ιδιαίτερα σε γέφυρα, όταν διέρχεται οδική αρτηρία κάτωθεν αυτής.

2. Όταν χρησιμοποιούμε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υπάρχει δυσκολία στον τρόπο καθορισμού της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Επίσης στην κατασκευή απαιτείται ιδιαίτερη φροντίδα για την επιτυχία κατακόρυφων επιφανειών (χρήση οδηγών). Τέλος δε χρησιμοποιείται ποτέ το ανακλώμενο υλικό.

3. Η κατασκευή μανδύων από έγχυτο σκυρόδεμα παρουσιάζει δυσκολίες κατά τη σκυροδέτηση ιδιαίτερα στην κορυφή υποστρωμάτων.

Από την άλλη πλευρά η χρήση μεταλλικών μανδύων είναι σχετικά εύκολη και λιγότερο απαιτητική σε εξοπλισμό, δεν επιφέρει σημαντική αύξηση σε διαστάσεις και βάρος, αλλά δημιουργεί άλλου είδους προβλήματα όπως:

1. Η παρουσία τους σε διαβρωτικό περιβάλλον απαιτεί είτε ειδικά μέτρα προστασίας – επικάλυψη, λόγω της μεγάλης ευπάθειάς τους είτε αντικατάστασή τους από ανοξείδωτο χάλυβα αυξάνοντας ωστόσο σημαντικά το κόστος επισκευής.

2. Δυσκολία στη σωστή πλήρωση του κενού μεταξύ σκυροδέματος και μεταλλικών πλακών με ρητίνη (ή και τσιμεντοκονίαμα κατά περιπτώσεις).

3. Η τοποθέτηση συνδετικών βλήτρων στο παλιό σκυρόδεμα είναι αναγκαία με όλες τις συνεπακόλουθες δυσκολίες.

Στην προσπάθεια να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα και να εξαλειφθούν οι κατασκευαστικές δυσκολίες αναπτύχθηκε η μέθοδος ενίσχυσης με σύνθετα υλικά (σχήμα 3).

Τα σύνθετα υλικά (5) αποτελούνται από ίνες υάλου υψηλής αντοχής (μεγαλύτερης των 550 Μρα) «συρραμμένες» ή «πλεγμένες» σε μορφή «υφάσματος». Τα «υφάσματα» ινών αφού εμποτιστούν με εποξειδικές ρητίνες, σχηματίζουν ένα σύνθετο υλικό το οποίο επικολλάται στις κατάλληλα προετοιμασμένες επιφάνειες του δομικού στοιχείου αποτελώντας τη μόνιμη επένδυση επισκευής και ενίσχυσής του. Τα σύνθετα υλικά πρέπει να εφαρμόζονται σε δομικά στοιχεία των οποίων οι ρηγματώσεις έχουν προετοιμασθεί με τσιμεντενέσεις, τσιμεντοκονιάματα, εποξειδικές ρητίνες ή εποξειδικά κονιάματα. Η χρήση των σύνθετων υλικών μπορεί να θεωρηθεί η φυσική εξέλιξη των ενισχύσεων με μεταλλικά ελάσματα. Λόγω του μικρού τους πάχους (περίπου 1.3mm ανά στρώση) οι διαστάσεις του δομικού στοιχείου παραμένουν πρακτικά αμετάβλητες, και το πρόσθετο βάρος στην κατασκευή είναι ουσιαστικά αμελητέο.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ενδεικτικά μία τεχνική ενίσχυσης υποστρωμάτων ως εφαρμογή της χρησιμοποίησης των σύνθετων υλικών:

### **Ενίσχυση υποστρωμάτων με περιτύλιξη (4)**

Η ενίσχυση αυτή μπορεί να επιτευχθεί είτε με «περιτύλιξη» των μελών με λωρίδες από σύνθετα υλικά είτε με χρήση μανδύων (από τα ίδια υλικά). Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, η οποία έχει αποδειχθεί από αρκετά πειραματικά αποτελέσματα, συνίσταται στην αύξηση του εγκιβωτισμού (που επιφέρει αύξηση της θλιπτικής αντοχής, αύξηση της πλαστιμότητας, βελτίωση του μηχανισμού ανάληψης τεμνουσών δυνάμεων και βελτίωση της αντοχής του διαμήκους οπλισμού σε λυγισμό) και στην αύξηση της καμπτικής και διατμητικής αντοχής των μελών. Σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου έναντι αντιστοίχων με χάλυβα αποτελούν η ανθεκτικότητα των υλικών σε διάβρωση, το μικρό βάρος τους, η αυξημένη ευκαμψία τους, η ικανότητά τους να αναπτύσσουν μεγάλες ελαστικές παραμορφώσεις, η δυνατότητα εύκολης προέντασης και η μικρή σχετικά αύξηση της δυσκαμψίας των στοιχείων από σκυρόδεμα.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Θεωρούμε ότι η μέθοδος επισκευής υποστρωμάτων με χρήση σύνθετων υλικών (FRP) μπορεί σε ένα σημαντικό αριθμό περιπτώσεων να αποδειχθεί πιο συμφέρουσα από τη χρήση μανδύων. Η επιτυχής εφαρμογή της τελευταίας μεθόδου εξαρτάται άμεσα από την τήρηση των προδιαγραφών και την απαιτούμενη προσοχή στις λεπτομέρειες. Από την άλλη πλευρά, η χρήση ινοπλισμένων πολυμερών δεν απαιτεί εξειδικευμένο συνεργείο, είναι σύντομη και δεν επηρεάζει την υπάρχουσα αισθητική. Ωστόσο, στον Ελλαδικό χώρο, η βιομηχανία πολυμερών περιορίζεται σε μικρές μονάδες και γενικά η μέθοδος χρήσης FRP έχει εφαρμοστεί σε λίγες περιπτώσεις αν και τελευταία διαφαίνονται αυξητικές τάσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος - Πρόγραμμα Euroform, (1992), «Θεσμικό Πλαίσιο Αποκατάστασης Κτιρίων με Βλάβες από Σεισμό», Αθήνα, σελ. 20-30
2. Ε.Μ.Π., (1988), «Συστάσεις για τις Επισκευές Κτιρίων Βλαμμένων από Σεισμό», Αθήνα, σελ. 30-33
3. Rybicki R., (1981), «Βλάβες Δομικών Έργων, Κατασκευές Οπλισμένου Μπετόν», Τόμος II, Εκδ. Μ.Γκιούρδας, Αθήνα, σελ. 37-39 και 249-257
4. Θανάσης Χ. Τριανταφύλλου, (1997), «Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών και Κατασκευών», Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, σελ.50-62
5. Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος, Αθήνα Σεισμός 5.9 R, «Σύνοψη Οδηγιών για Επισκευές Βλαβών από Σεισμό»