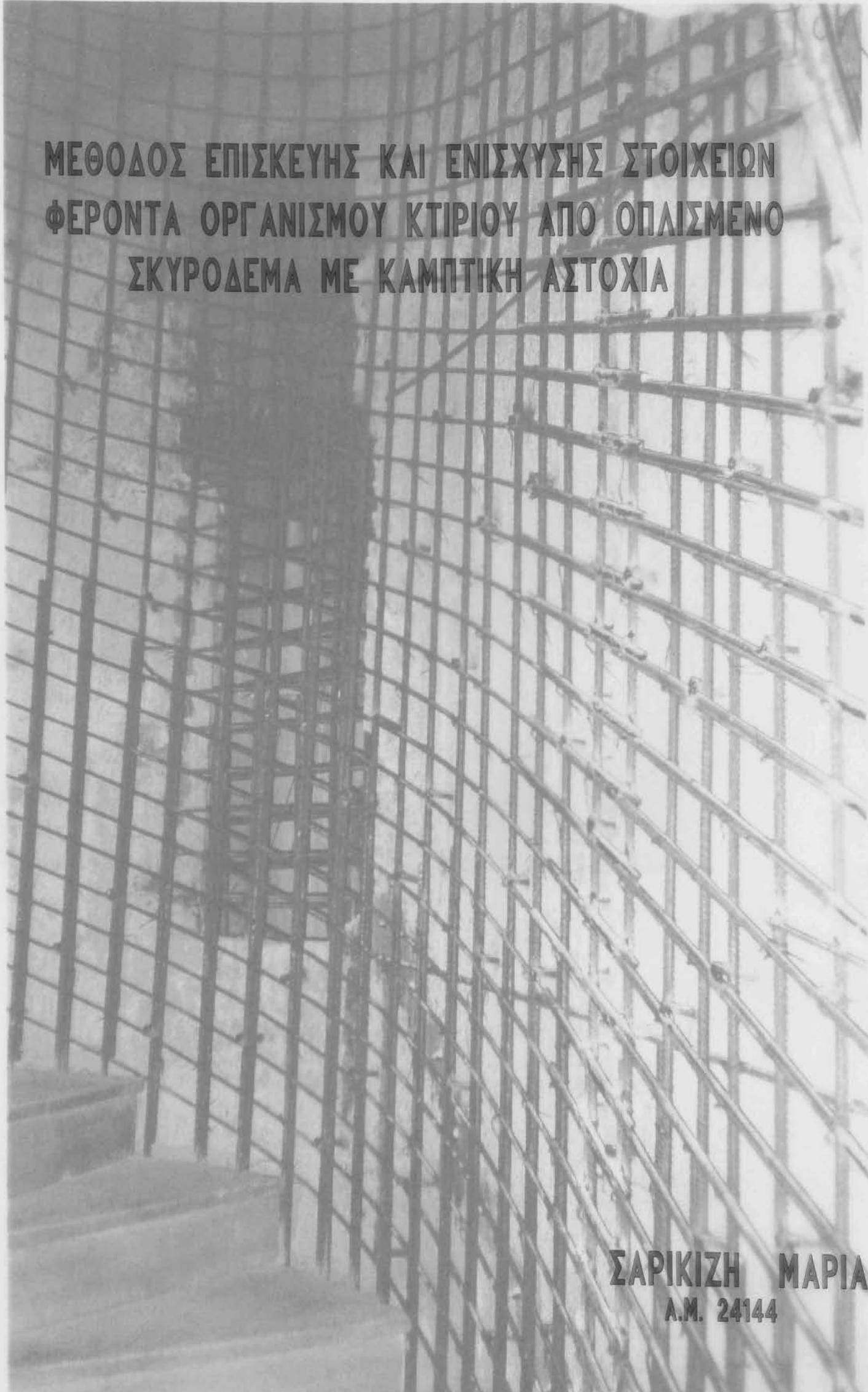


194

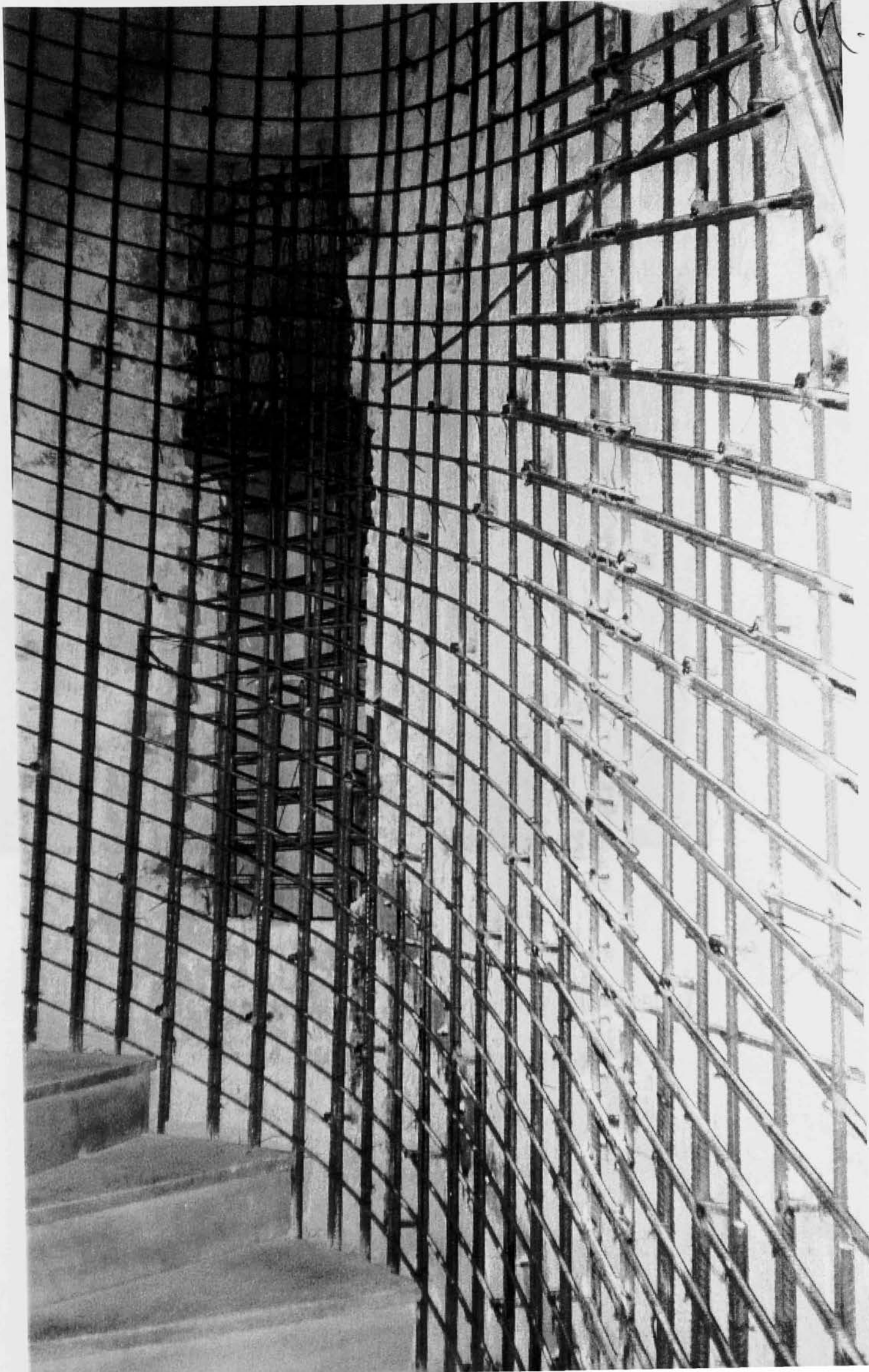
**ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ**



ΣΑΡΙΚΙΖΗ ΜΑΡΙΑ
Α.Μ. 24144

194

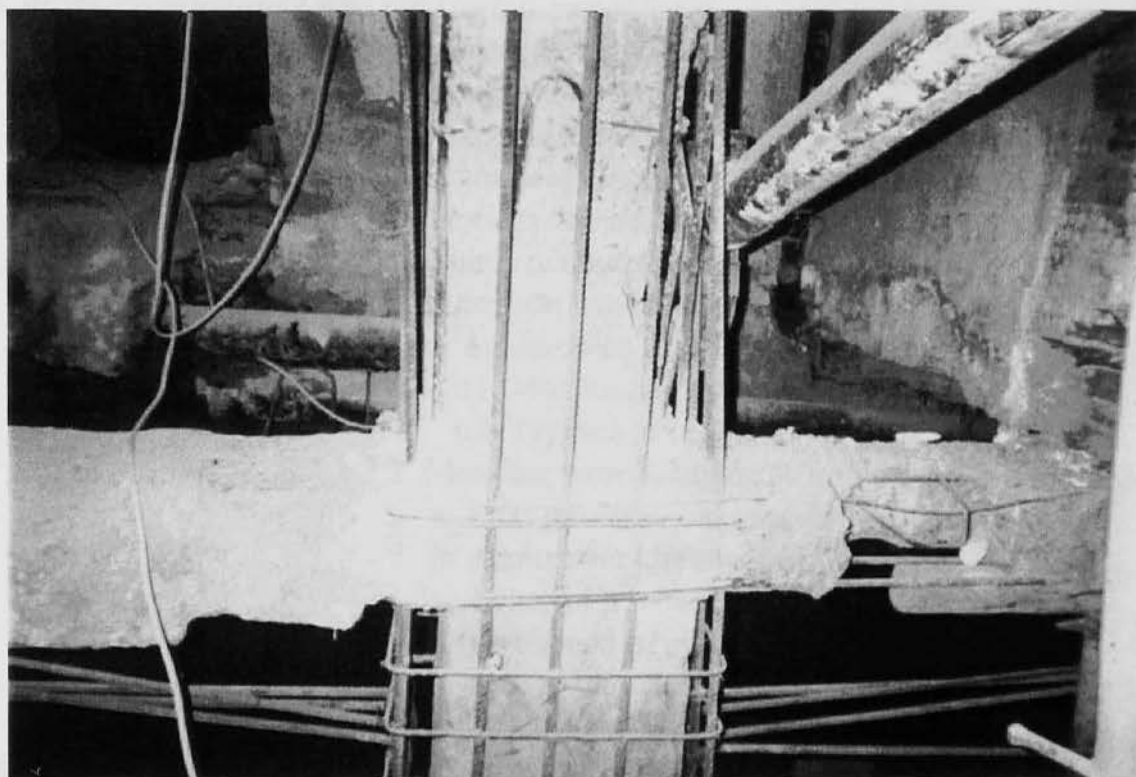
101



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

**ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΕΡΟΝΤΑ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ
ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ**



Εισηγήτρια: ΠΕΖΕΡΙΔΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Σπουδάστρια : ΣΑΡΙΚΙΖΗ ΜΑΡΙΑ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
1. Εισαγωγή.....	3
2. Βλάβες δομικών στοιχείων	4
2.1. Βλάβες στα υποστυλώματα.....	5
2.2. Βλάβες στα τοιχία	11
2.3. Βλάβες στις δοκούς.....	13
2.4. Βλάβες στους κόμβους δοκών – στύλων	16
2.5. Βλάβες στις πλάκες	18
2.6. Βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως	20
3. Φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	22
3.1. Επισκευές – ενισχύσεις δομικών στοιχείων	22
3.1.1. Επισκευές – ενισχύσεις υποστυλωμάτων	22
3.1.1.1. Επισκευές υποστυλωμάτων	22
3.1.1.1.1. Επισκευές με κόλλες ή επισκευαστικά κονιάματα.....	22
3.1.1.1.2. Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής.....	23
3.1.1.2. Ενισχύσεις υποστυλωμάτων.....	25
3.1.1.2.1. Ενίσχυση υποστυλωμάτων με περίσφιγξη	25
α. Διαδικασίες επιβολής περίσφιγξης.....	26
α1. Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή	28
α2. Τεχνική μεταλλικού κλωβού.....	28
3.1.1.2.2. Μανδύες υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα	30
α. Είδη μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος.....	31
β. Διαδικασία κατασκευής μανδύων.....	32
γ. Ανοικτοί μανδύες	34
δ. Μεταφορά αξονικού φορτίου στους μανδύες υποστυλωμάτων	36
ε. Συνδετήρες μανδύα	38
στ. Έλεγχος διεπιφάνειας.....	38
ζ. Κατασκευαστικές διατάξεις	38
3.1.2. Επισκευές – ενισχύσεις Τοιχωμάτων.....	41
3.1.2.1. Επισκευές τοιχωμάτων	41
3.1.2.2. Ενισχύσεις τοιχωμάτων	41
3.1.2.2.1. Ενίσχυση τοιχωμάτων με περίσφιγξη.....	41
3.1.2.2.2. Ενίσχυση τοιχωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος.....	42
α. Κατασκευαστικές διατάξεις.....	44
3.1.3. Επισκευές – ενισχύσεις Δοκών και Πλακών	45
3.1.3.1. Επισκευή δοκών και πλακών.....	45
3.1.3.2. Ενίσχυση δοκών και πλακών.....	46
3.1.3.2.1. Καμπτική ενίσχυση με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος.....	46
α. Κατασκευαστικές διατάξεις.....	48

3.1.3.2.2. Καμπτική ενίσχυση με επικολλητά φύλλα από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή	48
α. Ενίσχυση με επικολλητά ελάσματα	49
α1. Κατασκευαστικές διατάξεις	49
β. Ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή	51
β1. Κατασκευαστικές διατάξεις – συστάσεις	51
3.1.3.2.3. Διατμητική ενίσχυση δοκών με εξωτερικά στοιχεία.....	52
3.1.3.2.4. Ενίσχυση με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος	54
α. Κατασκευαστικές διατάξεις	55
3.1.4. Επισκευή & ενίσχυση κόμβων Δοκών – Υποστυλωμάτων	56
3.1.4.1. Επισκευή κόμβων	56
3.1.4.2. Ενίσχυση κόμβων.....	57
3.1.4.2.1. Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος.....	57
3.1.4.2.2. Η τεχνική των χιαστί κολλάρων	58
3.1.4.2.3. Η τεχνική των επικολλητών φύλλων.....	60
3.1.5. Ενισχύσεις στοιχείων θεμελίωσης	62
4. Υλικά Επεμβάσεως.....	64
4.1. Συμβατικό σκυρόδεμα χυτό επί τόπου	64
4.2. Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής – σταθερού όγκου – χυτό επί τόπου	66
4.3. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	66
4.4. Ρητίνες	74
4.5. Ρητινοσκυροδέματα.....	81
4.6. Τσιμεντενέματα	81
4.7. Επικόλληση ελασμάτων σε σκυρόδεμα.....	82
4.8. Ηλεκτροσυγκόλληση νέων οπλισμών πάνω σε παλιούς	84
4.9. Κονιάματα τσιμέντου – πλαστικών υλών (Τ.Π.Υ).....	85
5. Επεμβάσεις στον οργανισμό πληρώσεως κτιρίων με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	86
5.1. Αλληλεπίδραση φέροντος οργανισμού και τοιχοπληρώσεων – στοιχεία κανονισμών	86
5.2. Επιρροή οργανισμού πληρώσεως στη γενική ή τοπική συμπεριφορά του σκελετού.....	90
5.3. Απλή ρηγμάτωση τοίχων.....	92
5.4. Έντονη ρηγμάτωση τοίχων	94
5.5. Αποσύνδεση οργανισμού πληρώσεως και σκελετού	95
6. Ενίσχυση και αποκατάσταση κτιρίου που υπέστη βλάβες από το σεισμό τις 7^{ης} Σεπτεμβρίου 1999 στην Αθήνα.....	96
6.1. Τεχνική έκθεση.....	97
6.2. Περιγραφή εργασιών ενίσχυσης φέροντος οργανισμού πολυκατοικίας Λ. Αλεξάνδρας 43 και Σχινά.....	104
6.3. Εικόνες βλαβών και ενίσχυσης δομικών στοιχείων	108
6.4. Ξυλότυποι υπάρχοντος κτιρίου και ενισχύσεων.....	139
6.5. Βιβλιογραφία	140

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σεισμοί των τελευταίων δεκαετιών σε όλον τον κόσμο, καθώς και οι πρόσφατοι σεισμοί στη χώρα μας, έχουν θέσει με μεγάλη ένταση το μείζον κοινωνικό και οικονομικό θέμα των επεμβάσεων σε κτίρια, τα οποία υπέστησαν βλάβες, αλλά και της βελτιώσεως της σεισμικής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων έναντι μελλοντικών σεισμών.

Ενώ η μελέτη και η κατασκευή των νέων κτιρίων, καθώς και τα υλικά των νέων κατασκευών, καλύπτονται από πλήθος κανονισμών και προδιαγραφών, δεν συμβαίνει το ίδιο με τις υπάρχουσες κατασκευές. Πράγματι το σημερινό επίπεδο των γνώσεων σε θέματα προσεισμικών και μετασεισμικών επεμβάσεων, αλλά και το πλήθος και το πολύπλοκο των προβλημάτων που σχετίζονται με τα θέματα των επεμβάσεων, καθιστούν δυσχερή τη ρύθμιση τους μέσω ενός κανονιστικού κειμένου.

Αναφέρονται μερικά μόνο από τα ερωτήματα στα οποία καλείται να απαντήσει ο Μηχανικός Μελετητής των επεμβάσεων σε μία υφιστάμενη κατασκευή: αποτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας μίας υφιστάμενης κατασκευής (με ή χωρίς βλάβες), στάθμη φέρουσας ικανότητας η οποία θα πρέπει να εξασφαλίζεται στο δόμημα μετά από τις επεμβάσεις, υπολογισμός των δυσκαμψιών των επί μέρους δομικών στοιχείων μετά από την εκδήλωση βλαβών και μετά από την επέμβαση, βαθμός μονολιθικότητας, μεταφορά δυνάμεων σε διεπιφάνειες παλιών και νέων υλικών, χειρισμός των πρόσθετων υλικών/μεθόδων επεμβάσεως / προσομοιωμάτων σχεδιασμού από απόψεως αξιοπιστίας – επί μέρους συντελεστές ασφαλείας κ.λ.π.

Για την αντιμετώπιση αυτού του περίπλοκου τεχνικού προβλήματος, ο Έλληνας Μηχανικός διαθέτει οδηγίες και κείμενα όπως είναι οι παρακάτω συστάσεις.

2. ΒΛΑΒΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ένας ισχυρός σεισμός θέτει σε δοκιμασία το σύνολο μιας κατασκευής. Αυτό έχει σαν συνέπεια 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, σε σφάλματα υπολογισμού ή σε χωρίς επιμέλεια κατασκευή. Δεν είναι τυχαίο που μετά από ένα ισχυρό σεισμό γίνονται βελτιώσεις ή και ριζικές αλλαγές σε Κανονισμούς, αναθεωρούνται μέθοδοι υπολογισμού και τονώνεται το αίσθημα ευθύνης κατά την κατασκευή.

Οι βλάβες που δημιουργεί ο σεισμός δύσκολα ταξινομούνται και πολύ δυσκολότερα μπορούν να συνδεθούν ποσοτικά με το αίτιο που τις προκάλεσε. Και τούτο γιατί ο δυναμικός χαρακτήρας της διεγέρσεως και η ανελαστική απόκριση της κατασκευής κατά τη φάση δημιουργίας βλαβών, θέτει υπό αμφισβήτηση κάθε προσπάθεια ερμηνείας που στηρίζεται στη στατική προσομοίωση του φαινομένου.

Παρ' όλες τις δυσχέρειες που έχει μια ταξινόμηση των βλαβών, γίνεται εδώ μια προσπάθεια να καταταγούν σε κατηγορίες και να δοθούν για τις διάφορες περιπτώσεις ερμηνείες, σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις για την συμπεριφορά των δομικών στοιχείων σε ανακυκλιζόμενη ανελαστική φόρτιση που προσομοιώνει με αρκετή επιτυχία την απόκριση των δυναμικών στοιχείων σε ένα ισχυρό σεισμό.

2.1. Βλάβες στα υποστυλώματα

Μετά από ένα ισχυρό σεισμό, οι βλάβες στα υποστυλώματα μιας κατασκευής είναι από τις πιο συχνές και συγχρόνως από τις πιο σοβαρές. Αποτελούν πρώτη προτεραιότητα για την εκτίμηση της ασφάλειας της κατασκευής γιατί μπορεί να οδηγήσουν σε τμηματική ή ολική κατάρρευση του δομήματος. Είναι από τις περιπτώσεις που ο μηχανικός, εκτιμώντας το επίπεδο βλάβης αμέσως μετά το σεισμό σε στενά χρονικά περιθώρια πρέπει να αποφασίσει για άμεσα μέτρα προσωρινής υποστύλωσης και απομάκρυνσης των ενοίκων. Η εμπειρία του παρελθόντος έχει δείξει την κρισιμότητα του χρονικού διαστήματος αμέσως μετά από τον κύριο σεισμό όπου ένας ισχυρός μετασεισμός είναι πολύ πιθανός και συχνά καταστρεπτικότερος του κύριου σεισμού.

Οι βλάβες που εμφανίζονται από σεισμό στα υποστυλώματα είναι δύο τύπων κυρίως :

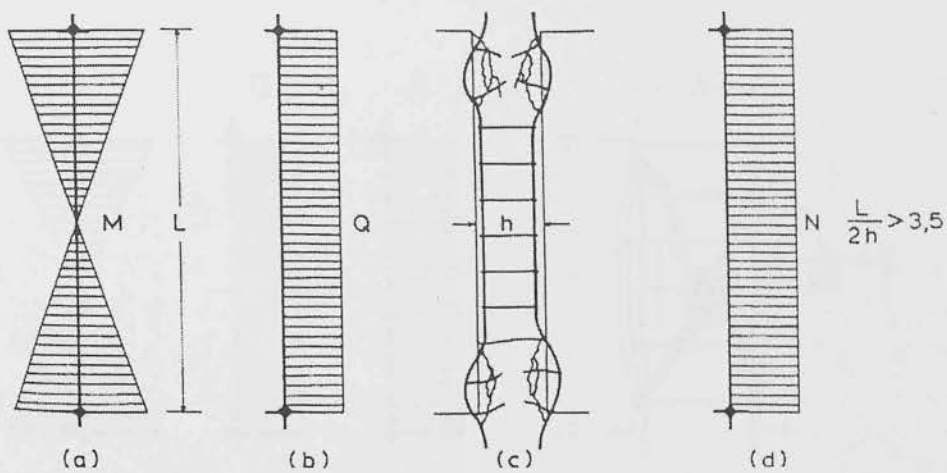
- Βλάβες από ανακυκλιζόμενη καμπτοδιάτμηση με ισχυρή αξονική σύνθλιψη.
- Βλάβες από ανακυκλιζόμενη τέμνουσα με ισχυρή αξονική σύνθλιψη.

Ο πρώτος τύπος βλάβης εκδηλώνεται με αστοχία στην κεφαλή και την πόδα του υποστυλώματος (σχ.2.1). Εμφανίζεται σε υποστυλώματα μέσης έως μεγάλης λυγηρότητας ,

$$a = \frac{M}{Q \cdot h} = \frac{L}{2h} > 3.5$$

Η υψηλή καμπτική ροπή στα σημεία αυτά σε συνδυασμό προς την αξονική δύναμη οδηγεί στην συντριβή της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος η οποία εκδηλώνεται κυκλικά και στις δυο παρειές. Όσο μικρότερη είναι η περίσφιξη στις περιοχές αυτές τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία τους. Η συντριβή της θλιβόμενης ζώνης εκδηλώνεται αρχικά με αποφλοιίωση του σκυροδέματος επικαλύψεως των οπλισμών και στην συνέχεια με εγκάρσια διόγκωση και διάρρηξη του πυρήνα με αποτέλεσμα την διαρροή και πολλές φορές την θραύση από ελκυσμό των συνδετήρων της περιοχής. Η θραύση των συνδετήρων και η αποδιοργάνωση του σκυροδέματος οδηγούν σε βράχυνση του υποστυλώματος υπό την επιβράδυνση της αξονικής δυνάμεως και λυγισμό των οπλισμών. Πρόκειται για ένα τύπο βλάβης πολύ σοβαρό γιατί το υποστύλωμα, εκτός από την ακαμψία, χάνει και την φέρουσα ικανότητα του σε κατακόρυφα φορτία με αποτέλεσμα την ανακατανομή της εντάσεως στην κατασκευή λόγω ακριβώς βραχύνσεως του υποστυλώματος στις περιοχές αποδιοργάνωσης του σκυροδέματος.

Βασικές αιτίες αυτού του ψαθυρού τύπου βλάβης θα πρέπει να θεωρηθούν η χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, οι αραιοί συνδετήρες, η ύπαρξη ισχυρών ζυγωμάτων που οδηγούν σε αστοχία πρώτα των στύλων, και τέλος βέβαια η ισχυρή και με πολλούς κύκλους επαναλήψεως σεισμική διέγερση.



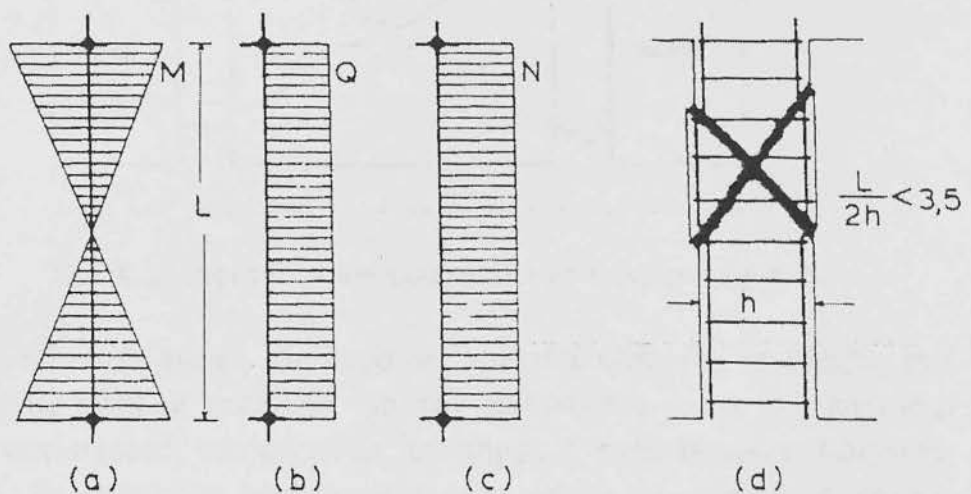
Σχ.2.1. Βλάβη υποστύλωματος από ισχυρή αξονική σύνθλιψη και εναλλασσόμενη καμπτική ροπή
 α. Διάγραμμα ροπών κάμψης, β. Διάγραμμα τέμνουσας, γ. Σκαρίφημα βλάβης, δ. Διάγραμμα αξονικής σύνθλιψης.

Ο δεύτερος τύπος βλάβης έχει **διατμητικό χαρακτήρα** και εκδηλώνεται υπό μορφή χιαστί ρηγμάτων στην ασθενέστερη ζώνη του υποστύλωματος (σχ.2.2). Εμφανίζεται σε υποστύλωματα μέσης έως μικρής λυγηρότητας,

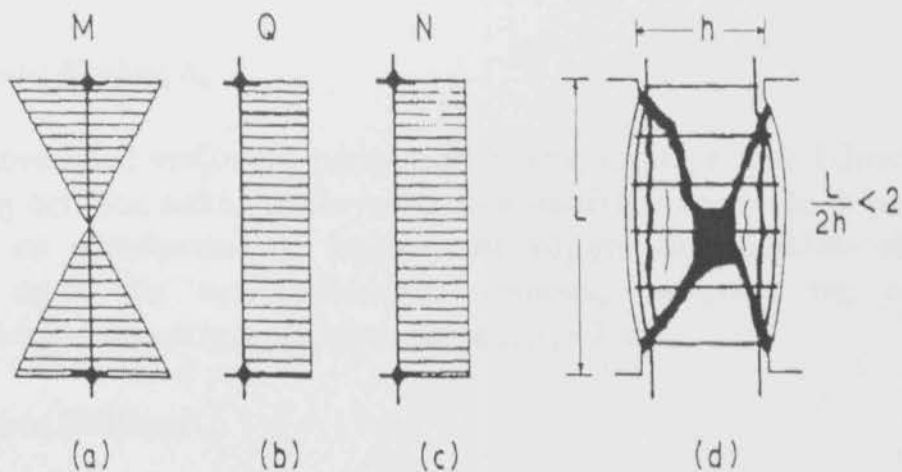
$$a = \frac{M}{Q \cdot h} = \frac{L}{2h} < 3.5$$

με οριακή εικόνα την εκρηκτική διατμητική αστοχία των κοντών υποστύλωμάτων (σχ.2.3), που οδηγεί πολλές φορές στην κατάρρευση του κτιρίου.

Η βασική αιτία αυτού του τύπου βλάβης βρίσκεται στο γεγονός ότι στα μέσης και μικρής λυγηρότητας υποστύλωματα η καμπτική αντοχή είναι πολύ



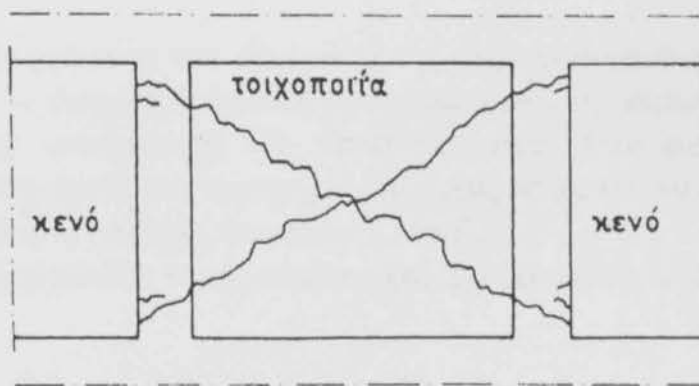
Σχ.2.2. Βλάβη υποστύλωματος από ισχυρή αξονική σύνθλιψη και τέμνουσα
 α. Διάγραμμα ροπών κάμψης, β. Διάγραμμα τέμνουσας γ. Διάγραμμα αξονικής συνθλίψεως, δ. Σκαρίφημα βλάβης,



Σχ.2.3. Εκρηκτική διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος
 α. Διάγραμμα ροπών κάμψης, β. Διάγραμμα τέμνουσας, γ. Διάγραμμα αξονικής συνθλίψεως, δ. Σκαρίφημα βλάβης,

μεγαλύτερη από την διατμητική, με αποτέλεσμα να προέχει η διατμητική αστοχία. Εμφανίζεται ως επί τον πλείστον σε υποστυλώματα ισογείου όπου λόγω μεγάλων διαστάσεων διατομής η λυγηρότητα είναι μικρή, καθώς επίσης και σε κοντά υποστυλώματα που έχουν από την φάση σχεδιασμού προβλεφθεί κοντά.

Τέλος μερικές φορές στην περίπτωση μονόπλευρα τοιχοπληρωμένου πλαισίου, την αστοχία της τοιχοπληρώσεως παρακολουθούν και οι στύλοι που την πλαισιώνουν με αστοχία διατμητικού τύπου (σχ.2.4).



Σχ.2.4. Βλάβη στύλων που πλαισιώνουν μονόπλευρα τοιχοποιία

Εκείνο πάντως που πρέπει ιδιαίτερα να τονιστεί είναι ότι οι βλάβες στα υποστυλώματα είναι υψηλού κινδύνου για την κατασκευή, γιατί συνεπάγονται αλλοίωση ή και καταστροφή του φέροντος συστήματος κατακόρυφων στοιχείων. Έτσι ο μηχανικός θα πρέπει σε περίπτωση βλάβης αυτού του τύπου, να παίρνει άμεσα μέτρα προσωρινής υποστυλώσεως.

Οι βαθμοί βλάβης των υποστυλωμάτων διακρίνονται σε:

Βαθμός βλάβης A_s

Μεμονωμένες οριζόντιες ρωγμές με πλάτος λιγότερο από 1-2mm, με την προϋπόθεση ότι ένας απλός υπολογισμός έχει αποδείξει ότι αυτές οι ρωγμές δεν οφείλονται σε ανεπάρκεια της διατομής σε κάμψη, αλλά μάλλον σε τοπικές αδυναμίες όπως π.χ. αρμοί διακοπής εργασίας, επίδραση της εν επαφή τοιχοπλήρωσης, ανεπαρκής αγκύρωση οπλισμών, κ.λ.π.

Βαθμός βλάβης B_s

Αρκετές πλατιές καμπτικές ρωγμές ή μεμονωμένες λοξές διατμητικές ρωγμές με πλάτος μικρότερο από 0,50mm, υπό τον όρο ότι δεν παρατηρούνται εναπομένουσες μετακινήσεις.

Βαθμός βλάβης C_s

Χιαστί λοξές διατμητικές ρωγμές ή έντονη τοπική σύνθλιψη και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, υπό τον όρο ότι δεν παρατηρούνται άξιες λόγου εναπομένουσες μετακινήσεις.

Ρηγματώσεις στους κόμβους (σχ.2α,2β) θεωρούνται ως βαθμός βλάβης C_s.

Βαθμός βλάβης D_s

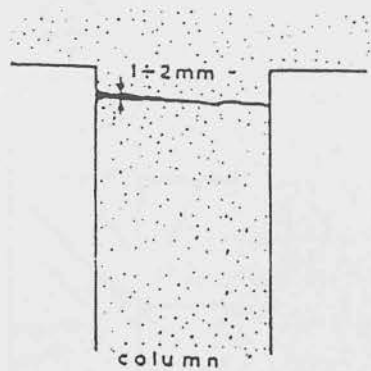
Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στην περιοχή βλάβης, λυγισμός των διαμήκων ραβδών, διαρροή ή θραύση των συνδετήρων της περιοχής, ασυνέχεια στην περιοχή χωρίς κατάρρευση του υποστυλώματος. Προϋποτίθεται ότι οι εναπομένουσες μετακινήσεις που παρατηρούνται (οριζόντιες και κατακόρυφες) και ιδιαίτερα οι κατακόρυφες δεν είναι υπερβολικά μεγάλες.

Σοβαρή αποδιοργάνωση στους κόμβους (σχ.2c) θεωρείται ως βαθμός βλάβης D_s.

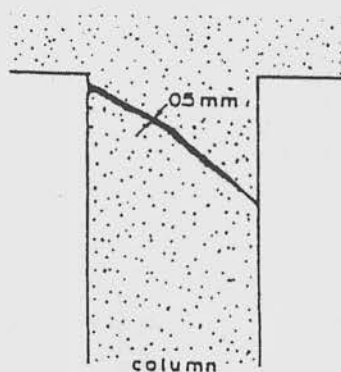
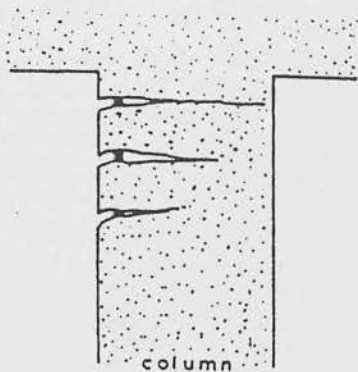
Βαθμός βλάβης E_s

-Πλήρης κατάρρευση του υποστυλώματος.

-Σαν μια γενικότερη παρατήρηση σημειώνεται ότι εάν η γενική εικόνα σύμφωνα με τα παραπάνω και το σχ.1 προσδιορίζει ένα βαθμό βλάβης χωρίς όμως να τηρούνται οι προβλεπόμενες συνθήκες για τις εναπομένουσες μετακινήσεις, τότε ως βαθμός βλάβης θεωρείται ένα επίπεδο παραπάνω. Έτσι για παράδειγμα μία βλάβη με εικόνα τύπου D_s όπου όμως υπάρχουν μεγάλες κατακόρυφες μετακινήσεις πρέπει να θεωρηθεί E_s.

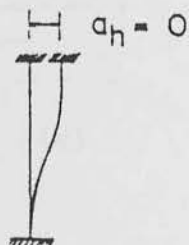
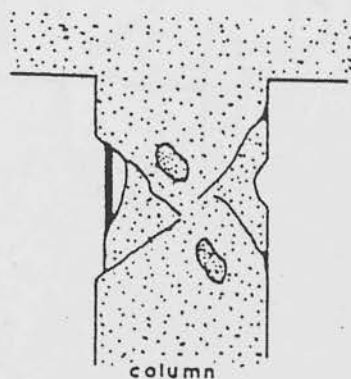
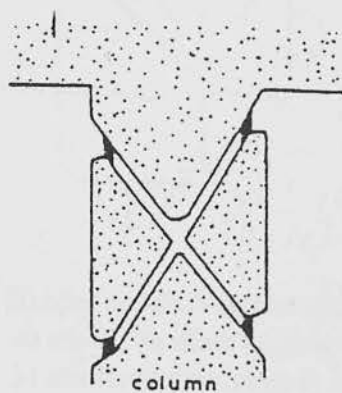


A_S - LEVEL

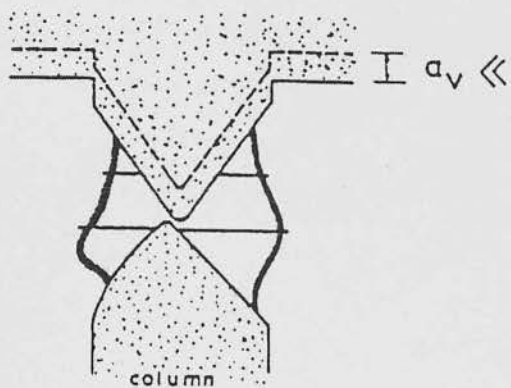


$a_h = 0$

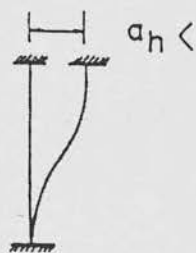
B_S - LEVEL



C_S - LEVEL

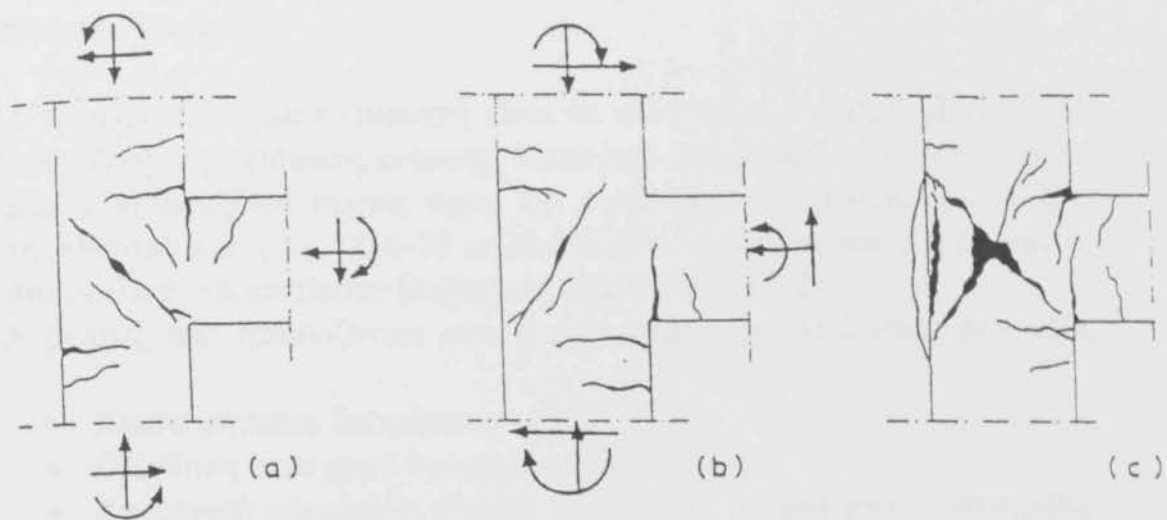


$I a_v \ll$



D_S - LEVEL

Σχ.1. Βαθμοί βλάβης



Σχ.2. Βλάβες σε κόμβους πλαισίων
 α) σύνθλιψη κάτω παρειάς δοκού
 β) σύνθλιψη άνω παρειάς δοκού
 γ) αποδιοργάνωση κόμβου από ανακυκλιζόμενη φόρτιση

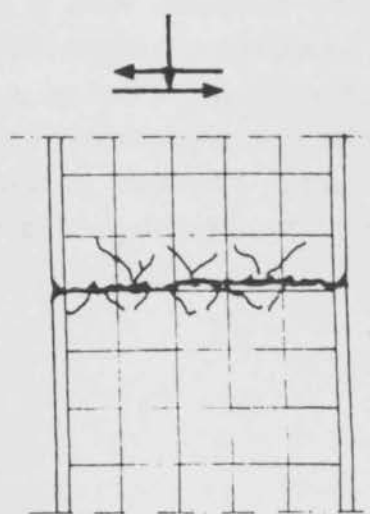
2.2. Βλάβες στα τοιχία

Τα τοιχώματα σε μια κατασκευή είναι τα στοιχεία που παραλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής έντασης. Μετά από ένα ισχυρό σεισμό οι βλάβες σε τοιχώματα είναι εξίσου συχνές όπως και οι βλάβες σε υποστυλώματα. Στο σεισμό της Θεσσαλονίκης της 20-6-78 το 28,6% των οικοδομών που παρουσίασαν βλάβες στο σκελετό, παρουσίασαν βλάβες και στα τοιχία (σχ.2.2).

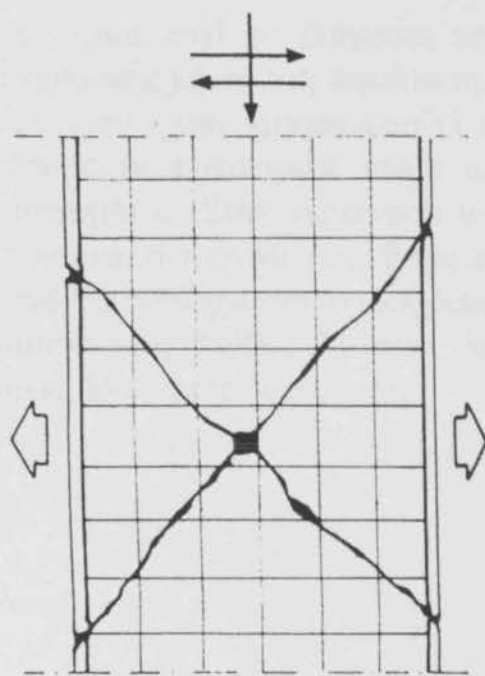
Οι βλάβες που εμφανίζονται από σεισμό στα τοιχία Ο/Σ είναι των εξής τύπων:

- Χιαστί ρήγματα διατμήσεως
- Ολίσθηση στον αρμό διακοπής εργασίας
- Καμπτικού χαρακτήρα βλάβες (οριζόντιες ρηγματώσεις – συντριβής θλιβόμενης ζώνης).

Συνηθέστερη βλάβη είναι η εμφάνιση ρηγματώσεως σε αρμούς σκυροδέτησεως (σχ.2.5). Βλάβη αυτού του τύπου παρουσιάστηκε στο 88% των οικοδομών που παρουσίασαν βλάβες σε τοιχία, στο σεισμό της Θεσσαλονίκης (σχ.2.2), (σχ.2.10). Οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μη καλότεχνη σύνδεση παλιού με νέο σκυρόδεμα. Όλοι οι ισχύοντες σήμερα κανονισμοί επιβάλλουν ειδική φροντίδα στον αρμό εργασίας (αγρίεμα, καθάρισμα, βρέξιμο, έγχυση αρχικά ισχυρού τσιμεντοκονιάματος και μετά σκυροδέτηση), καθώς και τοποθέτηση οπλισμού ραφής στον αρμό διακοπής εργασίας υπό μορφή βλήτρων. Οι διατάξεις αυτές υπήρξαν αποτέλεσμα του πολύ υψηλού ποσοστού αυτού του τύπου βλάβης. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η βλάβη αυτή δεν εγκυμονεί άμεσο κίνδυνο για την ευστάθεια της κατασκευής, γιατί λόγω της οριζόντιας διατάξεως της ρηγματώσεως, το τοιχίο εξακολουθεί να μπορεί να φέρει τα κατακόρυφα φορτία. Αλλά και από πλευράς ακαμψίας το όλο φέρον σύστημα ελάχιστα επηρεάζεται από βλάβες αυτού του τύπου.

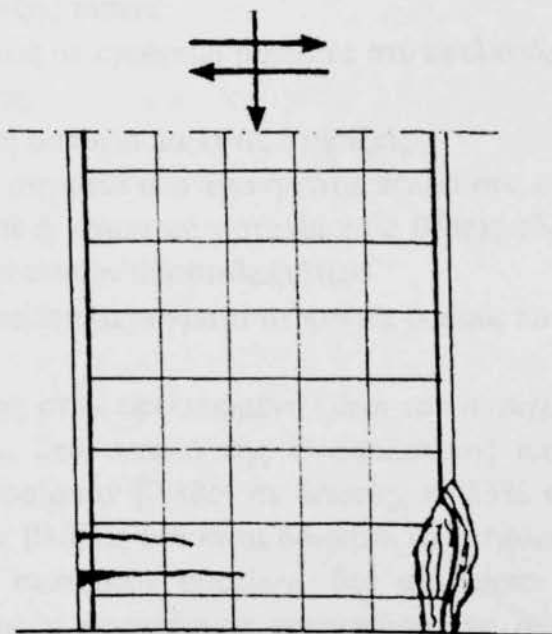


Σχ.2.5. Βλάβη τοιχίου στον αρμό



Σχ.2.6. Διατμητική βλάβη τοιχίου διακοπής εργασίας

Ακολουθεί από πλευράς συχνότητας η εμφάνιση χιαστί ρωγμών σε τοιχία (σχ.2.6). Στον παραπάνω αναφερθέντα σεισμό της Θεσσαλονίκης η συχνότητα της έφθασε στα 30% των οικοδομών που παρουσίασαν βλάβες στα τοιχία. Πρόκειται για διατμητικής μορφή αστοχίας ψαθυρού χαρακτήρα, λόγω της κλίσης των ρηγμάτων υπό την ενέργεια των κατακόρυφων φορτίων τα δύο πλευρικά δημιουργούμενα ισοσκελή τρίγωνα τείνουν να αποσπαστούν από την κατασκευή με κίνδυνο καταρρεύσεως (σχ.2.6). Προς αντιμετώπιση του κινδύνου αυτού όλοι οι σύγχρονοι κανονισμοί προβλέπουν την διαμόρφωση στα πέρατα του τοιχίου στύλων, με δυνατότητα παραλαβής του αξονικού φορτίου μετά την διατμητική αστοχία του, είτε εμφανών είτε ενσωματωμένων σε τμήμα του τοιχίου.



Σχ.2.7. Καμπτική βλάβη τοιχίου

Οι βλάβες καμπτικού τύπου έχουν εμφανιστεί σε ελάχιστες περιπτώσεις (σχ.2.7) παρουσιάζονται στη βάση του τοιχώματος κοντά στη θεμελίωση, και είναι εμφανής στον ισόγειο όροφο των κτιρίων όταν έχουν κατασκευασθεί με ισχυρή θεμελίωση ή όταν διαθέτουν υπόγειο όροφο τα περιμετρικά τοιχία του οποίου δημιουργούν συνθήκες πάκτωσης του τοιχώματος. Στην περίπτωση θεμελίωσης τοιχωμάτων σε απλά πέδιλα, οι ροπές που αναπτύσσονται στην βάση είναι πολύ μικρότερες λόγω στροφής του πεδίλου, ενώ δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην αναπτυσσόμενη τέμνουσα. Έτσι οι αναμενόμενες βλάβες θα είναι διατμητικής μορφής με πιθανές αστοχίες στις συνδετήριες δοκούς της θεμελίωσης.

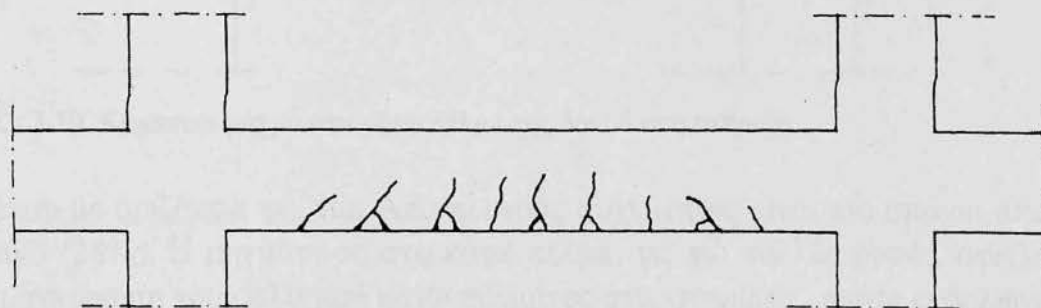
2.3. Βλάβες στις δοκούς

Οι βλάβες σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι εξίσου συχνές είτε προέρχονται από σεισμό είτε από μακροχρόνιες (μόνιμες και κινητές) δράσεις. Είναι συχνότερες και από τις βλάβες στα υποστυλώματα, ακόμη και στην περίπτωση σεισμού. Είναι όμως λιγότερες επικίνδυνες σε ότι αφορά την ευστάθεια του φορέα σαν σύνολο, και ως εκ τούτου έπονται σε σπουδαιότητα των βλαβών που παρατηρούνται σε υποστυλώματα. Στο σεισμό της Θεσσαλονίκης της 20-6-78, το 32,6% των οικοδομών που παρουσίασαν βλάβες στο σκελετό είχαν βλάβες στις δοκούς.

Οι βλάβες που εμφανίζονται από σεισμό στις δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι των εξής τύπων:

- Ρηγματώσεις με εγκάρσια ρήγματα στο εφελκόμενο πέλμα του ανοίγματος.
- Διατμητική αστοχία παρά τις στηρίξεις.
- Καμπτικά ρήγματα στο άνω ή κάτω πέλμα στις στηρίξεις
- Διατμητική ή καμπτική αστοχία στις θέσεις εδράσεως δευτερευουσών δοκών ή φυτευτών υποστυλωμάτων.
- Χιαστί διατμητικά ρήγματα σε κοντές δοκούς που συνδέουν τοιχία.

Οι ρηγματώσεις στην εφελκόμενη ζώνη του ανοίγματος είναι η πιο συχνά εμφανιζόμενη βλάβη. Στο σεισμό της Θεσσαλονίκης από τις περιπτώσεις των οικοδομών που παρουσίασαν βλάβες σε δοκούς, το 83% είχαν βλάβες αυτού του τύπου. Ο τύπος αυτός βλάβης δεν είναι δυνατόν να αιτιολογηθεί (σχ.2.8) δοθέντος ότι η επίδραση των σεισμικών φορτίων δεν αλλοιώνει τη ροπή κάμψεως του ανοίγματος. Εντούτοις η κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής δράσης με τον επαναληπτικό χαρακτήρα της καθιστά απλά εμφανή τα τριχοειδή

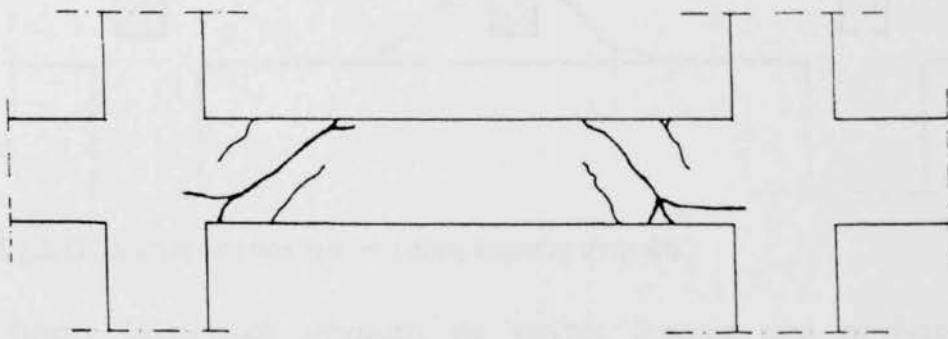


Σχ.2.8. Καμπτικά ρήγματα στο άνοιγμα δοκού.

ρήγματα από κάμψη της εφελκόμενης ζώνης με αποτέλεσμα να δημιουργείται η εντύπωση βλάβης από σεισμό. Από τα παραπάνω καθίσταται προφανές ότι οι βλάβες αυτού του τύπου στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν εγκυμονούν κινδύνους για την κατασκευή. Επίσης καθίσταται προφανές ότι η μεγάλη συχνότητα βλαβών αυτού του τύπου είναι μάλλον πλασματική, γιατί

πρόκειται ως επί το πλείστον για εκδήλωση μάλλον υφιστάμενης φυσιολογικής ρηγματώσεως παρά για σεισμική βλάβη.

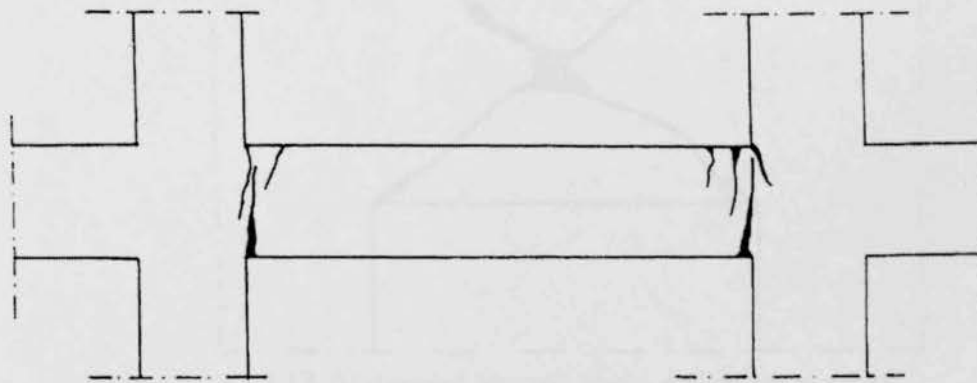
Η διατμητική αστοχία (σχ.2.9) παρά τις στηρίξεις είναι ο δεύτερος σε



Σχ.2.9. Διατμητικά ρήγματα παρά τις στηρίξεις

συχνότητα τύπος βλάβης (43%) στις δοκούς. Αναντίρρητα είναι σοβαρότερες από τον προηγούμενο τύπο, δοθέντος του ψαθυρού χαρακτήρα του, λίγες όμως φορές επικίνδυνος για την γενική ευστάθεια του έργου.

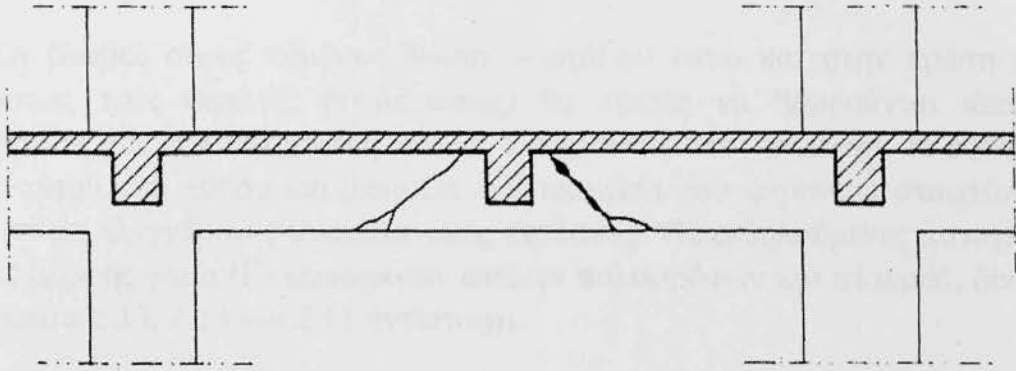
Τα καμπτικά ρήγματα στις στηρίξεις στο άνω ή κάτω πέλμα της δοκού (σχ.2.10), αιτιολογούνται πλήρως από την στατική προσομοίωση του σεισμικού



Σχ.2.10. Καμπτικό ρήγμα στο κάτω πέλμα της δοκού στη στήριξη

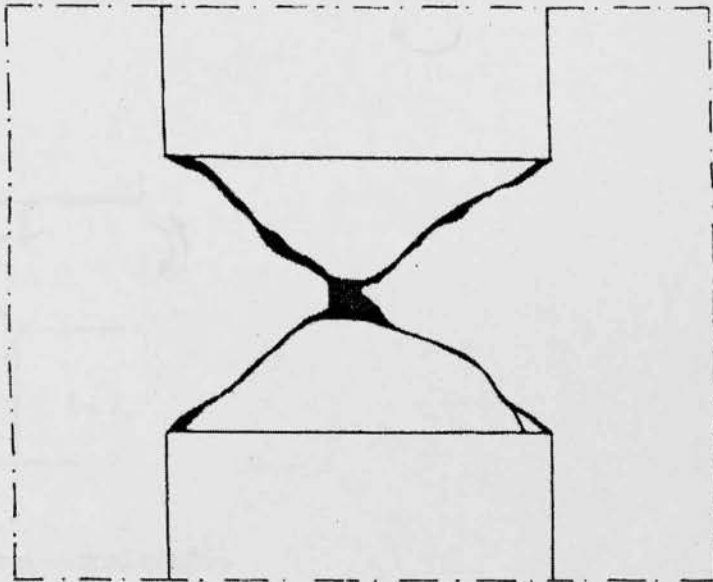
φαινομένου με οριζόντια φορτία. Από πλευράς συχνότητας είναι πιο σπάνια από τα διατμητικά (28%). Η ρηγματώση στο κάτω πέλμα, τις πιο πολλές φορές, οφείλεται σε κακή αγκύρωση του οπλισμού κάτω πέλματος στις στηρίξεις, οπότε εκδηλώνεται με ένα ή δύο ρήγματα μεγάλου εύρους κοντά στη στήριξη.

Η διατμητική ή καμπτική αστοχία στις θέσεις εδράσεως δευτερευουσών δοκών ή φυτευτών υποστυλωμάτων εμφανίζεται αρκετά συχνά (σχ.2.11). Οφείλεται στην κατακόρυφη εναλλασσόμενη συνιστώσα της σεισμικής δράσης επί του μοναχικού φορτίου.



Σχ.2.11. Διατμητική αστοχία στη θέση έμμεσης στήριξης.

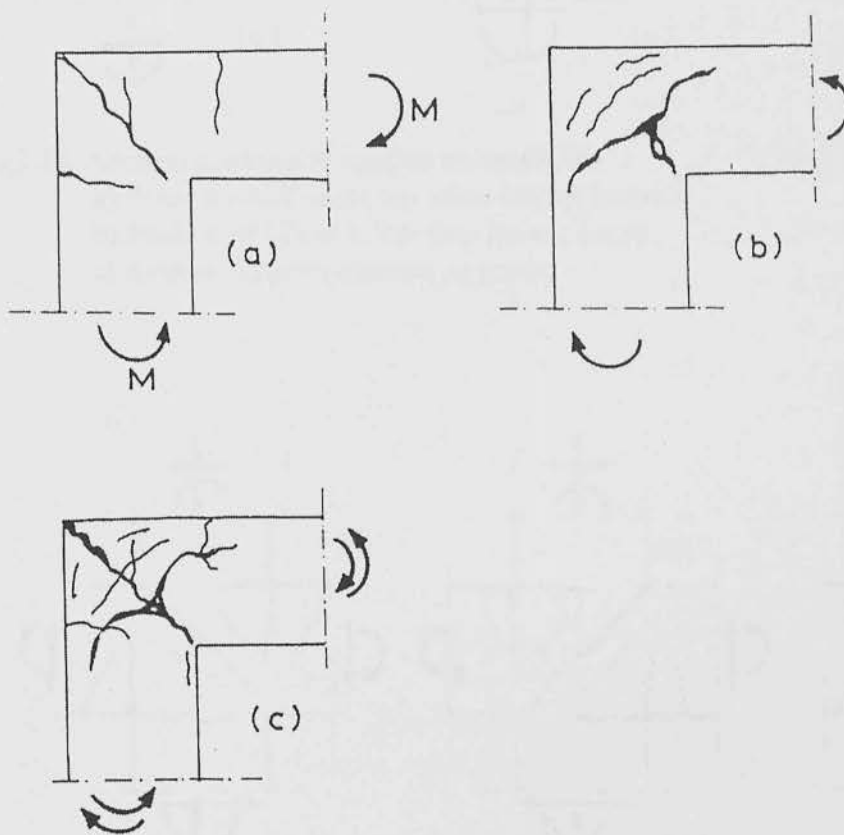
Χιαστί διατμητικά ρήγματα σε κοντές δοκούς που συνδέουν τοιχία, εμφανίζονται αρκετά συχνά. Πρόκειται για διατμητική αστοχία ανάλογη αυτής που συμβαίνει στα κοντά υποστυλώματα (σχ.2.12).



Σχ.2.12. Διατμητική αστοχία δοκού συζεύξεως τοιχίων

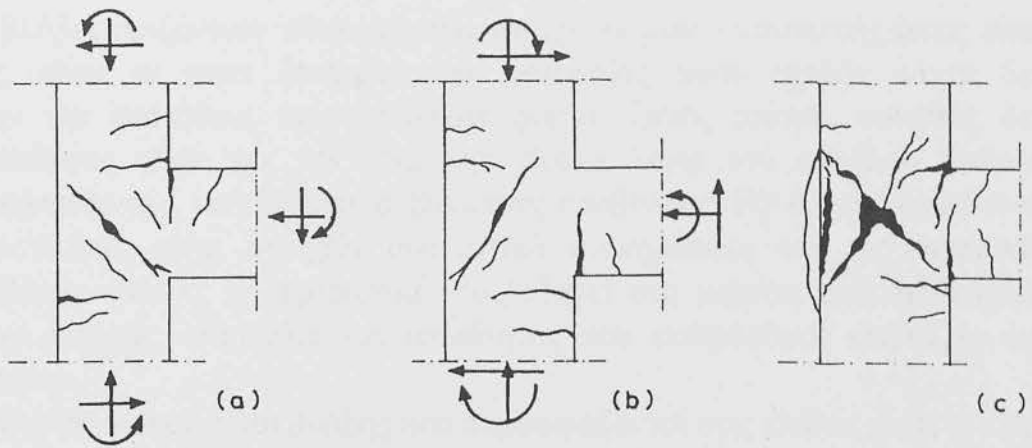
2.4. Βλάβες στους κόμβους δοκών - στύλων

Οι βλάβες στους κόμβους δοκών – στύλων έστω και στην πρώτη φάση εκδηλώσεως τους (πρώτες ρηγματώσεις) θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ανησυχητικές για την κατασκευή και να αντιμετωπίζονται ανάλογα. Η εκδήλωση βλάβης αυτού του τύπου υποβαθμίζει την ακαμψία του φέροντος στοιχείου και οδηγεί σε μη ελεγχόμενες ανακατανομές εντάσεως. Οι εκδηλούμενες αστοχίες σε κόμβους μορφής γάμμα (Γ) εξωτερικών στύλων πολυωρόφων και σταυρού, δίνονται στα σχήματα 2.13, 2.14 και 2.15 αντίστοιχα.

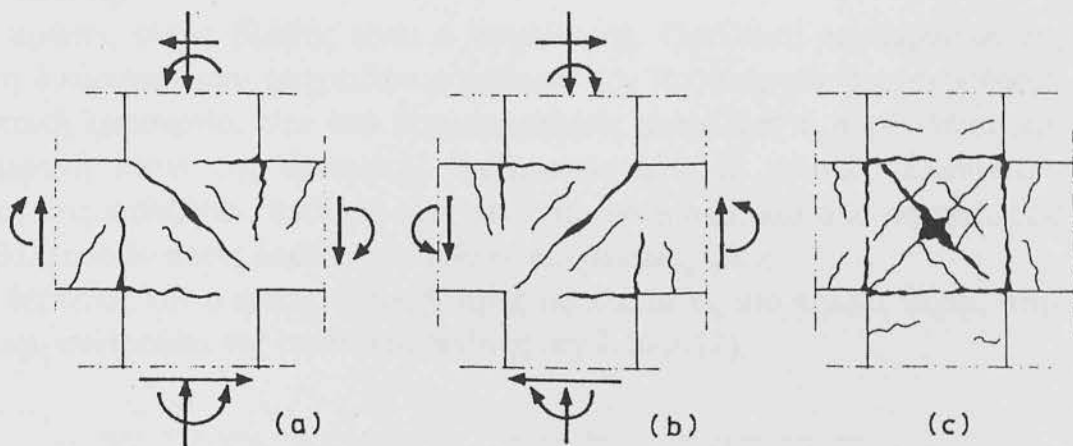


Σχ.2.13. Αστοχία γωνιακού κόμβου

- Ροπές συνθλίβουσες την εσωτερική ίνα
- Ροπές εφελκύουσες την εσωτερική ίνα
- Ανακυκλιζόμενη φόρτιση με ροπές.



Σχ.2.14. Αστοχία εξωτερικού κόμβου πολυωρόφου
 α) Ροπές συνθλιβουσες την κάτω ίνα της δοκού.
 β) Ροπές συνθλιβουσες την άνω ίνα της δοκού
 γ) Ανακυκλιζόμενη φόρτιση με ροπές.



Σχ.2.15. Αστοχία κόμβου σχήματος σταυρού.
 α) Σεισμική δράση από δεξιά προς τα αριστερά.
 β) Σεισμική δράση από αριστερά προς τα δεξιά.
 γ) Ανακυκλιζόμενη σεισμική δράση.

2.5. Βλάβες στις πλάκες

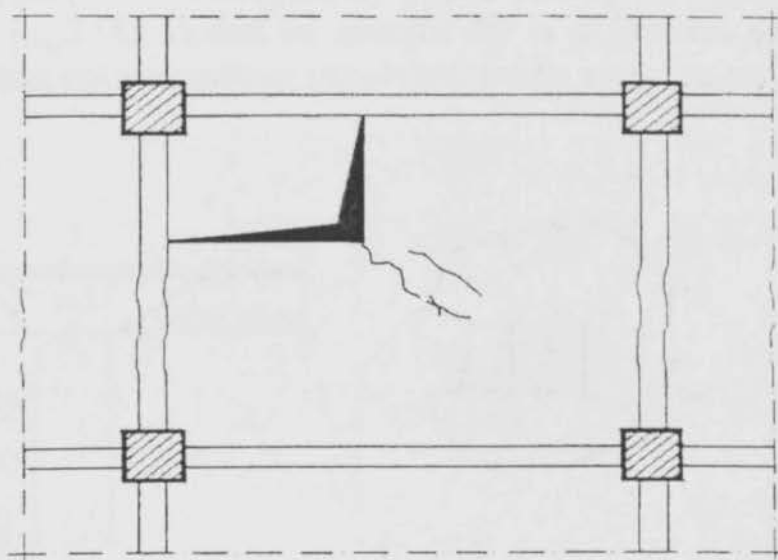
Οι βλάβες οριζόντιων επιφανειακών στοιχείων μιας κατασκευής όπως είναι οι πλάκες, είναι εν γένει δευτερεύουσας σημασίας αφού σχεδόν πάντα δεν επηρεάζουν την ευστάθεια του συνολικού φορέα. Εκτός τούτου, συνήθως δεν υπάρχει κίνδυνος ούτε για την ίδια την πλάκα λόγω του μεγάλου βαθμού υπερστατικότητας της, με εξαίρεση βέβαια τους προβόλους. Εξ' άλλου, όπως είναι γνωστό οι πλάκες είναι στοιχεία ουσιαστικά ανεπηρέαστα από τις σεισμικές δράσεις. Πέραν τούτου, η δημιουργία τους οδηγεί στη μείωση των διαθέσιμων περιθωρίων αντοχής, ακαμψίας και ικανότητας που επιπρόσθετα επιβάλλει την επισκευή τους.

Οι συνηθέστεροι τύποι βλάβης που παρουσιάζονται στις πλάκες είναι οι εξής:

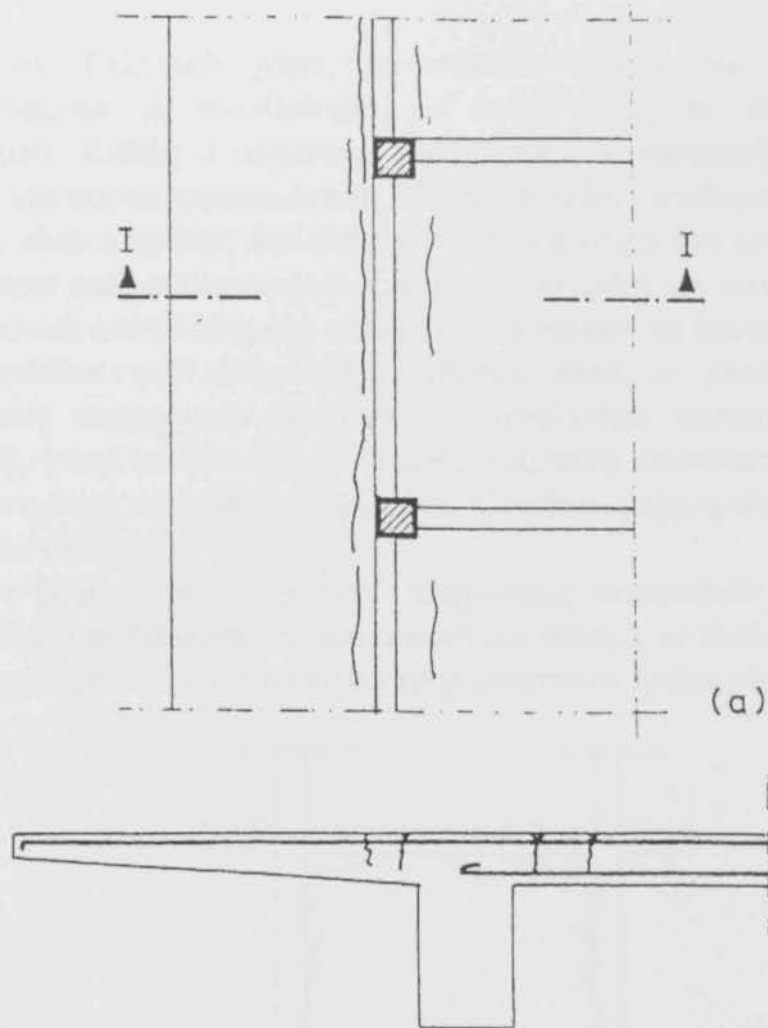
- Ρήγματα παράλληλα ή κάθετα προς τους οπλισμούς σε τυχαίες θέσεις.
- Ρήγματα σε κρίσιμες διατομές μεγάλων ανοιγμάτων ή μεγάλων προβόλων κάθετα προς τους κύριους οπλισμούς.
- Ρήγματα σε περιοχές ανωμαλιών κατόψεως, όπως στις γωνίες μεγάλων οπών (φωταγωγοί, ανοίγματα εσωτερικών κλιμακοστασίων κ.λ.π.).
- Ρήγματα σε σημεία συγκεντρώσεως μεγάλων σεισμικών δυνάμεων στις ζώνες συνδέσεως των πλακών με τοίχια ή με υποστύλωμα χωρίς δοκούς.

Ο πρώτος τύπος βλάβης είναι ο συχνότερος. Οφείλεται τις περισσότερες φορές στη διεύρυνση των τριχοειδών ρηγμάτων που προϋπήρχαν στο σκυρόδεμα από καμπτική λειτουργία, είτε από θερμοκρασιακές μεταβολές ή συρρίκνωση και έγιναν εμφανή λόγω της δυναμικής διεγέρσεως από το σεισμό. Σπανιότερα οφείλονται στις καθιζήσεις στύλων, τότε όμως συνοδεύονται και από ρηγματώσεις των περιβαλλουσών αυτές δοκών, των τοίχων πλήρωσεως κ.λ.π.

Ο δεύτερος και ο τρίτος τύπος βλάβης οφείλεται τις πιο πολλές φορές στην κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής δράσης (σχ.2.16,2.17).

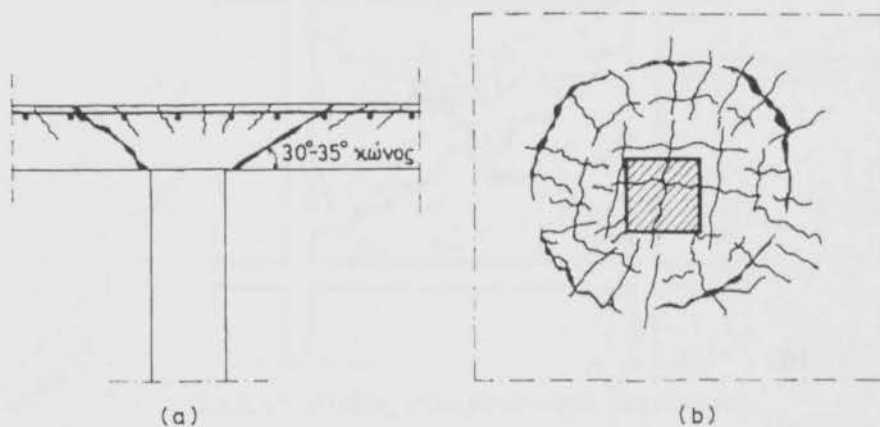


Σχ.2.16. Βλάβη πλάκας στην γωνία μεγάλης οπής.
(κάτω επιφάνεια της πλάκας)



Σχ.2.17. Βλάβη πλάκας στην κρίσιμη περιοχή προβόλου.
α) Κάτοψη της πλάκας (άνω επιφάνεια) β) τομή 1-1

Ο τέταρτος τύπος βλάβης είναι συσχετισμένος τις περισσότερες φορές με αστοχία διατρήσεως που επιτείνεται από την ανακυκλιζόμενη καμπτική επιπόνηση λόγω σεισμού (σχ.2.18). Πρέπει να τονισθεί ότι οι πλάκες επί υποστυλωμάτων χωρίς δοκούς είναι πολύ ευαίσθητες κατασκευές και θα πρέπει να αποφεύγονται.

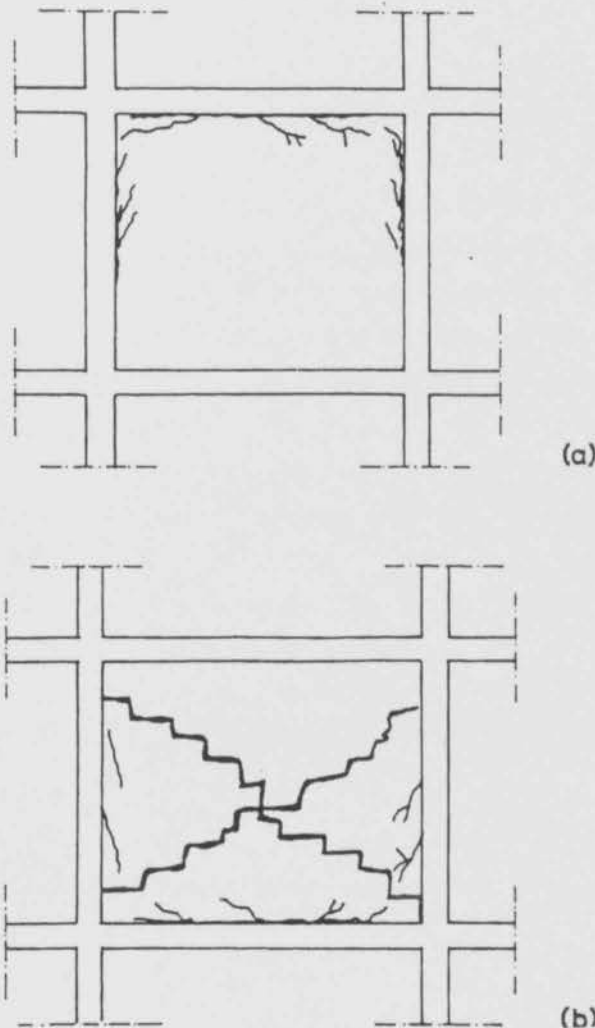


Σχ.2.18. Βλάβη στην σύνδεση πλάκας - υποστυλώματος.
α) Τομή β) Άνω επιφάνεια πλάκας.

2.6. Βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως

Στον Ελληνικό χώρο, το σύνολο σχεδόν των τοίχων πληρώσεως κατασκευάζεται με πλινθοδομές εν επαφή προς το πλαίσιο του φέροντα οργανισμού. Καθώς ο οργανισμός πληρώσεως κατασκευάζεται από μικρότερης αντοχής και παραμορφωσιμότητας υλικά (πλίνθοι - κονίαμα – επίχρισμα) από το σκελετό, είναι ο πρώτος που αστοχεί. Έτσι η αστοχία του οργανισμού πληρώσεως αρχίζει πριν ακόμα εμφανιστούν ζημιές στο σκελετό και κατά συνέπεια, όταν δεν συνοδεύονται από βλάβες στο σκελετό, δεν μπορούν να θεωρηθούν επικίνδυνες για την ευστάθεια της κατασκευής. Παρόλα αυτά οι βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως απορροφούν συνήθως το μεγαλύτερο ποσοστό από τις δαπάνες επισκευής γιατί συνδέονται με ευρείας κλίμακας επισκευές εγκαταστάσεων και καλύψεων, όπως επιχρίσματα, χρώματα, πλακάκια, μαρμαροεπενδύσεις, υδραυλικά, ηλεκτρολογικά κ.λ.π.

Οι βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως ακολουθούν την εξής εξελικτική πορεία. Κατά τη διέγερση της κατασκευής με σεισμό, το πλαίσιο του σκυροδέματος αρχίζει να παραμορφώνεται οπότε εκδηλώνονται τα πρώτα ρήγματα



Σχ.2.19. Βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως.

- a) Αποκόλληση από το πλαίσιο
- b) Χιαστί διαμπερή ρήγματα

στα επιχρίσματα και μάλιστα στις γραμμές επαφής τοιχοποιίας και σκελετού. Με την αύξηση της παραμορφώσεως του πλαισίου, τα ρήγματα αυτά διαπερνούν τις τοιχοποιίες, γεγονός που εκδηλώνεται με αποκόλληση της τοιχοποιίας από το περιβάλλον αυτήν πλαίσιο (σχ.2.19α). Στη συνέχεια εκδηλώνονται ρήγματα χιαστί, στην αρχή μικρά, και ακολούθως μεγάλα στο σώμα της τοιχοποιίας υπό μορφή κλιμακωτή δια των αρμών του κονιάματος (σχ.2.19β). Όταν τα ρήγματα δεν διαπερνούν το σώμα του τοίχου, η βλάβη χαρακτηρίζεται «ελαφριά» διαφορετικά «σοβαρή» (χιαστί ρήγματα).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι βλάβες στον οργανισμό πληρώσεως πρέπει να είναι πρώτες σε συχνότητα αφού προηγούνται συνήθως των βλαβών στο σκελετό. Στο σεισμό της Θεσσαλονίκης της 20-6-78 ενώ οι ζημιές στις δοκούς εμφανίστηκαν στο 7,4% των οικοδομών, στους στύλους στο 5,3% και στα τοιχία στο 6,5%, στον οργανισμό πληρώσεως, το 96% παρουσίασαν αποκολλήσεις από το πλαίσιο, το 79% παρουσίασαν διαμπερή χιαστί ρήγματα και το 12% τοιχοποιίες που κατέρρευσαν.

3.ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

3.1. ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ – ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

3.1.1. Επισκευές – Ενισχύσεις υποστυλωμάτων

Οι επεμβάσεις στα υποστυλώματα είναι η πλέον συχνή πρακτική στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό μιας υφιστάμενης κατασκευής. Όταν έχουν εμφανιστεί βλάβες, η λύση μπορεί να προβλέπει είτε την αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών του υποστυλώματος (επισκευή) είτε την βελτίωση τους (ενίσχυση). Προφανώς η δεύτερη επιλογή μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από την ύπαρξη βλαβών ενώ όταν υπάρχουν βλάβες σχεδόν πάντοτε προηγείται η επισκευή.

3.1.1.1. Επισκευές υποστυλωμάτων

Η επισκευή ενός υποστυλώματος, που έχει φθορές ή βλάβες, αφορά την διαδικασία επέμβασης με την οποία αποκαθίστώνται τα αρχικά του χαρακτηριστικά.

3.1.1.1.1. Επισκευές με κόλλες ή επισκευαστικά κονιάματα

Αποκαταστάσεις με κόλλες ή επισκευαστικά κονιάματα όταν οι βλάβες είναι ελαφρές, όταν δηλαδή εμφανίζονται ρηγματώσεις ή αποφλοιώσεις σκυροδέματος χωρίς αποδιοργάνωση του περισφιγμένου τμήματος του υποστυλώματος και λυγισμό των ράβδων οπλισμού. Οι κόλλες χρησιμοποιούνται στην περίπτωση των ρηγματώσεων, ενώ τα επισκευαστικά κονιάματα στην περίπτωση των επιφανειακών αποφλοιώσεων του σκυροδέματος.

Από τα επισκευαστικά κονιάματα, τα ρητινοκονιάματα έχουν εφαρμογή επειδή συνήθως οι αποφλοιώσεις είναι μικρού πάχους. Για μεγαλύτερο πάχος αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, που σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να επεκτείνεται και στο εντός του συνδετήρος τμήμα της διατομής, χρησιμοποιούνται μη συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο.

Στην ανάλυση και στην διαστασιολόγηση οι συντελεστές μονολιθικότητας για την δυσκαμψία και την αντοχή λαμβάνονται ίση με την μονάδα:

$$K_K = K_f = 1,0$$

3.1.1.1.2. Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής

Επεμβάσεις με καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής εφαρμόζονται όταν οι βλάβες είναι σοβαρές, όταν δηλαδή εμφανίζεται αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή διάρρηξη που μπορεί να ακολουθείται από άνοιγμα ή διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των διαμήκων ραβδών. Συχνά μετά από μία επισκευή τέτοιου είδους ακολουθεί η ενίσχυση με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος.

Στο σχ.3.1 [12] απεικονίζονται δύο περιπτώσεις αποκατάστασης, στις οποίες παρουσιάζουν πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαβείσας περιοχής, λυγισμός των διαμήκων ραβδών οπλισμού και διάρρηξη των συνδετήρων. Οι ενέργειες που απαιτούνται για την αποκατάσταση περιλαμβάνουν:

Καθαίρεση και απομάκρυνση κάθε υλικού σκυροδέματος σε μήκος υποστυλώματος μεγαλύτερο από αυτό της βλαβείσας περιοχής, και καλό καθαρισμό.

Απομάκρυνση συνδετήρων της περιοχής.

Κόψιμο των τμημάτων των διαμήκων ραβδών που έχουν λυγίσει.

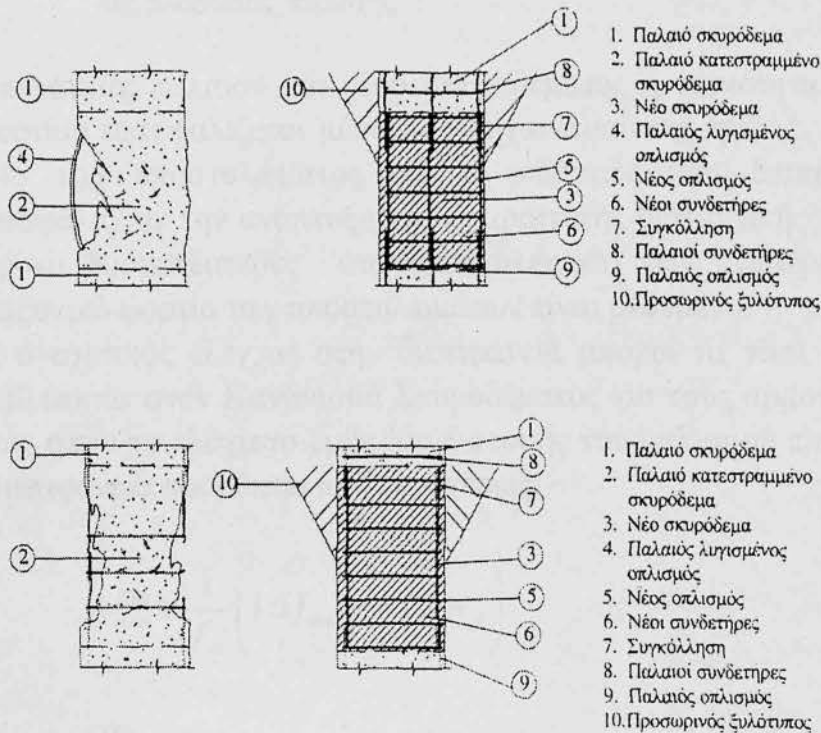
Ηλεκτροσυγκόλληση νέων τμημάτων των διαμήκων ραβδών.

Τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων.

Σκυροδέτηση του καθαιεθέντος τμήματος.

Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να αντιμετωπισθεί η συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος. Προς τούτο χρησιμοποιούνται είτε ειδικά πρόσμικτα είτε ειδικές συνθέσεις σκυροδέματος στις οποίες το τσιμέντο έχει αντικατασταθεί από μη συρρικνούμενες κονίες. Σε κάθε περίπτωση η σύνθεση του σκυροδέματος πρέπει να περιλαμβάνει αδρανή με μέγιστο κόκκο ίσο με αυτό του υπάρχοντος και να ακολουθούνται αυστηρά οι οδηγίες των προμηθευτών για τα πρόσμικτα ή τις κονίες.

Για την διευκόλυνση της σκυροδέτησης και καλύτερη συμπίκνωση, ο ξυλότυπος καταλήγει προς τα πάνω σε χοάνη. Όπως φαίνεται στο σχ.3.1 και το

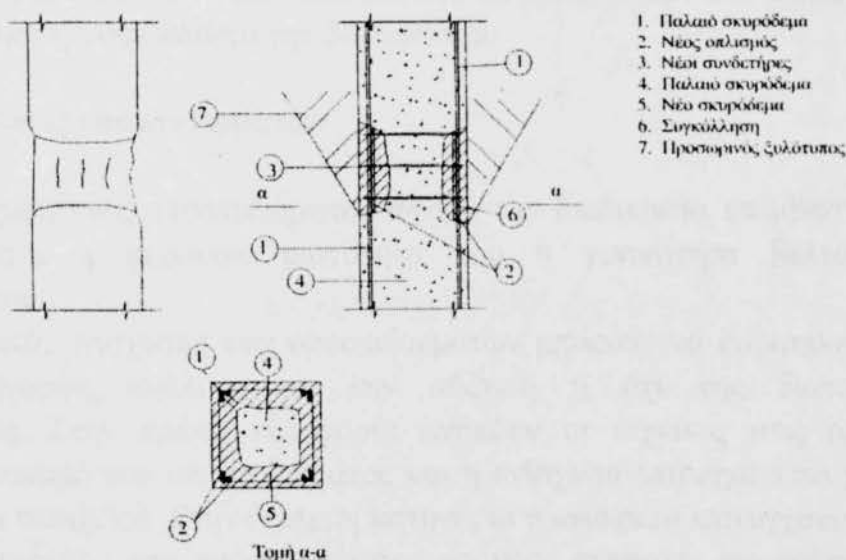


Σχ.3.1. Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαβείσας περιοχής.

επιπλέον πρισματικό τμήμα σκυροδέματος αφαιρείται την επόμενη ημέρα της σκυροδέτησης.

Επισημαίνεται ότι η επιτυχία της τεχνικής απαιτεί πλήρη αποφόρτιση της περιοχής των ορόφων που φορτίζουν το υποστυλώμα και σχολαστική υποστύλωση (ή δυνατόν με μικρή αρνητική φόρτιση) των δοκών που συντρέχουν σ' αυτό. Έτσι όταν μετά το πέρας της επέμβασης απομακρυνθεί η υποστύλωση και επιβληθούν τα φορτία, θα αναιρεθούν τυχόν παραμορφώσεις από συστολή ξήρανσης και το νέο στοιχείο θα αναλάβει θλιπτικό φορτίο.

Στο σχ.3.2 [12] απεικονίζεται η περίπτωση που το κεντρικό τμήμα της διατομής παρέμεινε αβλαβές και ως εκ τούτου δεν απομακρύνεται. Οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού δεν αντικαθιστώνται εφόσον δεν έχουν λυγίσει, αλλά πιθανότατα να απαιτηθεί η τοποθέτηση νέων συνδετήρων έτσι ώστε να πληρούνται οι κατασκευαστικές διατάξεις, του ισχύοντος κανονισμού.



Σχ.3.2. Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση της βλαβείσας περιοχής.

Στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος η ικανότητα μεταφοράς διατμητικού φορτίου εξασφαλίζεται μέσω του μηχανισμού της τριβής. Συνήθως το αξονικό φορτίο του υποστυλώματος και ο οπλισμός που διαπερνούν την διεπιφάνεια εξασφαλίζουν την ανάπτυξη της απαραίτητης διατμητικής αντίστασης. Οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες στα υποστυλώματα των ανωτέρων ορόφων επειδή εκεί το αξονικό φορτίο των υποστυλωμάτων είναι μειωμένο.

Πάντως ο σχετικός έλεγχος στην διεπιφάνεια μπορεί να γίνει με τον ίδιο τρόπο που προβλέπεται στον Κανονισμό Σκυροδέματος για τους αρμούς διακοπής των τοιχωμάτων, όπου το ελάχιστο εμβαδόν διατομής του οπλισμού που πρέπει να διαπερνά την διεπιφάνεια προκύπτει από τις σχέσεις:

$$A_{s,ιστ}^{\deltaιεπ} \geq \frac{1}{f_{yk}} \left(1.3 f_{ctm} A_c - 0.7 N_d \right)$$

και

$$A_{s,lot}^{d_{ie\pi}} \geq 0.0025(A_c)$$

Όπου:

$A_{s,lot}^{d_{ie\pi}}$ το εμβαδόν του οπλισμού που διαπερνά την επιφάνεια

A_c το εμβαδόν διατομής του υποστυλώματος

Nd το αξονικό (θλιπτικό) φορτίο του υποστυλώματος

f_{ctm} η μέση εφελκυστική αντοχή του ασθενέστερου υποστυλώματος

Εάν η παραπάνω σχέσεις δεν ικανοποιούνται με τον υπάρχοντα οπλισμό, θα πρέπει να προστεθούν νέοι οπλισμοί που θα αγκυρωθούν στο παλιό στοιχείο και θα διαπερνούν κάθετα την διεπιφάνεια.

3.1.1.2. Ενισχύσεις υποστυλωμάτων

Η ενίσχυση ενός υποστυλώματος αφορά την διαδικασία επέμβασης με την οποία αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα του ή γενικότερα βελτιώνεται η συμπεριφορά του.

Οι τεχνικές ενίσχυσης των υποστυλωμάτων μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την αύξηση ή όχι της διατομής του υποστυλώματος. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι τεχνικές στις οποίες δεν αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με ενεργή περίσφιγξη του στοιχείου. Στην δεύτερη κατηγορία η ενίσχυση επιτυγχάνεται με αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέες στρώσεις σκυροδέματος και νέους οπλισμούς, κατασκευάζοντας ένα μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο. Στην συνέχεια θα αναπτυχθούν οι παραπάνω δύο μορφές ενίσχυσης υποστυλωμάτων.

3.1.1.2.1. Ενίσχυση υποστυλωμάτων με περίσφιγξη

Η ενίσχυση των υποστυλωμάτων με εξωτερική περίσφιγξη προσφέρεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

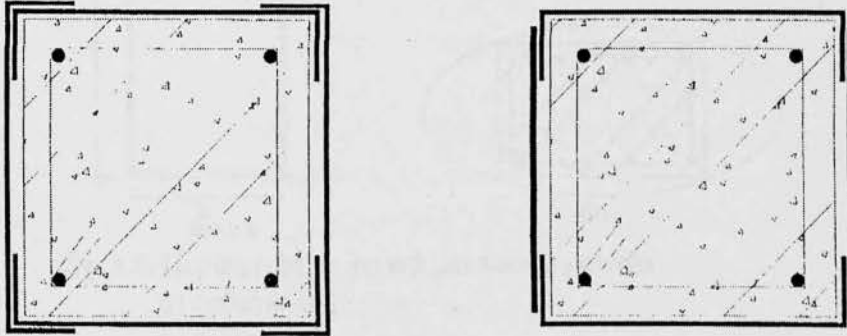
- i. Όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος.
- ii. Όταν απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος.
- iii. Όταν μία αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος μέχρι 30% το πολύ είναι επαρκής.
- iv. Όταν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας της συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών του υποστυλώματος στην περιοχή υπερκάλυψης του.

Όταν απαιτείται η μεταφορά ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του υποστυλώματος, η τεχνική συνδυάζεται με την εφαρμογή εξωτερικής σιδηροκατασκευής.

α. Διαδικασίες επιβολής της περίσφιγξης

Η επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης σε υποστυλώματα μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- Με χρήση επικολητών κολλάρων που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα συνήθους πάχους 1-2mm (σχ.3.3) ή λωρίδες από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP_S).



Σχ.3.3. Περίσφιγξη με μεταλλικά επικολητά ελάσματα

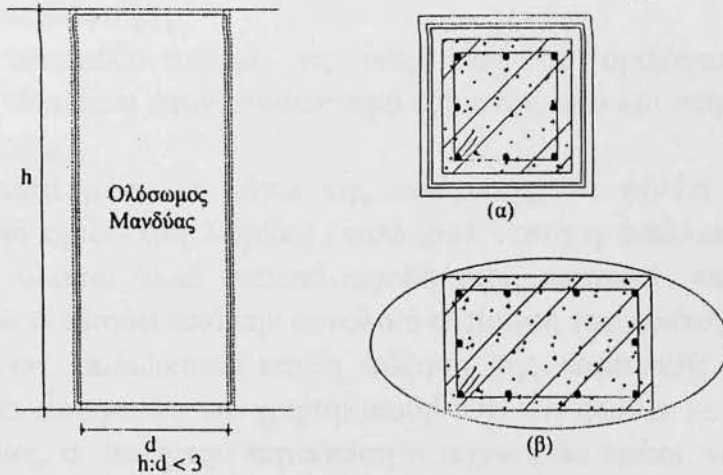
- Με χρήση προεντεταμένων κολλάρων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP_S) που μπορεί να έχουν την μορφή ταινιών "πακεταρίσματος" [13].
- Με χρήση σπειροειδούς οπλισμού (σχ.3.4) που μπορεί να είναι από μεταλλικό έλασμα ή από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP_S).



Σχ.3.4. Περίσφιγξη με σπειροειδή οπλισμό

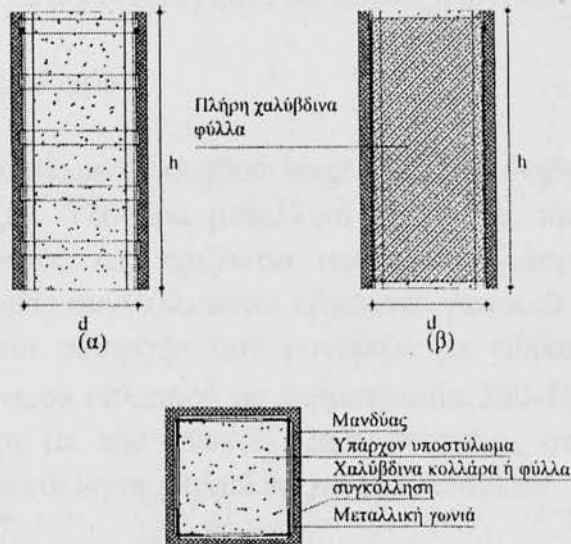
- Με χρήση ολόσωμου μανδύα από φύλλα χάλυβα ή ινοπλισμένο πολυμερές (FRP_S), επικολητών επί των πλευρών του υποστυλώματος. Σήμερα στην πράξη έχει αρχίσει να επεκτείνεται η εφαρμογή της τεχνικής με χρήση φύλλων FRP_S. Στην περίπτωση των μεταλλικών μανδύων η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί τοποθετώντας τα χαλύβδινα φύλλα σε μικρή απόσταση από τις παρειές του υποστυλώματος και στην συνέχεια το κενό γεμίζεται με μη συρρικνούμενο

κονίαμα (σχ.3.5). Η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν ο μεταλλικός μανδύας έχει ελλειπτική ή κυκλική μορφή (σχ.3.5β).



Σχ. 3.5. Περίσφιξη με γενικό μεταλλικό μανδύα
 α) ορθογωνική
 β) ελλειπτική

- Με χρήση μεταλλικού κλωβού που δημιουργείται με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και είτε οριζόντια μεταλλικά κολλάρα (σχ.3.5α) είτε πλήρη χαλύβδινα φύλλα (σχ.3.6β) [14,15]. Η τεχνική αυτή θα αναπτυχθεί λεπτομερώς στην συνέχεια.



Σχ.3.6. Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό.

α1. Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή

Οι μανδύες με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP_s) αποτελούν έναν εύχρηστο τρόπο επιβολής της περίσφιγξης.

Τα φύλλα εφαρμόζονται με τις ίνες τους σε οριζόντια διεύθυνση συμβάλλοντας έτσι, ιδιαίτερα στον εγκιβωτισμό του στοιχείου και στην αύξηση της διατμητικής του αντοχής.

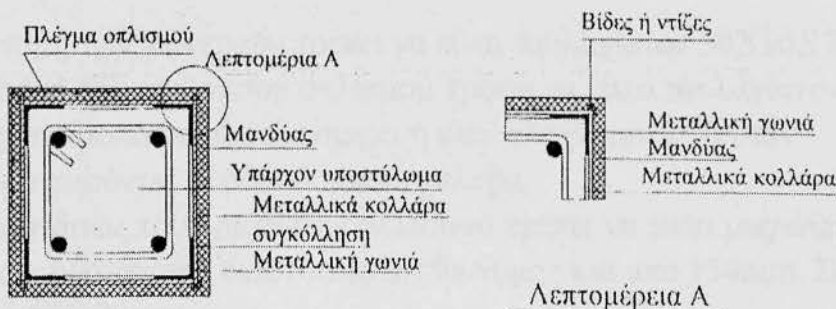
Εάν αυτοί είναι μόνο οι λόγοι της ενίσχυσης, τα φύλλα μπορούν να αντικατασταθούν από οριζόντιες λωρίδες (κολλάρα). Αυτή η εναλλακτική τεχνική έχει μεν οικονομία υλικού αλλά απαιτεί περισσότερα εργατικά, και γι' αυτό η επιλογή θα πρέπει να εκτιμηθεί από την συνολική εκτίμηση του κόστους.

Εάν συγχρόνως επιδιώκεται και η αύξηση της καμπτικής αντοχής του στοιχείου, θα πρέπει προφανώς να χρησιμοποιηθούν και φύλλα με κατακόρυφη διεύθυνση ινών. Όμως, σ' αυτή την περίπτωση η τεχνική θα πρέπει να συνδυαστεί με ανάλογη εφαρμογή ενίσχυσης του κόμβου (δοκών – υποστυλωμάτων) επειδή τα άκρα του υποστυλώματος βρίσκονται σε περιοχές με αυξημένη καμπτική ένταση.

Η εφαρμογή της τεχνικής είναι απλούστερη και περισσότερο αποδοτική στα κυκλικά υποστυλώματα. Στα ορθογωνικά υποστυλώματα απαιτείται προηγουμένως κατάλληλη εξομάλυνση των γωνιών έτσι ώστε να αποκτήσουν καμπυλότητα με ακτίνα τουλάχιστον 30mm. Η αποδοτικότητα της τεχνικής μπορεί να αυξηθεί εάν η εφαρμογή των φύλλων (ή των λωρίδων) γίνει με προένταση. Όμως, στην περίπτωση αυτή οι τεχνικές δυσκολίας του εγχειρήματος είναι αυξημένες και γι' αυτό η εφαρμογή της θα πρέπει να εξετάζεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

α2. Τεχνική μεταλλικού κλωβού

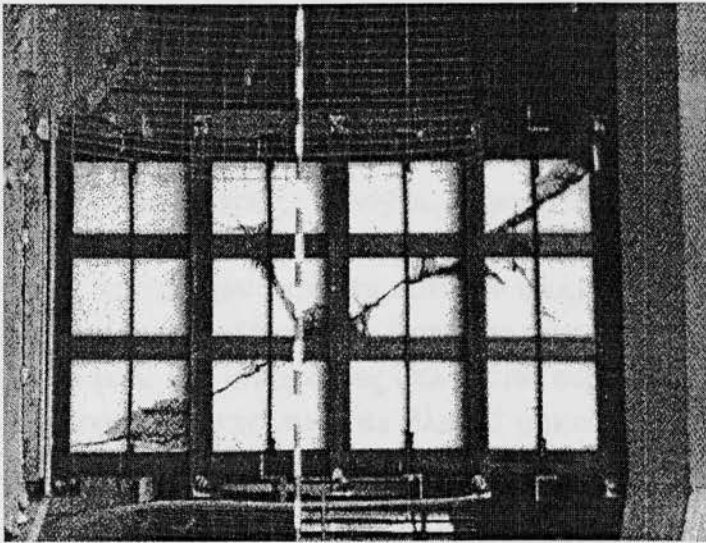
Η τεχνική του μεταλλικού κλωβού είναι η πλέον διαδεδομένη διαδικασία επιβολής της περίσφιγξης. Τέσσερα μεταλλικά ελάσματα, προσαρμόζονται στις γωνίες του υποστυλώματος και οριζόντια μεταλλικά ελάσματα "κολλάρα" (ή ράβδοι από δομικό χάλυβα) συγκολλούνται πάνω στα γωνιακά (σχ.3.6). Πριν γίνει η συγκόλληση προηγείται σύσφιγξη των γωνιακών με ειδικά κλειδιά ή γίνεται προθέρμανση του οριζόντιου οπλισμού σε θερμοκρασία 200-400° C, έτσι ώστε να δημιουργηθεί περίσφιγξη με την συστολή που επέρχεται όταν γίνει απόψυξη. Εναλλακτικά αντί για συγκόλληση μπορεί να χρησιμοποιηθούν "βίδες" ή "ντίζες" όπως φαίνεται στο σχ.3.7.



Σχ.3.7. Εναλλακτική εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού χρησιμοποιώντας "βίδες" ή "ντίζες".

Τα κενά που δημιουργούνται στην επαφή του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος, συμπληρώνονται με ένα μη-συρρικνούμενο κονίαμα ή κόλλα. Η τελική επιφάνεια μπορεί να δημιουργηθεί με μια ισχυρή τσιμεντοκονία οπλισμένη με ένα ελαφρό πλέγμα ενώ δεν είναι απαραίτητη η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Στις περιπτώσεις που το ύψος του υποστυλώματος είναι σχετικά μικρό ($h/d < 3$) επιλέγεται συχνά η αντικατάσταση των κολλάρων με χαλύβδινα φύλλα (σχ.3.6β).

Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες διαδικασίες, αποτελεί πλεονέκτημα της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού η δυνατότητα μεταφοράς ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του υποστυλώματος. Σε συνδυασμό μάλιστα με την ταχύτητα με την οποία μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, η τεχνική αποτελεί κατάλληλη προσωρινή λύση άμεσης ανάληψης κατακόρυφων φορτίων σε στοιχεία που υπέστησαν βλάβες και αδυνατούν πλέον να μεταφέρουν τα αξονικά τους φορτία (σχ.3.8).



Σχ.3.8. Επέμβαση με μεταλλικό κλωβό για προσωρινή ανάληψη κατακόρυφων φορτίων

Εξ' άλλου στην περίπτωση τοπικής βλάβης του υποστυλώματος ο κλωβός μπορεί να εφαρμοστεί γύρω από την βλαφθείσα περιοχή όπως ακριβώς εφαρμόζεται ο "νάρθηκας" στην ορθοπεδική.

Από τα μέχρι σήμερα περιορισμένα αναλυτικά και πειραματικά δεδομένα της έρευνας, μπορούν να προταθούν οι παρακάτω περιορισμοί για την εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού:

- i. Η διατομή των γωνιακών πρέπει να είναι τουλάχιστον 50X50X5mm
- ii. Η διατομή του οριζοντίου οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον 25X4mm όταν χρησιμοποιούνται ελάσματα ή κατ' ελάχιστον $\Phi 10$ όταν χρησιμοποιούνται ράβδοι δομικού χάλυβα.
- iii. Οι αποστάσεις του οριζοντίου οπλισμού πρέπει να είναι μικρότερες από το μισό της μικρότερης διάστασης της διατομής και από 150mm. Συνήθως επιλέγεται 100mm.

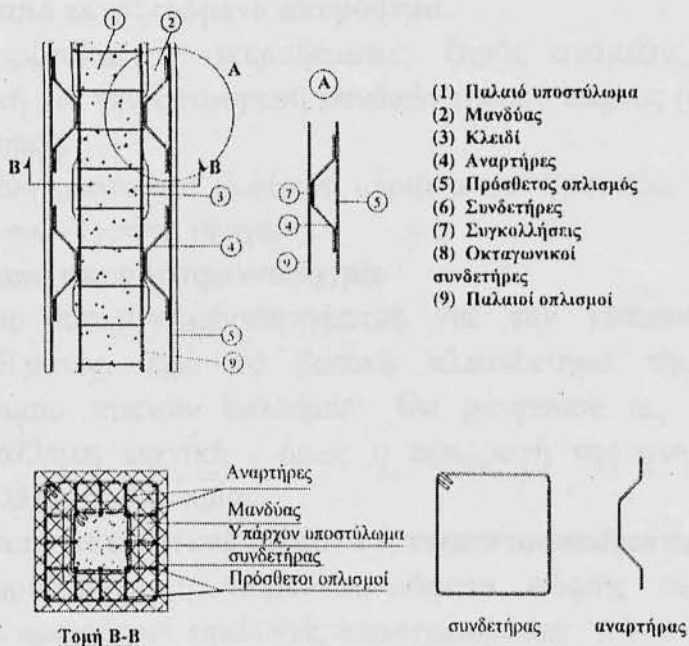
- iv. Για την περίπτωση τοπικής περίσφιγξης, ο μεταλλικός κλωβός επεκτείνεται πάνω και κάτω από την βλάβη σε απόσταση τουλάχιστον μιάμιση φορά στην μέση διάσταση της διατομής.
- v. Απαιτούνται πρόσθετα μέτρα πυροπροστασίας (αν υπάρχει θέμα).

Η συνηθισμένη εφαρμογή της τεχνικής αφορά υποστυλώματα μικρής διατομής με επαρκή διαμήκη οπλισμό. Για παράδειγμα ως μέγιστη διάσταση διατομής θα μπορούσε να θεωρηθεί η διάσταση των 400mm και ως ελάχιστος οπλισμός του υποστυλώματος τα 4Φ18. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερων διαστάσεων απαιτούνται ενδιάμεσες διαμπερείς χαλύβδινες ράβδοι δομικού χάλυβα σε αποστάσεις της τάξης των 300mm που διαπερνούν μέσω οπών το πάχος του υποστυλώματος και ηλεκτροσυγκολλούνται στις απέναντι μεταλλικές λάμες. Το κενό μεταξύ των ράβδων και των τοιχωμάτων των οπών συμπληρώνεται με κόλλα.

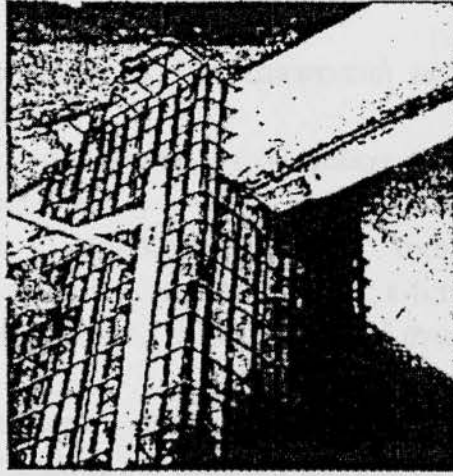
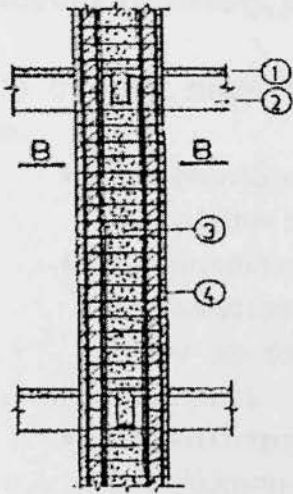
3.1.1.2.2. Μανδύες υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα

Η τεχνική της κατασκευής μανδύων σε υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αύξησης της αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας τους. Συνήθως εφαρμόζεται σε περιπτώσεις υποστυλωμάτων με σοβαρές βλάβες ή γενικότερα όταν διαπιστώνεται ιδιαίτερη ανεπάρκεια της αντοχής τους ή άλλων χαρακτηριστικών τους.

Η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού στοιχείου (σχ.3.9) και μπορεί να εκτείνεται σε όλο το μήκος του υποστυλώματος (ολικός μανδύας σχ.3.10) είτε σε ένα μόνο τμήμα του (τοπικός μανδύας).



Σχ. 3.9. Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος.



Σχ.3.10. Ολικός μανδύας, διάτρηση δοκού στην περιοχή του κόμβου για διέλευση συνδετήρων

α. Είδη μανδυνών οπλισμένου σκυροδέματος

1. Μανδύας από έγχυτο σκυρόδεμα

Έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται για μανδύες μεγάλου πάχους ($d > 80\text{mm}$) και απαιτείται ξυλότυπος.

Η χύτευση πρέπει να γίνεται με χαμηλή πίεση.

Το μέγεθος των αδρανών δεν πρέπει να είναι μεγάλο.

Συνίσταται ιδιαίτερα η χρήση ρευστοποιητών, και πρόσμικτων που παρεμποδίζουν την συστολή ξήρανσης.

Μειονέκτημα της τεχνικής είναι η δυσκολία σκυροδέτησης ιδιαίτερα στην κορυφή του υποστυλώματος.

2. Μανδύας από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ξηράς ανάμιξης, είναι η πιο συνηθισμένη πρακτική για την κατασκευή μανδυνών μικρού πάχους ($d < 100\text{mm}$) και δεν απαιτείται ξυλότυπος.

Στην κατασκευή απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα και φροντίδα για τον έλεγχο κατακόρυφων επιφανειών (χρήση οδηγών).

3. Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα

Η χρήση του σκυροτσιμεντόπηγματος για την κατασκευή μανδυνών οπλισμένου σκυροδέματος, έχει το βασικό πλεονέκτημα της απρόσκοπτης σκυροδέτησης παρουσία πυκνών οπλισμών. Θα μπορούσε ως εκ τούτου να θεωρηθεί πολύ κατάλληλη τεχνική, όμως η εφαρμογή της στην πράξη είναι περιορισμένη λόγω έλλειψης εμπειρίας.

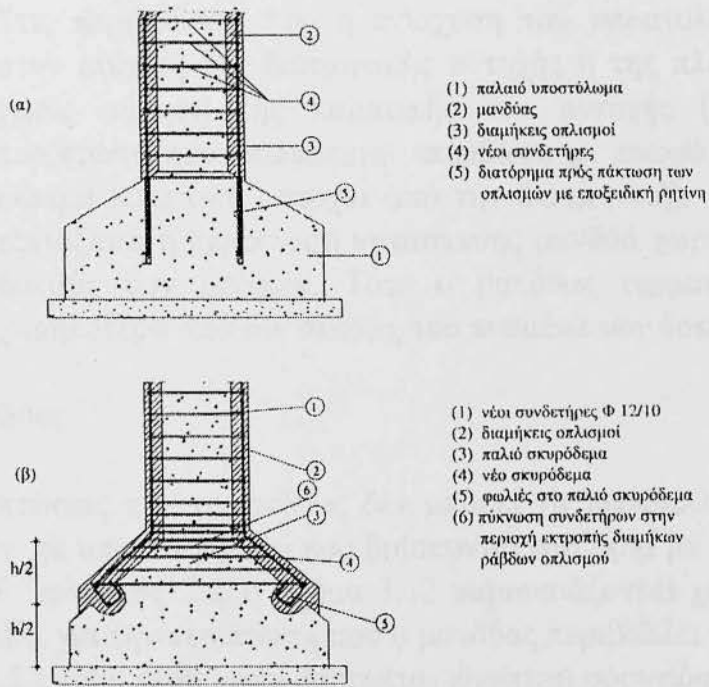
4. Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα

Διάφορα σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα ειδικής σύνθεσης έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς σε επισκευές υποστυλωμάτων. Λόγω του αυξημένου τους κόστους χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις. Τα ειδικά τσιμεντοκονιάματα χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει απαίτηση για μικρό πάχος μανδύα.

β. Διαδικασία κατασκευής μανδύων

Μία συνήθης σειρά που απαιτείται για την κατασκευή μανδύων είναι η παρακάτω:

- Αποφορτίζονται και υποστυλώνονται οι πλάκες και οι δοκοί που συντρέχουν στο υποστύλωμα.
- Απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαθίσταται η συνέχεια του υποστυλώματος επισκευάζοντας τις τυχόν προϋπάρχουσες τοπικές βλάβες (π.χ. λυγισμένες ράβδοι οπλισμού).
- Αποκαλύπτονται οι οπλισμοί σε θέσεις που έχουν προεπιλογή για συγκόλληση με νέους οπλισμούς (εφόσον προβλέπεται).
- Διανοίγονται και προετοιμάζονται οι οπές στις θέσεις αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού και στις θέσεις που προβλέπονται βλήτρα.
- Εκτραχύνεται η επιφάνεια του σκυροδέματος με επιμέλεια σε βάθος 6mm με κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό (π.χ. με "ματσακόνι" όχι απλώς σε σφυρί και καλέμι), ή με υδροαμμοβολή, έτσι ώστε να απομακρυνθεί η εξωτερική επιδερμική στρώση τσιμεντοπολτού και να αποκαλυφθούν τα αδρανή.
- Καθαρίζεται επιμελώς η επιφάνεια χρησιμοποιώντας αέρα υπό πίεση, και το εσωτερικό των οπών με αναρρόφηση από τον πυθμένα.
- Αγκυρώνονται στα άκρα τους οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού με χημική πάκτωση (χρήσης κόλλας). Για κατασκευαστική ευκολία είναι δυνατόν να μην αγκυρωθούν απευθείας οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού επί των οποίων στην συνέχεια θα "ματιστούν" οι νέες ράβδοι. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και για την αγκύρωση των ράβδων οπλισμού στα στοιχεία θεμελίωσης (σχ.3.11). Στο σχήμα 3.11 παρουσιάζεται εξ' άλλου μία εναλλακτική διαδικασία που έχει προταθεί για την περίπτωση που η θεμελίωση είναι με πέδιλα.



Σχ.3.11. Διαδικασίες απόληξης μανδύα στα στοιχεία θεμελίωσης

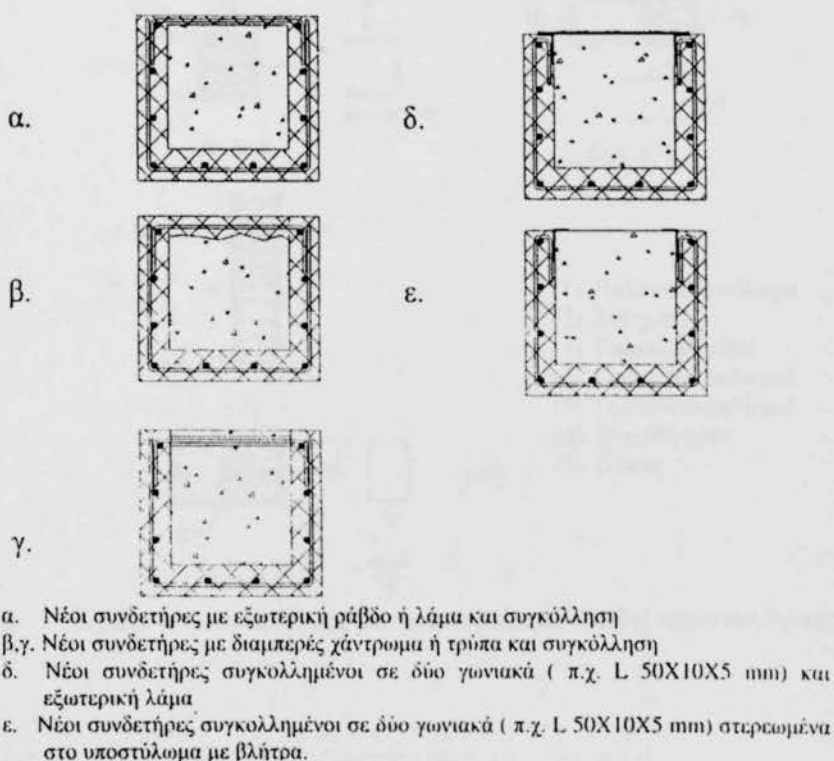
Προβλέπεται η συνέχεια του μανδύα γύρω από τον κώνο του πεδύλου σε μήκος τουλάχιστον ίσο προς το μισό του ύψους του, με διάταξη κλειστών συνδετήρων σ' αυτή την περιοχή της τάξεως Φ12/100mm, και απόληξη του μανδύα σε μία περιμετρική "φωλιά" που έχει δημιουργηθεί στο πέδιλο. Εάν ο διαμήκης οπλισμός του μανδύα είναι αρκετός (περισσότερος από 4 ράβδοι) είναι προτιμότερο να γίνει μία μικτή εφαρμογή των δύο παραπάνω διαδικασιών. Στην περίπτωση που απαιτείται συγχρόνως και ενίσχυση των στοιχείων θεμελίωσης, η τεχνική προσαρμόζεται έτσι ώστε το θέμα να αντιμετωπιστεί συνολικά.

- Αγκυρώνονται τα μηχανικά ή χημικά βλήτρα (εφόσον και όπου προβλέπονται).
- Τοποθετούνται και ηλεκτροσυγκολλούνται τα χαλύβδινα παρεμβλήματα σύνδεσης παλαιών και νέων οπλισμών (αναρτήρες), εφόσον προβλέπονται συγκολλήσεις.
- Τοποθετούνται νέοι συνδετήρες.
- Γίνεται ο τελικός καθαρισμός των επιφανειών με αέρα και νερό υπό πίεση.
- Διαβρέχεται η επιφάνεια του παλιού σκυροδέματος τουλάχιστον 6 ώρες πριν την σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος. Η διαβροχή πρέπει να γίνεται και στον ξυλότυπο (εφόσον υπάρχει) και στα αδρανή για την περίπτωση του σκυροτσιμεντοπήγματος.
- Σκυροδετείτε ο μανδύας και ακολουθούν τα μέτρα συντήρησης σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος [16]. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την συντήρηση στην περίπτωση που χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, επειδή τότε η συστολή ξήρανσης είναι μεγαλύτερη.

Στις περιπτώσεις που η ενίσχυση του υποστυλώματος στοχεύει στην αύξηση της διατμητικής αντοχής ή της πλαστιμότητάς του, χωρίς αύξηση της καμπτικής του αντοχής (όπως π.χ. στην περίπτωση που επιδιώκεται επέμβαση με σκοπό να προηγείται η όλκιμη καμπτική αστοχία από την διατμητική), είναι σκόπιμο να εξετάζεται η περίπτωση κατασκευής μανδύα χωρίς σύνδεση με τις δοκούς των ορόφων. Τότε ο μανδύας τερματίζεται 30-50mm χαμηλότερα από την στάθμη του πυθμένα των δοκών.

γ. Ανοικτοί μανδύες

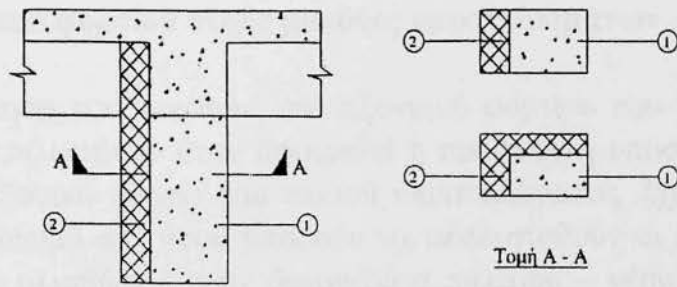
Στις περιπτώσεις που ο μανδύας δεν μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη την διατομή όπως π.χ. σε υποστυλώματα που βρίσκονται στα όρια με άλλη οικοδομή, ο μανδύας λέγεται "ανοικτός". Στο σχήμα 3.12 παρουσιάζονται χρήσιμες διατάξεις που έχουν προταθεί για την περίπτωση που ο μανδύας περιβάλλει τρεις πλευρές του υποστυλώματος. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ιδιαίτερη φροντίδα για την



Σχ.3.12. Περιπτώσεις ανοικτών μανδυών

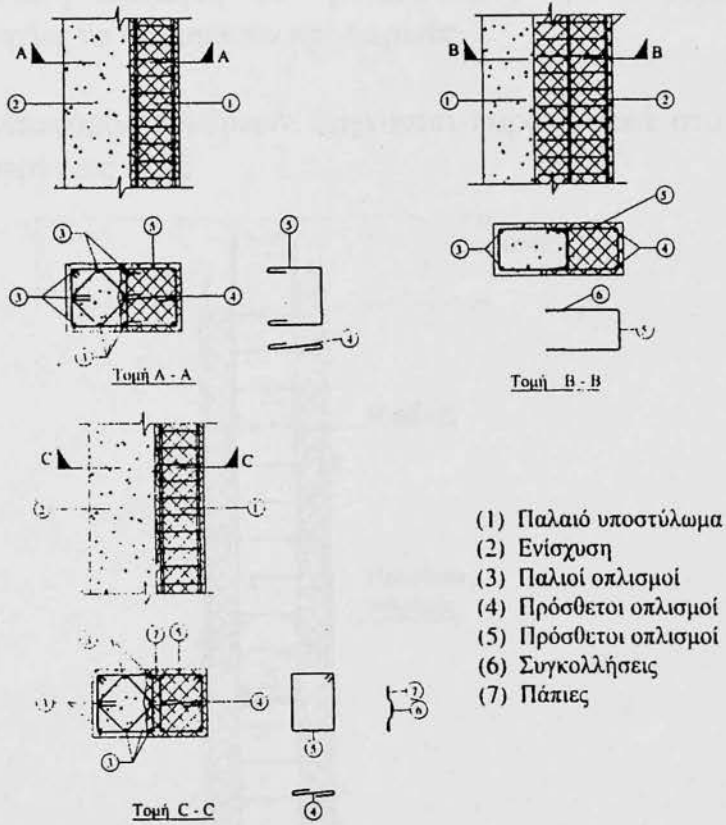
προετοιμασία της διεπιφάνειας και την συγκόλληση πλαισίων και νέων οπλισμών. Επίσης απαιτούνται ξεχωριστά μέτρα για την διασφάλιση της λειτουργίας των συνδετήρων και της ανθεκτικότητας της στο χρόνο, ειδικότερα στην περίπτωση που δεν εγκιβωτίζονται σε σκυρόδεμα. Όταν ο μανδύας περιβάλλει μόνο μία ή δύο πλευρές του υποστυλώματος (σχ.3.13), στην πραγματικότητα πρόκειται πλέον για επέκταση του υποστυλώματος.

Στο σχήμα 3.14 παρουσιάζονται χρήσιμες διατάξεις για την περίπτωση μονόπλευρης επέκτασης. Ανάλογες διατάξεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για επέκταση του υποστυλώματος προς δύο πλευρές.



- 1. Υπάρχον υποστυλώμα
- 2. Επέκταση υποστυλώματος

Σχ.3.13. Μονόπλευρη ή δίπλευρη επέκταση υποστυλώματος

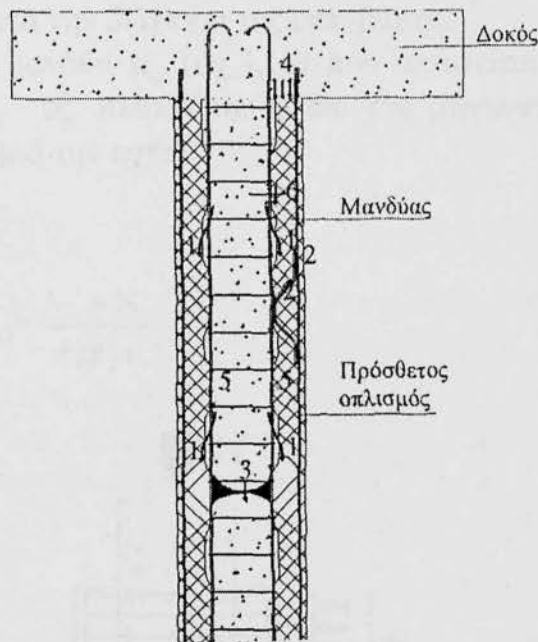


Σχ.3.14. Λεπτομέρειες μονόπλευρης επέκτασης υποστυλώματος

δ. Μεταφορά αξονικού φορτίου στους μανδύες υποστυλωμάτων

Για την εκτίμηση του μεγέθους του αξονικού φορτίου που "μεταφέρεται" στους μανδύες υποστυλωμάτων όταν αφαιρεθεί η προσωρινή υποστύλωση ή όταν γενικά αυξηθεί το αξονικό φορτίο του παλιού υποστυλώματος, έχει προταθεί ένα μαθηματικό προσομοίωμα απ' όπου μπορούν να υπολογισθούν οι δυνάμεις και οι αντίστοιχες σχετικές ολισθήσεις στην διεπιφάνεια παλαιού - νέου σκυροδέματος. Οι υπολογιστικές σχέσεις που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα αναφέρονται μόνο στην μεταφορά του αξονικού φορτίου του υποστυλώματος και είναι προσεγγιστικές αφού τα αποτελέσματα της έρευνας στον τομέα αυτό είναι ιδιαίτερα λίγα. Έτσι τα υπολογιστικά βοηθήματα που δίνονται παρακάτω μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως προσεγγιστική εκτίμηση των μεγεθών που προσδιορίζονται και οι κατασκευαστικές οδηγίες να θεωρηθούν προσωρινές.

Οι "οδοί" μεταφοράς δυνάμεων δείχνονται παραστατικά στο σχ.3.15 και μπορούν να περιγραφούν ως εξής:



Σχ.3.15. Οδοί μεταφοράς δυνάμεων

- "οδός" μεταφοράς 1: μεταφορά δυνάμεων μέσω του μηχανισμού τριβής.
- "οδός" μεταφοράς 2: μεταφορά δυνάμεων μέσω συγκολλημένων οπλισμών.
- "οδός" μεταφοράς 3: μεταφορά δυνάμεων μέσω της περιοχής βλάβης μετά από αποκατάσταση της συνέχειας.
- "οδός" μεταφοράς 4: μεταφορά δυνάμεων από τον υπερκείμενο όροφο απευθείας στον μανδύα.
- "οδός" μεταφοράς 5: μεταφορά δυνάμεων μέσω των παλαιών οπλισμών.
- "οδός" μεταφοράς 6: μεταφορά δυνάμεων μέσω του μηχανισμού δράσης βλήτρου.

Το αξονικό φορτίο N_f , που μεταβιβάζεται στον μανδύα μέσω του μηχανισμού τριβής πάνω από την βλάβη, όπως επίσης και αντίστοιχα κάτω από την βλάβη, μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά:

$$\max N_f = 8\mu f_{2t} u_0$$

όπου:

μ είναι ο συντελεστής τριβής στην διεπιφάνεια παλαιού - νέου σκυροδέματος.

f_{2t} είναι η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος του μανδύα.

u_0 είναι το μήκος του μανδύα που απαιτείται για να αναπτυχθεί η $\max N_f$

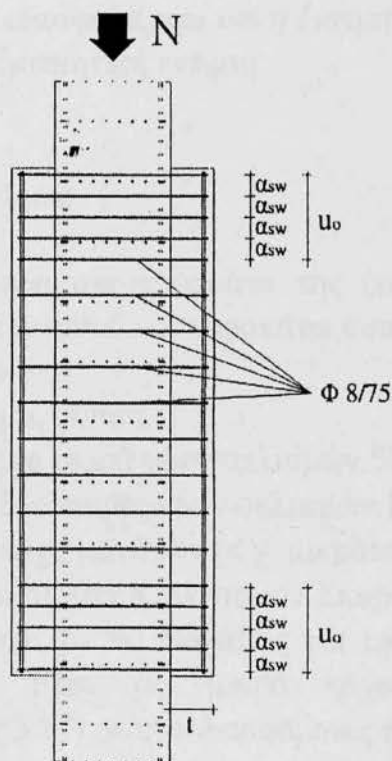
Έτσι εάν :

N_u είναι το ολικό θλιπτικό φορτίο του επισκευασμένου/ενισχυμένου υποστυλώματος μετά από την αφαίρεση της υποστύλωσης και την ανακατανομή της έντασης και

N_r είναι το θλιπτικό φορτίο που εξακολουθεί να φέρει το αρχικό υποστύλωμα κατά την διάρκεια της επέμβασης.

Το μήκος του μανδύα u_0 (σχ.3.16) που απαιτείται για να μεταφερθεί το φορτίο $N_u - N_r$ εξ' ολοκλήρου μέσω του μηχανισμού τριβής, μπορεί να προσδιοριστεί από την σχέση:

$$u_0 = \frac{N_u - N_r}{8\mu f_{2t}}$$



Σχ.3.16. Μόρφωση μανδύα

ε. Συνδετήρες μανδύα

Στις ακραίες περιοχές μήκους u_0 (σχ.3.16) πρέπει να διατάσσονται πυκνοί συνδετήρες που να αναλαμβάνουν τουλάχιστον την τιμή που αντιστοιχεί στην εγκάρσια θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος του μανδύα.

Οι συνδετήρες που απαιτούνται γι' αυτό το λόγο προσδιορίζονται από την σχέση:

$$\frac{A_{sw}^{\sigma}}{a_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{2l}}{f_{ywd}}$$

όπου:

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

a_{sw} είναι η απόσταση των συνδετήρων

f_{ywd} είναι το όριο διαρροής των συνδετήρων

Στη σχέση αυτή ως f_{2l} λαμβάνεται $f_{2l} = f_{ctk} \cdot 0.95$

Επίσης πυκνοί συνδετήρες $\Phi 8/75\text{mm}$ τοποθετούνται κατασκευαστικά στην περιοχή της βλάβης για να εξασφαλιστούν οι νέοι οπλισμοί από τοπικό λυγισμό.

στ. Έλεγχος διεπιφάνειας

Ο έλεγχος της σύνδεσης στην διεπιφάνεια παλαιού - νέου σκυροδέματος γίνεται για κάθε πλευρά του υποστυλώματος θεωρώντας το μανδύα ως ένα στοιχείο που συντίθεται από τέσσερις πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος (μια σε κάθε πλευρά). Για κάθε πλευρά εξασφαλίζεται ότι η διατμητική αντοχή στην διεπιφάνεια είναι μεγαλύτερη από την διατμητική ένταση.

ζ. Κατασκευαστικές διατάξεις

Από τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα της έρευνας και την εμπειρία της πράξης θα μπορούσαν να προταθούν οι παρακάτω συστάσεις:

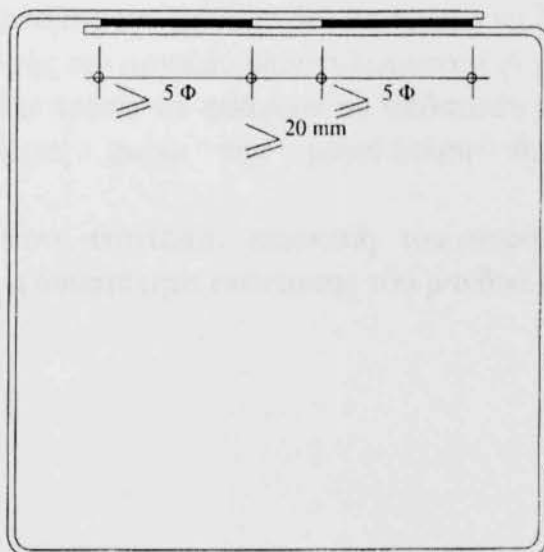
- Ελάχιστο πάχος μανδύα

Με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, 50mm.

Με έγχυτο σκυρόδεμα και μία σειρά νέων οπλισμών, 80-120mm.

Με έγχυτο σκυρόδεμα και δύο σειρές νέων οπλισμών, 120mm τουλάχιστον.

Σημειώνεται ότι για μικρά πάχη μανδύων (π.χ. μικρότερα από 75 mm) δεν μπορούν να ικανοποιηθούν οι διατάξεις του Κανονισμού Σκυροδέματος για τις επικαλύψεις ράβδων οπλισμού συγχρόνως με τις διατάξεις για την μορφή των αγκίστρων στα άκρα των συνδετήρων. Έτσι για μικρό πάχος μανδύα θα πρέπει να ηλεκτροσυγκολλούνται (σχ.3.17) σε εναλλασσόμενες πλευρές του υποστυλώματος.



Σχ.3.17. Μορφή συνδετήρα με ηλεκτροσυγκολλημένα άκρα

- Ελάχιστοι νέοι κατακόρυφοι οπλισμοί και ελάχιστοι συνδετήρες: Ισχύουν οι κατασκευαστικές διατάξεις υποστυλωμάτων σύμφωνα με τον Κανονισμό Μελέτης Κατασκευών Σκυροδέματος. Στην περιοχή της βλάβης τίθενται συνδετήρες τουλάχιστον $\Phi 8/75\text{mm}$ [10].
- Ως ελάχιστοι διατμητικοί σύνδεσμοι στη διεπιφάνεια παλαιού και νέου σκυροδέματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν βλήτρα από χάλυβα S500, εμβαδού διατομής:

$$A_{sd} = \rho_{\delta, \min} A_{c\delta}$$

όπου :

$$\rho_{\delta, \min} = \max(\rho_{w, \min}^{\text{οπλ. διατμ.}})$$

$\rho_{w, \min}^{\text{οπλ. διατμ.}}$ είναι το ελάχιστο ποσοστό διάτμησης δοκών που δίνεται από τον

Κανονισμό για την μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα [10].

$A_{c\delta}$ είναι το εμβαδόν της διατομής της διεπιφάνειας.

Οι αποστάσεις (S) των βλήτρων πρέπει να ικανοποιούν την σχέση:

$$S \leq \min(6h_{\min}, 800\text{mm})$$

όπου:

h_{\min} είναι το μικρότερο από τα πάχη των δύο στοιχείων που έρχονται σε επαφή. Εναλλακτικά μπορούν να γίνουν ηλεκτροσυγκολλήσεις των διαμήκων ράβδων με την προϋπόθεση ότι η διατμητική αντίσταση είναι ίδιου μεγέθους με αυτήν των ελαχίστων βλήτρων.

- Η αντοχή του σκυροδέματος του μανδύα πρέπει να είναι τουλάχιστον μια κατηγορία μεγαλύτερη αυτής του παλαιού υποστυλώματος.

- Το εμβαδόν της διατομής του μανδύα δεν θα πρέπει να ξεπερνά το διπλάσιο του εμβαδού της διατομής του αρχικού υποστυλώματος ($A_{c2} \leq 2A_{c1}$).
- Τα όρια του μανδύα πρέπει να φθάνουν σε απόσταση από τα όρια της βλάβης τουλάχιστον μιάμιση φορά την μεγαλύτερη διάσταση του παλαιού υποστυλώματος.
- Στην περίπτωση που απαιτείται επισκευή του υποστυλώματος κοντά στον κόμβο, εξετάζεται η δυνατότητα επέκτασης του μανδύα στον γειτονικό όροφο.

3.1.2. Επισκευές - ενισχύσεις τοιχωμάτων

Οι τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επισκευές και ενισχύσεις τοιχωμάτων είναι αντίστοιχες αυτών που αναφέρθηκαν για τα υποστυλώματα.

3.1.2.1. Επισκευές τοιχωμάτων

Για τις επισκευές τοιχωμάτων ισχύουν οι ίδιες ακριβώς τεχνικές που αναπτύχθηκαν για τα υποστυλώματα, χωρίς καμία διαφοροποίηση, είτε αναφερόμαστε σε περιπτώσεις τοιχωμάτων με ελαφριές βλάβες οπότε χρησιμοποιούνται κόλλες ή επισκευαστικά κονιάματα, είτε σε περιπτώσεις με βαριές βλάβες όπου χρησιμοποιείται η τεχνική της τοπικής αποκατάστασης ίσης διατομής. Το επισκευασμένο τοίχωμα έχει ίδια περίπου αντοχή αλλά και τι μικρότερη δυσκαμψία από αυτή του μονολιθικού.

Δηλαδή: $k_f=1.0$ $k_k=0.9-1.0$

Για την διαστασιολόγηση του τοιχώματος είναι σκόπιμο κατά την ανάλυση να θεωρείται συντηρητικά $k_k=1.0$

3.1.2.2. Ενισχύσεις τοιχωμάτων

Η τεχνική της περίσφιγξης και η τεχνική των μανδυών οπλισμένου σκυροδέματος που περιγράψαμε για την ενίσχυση των υποστυλωμάτων, μπορούν να εφαρμοστούν και σε τοιχώματα μετά από κατάλληλες αναπροσαρμογές.

3.1.2.2.1. Ενίσχυση τοιχωμάτων με περίσφιγξη

Η τεχνική της περίσφιγξης μπορεί (τεχνικά) να εφαρμοστεί και σε τοιχώματα με τις ίδιες διαδικασίες που έχουν αναφερθεί για υποστυλώματα. Όμως ο μεγάλος λόγος πλευρών των τοιχωμάτων, δεν επιτρέπει αξιόλογη απόδοση της περίσφιγξης και για αυτό το λόγο η τεχνική αυτή εν γένει δεν συνίσταται.

Απ' όλες τις εφικτές διαδικασίες της τεχνικής περίσφιγξης θα μπορούσαμε πάντως να ξεχωρίσουμε την τεχνική των μανδυών με ινοπλισμένα πολυμερή και την τεχνική του μεταλλικού κλωβού. Η τεχνική των μανδυών από ινοπλισμένα πολυμερή έχει το πλεονέκτημα της ευκολίας εφαρμογής και της δυνατότητας ανάληψης διατμητικής και καμπτικής έντασης. Εξάλλου η τεχνική του μεταλλικού κλωβού μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη επειδή:

(α) η μικρή απόδοση της περίσφιγξης μπορεί να αυξηθεί με την παρεμβολή διαμπερών μεταλλικών συνδέσμων (ράβδων) σχήματος Z ή Π που ηλεκτροσυγκολλούνται στα απέναντι μεταλλικά ελάσματα των κλωβών. Η απόσταση των μεταλλικών συνδέσμων είναι της τάξης των 300mm, και το κενό μεταξύ των συνδέσμων και των τοιχωμάτων των οπών συμπληρώνεται με κόλλα.

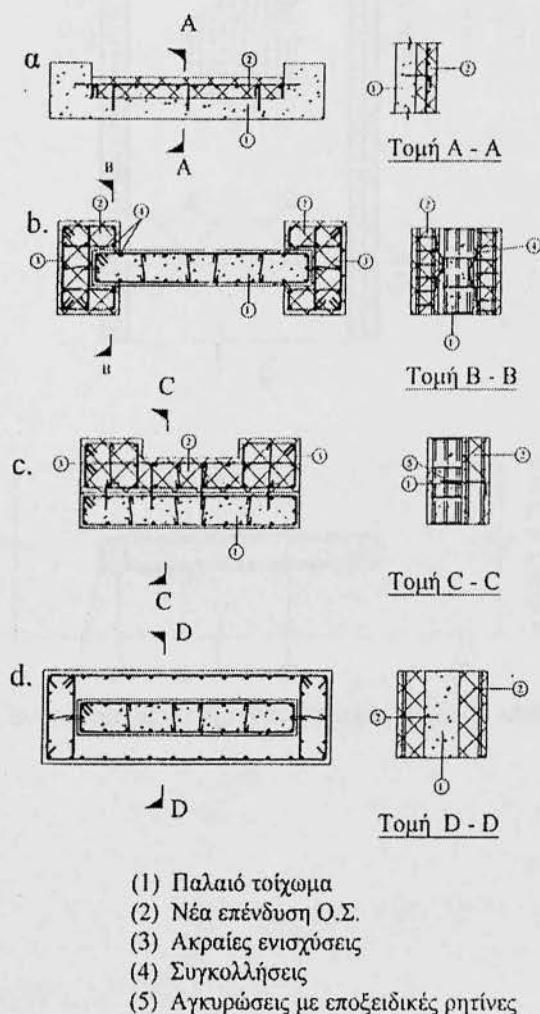
(β) η τεχνική προσφέρει στην ανάληψη τεμνουσών δυνάμεων.

(γ) η τεχνική εξακολουθεί να αποτελεί αποτελεσματική λύση προσωρινής άμεσης ανάληψης κατακόρυφων φορτίων σε τοιχώματα που λόγω σοβαρής βλάβης τους αδυνατούν να μεταφέρουν τα αξονικά τους φορτία (σχ.3.8).

3.1.2.2. Ενίσχυση τοιχωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

Η τεχνική των μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος είναι η περισσότερο διαδεδομένη και πλέον αποτελεσματική τεχνική ενίσχυσης των τοιχωμάτων. Όμως λόγω του μεγάλου μήκους της μίας διάστασης, συχνά ο μανδύας δεν έχει κλειστή μορφή και ουσιαστικά πρόκειται για μονόπλευρη ή δίπλευρη αύξηση του πάχους του τοιχώματος ή για ενίσχυση των άκρων τους. Η εφαρμογή της τεχνικής για την προετοιμασία της επιφάνειας και την τοποθέτηση των νέων οπλισμών είναι ακριβώς ίδια με ότι αναφέρθηκε για τα υποστυλώματα. Επίσης το νέο σκυρόδεμα μπορεί να είναι είτε έγχυτο επί τόπου είτε εκτοξευόμενο.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού και τις κατασκευαστικές δυνατότητες μπορεί να επιλέγεται μια μορφή μανδύα από αυτές που εικονίζονται στο σχήμα 3.18 [12].



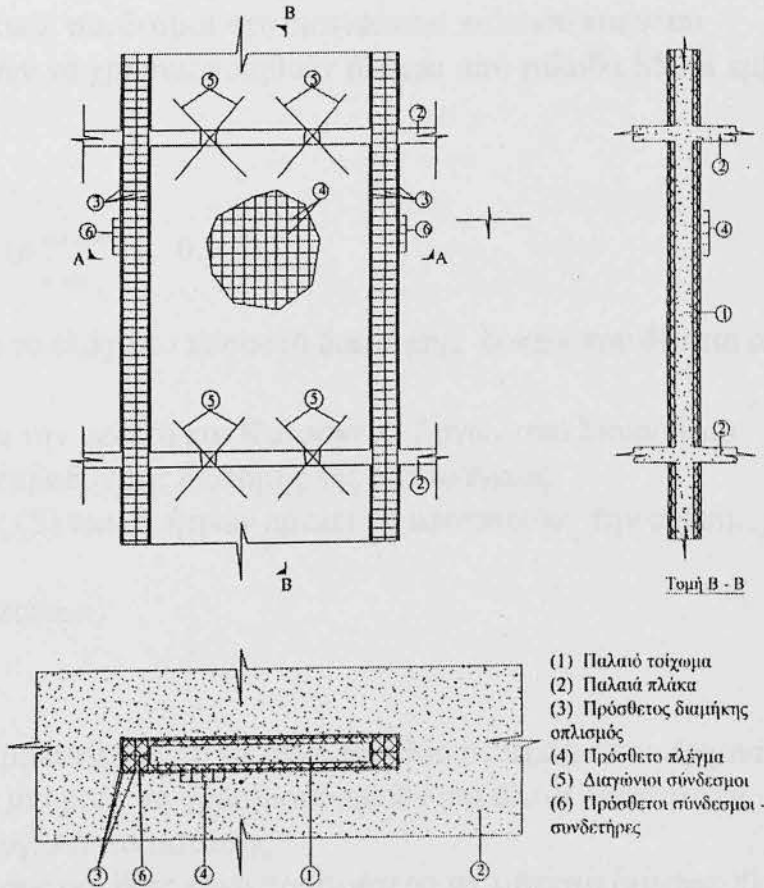
Σχ.3.18. Ενίσχυση τοιχωμάτων με μανδύες.

Η περίπτωση α μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν επιδιώκεται ελαφρά διατμητική ενίσχυση του τοιχώματος, ενώ η περίπτωση β χρησιμοποιείται όταν επιδιώκεται καμπτική ενίσχυση. Εξ' άλλου οι περιπτώσεις c και d εφαρμόζονται όταν επιδιώκεται συγχρόνως διατμητική και καμπτική ενίσχυση του τοιχώματος. Πάντως προτιμότερη μορφή είναι αυτή που ο μανδύας περιβάλλει το παλιό

τοιχώμα όπως η περίπτωση d στο σχήμα 3.18, γιατί έτσι μπορούν να ικανοποιηθούν οι περισσότερες από τις απαιτήσεις των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών.

Η γενική διάταξη ενίσχυσης τοιχωμάτων με αυτό τον τρόπο φαίνεται σε μια εφαρμογή στο σχήμα 3.19 .

Παρατηρείστε ότι για την εξασφάλιση της συνέχειας του τοιχώματος στις στάθμες των ορόφων διανοίγονται οπές στις πλάκες και τοποθετούνται διαγώνιοι σύνδεσμοι.



Σχ. 3.19. Γενική διάταξη ενίσχυσης τοιχώματος με κλειστό μανδύα

α. Κατασκευαστικές διατάξεις

- Το ελάχιστο πάχος του μανδύα για την περίπτωση που χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι 50mm, ενώ όταν χρησιμοποιείται έγχυτο σκυρόδεμα είναι 80mm.
- Η αντοχή του σκυροδέματος του μανδύα πρέπει να είναι μία κατηγορία υψηλότερη απ' αυτήν του αρχικού τοιχώματος.
- Ο ελάχιστος κατακόρυφος και οριζόντιος οπλισμός προσδιορίζεται με βάση της διατάξεις του Κανονισμού Σκυροδέματος [10].

Ως ελάχιστοι διατμητικοί σύνδεσμοι στη διεπιφάνεια παλαιού και νέου σκυροδέματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν βλήτρα από χάλυβα S500s εμβαδού διατομής :

$$A_{sd} = \rho_{\delta, \min} A_{c\delta}$$

όπου :

$$\rho_{\delta, \min} = \max(\rho_{w, \min}^{οπλ. διατμ.}, 0.12\%)$$

$\rho_{w, \min}^{οπλ. διατμ.}$ είναι το ελάχιστο ποσοστό διάτμησης δοκών που δίνεται από τον

Κανονισμό για την μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα

$A_{c\delta}$ είναι το εμβαδόν της διατομής της διεπιφάνειας.

Οι αποστάσεις (S) των βλήτρων πρέπει να ικανοποιούν την σχέση:

$$S \leq \min(6h_{\min}, 800mm)$$

όπου:

h_{\min} είναι το μικρότερο από τα πάχη των δύο στοιχείων που έρχονται σε επαφή. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι διατμητικοί σύνδεσμοι ίσης διατμητικής αντίστασης.

Σε μονόπλευρους μανδύες είναι προτιμότερο να τίθενται δίτιμητα βλήτρα μορφής Π.

Σε αμφίπλευρους μανδύες τα βλήτρα πρέπει να είναι διαμπερή. Ευθύγραμμα τμήματα ράβδων χάλυβα τοποθετούνται στις οπές που έχουν διανοιγεί στο τοίχωμα και στην συνέχεια εάν (ως συνήθως) το πάχος του μανδύα είναι μικρότερο από το 10πλάσιο της διαμέτρου τους, κάμπτονται τα άκρα τους κατά 90°, λαμβάνοντας έτσι μορφή Π ή Ζ. Τα κενά μεταξύ των ραβδών και των παρειών των οπών του τοιχώματος πληρώνονται με κόλλα.

3.1.3. Επισκευές – Ενισχύσεις δοκών και πλακών

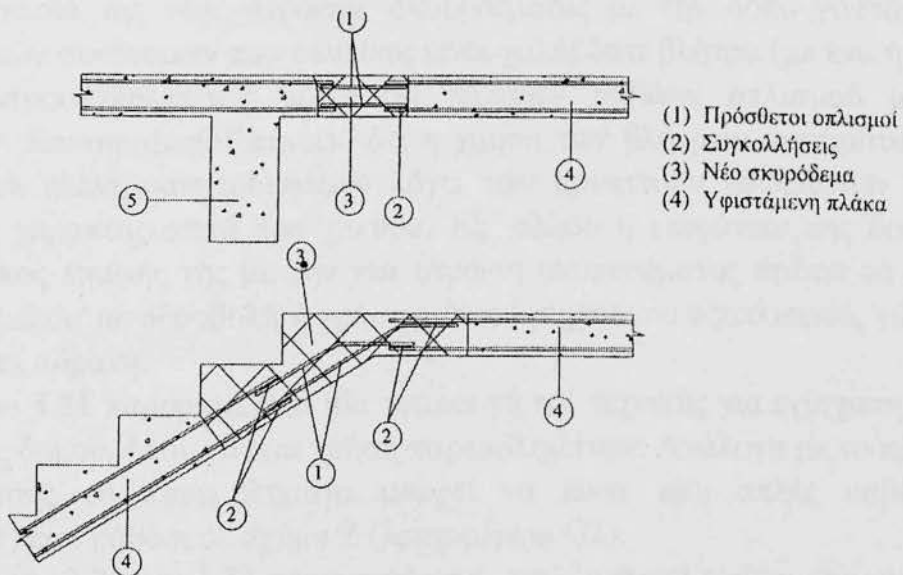
Οι επισκευές και ενισχύσεις δοκών και πλακών, ακολουθούν αντίστοιχες τεχνικές με αυτές που αναφέρθηκαν για τα υποστυλώματα και τα τοιχώματα.

Στην περίπτωση σεισμικής έντασης οι βλάβες συνήθως συγκεντρώνονται στην περιοχή του κόμβου υποστυλώματος δοκού. Έτσι η επέμβαση στις δοκούς αποτελεί συνήθως μέρος μιας συνολικής επέμβασης που κυρίως αφορά τα κατακόρυφα στοιχεία και τον κόμβο.

3.1.3.1. Επισκευή δοκών και πλακών

Για τις επισκευές δοκών και πλακών, χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον βαθμό βλάβης είτε η τεχνική των ενέσεων κόλλας και των επισκευαστικών κονιαμάτων (για ελαφριές βλάβες) είτε η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής (για βαριές βλάβες).

Στο σχήμα 3.20 παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις της δεύτερης περίπτωσης [10].



Σχ.3.20. Επισκευή με την τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής

Οι διαδικασίες εφαρμογής των παραπάνω τεχνικών έχουν ήδη περιγραφεί για την περίπτωση των υποστυλωμάτων και δεν θα επαναληφθούν. Η δυσκαμψία και η αντοχή της επισκευασμένης δοκού αποκαθίσταται σχεδόν πλήρως. Έτσι οι διορθωτικοί συντελεστές προσομοιώματος μπορούν να θεωρηθούν ίσοι με την μονάδα. Δηλαδή $k_l = k_k = 1.0$

3.1.3.2. Ενίσχυση δοκών και πλακών

Οι τεχνικές ενίσχυσης των δοκών διακρίνονται ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο, σε αυτές που στοχεύουν είτε στην αύξηση της καμπτικής αντοχής (που χρησιμοποιούνται και στις περιπτώσεις πλακών) είτε στην αύξηση της διατμητικής αντοχής είτε και στα δύο.

3.1.3.2.1 Καμπτική ενίσχυση με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος

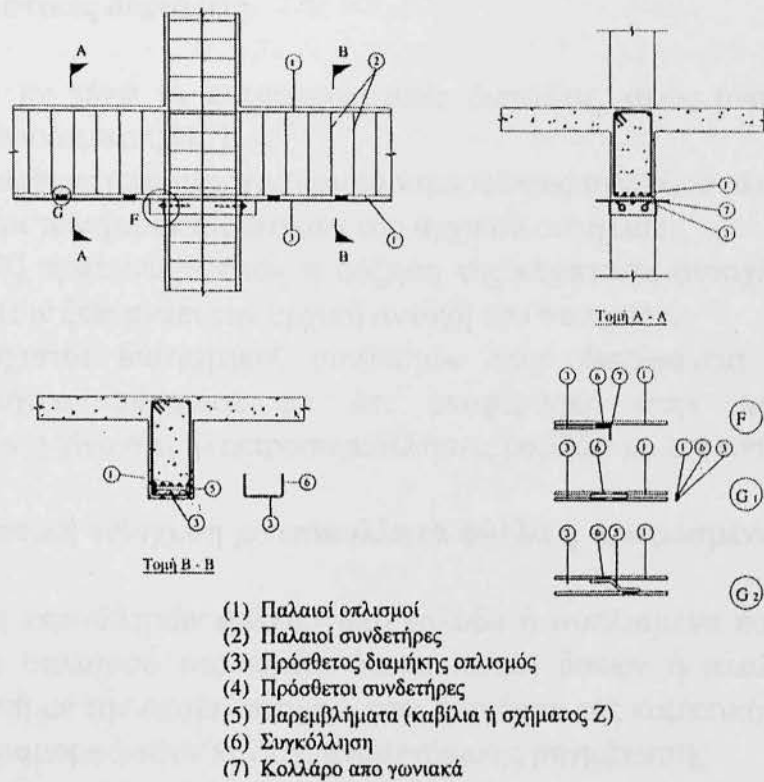
Η τεχνική αυτή, εφαρμόζεται συχνά για ισχυρές ενισχύσεις δοκών ή πλακών στο εφελκυσμένο πέλμα. Μερικές φορές επίσης εφαρμόζεται και για ενισχύσεις στο θλιβόμενο πέλμα.

Η ενίσχυση στο εφελκυσμένο πέλμα γίνεται με νέους οπλισμούς που καλύπτονται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, με πάχος συνήθως 50-100mm, σε όλο το πλάτος της δοκού. Στις ενισχύσεις στο θλιβόμενο πέλμα, που μπορεί να γίνουν και χωρίς πρόσθετους οπλισμούς, χρησιμοποιείται είτε εκτοξευόμενο είτε έγχυτο σκυρόδεμα.

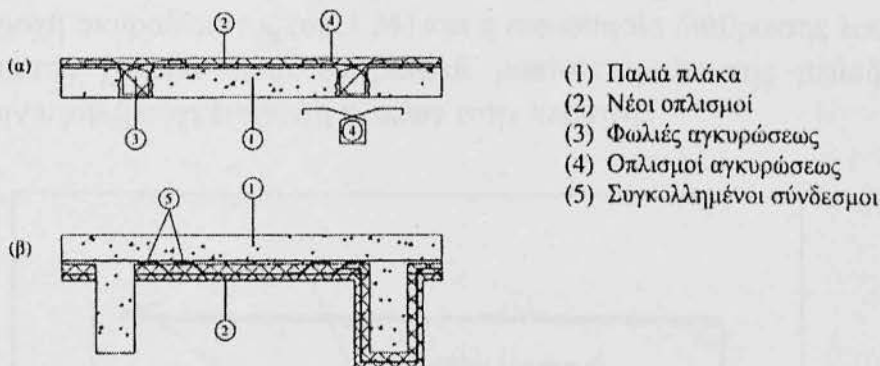
Η συνεργασία της νέας στρώσης σκυροδέματος με την δοκό γίνεται με χρήση διατμητικών συνδέσμων που συνήθως είναι χαλύβδινα βλήτρα (με ένα ή δύο σκέλη) ή ηλεκτροσυγκολλήσεις νέων και παλαιών ράβδων οπλισμού μέσω παρεμβλημάτων. Επισημαίνεται πάντως ότι η χρήση των βλήτρων προτιμάται εν γένει έναντι των ηλεκτροσυγκολλήσεων λόγω των αρνητικών επιδράσεων των τελευταίων στα χαρακτηριστικά του χάλυβα. Εξ' άλλου η επιφάνεια της δοκού, καθ' όλο το μήκος επαφής της με την νέα στρώση σκυροδέματος πρέπει να έχει εκτραχυνθεί επιμελώς με υδροβολή ή χρήση ειδικού μηχανικού εξοπλισμού, για να αποκαλυφθούν τα αδρανή.

Στο σχήμα 3.21 παρουσιάζεται μία εφαρμογή της τεχνικής για ενίσχυση στο κάτω πέλμα μίας δοκού, όπου γίνεται χρήση παρεμβλημάτων. Ανάλογα με το πάχος της νέας στρώσης τα παρεμβλήματα μπορεί να είναι είτε απλές καβίλιες (λεπτομέρεια G1) είτε ράβδοι σε σχήμα Z (λεπτομέρεια G2).

Στα σχήματα 3.22 και 3.23 παρουσιάζονται εναλλακτικοί τρόποι εφαρμογής της τεχνικής για περιπτώσεις ενίσχυσης πλακών.



Σχ.3.21. Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού



Σχ.3.22. Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
α) στο πάνω πέλμα, β) στο κάτω πέλμα



Σχ.3.23. Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος. Εναλλακτικοί τρόποι σύνδεσης στην διεπιφάνεια

α. Κατασκευαστικές διατάξεις

Ισχύουν εν γένει οι κατασκευαστικές διατάξεις, όπως αναφέρονται στον Κανονισμό Σκυροδέματος [10].

Τα χαρακτηριστικά αντοχής και παραμόρφωσης των νέων υλικών δεν πρέπει να υπολείπονται των χαρακτηριστικών του αρχικού στοιχείου.

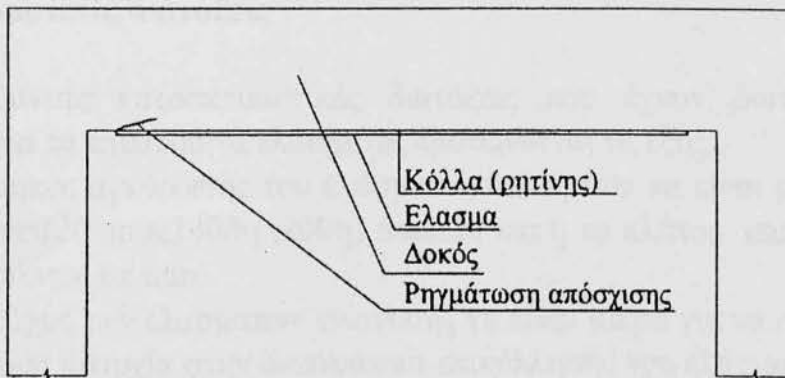
Στον [17] προτείνεται όπως η αύξηση της καμπτικής αντοχής της δοκού ή της πλάκας να μην ξεπερνάει την αρχική αντοχή του στοιχείου.

Ως ελάχιστοι διατμητικοί σύνδεσμοι στην διεπιφάνεια τοποθετούνται χαλύβδινα βλήτρα σύμφωνα με ότι αναφέρθηκε στην περίπτωση των υποστλωμάτων ή γίνονται ηλεκτροσυγκολλήσεις ραβδών με ίση αντίσταση.

3.1.3.2.2. Καμπτική ενίσχυση με επικολλητά φύλλα ή ινοπλισμένα πολυμερή

Η χρήση επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP), ως εξωτερικού οπλισμού στο εφελκόμενο πέλμα δοκών ή πλακών, είναι μια πρακτική τεχνική με την οποία επιτυγχάνεται η αύξηση της καμπτικής ακαμψίας και μείωση των παραμορφώσεων και της αναμενόμενης ρηγμάτωσης.

Η κυριότερη αδυναμία της τεχνικής βρίσκεται στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων των φύλλων. Η πρόωρη αστοχία των άκρων με απόσχιση στη γειτονική προς το έλασμα περιοχή σκυροδέματος (σχ.3.24) και η ευαισθησία διάβρωσης τους στην περίπτωση χρήσης χάλυβα είναι τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου που οφείλονται στην υψηλή συγκέντρωση τάσεων στην περιοχή.



Σχ. 3.24. Εικόνα αστοχίας ακραίας περιοχής δοκού ενισχυμένης με επικολλητά φύλλα

Εδώ συνοψίζοντας τις σχετικές αναφορές, μπορούν να διακριθούν δύο βασικοί έλεγχοι που αφορούν την περιοχή αγκύρωσης στα άκρα των επικολλητών φύλλων. Ο πρώτος στοχεύει στην εξασφάλιση επαρκούς μήκους αγκύρωσης πέραν της περιοχής που απαιτείται καμπτική ενίσχυση. Ο δεύτερος αφορά τον έλεγχο της συγκέντρωσης καμπτικών και διατμητικών τάσεων στην περιοχή των άκρων, λόγω της ύπαρξης πέρατος, δηλαδή λόγω της ασυνέχειας του επικολλητού φύλλου. Συνήθως ελέγχονται οι διατμητικές τάσεις της περιοχής. Όμως επειδή στην πραγματικότητα υπάρχουν συγχρόνως καμπτικές και διατμητικές τάσεις φαίνεται πιο λογικό να πρέπει να ελεγχθεί η αλληλεπίδραση των δύο εντάσεων. Η χρήση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή αντί για χαλύβδινα ελάσματα διαφοροποιεί την

συμπεριφορά του ενισχυμένου στοιχείου, αφού ο νέος οπλισμός έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από τον ήδη υπάρχοντα με τον οποίο καλείται, από κοινού, να αναλάβει τις εφελκυστικές δυνάμεις.

Σημειώνεται ότι πρόσφατα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλαστιμότητα, των ενισχυμένων στοιχείων σε όρους καμπυλοτήτων και σε όρους ενέργειας, είναι σε πολλές περιπτώσεις σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη των αρχικών στοιχείων. Ως εκ τούτου η παραπάνω τεχνική δεν συνίσταται εν γένει για την ενίσχυση στοιχείων που συμμετέχουν στην ανάληψη σεισμικής έντασης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μετά από ειδική μελέτη που θα εξασφαλίζει ότι η πλαστιμότητα του ενισχυμένου μέλους βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων σχεδιασμού.

α. Ενίσχυση με επικολλητά ελάσματα

Η διαστασιολόγηση δομικών στοιχείων ενισχυμένων με επικολλητά ελάσματα γίνεται όπως και στα συμβατικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Στην περίπτωση αυτή συνυπολογίζονται οι "παλαιοί" υπάρχοντες οπλισμοί και οι "νέοι" (υπό μορφή ελασμάτων) πρόσθετοι, χρησιμοποιώντας ένα μέσο στατικό ύψος.

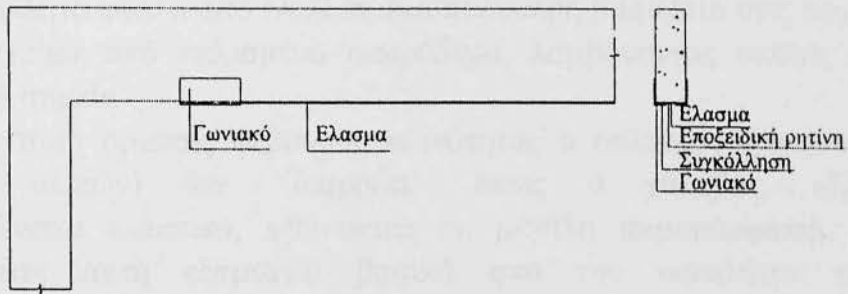
Η διαδικασία προσδιορισμού του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης, όπως και ο έλεγχος, των διατμητικών τάσεων απόσχισης και της αλληλεπίδρασης διατμητικής και καμπτικής έντασης στις περιοχές πέρατος του ελάσματος μπορεί να αναζητηθεί αλλού.

α1. Κατασκευαστικές διατάξεις

Συνοψίζοντας κατασκευαστικές διατάξεις που έχουν διατυπωθεί στην βιβλιογραφία για τα επικολλητά ελάσματα, προτείνονται τα εξής:

- Το μήκος αγκύρωσης του ελάσματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το $\max(200\text{mm}, 140/b_l, 200t_l)$ όπου b_l και t_l το πλάτος και το πάχος του ελάσματος σε mm.
- Το πάχος των ελασμάτων ενίσχυσης να είναι μικρό για να αποφεύγεται η πρόωρη αστοχία στην διεπιφάνεια επικόλλησης του ελάσματος, ιδιαίτερα στην ακραία περιοχή αγκύρωσης του. Γενικά προτείνεται να μην ξεπερνά τα 4mm και επίσης να είναι μικρότερο από 2% του πλάτους του ελάσματος. Εξάλλου η χρήση ελασμάτων με μικρό πάχος επιτρέπει την καλύτερη σύνδεση με την δοκό αφού μπορεί να παρακολουθήσει κάθε αλλαγή της επιεδότητας του πέλματος, χωρίς να εισάγονται πρόσθετες τοπικές τάσεις στο έλασμα. Αυτός είναι ο λόγος που πολλές φορές χρησιμοποιούνται ελάσματα σε περισσότερες στρώσεις, αντί για ελάσματα μεγάλου πάχους.
- Το αδιάστατο ύψος της θλιβόμενης ζώνης $\xi=\chi/d$ να είναι μικρότερο από 0,40.
- Απαιτείται η χρήση κατάλληλων ειδικών διατάξεων αγκύρωσης των άκρων. Ικανοποιητικά πραγματικά αποτελέσματα προέκυψαν όταν

χρησιμοποιήθηκαν ειδικά επικολλητά γωνιακά αγκύρωσης, συγκολλημένα στα ελάσματα και στις παρειές της δοκού (σχ.3.25).



Σχ. 3.25. Ειδικά επικολλητά γωνιακά αγκύρωσης

- Οι αγκυρώσεις των άκρων να είναι κοντά στις στηρίξεις. Όμως το συμπέρασμα αυτό έχει προκύψει από έρευνα που αφορούσε αμφιερείστους δοκούς, και δεν έχει αξιολογηθεί περισσότερο. Είναι επομένως πιθανό, γενικεύοντας, να σημαίνει ότι χρειάζεται να γίνονται κοντά στα σημεία μηδενισμού των ροπών.
- Η χρησιμοποιούμενη κόλλα σύνδεσης να έχει πλαστική συμπεριφορά. Έτσι επιτρέπεται καλύτερη κατανομή των τάσεων στην περιοχή αγκύρωσης.
- Ο βαθμός ενίσχυσης του στοιχείου συνίσταται να μην ξεπερνάει την μονάδα.

β. Ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή

Η διαδικασία ανάλυσης και διαστασιολόγησης δομικών στοιχείων ενισχυμένων με επικολλητά φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή βασίζεται στις αρχές για την μελέτη στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω δύο βασικά σημεία:

- Στην κατάσταση οριακής φέρουσας ικανότητας ο οπλισμός ενίσχυσης (σύνθετων υλικών) δεν "διαρρέει" όπως ο χάλυβας, αλλά παραμορφώνεται ελαστικά, φθάνοντας σε μεγάλη παραμόρφωση. Η παραμόρφωση αυτή εξαρτάται βασικά από την ικανότητα του σκυροδέματος (δηλαδή υποστρώματος) να μεταφέρει μέσω διάτμησης τις εφελκυστικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα σύνθετα υλικά, και είναι, κατά κανόνα, μικρότερη από τη μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση (θραύσης) των σύνθετων υλικών.
- Ο "δεσμός" σύνθετων υλικών – σκυροδέματος μπορεί να αστοχήσει πρόωρα, δηλαδή πριν εξαντληθεί η καμπτική αντοχή του ενισχυμένου στοιχείου.
- Η διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο κάμψης, στοιχείων (δοκών ή πλακών) που έχουν ενισχυθεί με σύνθετα υλικά (FRP) στο εφελκυσμένο πέλμα, είναι ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό (συμβατικών) διατομών από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Όμως τώρα, επιπλέον θα πρέπει να θεωρηθεί ότι τα σύνθετα υλικά δεν μπορούν να ξεπεράσουν μία οριακή παραμόρφωση $\epsilon_{f,lim}$ της τάξεως του 50% της παραμόρφωσης θραύσης τους.

Συχνά λαμβάνεται $\epsilon_{f,lim}=6\%$. Πάντως η τιμή αυτή δεν θα πρέπει να θεωρηθεί οριστική επειδή το θέμα είναι ακόμα υπό διερεύνηση.

Επομένως, οι δύο οριακές καταστάσεις αστοχίας για διατομές σκυροδέματος $\epsilon_{c2}=3.5\%$ και $\epsilon_{c1}=20\%$ που προβλέπονται στον Κανονισμό Σκυροδέματος αντικαθίστανται από τις $\epsilon_{c2}=3.5\%$ και $\epsilon_f=6\%$.

Η παραπάνω διαδικασία προϋποθέτει ότι τα άκρα των εξωτερικών οπλισμών εξασφαλίζονται έναντι πρόωρης αποκόλλησης. Προς τον σκοπό αυτό απαιτείται επαρκές μήκος αγκύρωσης (l_b) των εξωτερικών οπλισμών. Η διαδικασία προσδιορισμού του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης και ο έλεγχος των διατμητικών τάσεων απόσχισης, στα άκρα μπορεί να αναζητηθεί αλλού [11].

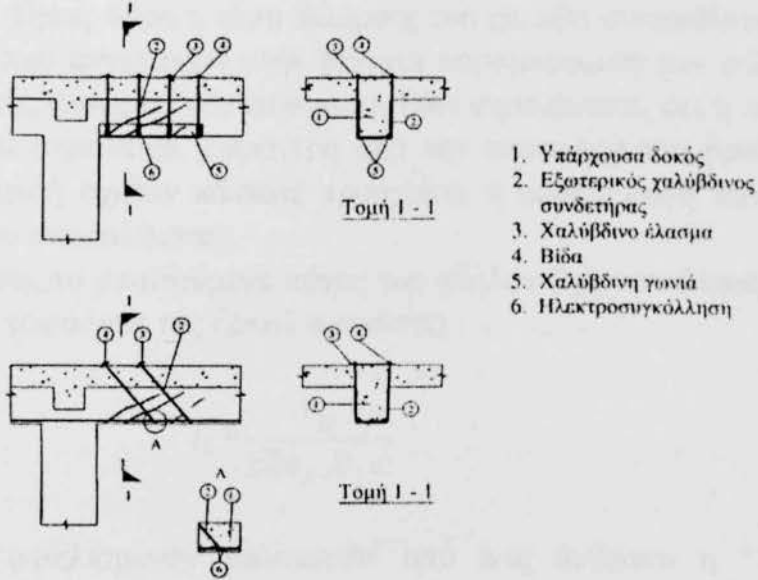
β1. Κατασκευαστικές διατάξεις - συστάσεις

Ειδικά μέτρα εξασφάλισης της αγκύρωσης, ανάλογα με αυτά που χρησιμοποιούνται για τα επικολλητά ελάσματα (σχ.3.25) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση ανεπάρκειας του μήκους αγκύρωσης.

Η εφαρμογή της τεχνικής ενίσχυσης στοιχείων με επικολλητά φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή, προϋποθέτει ότι το στοιχείο χωρίς οπλισμό ενίσχυσης μπορεί να φέρει ασφαλώς τον συνδυασμό των οιονεί – μονίμων φορτίων ($G+\psi 2Q$) για να μην αστοχήσει σε περίπτωση απρόβλεπτης έντονης δράσης (π.χ. πυρκαγιά).

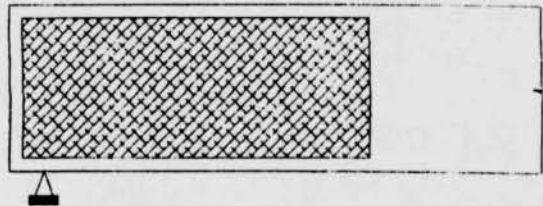
3.1.3.2.3. Διατμητική ενίσχυση δοκών με εξωτερικά στοιχεία

Στην πράξη, πολλές φορές, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές διατμητικής ενίσχυσης δοκών χρησιμοποιώντας είτε μεταλλικά στοιχεία που περισφίγγουν εξωτερικά την δοκό όπως φαίνεται στο σχήμα 3.26 είτε επικολητά φύλλα από χάλυβα.

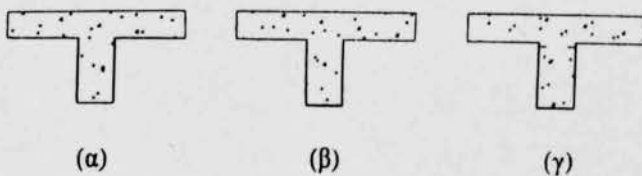


Σχ. 3.26. Διατμητική ενίσχυση με εξωτερικά μεταλλικά ελάσματα

Σήμερα έχει αρχίσει να επεκτείνεται η χρήση των επικολητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή. Η τεχνική μπορεί να εφαρμόζεται είτε με επικόλληση των φύλλων στις δύο απέναντι παρειές της δοκού όπως φαίνεται στα σχήματα 3.27 και 3.28α, είτε ακόμη καλύτερα με την μορφή μανδυών που συνήθως είναι ανοικτής μορφής (σχ.3.28β,γ). Σημειώνεται, πάντως ότι η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί υπό την προϋπόθεση ότι το στοιχείο χωρίς οπλισμό ενίσχυσης μπορεί να φέρει ασφαλώς τον συνδυασμό των οιονειμονίμων φορτίων ($G + \psi 2Q$).



Σχ.3.27. Ενίσχυση δοκών σε διάτμηση με ινοπλισμένα πολυμερή



Σχ.3.28. Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση.

Η διαστασιολόγηση σε διάτμηση γίνεται με τις ίδιες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται σε δοκούς με συμβατικό οπλισμό διάτμησης.

Όμως τώρα θεωρείται:

$$V_{RD3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{fd}$$

όπου V_{fd} είναι η τέμνουσα που αναλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς.

Για τον προσδιορισμό του V_{fd} , στην περίπτωση χρήσης επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή, χρησιμοποιείται η ίδια μεθοδολογία ανάλυσης που είναι γνωστή για το V_{wd} . Όμως τώρα η τάση διαρροής του χάλυβα αντικαθίστανται από μία "ενεργή" τάση που αντιστοιχεί στην μέγιστη παραμόρφωση των φύλλων την στιγμή της διατμητικής αστοχίας του στοιχείου. Εδώ σημειώνεται, ότι η παραπάνω "ενεργή" τάση είναι σημαντικά μικρότερη από την παραμόρφωση θραύσης του σύνθετου υλικού, επειδή σχεδόν πάντοτε προηγείται η αποκόλληση των φύλλων από την επιφάνεια του σκυροδέματος.

Με βάση τα παραπάνω, το απαιτούμενο πάχος του φύλλου (t_f), τοποθετούμενου με τις ίνες κάθετες προς τον άξονα της δοκού προκύπτει :

$$t_f = \frac{V_{fd}}{1.2 \varepsilon_{f,e} E_f d}$$

για την περίπτωση ινοπλισμένων πολυμερών από ίνες άνθρακα η "ενεργή" παραμόρφωση $\varepsilon_{f,e}$ δίνεται από την σχέση :

$$\varepsilon_{f,e} = \min[0.17 \varepsilon_{fu} (f_{cm}^{2/3} / E_f \rho_f)^{0.3}, 0.65 \times 10^{-3} (f_{cm}^{2/3} / E_f \rho_f)^{0.56}, 0.006]$$

Στην παραπάνω σχέση f_{cm} είναι η μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος (σε Μρα), το Μέτρο Ελαστικότητας E_f τίθεται σε Gpa και $\varepsilon_{f,u}$ είναι η παραμόρφωση θραύσης των σύνθετων υλικών.

3.1.3.2.4. Ενίσχυση με μανδύες Ο.Σ.

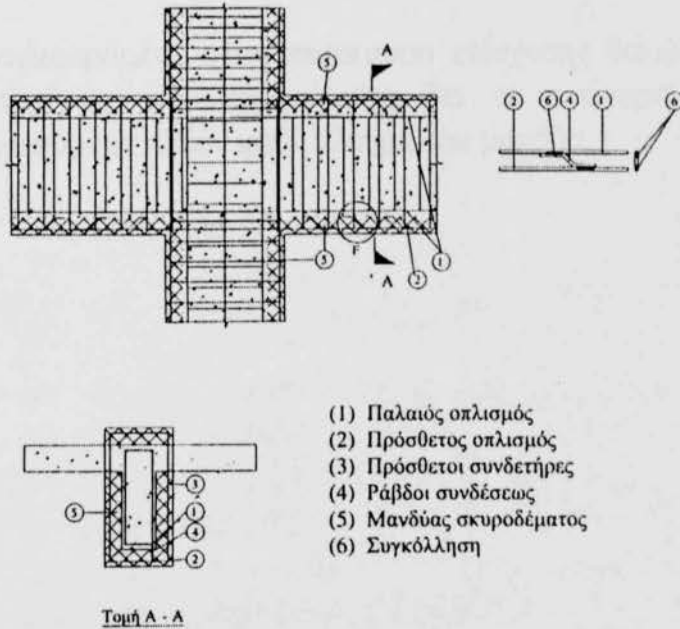
Η τεχνική κατασκευής μανδυών σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αύξησης της διατμητικής και καμπτικής τους αντοχής.

Η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής της δοκού με νέο σκυρόδεμα, νέους διαμήκους οπλισμούς και νέους συνδετήρες περιμετρικά του αρχικού στοιχείου. Για κατασκευαστική ευκολία συνήθως επιλέγεται η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

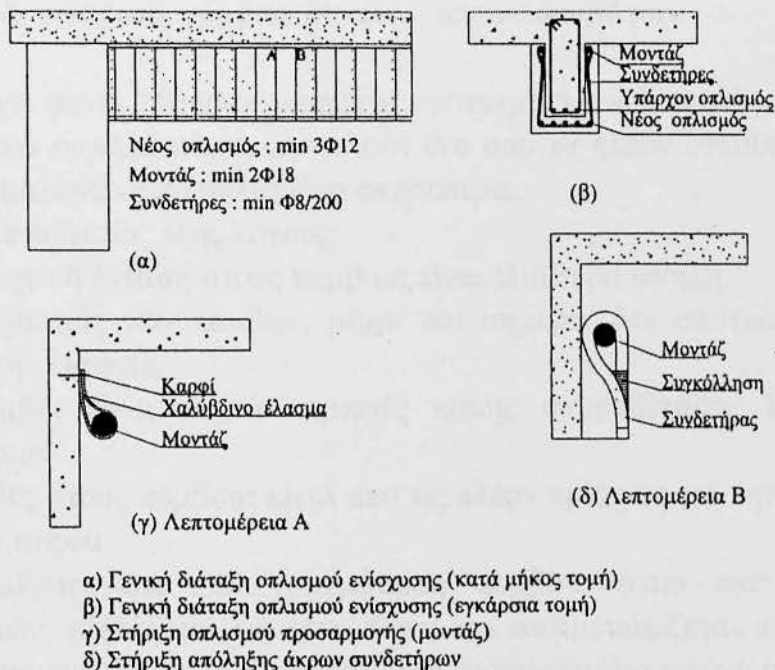
Η τεχνική εφαρμόζεται κυρίως όταν υπάρχει ανάγκη διατμητικής ενίσχυσης της δοκού, επειδή όταν απαιτείται μόνο αύξηση της καμπτικής αντοχής της δοκού επιλέγεται η απλούστερη τεχνική της ενίσχυσης με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος.

Στο σχήμα 3.29 παρουσιάζεται ενδεικτικά μία εφαρμογή της τεχνικής. Βασικό κατασκευαστικό πρόβλημα της τεχνικής είναι η δημιουργία του κλειστού μανδύα στο πάνω μέρος της δοκού, λόγω της ύπαρξης των πλακών. Γι' αυτό πολλές φορές στην πράξη επιλέγεται η λιγότερο αποτελεσματική τεχνική της κατασκευής ανοικτού μανδύα.

Στο σχήμα 3.30 παρουσιάζεται μία ενδεικτική εφαρμογή ανοικτού μανδύα. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την εξασφάλιση της αγκύρωσης των συνδετήρων.



Σχ.3.29. Κλειστός μανδύας δοκού



Σχ.3.30. Ανοικτός μανδύας δοκού

α. Κατασκευαστικές διατάξεις

Ισχύουν τα αναφερόμενα στην περίπτωση ενίσχυσης δοκών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος, με την παρατήρηση ότι οι αναφερόμενοι ελάχιστοι διατμητικοί σύνδεσμοι αφορούν πλέον κάθε πλευρά του μανδύα.

3.1.4. Επισκευή & ενίσχυση κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων

Όπως έχει φανεί από αποτελέσματα καταστρεπτικών σεισμών στη χώρα μας, οι κόμβοι, ιδιαίτερα οι εξωτερικοί, αποτελούν ένα από τα πλέον ευπαθή στοιχεία των υφιστάμενων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Αυτό οφείλεται στους εξής λόγους:

(α) Η διατμητική ένταση στους κόμβους είναι ιδιαίτερα υψηλή.

(β) Ο σχεδιασμός των κόμβων, μέχρι και σήμερα, δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της τοπικής έντασης.

(γ) Οι κόμβοι είναι συχνά περιοχές κακής σκυροδέτησης λόγω μεγάλης πυκνότητας οπλισμών.

(δ) Οι βλάβες στους κόμβους είναι από τις πλέον κρίσιμες για την ασφάλεια της ακεραιότητας του φορέα.

Υπενθυμίζεται ότι κάθε ρηγμάτωση κόμβου, έστω και πολύ μικρού ανοίγματος ρωγμών, εξετάζεται ως επικίνδυνη και αντιμετωπίζεται ως σοβαρότερη βλάβη σε σύγκριση με άλλα δομικά στοιχεία που έχουν την ίδια εικόνα ρηγμάτωσης.

Στην βαθμονόμηση των βλαβών, οι βλάβες στους κόμβους είναι κατά μία κατηγορία υψηλότερη από αυτήν που αντιστοιχεί σε υποστυλώματα με την ίδια εικόνα (εύρος, κατεύθυνση κ.τ.λ.) ρηγμάτωσης.

Οι επισκευές και οι ενισχύσεις στην περιοχή των κόμβων αποτελούν ίσως την δυσκολότερη κατασκευαστική διαδικασία στο τομέα των επεμβάσεων επειδή εκεί συντρέχουν πολλά στοιχεία του φορέα.

Στην συνέχεια οι τεχνικές επέμβασης διακρίνονται, ανάλογα με τον στόχο της επέμβασης, σε επεμβάσεις που στοχεύουν είτε σε επισκευή είτε σε ενίσχυση των κόμβων.

3.1.4.1. Επισκευή κόμβων

Οι τεχνικές επισκευής των κόμβων, είναι οι ίδιες με αυτές που εφαρμόζονται και για άλλα δομικά στοιχεία. Δηλαδή για ελαφρές ρηγματώσεις εφαρμόζεται η τεχνική των ενέσεων κόλλας, και των επισκευαστικών κονιαμάτων ενώ για βαριές βλάβες εφαρμόζεται η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής.

Αμφότερες οι παραπάνω τεχνικές έχουν αναπτυχθεί εκτενώς για τα υποστυλώματα και γι' αυτό δεν επαναλαμβάνονται εδώ.

Επισημαίνεται πάντως ότι η αποκατάσταση του κόμβου με την τεχνική της ίσης διατομής, τις περισσότερες φορές, περιλαμβάνει και την διόρθωση ελαττωμάτων στην όπλιση. Δηλαδή συχνά τοποθετούνται πυκνότεροι συνδετήρες και βελτιώνονται οι αγκυρώσεις των ράβδων (ηλεκτροσυγκολλώντας νέα τμήματα). Γι' αυτό η τεχνική, θα έπρεπε να θεωρείται μάλλον ως τεχνική ενίσχυσης παρά ως επισκευή.

Χρήσιμο είναι εξ' άλλου να επισημανθεί ότι και στις δύο τεχνικές η αποτελεσματικότητα της επέμβασης εξασφαλίζεται μόνο με συνθήκες αυστηρού ποιοτικού ελέγχου και επίβλεψης.

Παρακάτω επισημαίνονται μερικά χρήσιμα συμπεράσματα που έχουν προκύψει από πειραματικές έρευνες.

- Σε επισκευές με κόλλες:

Αποκαθίσταται πλήρως η αντοχή των κόμβων.

Αποκαθίσταται σχεδόν πλήρως η δυσκαμψία.

Αποκαθίσταται η ικανότητα απορρόφησης ενέργειας και μάλιστα μπορεί ακόμα και να αυξηθεί.

- Σε αποκαταστάσεις κόμβων με την τεχνική της ίσης διατομής, όπου περιλαμβάνονται και διορθωτικές παρεμβάσεις στην όπλιση, τα χαρακτηριστικά του κόμβου μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα της τεχνικής αυξάνεται όσο χειρότερος είναι ο κόμβος.

3.1.4.2. Ενίσχυση κόμβων

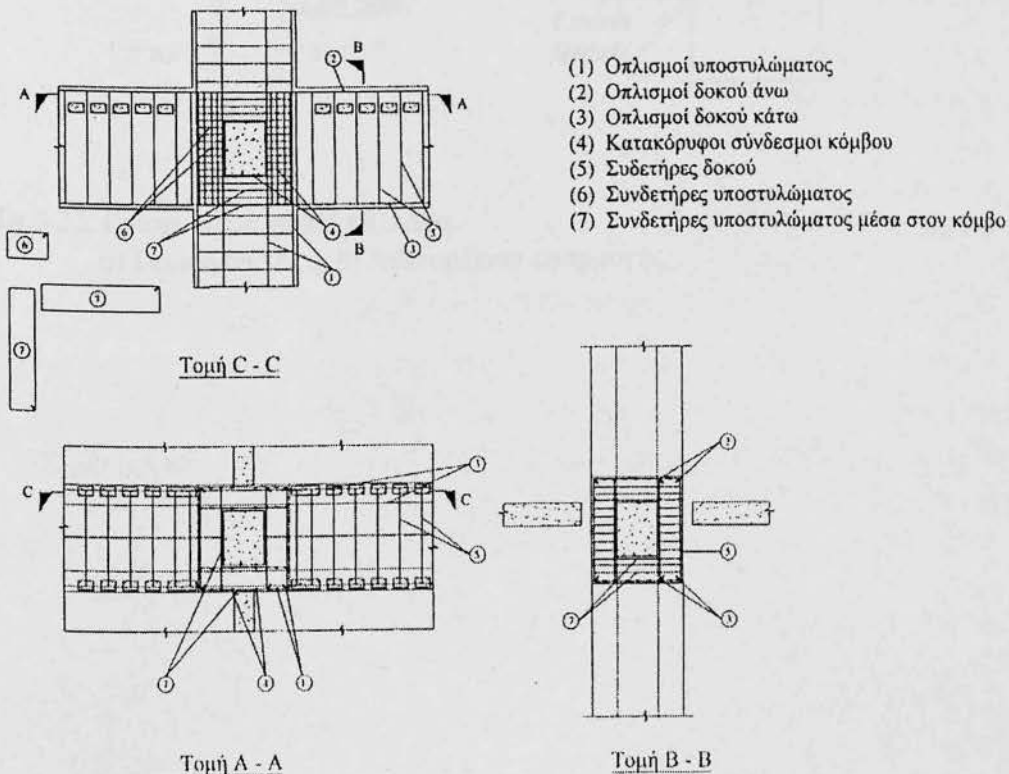
Τρεις είναι οι βασικές μορφές ενίσχυσης κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων.

Η πρώτη είναι με μανδύα σκυροδέματος που κατασκευάζεται με την διαδικασία που έχει αναφερθεί για υποστυλώματα και δοκούς. Η δεύτερη είναι με χρήση χιαστί κολλάρων, και η τρίτη με χρήση επικολητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή.

3.1.4.2.1. Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος ενίσχυσης των κόμβων είναι η κατασκευή μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνήθως ο μανδύας αυτός αποτελεί συνέχεια του μανδύα που έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του υποστυλώματος. Όμως η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί και τοπικά μόνο στην περιοχή των κόμβων.

Μια τυπική μορφή μανδύα στην περιοχή του κόμβου φαίνεται στο σχήμα 3.31, όπου ο μανδύας επεκτείνεται στα συντρέχοντα υποστυλώματα και δοκούς. Όταν

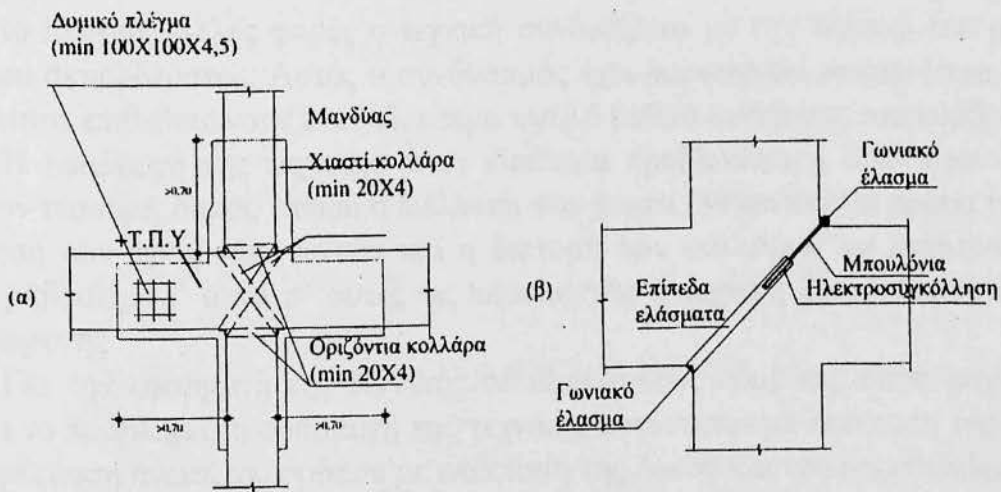


Σχ.3.31. Ενίσχυση κόμβου με μανδύα

όμως ο σχεδιασμός της περιοχής στοχεύει σε ικανοποίηση ικανοτικών κριτηρίων, ο μανδύας μπορεί να μην επεκταθεί στην περιοχή της δοκού ή να επεκταθεί σε τόσο μήκος όσο είναι απαραίτητο. Στην περίπτωση αυτή, η τεχνική προσφέρει το πλεονέκτημα να μπορεί να τροποποιήσει τον μηχανισμό αστοχίας του φορέα μεταθέτοντας τις βλάβες από τις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων σ' αυτές των δοκών.

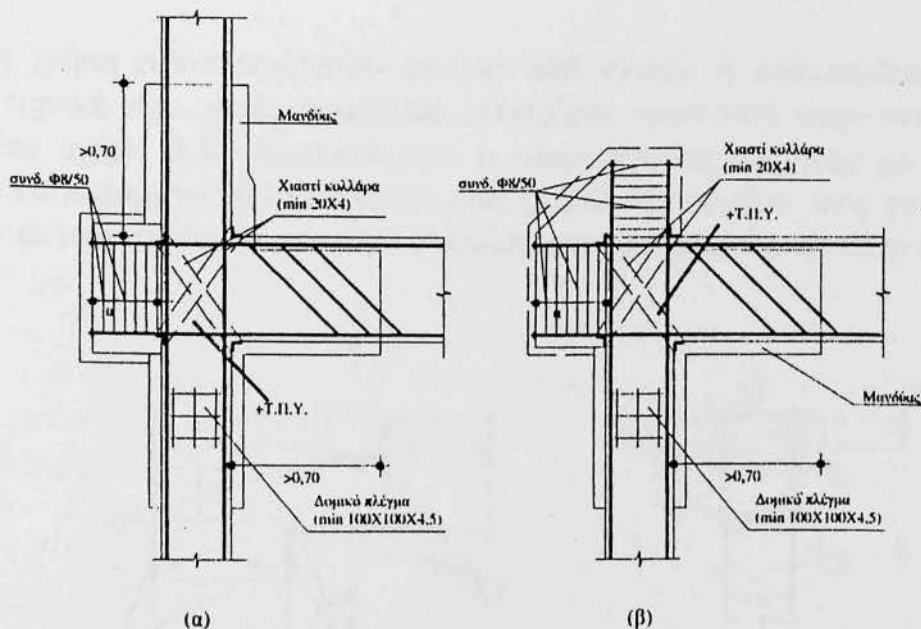
3.1.4.2.2. Η τεχνική των χιαστί κολλάρων

Ένας άλλος πρακτικός τρόπος ενίσχυσης κόμβων είναι με την χρησιμοποίηση χιαστί κολλάρων. Οι λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής φαίνονται στα σχήματα 3.32 και 3.33. Τα χιαστί κολλάρια τοποθετούνται και εντείνονται με μηχανικό τρόπο, περισφίγγοντας έτσι την περιοχή του κόμβου. Επίσης τοποθετούνται δύο οριζόντια κολλάρια στις διατομές παρειάς των υποστυλωμάτων τα οποία συγκολλούνται πάνω στα χιαστί κολλάρια, σταθεροποιώντας έτσι το σύστημα περισφίγξης. Πολλές φορές η όλη περιοχή των κόμβων καλύπτεται με έναν μανδύα από έγχυτο ή κατά προτίμηση εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οπλισμένο με ένα ελαφρύ



Σχ.3.32. Ενίσχυση με χιαστί κολλάρια.

α) Γενική διάταξη, β) Λεπτομέρεια εφαρμογής



Σχ.3.33. Εφαρμογή χιαστί κολλάρων σε εξωτερικούς κόμβους.

α) Με υποστήλωμα στον ανώτερο όροφο

β) Χωρίς υποστήλωμα στον ανώτερο όροφο

ανοξείδωτο πλέγμα. Άλλες φορές η τεχνική συνδυάζεται με την τεχνική του μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός ο συνδυασμός έχει διερευνηθεί πειραματικά και τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν έναν ιδιαίτερα υψηλό βαθμό ενίσχυσης του κόμβου.

Η εφαρμογή της τεχνικής είναι ιδιαίτερα προβληματική όταν στον κόμβο συντρέχουν τέσσερις δοκοί, επειδή η διέλευση των χιαστί διαγωνίων θα πρέπει να γίνει με διάτρηση των εγκαρσίων δοκών και η διατομή των κολλάρων να μετατραπεί σε κυκλικές ράβδους. Γι' αυτό σ' αυτές τις περιπτώσεις η τεχνική δεν φαίνεται να έχει πεδίο εφαρμογής.

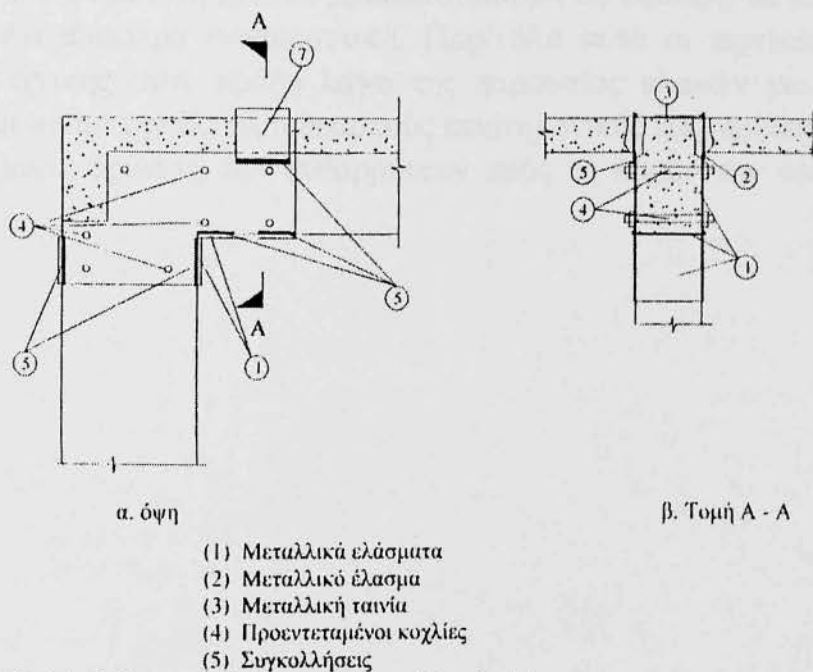
Για την εφαρμογή της τεχνικής σε εξωτερικούς κόμβους, όπου συχνότερα απαντάται το πρόβλημα, η εφαρμογή της τεχνικής συνίσταται με επέκταση της δοκού ή στην περίπτωση ανωτάτου ορόφου με επέκταση της δοκού και του υποστηλώματος.

Τα άκρα των διαμήκων οπλισμών της δοκού ή / και του υποστηλώματος αποκαλύπτονται και επί αυτών ηλεκτροσυγκολλούνται νέα τμήματα οπλισμών σε μήκος τουλάχιστον 200mm πέραν από τις εξωτερικές παρειές του κόμβου. Στην συνέχεια τοποθετούνται πυκνοί συνδετήρες S500s της τάξεως Φ8/50.

Στην πράξη έχει επικρατήσει η ονομασία της τεχνικής ως "τεχνική της καμπούρας", λόγω του σχήματος που δημιουργείται. Λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής παρουσιάζονται στο σχήμα. Είναι εξάλλου προφανές ότι η επέκταση της δοκού ή / και του υποστηλώματος δεν εξυπηρετεί μόνο την σταθεροποίηση των κολλάρων σε θέση αλλά επιπλέον βελτιώνει την αγκύρωση των ράβδων των δοκών και των υποστηλωμάτων που συντρέχουν στον κόμβο.

3.1.4.2.3. Η τεχνική των επικολλητών φύλλων

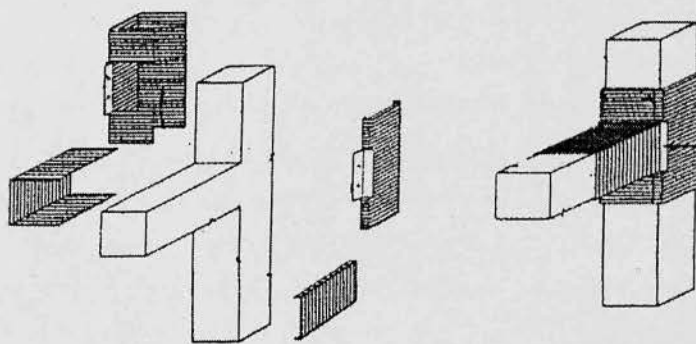
Η χρήση των επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή είναι μία τεχνική που χωρίς αμφιβολία προσφέρει σημαντικά στην ενίσχυση του κόμβου. Στο σχήμα 3.34 παρουσιάζεται η εφαρμογή της τεχνικής με χαλύβδινα ελάσματα. Τα ελάσματα προεκτείνονται εκατέρωθεν του κόμβου, στις συντρέχουσες δοκούς και τα υποστυλώματα, σε μήκος τουλάχιστον ίσο με το αντίστοιχο πλάτος του κόμβου.



Σχ.3.34. Ενίσχυση κόμβων με επικολλητά ελάσματα

Εξάλλου όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο σχήμα, η σύνδεση των ελασμάτων με τον υπάρχοντα φορέα, δεν επαφίεται μόνο στην κόλληση μέσω κόλλας αλλά χρησιμοποιούνται και βίδες ή ντίξες που συσφίγγουν τα ελάσματα των απέναντι παρειών.

Σε μία πρόσφατη πειραματική έρευνα, που χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα, η βελτίωση της συμπεριφοράς των κόμβων ήταν αξιοσημείωτη. Όχι μόνο αυξήθηκε η διατμητική αντοχή των κόμβων αλλά και βελτιώθηκε δραστικά η πλαστιμότητά τους. Στο σχήμα 3.35 παρουσιάζονται λεπτομέρειες εφαρμογής της



Σχ.3.35. Ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα

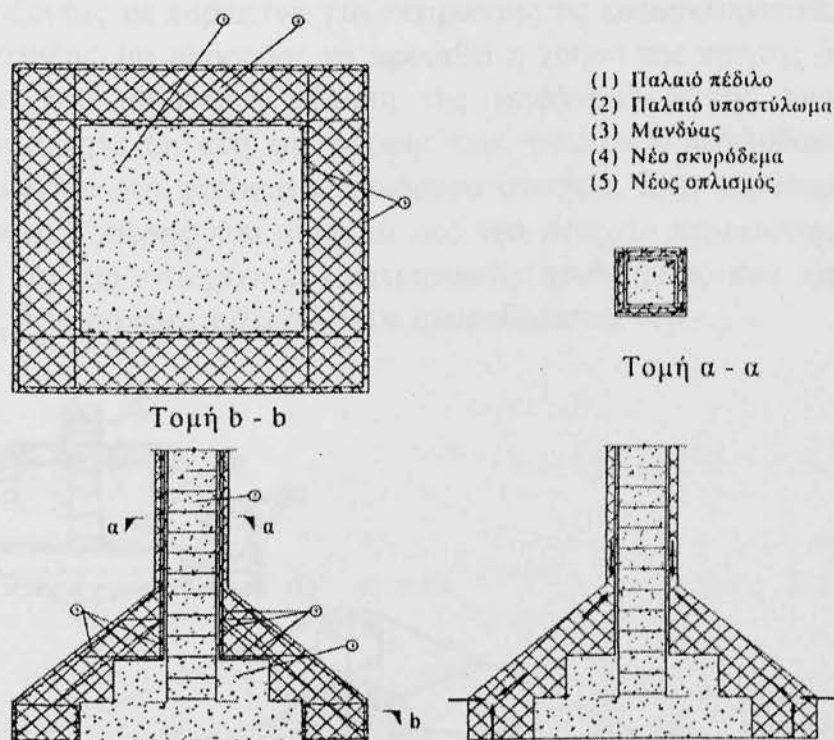
τεχνικής έτσι όπως προσφέρουν καλύτερη περίσφιγξη από τα επίπεδα λόγω της μεγαλύτερης δυσκαμψίας τους στην εγκάρσια διεύθυνση.

Η εφαρμογή επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP), έχει και πλεονέκτημα της μεγάλης ευκολίας τοποθέτησης των φύλλων στην δύσκολη περιοχή του κόμβου. Τα φύλλα επικολλώνονται με κόλλα όχι μόνο στον κόμβο αλλά και στα συντρέχοντα υποστυλώματα και δοκούς, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής με χαλύβδινα ελάσματα.

Αν και η πειραματική έρευνα βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη, τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Παρ' όλα αυτά οι τεχνικές δυσκολίες εφαρμογής της τεχνικής στην πράξη λόγω της παρουσίας πλακών και εγκαρσίων δοκών, σε συνδυασμό με την έλλειψη επαρκούς επιστημονικής τεκμηρίωσης, ιδίως για ένταση από σεισμικές δράσεις, δεν ενθαρρύνουν προς το παρόν την εφαρμογή της τεχνικής.

3.1.5. Ενισχύσεις στοιχείων θεμελίωσης

Τα θέματα που αφορούν εν γένει την ενίσχυση της θεμελίωσης μιας κατασκευής είναι κυρίως θέματα της Εδαφομηχανικής και ως εκ τούτου δεν αποτελούν αντικείμενο του παρόντος αφού τις περισσότερες φορές η λύση ενίσχυσης περιλαμβάνει επεμβάσεις στο έδαφος θεμελίωσης όπως π.χ. ενίσχυση του εδάφους με τσιμεντενέσεις, κατασκευή ριζοπασσάλων κ.α. Μπορούμε όμως να αναφερθούμε στον τρόπο αντιμετώπισης ενός συνήθους προβλήματος που αφορά την ανάγκη για αύξηση της επιφάνειας της βάσης των πεδίων ή των πεδιλοδοκών μιας κατασκευής. Δύο διατάξεις που έχουν προταθεί στην βιβλιογραφία [12] αναπαριστώνται στα σχήματα 3.36 και 3.37.



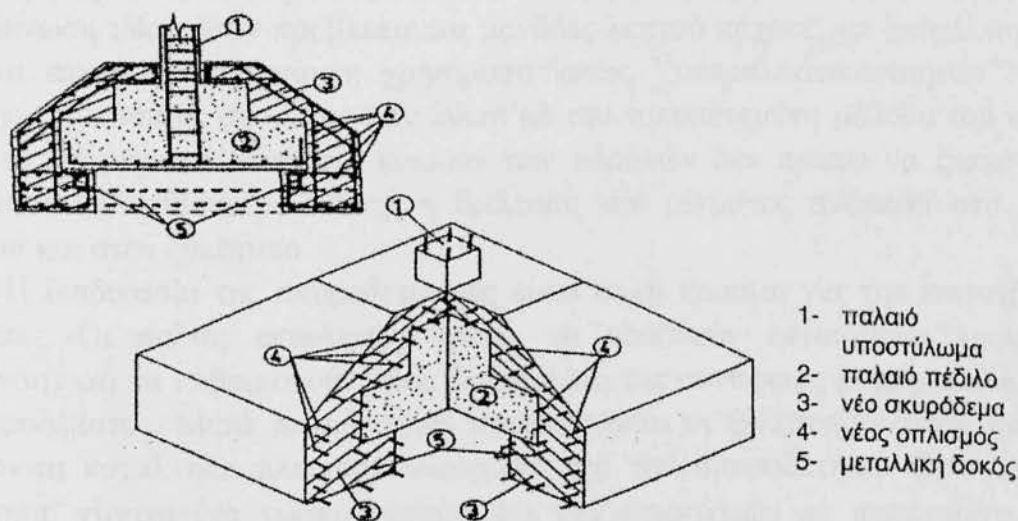
Σχ.3.36. Ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδρών, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

Η πρώτη διάταξη (σχ.3.36) προτείνεται στην περίπτωση θεμελίωσης με πέδιλα όταν εκτός από την αύξηση της βάσης του πεδίου, η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου (υποστυλώματος ή τοιχώματος) με την τεχνική των μανδρών. Όπως φαίνεται στο σχήμα η επέκταση του πεδίου υλοποιείται στη βάση του πεδίου με την μορφή ενός περιμετρικού δακτυλίου με κλειστούς συνδετήρες που λόγω του μεγάλου μήκους τους κατασκευάζονται με τμήματα υπερκαλυπτόμενα στα άκρα τους. Με τον τρόπο αυτό παραλαμβάνονται οι δυνάμεις εκτροπής που δημιουργούνται για την μεταφορά των αξονικών δυνάμεων στο έδαφος ή αντιστρόφως των εδαφικών πιέσεων προς τον μανδύα (σχ.3.36).

Όμως εφόσον εξασφαλιστούν επαρκή μέτρα διατμητικής σύνδεσης (π.χ. βλήτρα) στις διεπιφάνειες παλιού και νέου πεδίου, η ανάγκη για παραλαβή των δυνάμεων εκτροπής είναι μειωμένη.

Η δεύτερη διάταξη (σχ.3.37) προτείνεται στην περίπτωση θεμελίωσης με πέδιλα όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει ενίσχυση με μανδύες του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση θεμελίωσης με πεδιλοδοκούς, ανεξάρτητα της κατασκευής ή όχι μανδύων στα κατακόρυφα στοιχεία. Όπως φαίνεται στο σχήμα, τώρα το νέο τμήμα του πεδύλου επεκτείνεται και κάτω από το παλιό πέδιλο / πεδιλοδοκό, έτσι ώστε οι εδαφικές πιέσεις να μεταφερθούν απ' ευθείας στο παλιό πέδιλο / πεδιλοδοκό. Είναι προφανές ότι η διάταξη αυτή έχει αρκετές δυσκολίες για την εφαρμογή της αφού απαιτείται η περιμετρική εκσκαφή κάτω από το παλαιό πέδιλο και επιπλέον χρειάζεται προσωρινή στήριξη σ' αυτήν την περιοχή με μεταλλικές διατομές οι οποίες τελικά ενσωματώνονται στο νέο στοιχείο.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω και εκτιμώντας τις κατασκευαστικές δυσκολίες της δεύτερης διάταξης, θα μπορούσε να προταθεί η χρήση της πρώτης διάταξης για κάθε περίπτωση που απαιτείται αύξηση της επιφάνειας βάσης των στοιχείων θεμελίωσης, ανεξάρτητα δηλαδή της μορφής των, (πέδιλο ή πεδιλοδοκός) και της ύπαρξης ή όχι μανδύα στα φέροντα κατακόρυφα στοιχεία. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της εδαφικής πίεσης που ασκείται στο νέο στοιχείο θεμελίωσης πρέπει να μεταφερθεί στο παλαιό στοιχείο με διατμητικούς συνδέσμους που κατανέμονται ομοιόμορφα στις διεπιφάνειες παλαιού- νέου σκυροδέματος.



Σχ.3.37. Ενίσχυση πεδύλων, όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου.

4. ΥΛΙΚΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στα υλικά. Δοθέντος ότι τόσο τα υλικά όσο και οι μέθοδοι εφαρμογής τους διέπονται από λεπτομερειακές προδιαγραφές που τις πιο πολλές φορές είναι συνδεδεμένες με την τεχνογνωσία που τα συνοδεύει, πρέπει ο Μηχανικός, πριν περιλάβει κάποιο από αυτά στις επιλογές του, να ενημερωθεί λεπτομερειακά. Εδώ γίνεται μια γενική παρουσίαση και επισημαίνονται κρίσιμα σημεία που έχουν σχέση με πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα και επιτυχή εφαρμογή τους.

4.1. Συμβατικό Σκυρόδεμα χυτό επί τόπου

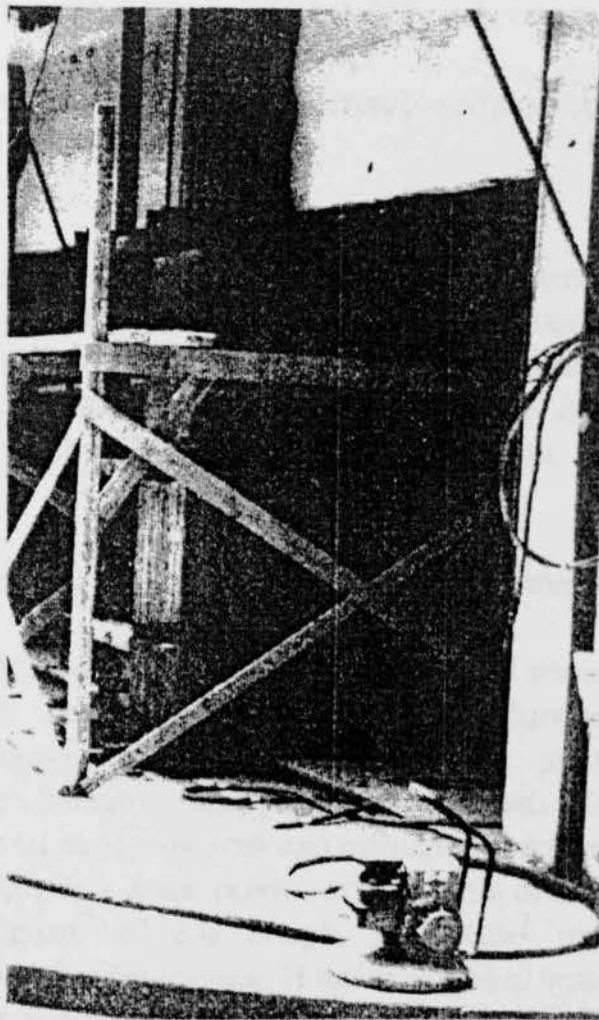
Το συμβατικό σκυρόδεμα χρησιμοποιείται πολύ συχνά για επισκευές ως υλικό χυτό επί τόπου.

Σε πολλές περιπτώσεις τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά λόγω συστολής ξηράνσεως του συμβατικού τσιμέντου, πράγμα που προκαλεί μειωμένη συνάφεια μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος. Προς βελτίωση της συνάφειας συνίσταται η χρησιμοποίηση σκυροδέματος επισκευής με αντοχή υψηλότερη με αυτήν του επισκευαζόμενου στοιχείου ($f_{cεπισκ} \geq f_{cυφιστ} + 5Mpa$) και μικρό υδρομετρικό συντελεστή (λόγος νερού/τσιμέντο). Μια τέτοια όμως επιλογή καθιστά πολύ δύσκολη τη συμπύκνωση ιδίως όταν προβλέπονται μανδύες λεπτού πάχους, με αποτέλεσμα να καθίσταται επιτακτική η ανάγκη χρησιμοποίησης "υπερπλαστικοποιητών" προς επαύξησης της κάθισης στο ύψος των 20cm με την τυποποιημένη μέθοδο του κώνου του Adams. Η μέγιστη διάσταση κόκκων των αδρανών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20mm, ώστε να καθίσταται δυνατή η διέλευση του μίγματος ανάμεσα στο παλιό σκυρόδεμα και στον ξυλότυπο.

Η διαδικασία της σκυροδετήσεως είναι πολύ κρίσιμη για την επιτυχία της επεμβάσεως. Οι παλιές επιφάνειες πρέπει να υποστούν εκτεταμένο πικάρισμα (εκτράχυνση) και να καθαριστούν προς διασφάλιση της συνάφειας μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος. Μετά το σιδέρωμα τοποθετούνται οι ξυλότυποι, στους οποίους προβλέπονται κατάλληλα πλευρικά ανοίγματα για την σκυροδέτηση. Πριν από τη σκυροδέτηση γίνεται ένα τελικό ξεσκόνισμα των επιφανειών με πεπιεσμένο αέρα καθώς και εκτεταμένη διαβροχή του παλιού σκυροδέματος και του ξυλότυπου. Το σκυρόδεμα συμπυκνώνεται με δονητές.

Το έγχυτο σκυρόδεμα μπορεί να χρησιμοποιείται ως υλικό επισκευής με την προϋπόθεση ότι η πυκνότητα του οπλισμού επιτρέπει τη διέλευση των χοντρών αδρανών και την σωστή συμπύκνωση του σκυροδέματος. Προτιμούνται, γι' αυτό, πλαστικά σκυροδέματα. Η χρήση υπερρυστοποιητικών μπορεί να δώσει καλές κατασκευαστικές λύσεις.

Το έγχυτο σκυρόδεμα μπορεί να διαστρώνεται στο πάνω πέλμα δοκών ή πλακών ή μπορεί να διαστρώνεται μέσα σε καλούπια για να αποτελέσει τον περιμετρικό μανδύα υποστρωμάτων, τοιχωμάτων, φερόντων τοίχων κ.α. Γενικά, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό επισκευής κάτω πέλματος.



Σχ.4.1. Ενίσχυση και επέμβαση σε βλαμμένο υποστύλωμα

Απαιτήσεις:

- Το έγχυτο σκυρόδεμα πρέπει να είναι πλαστικό, να έχει ρευστότητα και διεισδυτικότητα (καλός εγκιβωτισμός, καλή πρόσφυση).
- Η αντοχή του νέου σκυροδέματος πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή του παλιού τουλάχιστον κατά 100Kg/cm^2 .
- Τα χοντρά αδρανή δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 2cm.
- Η χρήση δονητή είναι απαραίτητη.
- Η φροντισμένη συντήρηση είναι απαραίτητη (π.χ. βρεγμένες λινάτσες).

Προετοιμασία:

- Αποκάλυψη των παλιών οπλισμών όπου χρειάζεται.
- Καθαίρεση βλαμμένου σκυροδέματος και διαμόρφωση κοιλοτήτων για καλύτερο εγκιβωτισμό του νέου υλικού.
- Μηχανική εκτράχυνση παλιού σκυροδέματος (επιφάνεια αναμονής) με συρματοβουρτσες, εργαλεία λιθοξόου ή με αμμοβολή.
- Έκπλυση με άφθονο νερό υπό πίεση.

Εξοπλισμός:

- Συρματόβουρτσες, εργαλεία λιθοξόου ή συσκευή αμμοβολής (μεταλλική άμμος).
- Δονητής σκυροδέματος και υπόλοιπος συνήθης εξοπλισμός για τη διάστρωση σκυροδέματος.

Σύνθεση:

Ενδεικτικά αναφέρεται μία συνήθης σύνθεση ενός κυβικού μέτρου έγχυτου σκυροδέματος: 400Kg τσιμέντο, 850Kg άμμος, 850Kg ψηφίδα, κατάλληλη ποσότητα υπερρυστοποιητικού (σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή), και νερό όσο χρειάζεται για να πετύχουμε μία κάθιση ίση περίπου με 20cm. Εάν δεν χρησιμοποιηθεί υπερρυστοποιητικό, δεν συνίσταται κάθιση μεγαλύτερη από 12cm.

4.2. Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής – σταθερού όγκου - χυτό επί τόπου

Για την κατασκευή μανδυνών από σκυρόδεμα χυτών επί τόπου με ξυλότυπους χρησιμοποιείται πολύ συχνά "ειδικό τσιμεντοκονίαμα" που διατίθεται εν ξηρό σε σάκους με διάφορες εμπορικές ονομασίες. Πρόκειται για μίγματα τσιμέντου, λεπτόκοκκης άμμου (έως 2,0mm), υπερρυστοποιητών και διογκωτικών σε κατάλληλες αναλογίες, ώστε να παρέχουν μετά από ανάμιξη με νερό σε ποσοστό γύρω στα 15% βάρους, τσιμεντοκονίαμα πολύ ρευστό που αποκτά σε πολύ μικρό χρόνο μεγάλες αντοχές (π.χ. 300Kg/cm² σ' ένα 24ωρο, 700Kg/cm² σε 28ημέρες) και συγχρόνως δεν υφίσταται συστολές ξηράνσεως. Η απόκτηση υψηλής αντοχής σε μικρό χρόνο οφείλεται στο σχηματισμό ενός ειδικού ένυδρου πυριτικού ασβεστίου από την αντίδραση στο διογκωτικό υλικό και το τσιμέντο. Έτσι επιτυγχάνονται πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα επισκευής, χωρίς κενά και χωρίς ρηγματώσεις συστολής με πολύ μικρού πάχους μανδύες π.χ. 40mm. Τα υλικά αυτά θα πρέπει, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν, να συνοδεύονται οπωσδήποτε από Πιστοποιητικό Εργαστηριακού Ελέγχου. Κατά τα λοιπά ακολουθείται η διαδικασία του συμβατικού σκυροδέματος.

4.3. Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα (GYNITE SHOTCRETE)

Εφ' όσον διατίθεται κατάλληλος εξοπλισμός και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί ένα πολύ λυσιτελές μέσο επεμβάσεως. Βρίσκει ευρύτερη εφαρμογή σε εκτεταμένες επιφάνειες (π.χ. τοιχία ή πλινθοδομές), όχι όμως σπάνια, χρησιμοποιείται και για κατασκευή μανδυνών σε στύλους.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην πραγματικότητα είναι κονίαμα, (αφού λείπουν τα σκύρα), το οποίο εκτοξεύεται από απόσταση πάνω στην επισκευαζόμενη επιφάνεια.

Γενικά στις επιφάνειες προτιμάται από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υγρής και ξηρής αναμίξεως το δεύτερο.

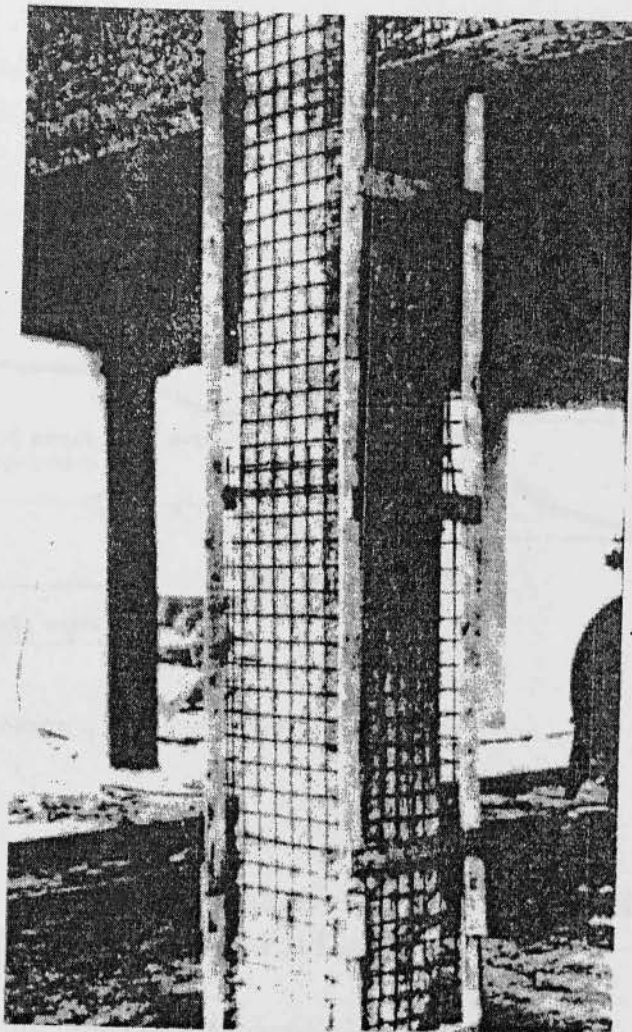


Σχ.4.2. Υποστύλωμα που χρειάζεται ενίσχυση

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει αυξημένη δυνατότητα χρησιμοποίησως στις επισκευές, γιατί μπορεί να διαστρωθεί χωρίς καλούπι σε επιφάνειες κάθε κλίσεως (ακόμη και υπερκεφαλήν). Συνδυάζεται, κατά κανόνα, με τη συγκόλληση νέων ράβδων οπλισμού πάνω στο παλιό οπλισμό και συνοδεύεται πάντοτε με την διάταξη λεπτού δομικού πλέγματος εξωτερικά για την ενίσχυση του και συγκράτηση του. Το δομικό πλέγμα προλαβαίνει επίσης των πρόωρη ρηγμάτωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Από πλευράς αντοχής προδιαγράφεται πάντα με αντοχή υψηλότερη από αυτήν του επισκευαζόμενου στοιχείου ($f_{cεπισκ} \geq f_{cυφιστ} + 5Mpa$).

Βασικά **πλεονεκτήματα** της μεθόδου είναι η μη χρησιμοποίηση ξυλοτύπου, η πολύ καλή συνάφεια παλιού και νέου σκυροδέματος λόγω υψηλού βαθμού κινητικής ενέργειας κατά την εκτόξευση και η υψηλή αντοχή λόγω χαμηλού λόγου νερού – τσιμέντου.

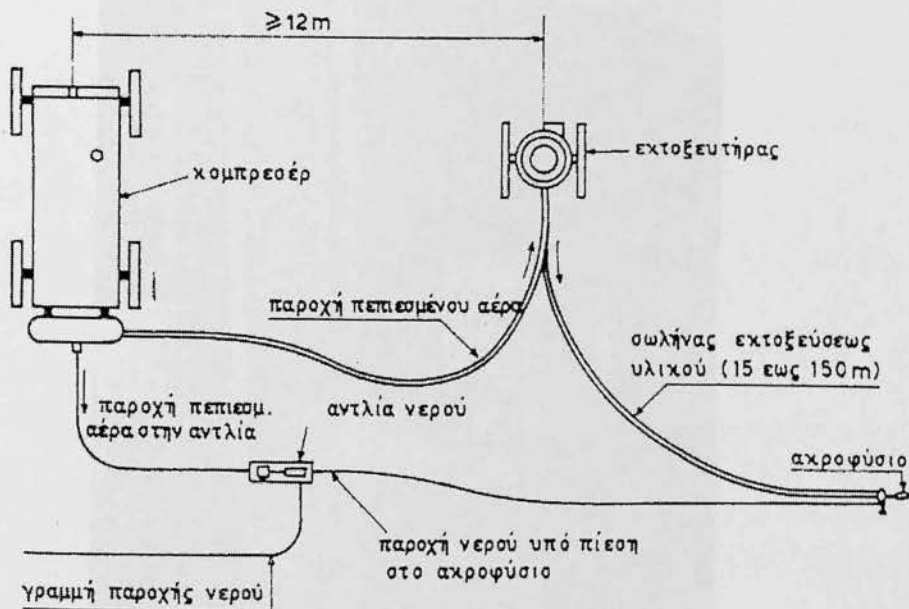


Σχ.4.3. Ενίσχυση υποστυλώματος

Μειονεκτήματα της μεθόδου μπορεί να θεωρηθούν ο μη ποσοτικός έλεγχος του λόγου νερού – τσιμέντου, δοθέντος ότι η ρευστότητα του μίγματος από το ακροφύσιο ελέγχεται οπτικά από τον χειριστή, η υψηλή συστολή ξηράνσεως που καθιστά απαραίτητη την όπλιση με πλέγμα και τέλος, η απώλεια μεγάλου ποσοστού υλικού λόγω αναπηδήσεως επί της επιφάνειας προσπτώσεως.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός, για την παραγωγή εκτοξευόμενου σκυροδέματος περιλαμβάνει:

- i. Μια μπετονιέρα για την ανάμιξη εν ξηρό
- ii. Μια δεξαμενή νερού
- iii. Μια φυγοκεντρική αντλία νερού
- iv. Ένα αεροσυμπιεστή υψηλής παροχής
- v. Μηχανή εκτοξεύσεως μονοθάλαμη ή διθάλαμη
- vi. Ακροφύσιο



Σχ.4.4. Τυπική διάταξη εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Απαιτήσεις:

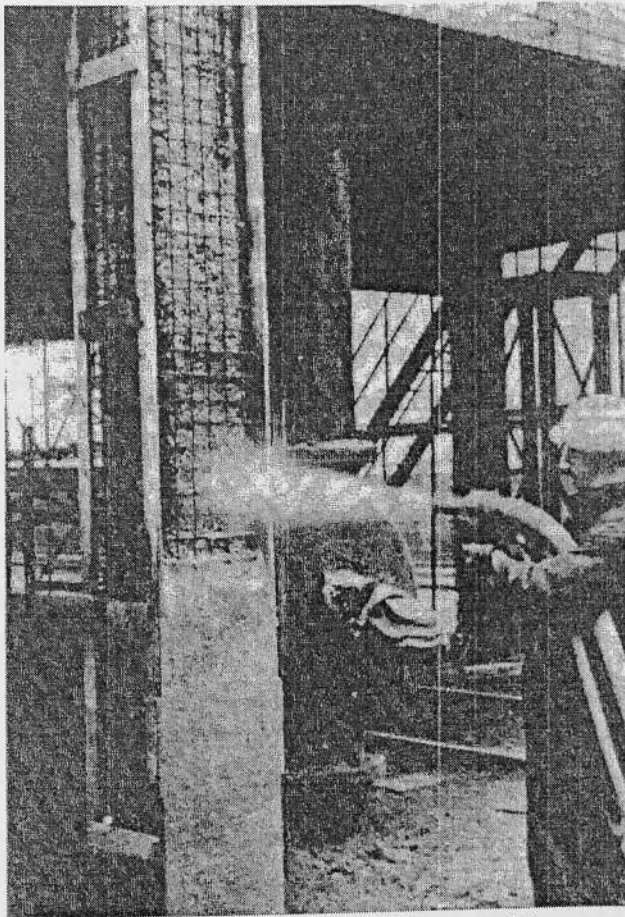
- Η αντοχή του νέου σκυροδέματος πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή του παλιού τουλάχιστον κατά 50Kg/cm^2 .
- Τσιμέντο: κοινό Portland.
- Νερό: πόσιμο, απαλλαγμένο από άλατα κ.λ.π.
- Αδρανή: καθαρή και αιχμηρή άμμος με μέγιστη διάμετρο κόκκου της τάξεως των 5mm και με όσο το δυνατό μικρότερη αρχική υγρασία.

Προετοιμασία:

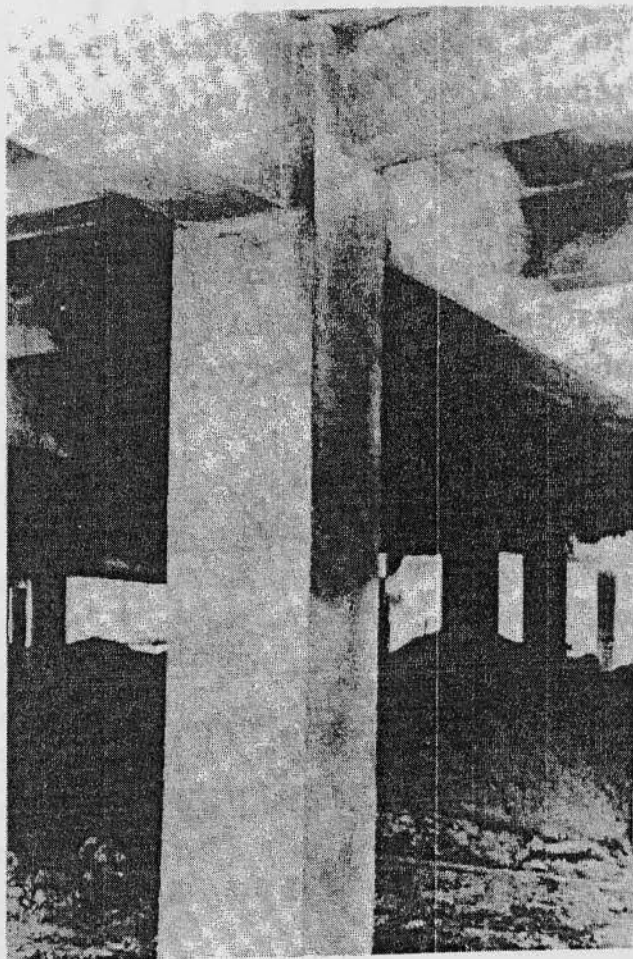
Όπως η προετοιμασία για διάστρωση του έγχυτου σκυροδέματος. Επιπλέον:

- Καθάρισμα από την σκουριά με μεταλλική βούρτσα των παλιών ράβδων οπλισμού.
- Συγκόλληση νέων οπλισμών και διάταξη δομικού πλέγματος.
- Συμπληρωματική εκτράχυνση επιφάνειας αναμονής παλιού σκυροδέματος καθώς και παλιών και νέων οπλισμών με αμμοβολή (μεταλλική άμμος).

Σε σύγκριση με το έγχυτο σκυρόδεμα, η χρησιμοποίηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος απαιτεί αυξημένη επιμέλεια και πείρα στην προετοιμασία και εκτέλεση της επισκευής.



Σχ.4.5. Διάστρωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος

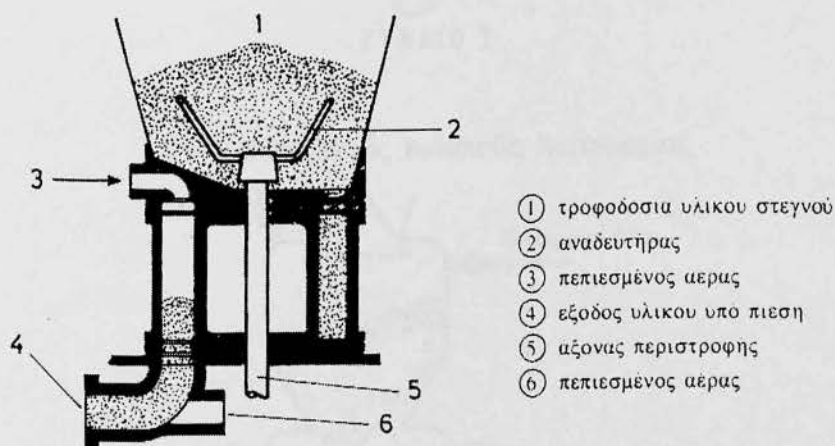


Σχ.4.6. Αποκατάσταση υποστυλώματος

Περιγραφή της μονάδας διαστρώσεως:

- Εκτοξευτής συνεχούς λειτουργίας (με δύο υπερκείμενους κάδους), εφοδιασμένος με στέλεχος αναδέυσεως του μίγματος και σύστημα εξαερώσεως.
- Αεροσυμπιεστής παροχής $5-10\text{m}^3/\text{min}$.
- Ελαστικός σωλήνας διαμέτρου $3-5\text{cm}$ απαγωγής του ξηρού μίγματος εφοδιασμένος με στόμιο εκτοξεύσεως (ακροφύσιο).
- Αντλία νερού και ελαστικός σωλήνας παροχής νερού υπό πίεση $3-5\text{Kg}/\text{cm}^2$.
- Προσωπίδα του χειριστή του στομίου εκτόξευσεως, που τροφοδοτείται με καθαρόν αέρα μέσω ιδιαίτερου καθαρού σωλήνα.

Η χρήση μάσκας εξαρτάται από τις συνθήκες αερισμού του χώρου εργασίας. Γενικά, είναι απαραίτητη όταν η εκτόξευση ή η αμμοβολή, κατά το στάδιο της προετοιμασίας, γίνεται σε κλειστό χώρο.

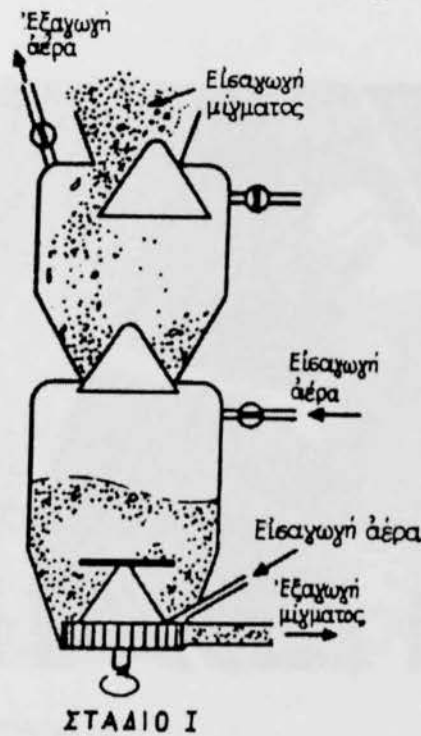


Σχ.4.7. Αρχή λειτουργίας της μηχανής εκτοξεύσεως

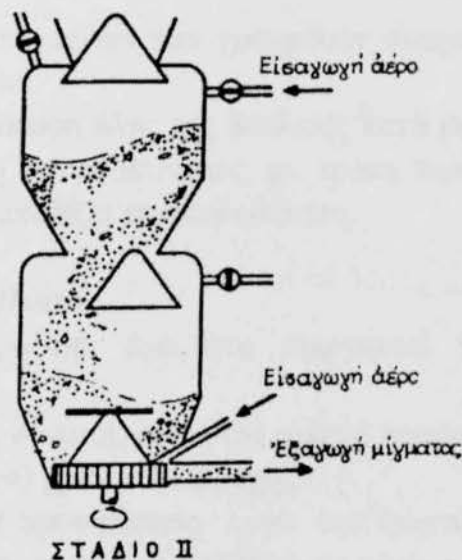
Λειτουργία της μονάδας εκτοξεύσεως:

Το ξηρό μίγμα, αναλογίας 1-3 σε μέρη όγκου, ανακατεύεται καλά και περνάει από κόσκινο των 5mm . Έπειτα μέσω του εκτοξευτή προωθείται στο στόμιο εκτοξεύσεως όπου διαβρέχεται με το νερό. Το μίγμα εκτοξεύεται τελικά σε ύφυγρη κατάσταση με την κατάλληλη ταχύτητα για να προσκολληθεί πάνω στην επιφάνεια αναμονής. Κατά την αρχική πρόσκρουση, τα χοντρότερα αδρανή αναπηδούν και αφήνουν τον τσιμεντοπολτό μαζί με τα λεπτότερα αδρανή να γαντζωθούν και να διεισδύσουν καλά μέσα στις μικροανωμαλίες της επιφάνειας αναμονής. Αυτό το "ανακλώμενο υλικό" ελαττώνεται προοδευτικά καθώς αυξάνεται το πάχος του στρώματος του νέου υλικού, οπότε προσκολλούνται και οι μεγαλύτερη κόκκοι αδρανών. Πάντως, το "ανακλώμενο υλικό" δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί σε καμία περίπτωση.

Έκτοξευτής συνεχούς λειτουργίας



Έκτοξευτής συνεχούς λειτουργίας



Σχ.4.8. Εκτοξευτής συνεχούς λειτουργίας

Τον κύριο ρόλο στην επιτυχία της σκυροδετήσεως με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα παίζει ο χειριστής του ακροφυσίου, που πρέπει να είναι αρκετά έμπειρος, επιδέξιος και με μεγάλη αντίληψη. Ο χειριστής ρυθμίζει όλες τις παραμέτρους της σκυροδετήσεως και συγκεκριμένα:

- Την ποσότητα του νερού, αντιστρόφως ανάλογα με την αρχική υγρασία των αδρανών και την υγρασία της ατμόσφαιρας.
- Την ταχύτητα εξόδου του μίγματος από το ακροφύσιο και τη μείωση στο ελάχιστο του "ανακλώμενου υλικού".

- Την απόσταση από τη σκυροδετούμενη επιφάνεια και την γωνία προσπτώσεως.



Σχ.4.9. Σκυροδέτηση υποστυλώματος

- Την καλή σκυροδέτηση στα δύσκολα σημεία (π.χ. πίσω από τους σπλισμούς)
- Την διαμόρφωση των ακμών των γραμμικών στοιχείων με την βοήθεια τεντομένων συρμάτων.
- Και τέλος την κλιμάκωση όλης της δουλειάς κατά σειρά προτεραιότητας και την κατεύθυνση σκυροδετήσεως, με τρόπο ώστε το "ανακλώμενο υλικό" να μην παρεμποδίζει τη σκυροδέτηση.

Ειδικές ιδιότητες του υλικού:

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει στο ενεργητικό του τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Αυξημένη συνδετική δύναμη, λόγω της μικρής ποσότητας νερού και του ελάχιστου (στιγμιαίου) χρόνου διαβροχής.
- Αυξημένη ικανότητα προσφύσεως, λόγω της διαστάσεως των κόκκων των αδρανών (μεγάλη ικανότητα διεισδύσεως μέσα στις μικροανωμαλίες της επιφάνειας αναμονής).
- Και, τέλος, μεγάλη αντοχή, λόγω της ισχυρής συμπακνώσεως και της μικρής ποσότητας νερού.

Αντίθετα το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει αυξημένη διάθεση ρηγματώσεως και γι' αυτό η ενσωμάτωση δομικού πλέγματος είναι απαραίτητη.

4.4. Ρητίνες

Οι εποξειδικές ρητίνες χρησιμοποιούνται συνήθως για ενέσεις εντός ρωγμών προς συγκόλληση ρηγματωμένου σκυροδέματος ή για επικολλήσεις λεπτών μεταλλικών φύλλων επί των επιφανειών του σκυροδέματος. Πρόκειται για υλικά που συντίθεται από δύο συνιστώσες που αντιδρούν και σκληρύνονται μετά την ανάμιξη τους. Πιο συγκεκριμένα η μία συνιστώσα είναι η ρητίνη σε υγρή κατάσταση, ενώ η δεύτερη συνιστώσα είναι ο σκληρυντής. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία τέτοιων προϊόντων με διάφορες ιδιότητες εξαρτώμενες από τη χημική σύνθεση των συνιστωσών, τους λόγους αναμίξεως, τα πιθανά πρόσθετα υπό μορφή filler ή άμμου κ.λ.π. κατά συνέπεια ο μηχανικός πρέπει να γνωρίζει λεπτομερειακά από τις προδιαγραφές του τις ιδιότητες ενός τέτοιου υλικού πριν το επιλέξει για συγκεκριμένη χρήση. Δηλαδή απαιτείται η χρήση διαφορετικού τύπου Ε.Κ. για συγκόλληση ξηρών επιφανειών σκυροδέματος, και διαφορετικού τύπου για συγκόλληση υγρών επιφανειών σκυροδέματος.

Στον ελληνικό χώρο κατά την τελευταία δεκαετία χρησιμοποιήθηκαν κυρίως εποξειδικές ρητίνες.

Οι ρητίνες πρέπει να έχουν ικανοποιητικό χρόνο πήξεως ώστε να καθίσταται δυνατή η χρήση μιας δόσης πριν αυτή πήξει. Οι προϋποθέσεις συντηρήσεως πρέπει να είναι συμβιβαστές με τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του έργου. Η ρητίνη πρέπει να έχει πολύ υψηλού βαθμού συνάφεια με το σκυρόδεμα και τον χάλυβα καθώς και μικρή έως αμελητέα συστολή ξηράσεως. Επίσης το μέτρο ελαστικότητας τους πρέπει να είναι γενικά συμβιβαστώ προς αυτό του προς συγκόλληση σκυροδέματος. Οι ρητίνες σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 100°C χάνουν την αντοχή τους και κατά συνέπεια συγκολλήσεις αυτού του είδους δεν είναι πυρασφαλείς χωρίς πυροπροστασία (π.χ. επίχρισμα). Ρητίνες χρησιμοποιημένες υπό μορφή ενέσεων πρέπει να έχουν ιξώδες συμβιβαστό προς το εύρος της ρωγμής στην οποία γίνεται η ένεση. Ρητίνες που χρησιμοποιούνται προς επικόλληση ελασμάτων έχουν συνήθως υψηλό ιξώδες. Στον πίνακα δίνονται συγκριτικά στοιχεία αντοχής και παραμορφωσιμότητας συμβατικών σκυροδεμάτων και εποξειδικών ρητινών (σχ.4.10).

Σύγκριση μηχανικών ιδιοτήτων σκυροδέματος και εποξειδικών ρητινών

Ιδιότητα	Σκυρόδεμα	Εποξειδ. ρητίνη
Θλιπτική Αντοχή [MPa]	20-70	έως 250
Εφελκυστική Αντοχή [MPa]	2-5	3.5-35
Εлк. υπό κάμψη [MPa]	3.5-7.0	10-35
Μήκυνση %	0.01	0.2 - 50

Σχ.4.10. πίνακας

Συσκευασία:

Οι εποξειδικές κόλλες που θα χρησιμοποιηθούν για επισκευές πρέπει να συσκευάζονται από τον προμηθευτή σε δύο διαφορετικά και διακεκριμένου τύπου δοχεία. Ένα για την εποξειδική ρητίνη (συστατικό Α) και ένα για τον σκληρυντή (συστατικό Β).

Η ετικέτα πάνω σε κάθε δοχείο πρέπει να καθορίζει καθαρά το συστατικό (Α ή Β) που περιέχει, το καθαρό βάρος του συστατικού, τις λέξεις "εποξειδική ρητίνη" ή "σκληρυντής", ανάλογα με το δοχείο, και τη θερμοκρασιακή περιοχή της χρησιμοποίησής της.

Τα περιεχόμενα ενός δοχείου με το συστατικό Α και ενός δοχείου με το συστατικό Β πρέπει να έχουν τέτοιες αναλογίες ώστε μαζί να σχηματίζουν μίγμα καθορισμένου βάρους τελικού συγκολλητικού υλικού.

Τα δοχεία θα συνοδεύονται με λεπτομερείς οδηγίες του εργοστασίου παραγωγής για τη χρήση, την αποθήκευση, τα μέτρα ασφαλείας κατά την χρησιμοποίηση του υλικού.

Αποθήκευση:

Τα συσκευασμένα συστατικά Α και Β πρέπει να αποθηκεύονται σε θέση με θερμοκρασία μεταξύ 10⁰C και 20⁰C ή κατά τις οδηγίες του εργοστασίου παραγωγής.

Μετά από αποθήκευση τριών μηνών η εποξειδική ρητίνη (συστατικό Α) πρέπει να ελέγχεται έναντι κρυσταλλώσεως. Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται οπτικά 3 ημέρες πριν χρησιμοποιηθεί η εποξειδική ρητίνη, και αν δίνει δείγματα κρυσταλλώσεως το δοχείο με την εποξειδική ρητίνη δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί.

Η χρήση επιτρέπεται εφόσον με την ευθύνη ειδικευμένου προσωπικού η εποξειδική ρητίνη υποστεί κατάλληλη θερμική επεξεργασία (π.χ. σε bain-marie αρκετά χαμηλής θερμοκρασίας, ώστε να μην βλάψουν οι ιδιότητες της, και με κατάλληλη ανάδευση), ώστε η εποξειδική ρητίνη να ξαναπάρει την αρχική μη κρυσταλλωμένη διαυγή μορφή της.

Χρώμα:

Τα συστατικά Α και Β πρέπει να έχουν, γενικά, εμφανώς αντίθετα χρώματα. Όταν αναμιγνύονται πρέπει να δίνουν υλικό ομοιογενές που να προσαρμόζεται με το χρώμα του σκυροδέματος ή της τοιχοποιίας που θα συγκολλήσει, σε περίπτωση ανεπίχριστης κατασκευής.

Ανάμιξη:

Η εποξειδική ρητίνη (συστατικό Α) πρέπει να αναμιγνύεται με κατάλληλο αναμικτήρα επί 10sec περίπου μέχρι να ομοιογενοποιηθεί. Κατόπιν προστίθεται ο σκληρυντής (συστατικό Β) και αρχίζει η ανάμιξη των δύο συστατικών.



Σχ.4.11. Ανάμιξη δύο συστατικών

Ο αναμικτήρας πρέπει να έχει κατάλληλη ταχύτητα περιστροφής για να μην συγκρατείται στο μίγμα αέρας, και για να μην υψώνεται η θερμοκρασία περισσότερο από 40°C για μίγματα ταχείας και μέσης αντιδράσεως ή περισσότερο από 60°C για μίγματα βραδείας αντιδράσεως. Ο χρόνος αναμίξεως δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3min.

Είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται τέλεια ανάμιξη των δύο συστατικών, η οποία πρέπει να εκτελείται όσο το δυνατόν πιο κοντά στη θέση που θα χρησιμοποιηθεί το μίγμα, για να μειώνεται ο χρόνος εφαρμογής του υλικού.

Τεχνική επισκευής με ενέσεις

Ανάλογα με τον τρόπο αναμίξεως, η τεχνική επισκευής με ενέσεις διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

Η πρώτη τεχνική περιλαμβάνει προανάμιξη των συστατικών Α και Β μέσα σε δοχείο, και ένεση με συσκευή ενέσεως υπό πίεση.

Η δεύτερη τεχνική περιλαμβάνει μονάδα συνεχούς αναμίξεως, όπου αναμιγνύονται τα συστατικά Α και Β, και σύστημα αντλίας για να δώσει επαρκή πίεση για την ένεση.



Σχ.4.12. Κλείσιμο ρωγμής με ένεση

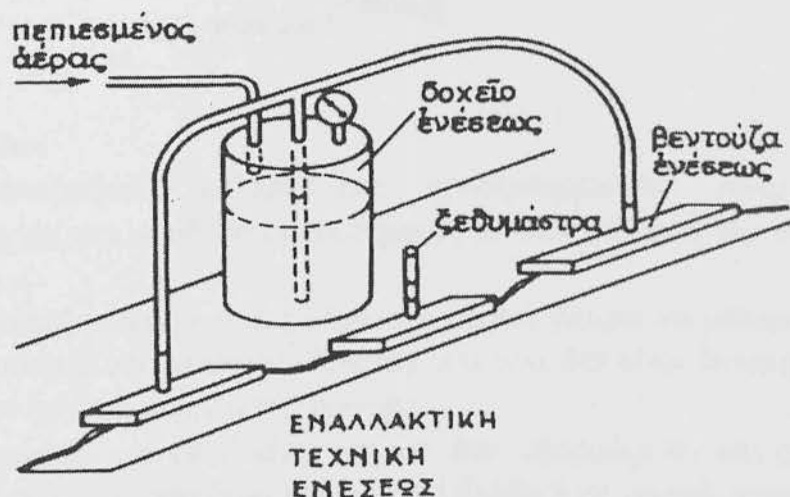
Εξοπλισμός:

- Αντλία παραγωγής κενού.
- Αντλία με δοχεία αποθηκείσεως εποξειδικής κόλλας.
- Πιεσόμετρο για τον έλεγχο της πίεσεως κατά την ένεση.
- Συσκευή ενέσεως με ελαστικό στο ακροφύσιο (για να εμποδίζεται η διαρροή όταν η συσκευή εργάζεται υπό πίεση).
- Τα συνεργεία εποξειδικής κόλλας πρέπει καθημερινά, πριν και μετά την εργασία να κάνουν έλεγχο εξασφάλισεως σταθερής πίεσεως εγχύσεως και σταθερής αναλογίας αναμίξεως των δύο συστατικών, στην περίπτωση αυτόματης τροφοδοτήσεως, με μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση $\pm 5\%$.

Προετοιμασία και εκτέλεση:

- Καθάρισμα επιφάνειας.
- Απομάκρυνση σκόνης και τεμαχιδίων από τις ρωγμές, χρησιμοποιώντας κενό.

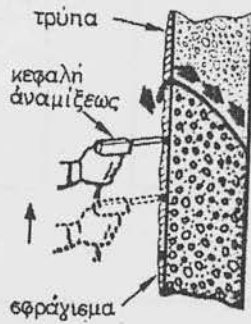
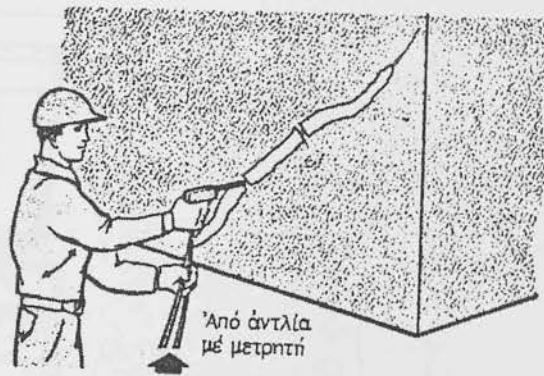
- Τοποθέτηση μικρών κομματιών ταινίας στη ρηγματωμένη επιφάνεια, διασταυρώνοντας τις ρωγμές.
- Τοποθέτηση καρφιών σε ορισμένες θέσεις μέσα στις ρωγμές, που θα χρησιμοποιηθούν σαν κύρια σημεία ενέσεως της εποξειδικής κόλλας.
- Κάλυψη (σφράγισμα) ρωγμών από όλες τις πλευρές προσωρινά με εποξειδική κόλλα ταχείας σκληρύνσεως ή σφραγιστική μαστίχη.
- Απομάκρυνση των μικρών κομματιών ταινίας, όταν αρχίσει η σκλήρυνση της σφραγιστικής εποξειδικής κόλλας ή μαστίχης, έτσι ώστε να μείνει ορατό μικρό τμήμα της ρωγμής, το οποίο χρησιμοποιείται σαν σημείο εξιδρώσεως.
- Ανάμιξη συστατικών Α και Β, τοποθέτηση μίγματος στο δοχείο της αντλίας και πλήρωση των ρωγμών με την συσκευή ενέσεως από κάτω προς τα πάνω, μέχρις ότου βγαίνει ή εξιδρώνει η εποξειδική κόλλα από τα σημεία εξιδρώσεως, τα οποία κατόπιν σφραγίζονται με παραφίνη.



Σχ.4.13.

Η ένεση συνεχίζεται και από τα άλλα κύρια σημεία ενέσεως, μέχρις ότου η εποξειδική κόλλα εξιδρώσει από όλα τα σημεία εξιδρώσεως, αποδεικνύοντας έτσι την τέλεια διείσδυση σε όλες τις ρωγμές.

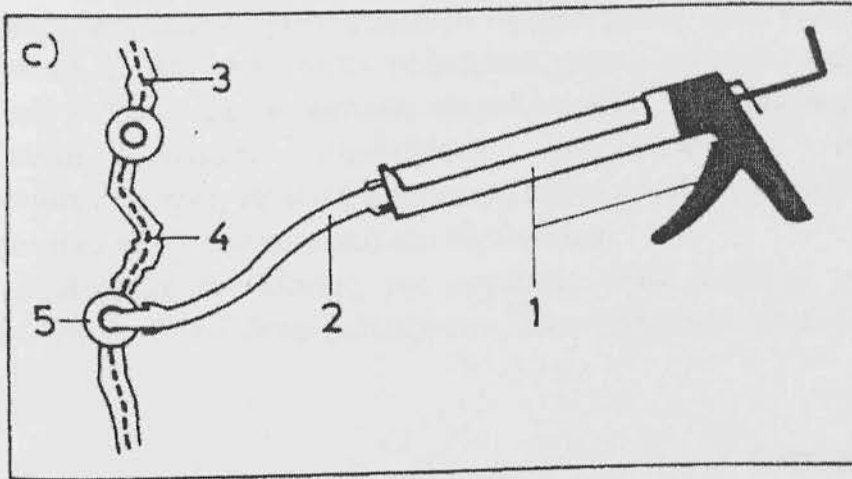
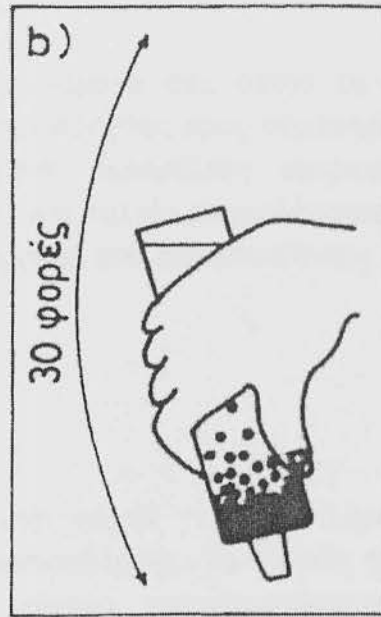
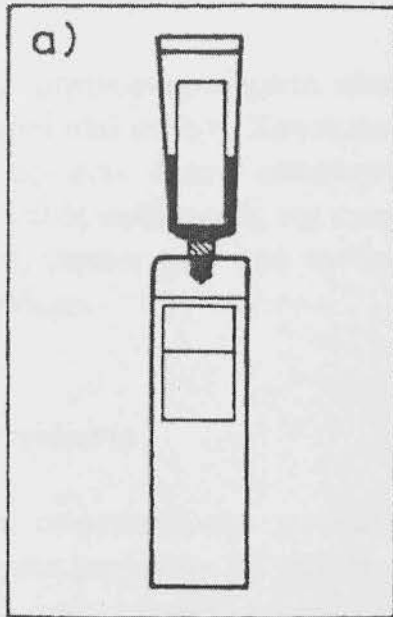
- Τρίψιμο της επιφάνειας που σφραγίστηκε με την εποξειδική κόλλα ταχείας σκληρύνσεως (μετά 24 ώρες) και επαναπόκτηση της τελικής λείας επιφάνειας.



Σχ. 4.14.

Περιορισμοί μεθόδου:

- Οι γνωστές εποξειδικές κόλλες που χρησιμοποιούνται είναι πολύ αποτελεσματικές για την σύνδεση σκυροδέματος με σκυρόδεμα ή την σύνδεση λίθινων υλικών.
- Η διείσδυση της εποξειδικής κόλλας μέσα στη ρωγμή μπορεί να μπλοκαρισθεί σε μερικές περιπτώσεις από κόκκους αδρανών, και τότε δεν είναι δυνατή τέλεια συγκόλληση όλων των επιφανειών της ρωγμής.
- Η μέθοδος επισκευών με εποξειδική κόλλα δεν εφαρμόζεται σε τμήματα οπλισμένου σκυροδέματος που έχουν σημαντική βλάβη ή σε ρωγμές ανοίγματος μικρότερου από 0,10mm περίπου και μεγαλύτερου από 3mm περίπου. Για μεγάλα ανοίγματα ρωγμών ή διακένων συνίσταται η χρήση μίγματος τσιμέντου και ειδικών εποξειδικών κολλών σε κατάλληλο ποσοστό, έχοντας πάντα υπόψη ότι η ένεση εποξειδικής κόλλας δεν μπορεί να θεραπεύσει βλάβες οπλισμών ή περιπτώσεις ανεπαρκείας οπλισμού (π.χ. μεγάλες ολισθήσεις, διαρροή χάλυβα κ.λ.π.).
- Η αποκατάσταση συνάφειας σκυροδέματος και ραβδών οπλισμού δεν προβλέπεται, εκτός από πάκτωση κοντών διατμητικών συνδέσμων.
- Η χρήση εποξειδικής κόλλας σε θερμοκρασίες κάτω από 10⁰C πρέπει να συνοδεύεται με κατάλληλα μέσα προετοιμασίας του υλικού στο εργοτάξιο, αλλιώς απαγορεύονται οι εργασίες.
- Η συμπεριφορά της εποξειδικής κόλλας επηρεάζεται σημαντικά από θερμοκρασιακές μεταβολές για τις οποίες το σκυρόδεμα και ο χάλυβας επηρεάζονται πολύ λίγο. Γι' αυτό, τα επισκευαζόμενα με εποξειδικές κόλλες δομικά στοιχεία πρέπει να προστατεύονται ιδιαίτερα έναντι θερμοκρασιακών μεταβολών και κυρίως έναντι πυρκαγιάς.



1. πιστόλι ενέσεων 2. πλαστικός σωλήνας 3. ρωγμή
4. ρητινόστοκος 5. επιστόμια ενέσεων.

Σχ. 4.15. Διαδικασία εκτέλεσεως ρητινενέσεως

- α. Ανάμιξη ρητίνης- σκληρυντή
- β. Ομοιογενοποίηση ρητίνης-σκληρυντή
- γ. Εκτέλεση ρητινενέσεως

Επειδή οι εποξειδικές ρητίνες είναι υλικά που προκαλούν έντονο ερεθισμό στο δέρμα, στα μάτια και στους πνεύμονες απαιτούνται κατά την χρήση μέτρα προστασίας του προσωπικού (γάντια-γυαλιά-μάσκες). Όταν το εύρος της ρωγμής είναι μικρό (0,1 ÷ 0,5mm) η ρητίνη χρησιμοποιείται αμιγής χωρίς filler. Στην περίπτωση ρωγμών μεγαλύτερου εύρους είναι σκόπιμη η προσθήκη filler με μέγιστη διάμετρο κόκκων όχι πάνω από το 50% του εύρους της ρωγμής και πάντως όχι μεγαλύτερη από 1,0mm. Ο λόγος ρητίνη/filler που χρησιμοποιείται συνήθως είναι 1:1.

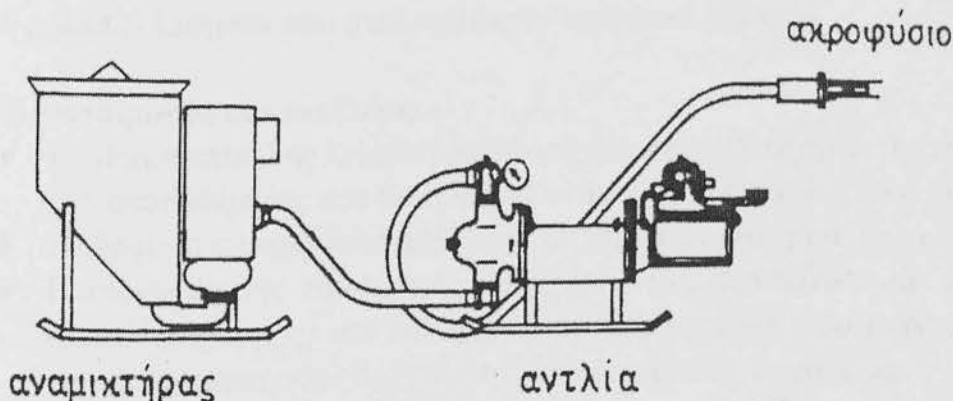
4.5. Ρητινοσκυροδέματα

Τα ρητινοσκυροδέματα είναι σκυροδέματα στα οποία το τσιμέντο έχει υποκατασταθεί από ρητίνη. Χρησιμοποιούνται συνήθως προς συμπλήρωση τεμαχίων σκυροδέματος που έχουν αποσπασθεί. Προς διασφάλιση επαρκούς συνάφειας συνίσταται καλός καθαρισμός της επιφάνειας του παλιού σκυροδέματος και επάλειψη της με σκέτη ρητίνη πριν από την συμπλήρωση του αποσπασθέντος κομματιού με ρητινοσκυροδέμα.

4.6. Τσιμεντενέματα

Τα τσιμεντενέματα χρησιμοποιούνται συχνά για την πλήρωση κενών ή μεγάλου εύρους ρηγμάτων σε τοιχοποιίες ή σκυροδέματα. Τα συνήθη τσιμεντενέματα συντίθενται από τσιμέντο, νερό, άμμο, κάποιο υπερπλαστικοποιητή και ένα διογκωτικό προς διασφάλιση υψηλής αντοχής και χαμηλής συρρικνώσεως κατά την σκλήρυνση. Στοιχεία συνθέσεως συμβατικών τσιμεντενεμάτων μπορούν να ληφθούν από οποιοδήποτε εγχειρίδιο προεντεταμένου σκυροδέματος όπου γίνεται λεπτομερής αναφορά σ' αυτά. Ως επί το πλείστον τα ενέματα χρησιμοποιούνται για την επισκευή φερουσών τοιχοποιιών. Σε περίπτωση παραδοσιακών ή μνημειακών κτισμάτων παρασκευάζονται ενέματα συμβιβαστά από πλευράς αντοχής και παραμορφωσιμότητας προς τα υλικά δομήσεως, οπότε μεγάλο ποσοστό του τσιμέντου υποκαθίσταται από πουζολανικά υλικά και υδράσβεστο.

Η διαδικασία εκτελέσεως της εργασίας είναι ανάλογη με αυτήν των ρητινεδέσεων. Στο σχ.4.16 δίδεται διάταξη εκτελέσεως εργασιών τσιμεντενεμάτων.



Σχ.4.16. Διάταξη εκτελέσεως τσιμεντενεμάτων

4.7. Επικόλληση ελασμάτων σε σκυροδέμα

Πρόκειται για μέθοδο επισκευής – ενισχύσεως σχετικά καινούργια, η οποία δεν επιτρέπεται να εφαρμοστεί παρά μόνο σε εντελώς ειδικές περιπτώσεις, κατά τις οποίες εφαρμόζονται συνθήκες ελεγχμένης τεχνολογίας σε κάθε φάση.

Τα ελάσματα πρέπει να είναι από ανοξείδωτο χάλυβα και λεπτά (συνήθως 1.0 έως 1.5mm) ώστε να μην έχουν διάθεση αποκολλήσεως, και ακόμη να είναι εύκαμπτα για να κολλήσουν καλά.



Σχ.4.17.

Η συγκόλληση γίνεται στο εφελκόμενο πέλημα δοκών με εποξειδική κόλλα (ελάσματα που αναλαμβάνουν ροπή κάμψεως) ή στις κατακόρυφες παρειές δοκών με εποξειδική κόλλα (ελάσματα που αναλαμβάνουν τέμνουσα δύναμη).

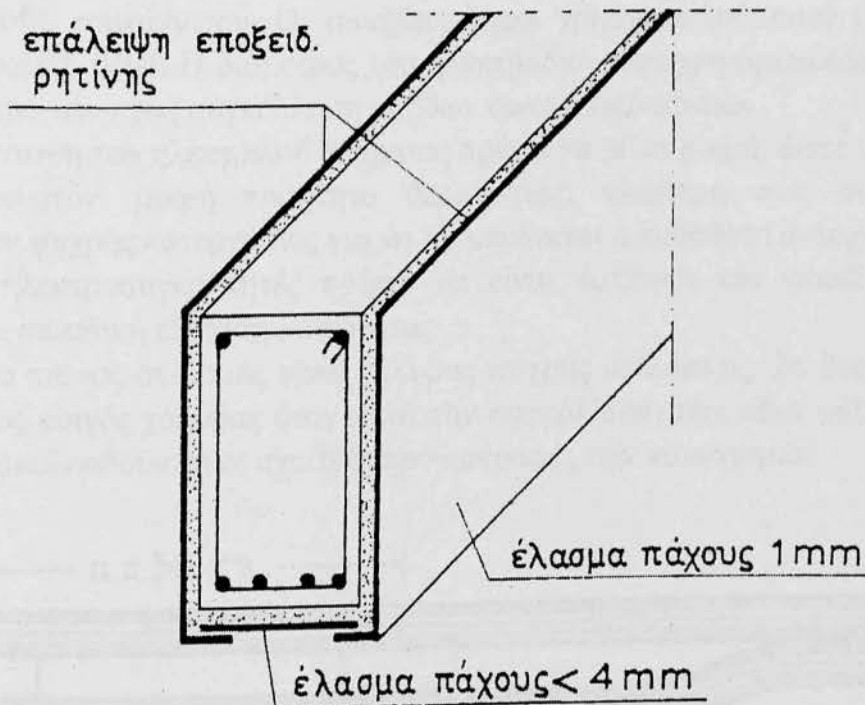
Προετοιμασία και εκτέλεση:

- Ιδιαίτερα επιμελής λείανση με βουρτσάκι και γυαλόχαρτο της επιφάνειας του σκυροδέματος που θα έρθει σε επαφή με το συγκολλητικό μέσο.
- Πλύσιμο της επιφάνειας αναμονής με νερό υπό πίεση και καλό στέγνωμα.
- Εκτράχυνση της εσωτερικής επιφάνειας των ελασμάτων με αμμοβολή (μεταλλική άμμος) και καθάρισμα με απολιπαντικό (ιδιαίτερη προσοχή: να μην ακουμπήσουν δάχτυλα στην καθαρισμένη επιφάνεια).
- Εμποτισμός της περιοχής με αραιό διάλυμα εποξειδικής κόλλας (επειδή η επιφάνεια είναι πορώδης και μικρορηγματωμένη).
- Ιδιαίτερη επιμελής επάλειψη με πινέλο της επιφάνειας αναμονής με λεπτή στρώση εποξειδικής κόλλας (ομοιόμορφο πάχος της τάξεως του mm) η εποξειδική κόλλα πρέπει να έχει κατάλληλο ιξώδες ώστε να συγκρατείται πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος.
- Εφαρμογή ελάσματος και συμπίεση του τουλάχιστον επί 24 ώρες πάνω στη δοκό με κατάλληλη συσκευή που σφίγγει με βίδες ή σφήνες.

- Εφαρμογή, εφόσον απαιτείται, δευτέρου ελάσματος (μετά τη σκλήρυνση της πρώτης στρώσεως εποξειδικής κόλλας) και συμπίεση του τουλάχιστον επί 24 ώρες πάνω στη δοκό. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται εκτράχυνση των δύο επιφανειών του πρώτου (εσωτερικού) και της εσωτερικής επιφανείας του δεύτερου (εξωτερικού) ελάσματος.
- Τελική κάλυψη των ελασμάτων με πεταχτό τσιμεντοκονίαμα, που συγκρατείται με metal-deploye για να επιτευχθεί η θερμική μόνωση του ελάσματος από το περιβάλλον (αποφυγή κινδύνου πρόσθετης διατμητικής εντάσεως της κόλλας).

Εξοπλισμός:

- Εργαλεία λειοτριβήσεως (σβουράκι, γυαλόχαρτο).
- Συσκευή αέρος από πίεση και νερού υπό πίεση.
- Συσκευή αμμοβολής με μεταλλική άμμο.
- Πινέλα για την επάλειψη της εποξειδικής κόλλας, μετά το στέγνωμα της στρώσεως εμποτισμού.
- Συσκευή συσφίξεως του λεπτού ελάσματος (με βίδες ή με σφήνες).



Σχ. 4.18. Ενίσχυση δοκού με επικόλληση ελασμάτων

4.8. Ηλεκτροσυγκόλληση νέων οπλισμών πάνω σε παλιούς

Προκειμένου για καμπτόμενα στοιχεία, η ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων οπλισμού πάνω σε παλιές, συνδυάζεται κατά κανόνα με την χρησιμοποίηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Ο μαλακός χάλυβας προτιμάται ως νέος οπλισμός από το νευροχάλυβα, για λόγους εύκολης συγκολλήσεως.

Το σχήμα και η διάταξη του νέου οπλισμού εξαρτάται από την επιμόνηση των ράβδων και από το είδος του επισκευαζόμενου στοιχείου (ευθείες ράβδοι με ή χωρίς άγκιστρα, ανοικτοί ή κλειστοί συνδετήρες, κοντές λοξές ράβδοι σχήματος ζήτα κ.α.).

Οι νέες ράβδοι συγκολλούνται πάνω στις παλιές με ηλεκτροσυγκόλληση και με την βοήθεια κοινών παρεμβλημάτων (καβίλιες) της ίδιας διαμέτρου, πάντως $>\Phi 16$ και $>C$ (επικάλυψη παλιού οπλισμού) και μήκους τουλάχιστον 5Φ ανά αποστάσεις 50cm περίπου.

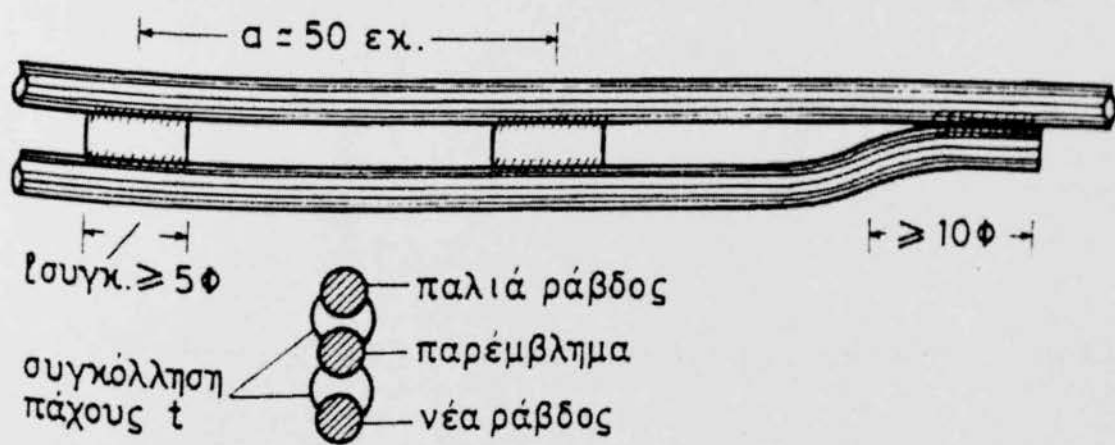
Στις θέσεις τελειώματος οι νέες ράβδοι συγκολλούνται πάνω στις παλιές απευθείας, ύστερα από μικρή ανάκαμψη.

Η ραφή συγκολλήσεως, που συνήθως γίνεται μόνο από την μία πλευρά, θεωρείται επαρκής όταν για μήκος ραφής ίσο με 5Φ απαιτείται όγκος ηλεκτροδίου ίσως με $0,5\Phi^3$, τουλάχιστον. Οι συνήθεις τύποι χρησιμοποιούμενων ηλεκτροδίων είναι T: VII και T :VIII. Η διάμετρος του ηλεκτροδίου που χρησιμοποιείται ανάλογα με την διάμετρο των προς συγκόλληση ράβδων δίνεται από πίνακα.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος πρέπει να είναι μικρή, ώστε να εκλύεται, κατά τον δυνατόν, μικρή ποσότητα θερμότητας, ιδιαίτερα στις συγκολλήσεις νευροχαλύβων ψυχρής κατεργασίας για να μη μειώνεται η πρόσθετη αντοχή τους.

Οι ηλεκτροσυγκολλητές πρέπει να είναι έμπειροι και επιδέξιοι και να υποβάλλονται σε ειδική εξέταση ικανότητας.

Αν ο παλιός οπλισμός είναι χάλυβας ψυχρής εξελάσεως, θα θεωρηθεί στον υπολογισμό ως κοινός χάλυβας όταν κατά την συγκόλληση των νέων ράβδων επάνω σ' αυτόν δεν ακολουθούνται οι σχετικές προδιαγραφές των κανονισμών.



Σχ.4.19. Συγκόλληση νέας ράβδου οπλισμού.

4.9. Κονιάματα τσιμέντου – πλαστικών υλών (Τ.Π.Υ.)

Ενδιαφέρουσα για τις επισκευές είναι η χρήση της σχετικά νέας τεχνικής των κονιαμάτων τσιμέντου – πλαστικών υλών (Τ.Π.Υ.).

Στα κονιάματα αυτά, τα οποία συνδυάζουν υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό (περίπου διπλάσια των συμβατικών κονιαμάτων) και ικανότητα προσφύσεως (περίπου τετραπλάσια των συμβατικών κονιαμάτων) χρησιμοποιείται τσιμέντο+πλαστική ύλη+αδρανή+νερό.

Αναφέρονται εδώ ενδεικτικά μερικές απ' αυτές τις πλαστικές ύλες: διασπορές ελαστομερών – πλαστομερών, λ.χ. οξικό πολυβινύλιο – P.V.A.C., εποξειδική κόλλα, ακόρεστοι πολυστέρες, υδατοδιαλυτά υψηλά πολυμερή κ.α.

Τα κονιάματα τσιμέντου – πλαστικών υλών έχουν τα μειονεκτήματα της μεγάλης ευαισθησίας των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος στις μεταβολές συνθέσεως και σε θερμοκρασιακές μεταβολές.

Η προπαρασκευή, έγχυση και συντήρηση πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες της τεχνικής των έγχυτων σκυροδεμάτων.

Για τον παραπάνω λόγο και γιατί η διατιθέμενη πείρα δεν είναι αρκετή, πρέπει η εφαρμογή κονιαμάτων τσιμέντου-πλαστικών υλών στις επισκευές να γίνεται με την προϋπόθεση ότι ο προμηθευτής θα δίνει τα παρακάτω στοιχεία:

- Πλήρη σύνθεση (ιδίως σε περίπτωση έτοιμου τυποποιημένου ξερού μίγματος).
- Προηγούμενες εφαρμογές σε επισκευές (βεβαιωμένες).
- Αποτελέσματα δοκιμών επισήμου Εργαστηρίου σε δοκίμια διαστάσεων αναλόγων με τις διαστάσεις που θα λάβει το υλικό στο έργο επισκευής (αντοχές, συστολή σκληρύνσεως, ανθεκτικότητα σε διάρκεια και ερπυσμός).

Δεν συνίσταται η χρήση Τ.Π.Υ. που περιέχουν "γαλακτώματα" ή "διασπορές" σε θέσεις όπου προβλέπεται μόνιμη υγρασία εκτός εάν η δυνατότητα χρησιμοποιήσεως τους αποδεικνύεται από ειδικό πιστοποιητικό εκδιδόμενο γι' αυτό το σκοπό.

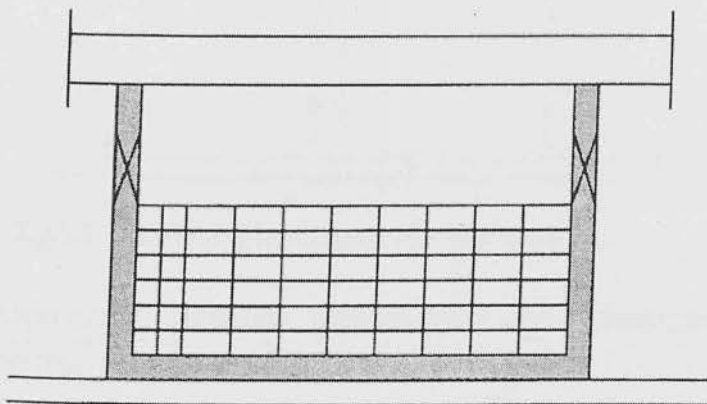
5. Επεμβάσεις στον οργανισμό πληρώσεως κτιρίων με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα

5.1. Αλληλεπίδραση φέροντος οργανισμού και τοιχοπληρώσεων-στοιχεία κανονισμών.

Στην Ελλάδα δεν εφαρμόζονται με συστηματικό τρόπο προδιαγραφές τοιχοπληρώσεων, αλλά και των συνιστωσών στοιχείων (κονίαμα, πλίνθοι, τσιμεντόλιθοι). Οι πλίνθοι και οι τσιμεντόλιθοι είναι βιομηχανικό προϊόν και θεωρούνται ως δομικά στοιχεία ότι καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτούμενες αντοχές. Είναι γνωστό ότι τόσο κατά την διάρκεια της κατασκευής, όσο και κατά την χρήση γίνονται εκτεταμένες μετατροπές των τοιχοπληρώσεων κατά την μελέτη του κτιρίου.

Η τοιχοποιία έχει γενικά ψαθυρό χαρακτήρα που εάν συνδυασθεί και με τον κυκλικό χαρακτήρα της σεισμικής καταπόνησης, τότε η αξιοπιστία της για συνυπολογισμό στην ανάληψη σεισμικών φορτίσεων είναι γενικά μειωμένη. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι τοιχοποιίες πράγματι σε ισχυρούς σεισμούς δεν παίζουν καθοριστικό ρόλο, με το να συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη διάσωση πολλών κατασκευών. Όταν μάλιστα εμφανιστούν αστοχίες στο φέροντα οργανισμό, τότε οι τοιχοποιίες ενεργούν ως δεύτερη γραμμή άμυνας για να μην καταρρεύσει το κτίριο. Βέβαια αυτό είναι χρήσιμο για ισχυρούς σεισμούς μικρής διάρκειας, επειδή οι περισσότεροι κύκλοι φόρτισης αποδιοργανώνουν την τοιχοποιία, λόγω του ψαθυρού της χαρακτήρα.

Έτσι τόσο ο Ελληνικός Αντισεισμικός κανονισμός (NEAK)- EAK 2000 όσο και οι διεθνείς κανονισμοί δεν λαμβάνουν υπόψη την τοιχοποιία στην ανάληψη σεισμικών δράσεων. Επιβάλλουν όμως να αντιμετωπισθούν οι ενδεχόμενες δυσμενείς επιδράσεις των τοιχοπληρώσεων στον φέροντα οργανισμό.

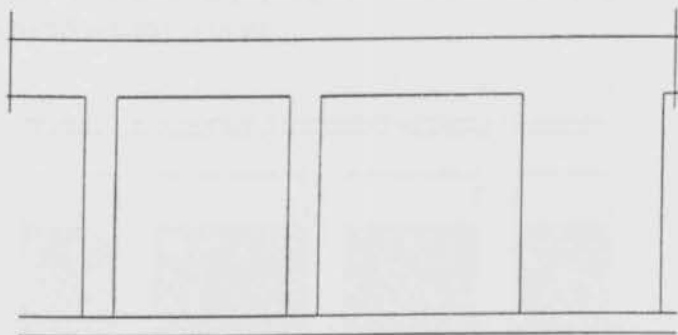


Σχ.5.1. Επικίνδυνη διακοπή τοιχοπλήρωσης καθ' ύψος

Οι τοιχοπληρώσεις είναι δυνατόν να διαθέτουν πολύ μεγάλη αρχική διατμητική ακαμψία που μπορεί να μεταβάλλει ριζικά την κατανομή των οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων, σε σχέση με εκείνη που προκύπτει από θεώρηση γυμνού σκελετού, στα πρώτα στάδια της σεισμικής απόκρισης. Η κατανομή αυτή μπορεί να εκτιμηθεί με κάποιο βαθμό αξιοπιστίας, αλλά αυτό δεν ωφελεί ιδιαίτερα, επειδή στο στάδιο αυτό η ανακουφιστική δράση της τοιχοπλήρωσης είναι έντονη, ώστε η καταπόνηση του σκελετού να είναι πολύ χαμηλή. Στα επόμενα στάδια απόκρισης σε μια ισχυρή σεισμική δράση, προκαλείται προοδευτική εξουδετέρωση της αντίστασης των έντονα καταπονούμενων στοιχείων της τοιχοπλήρωσης, που αρχίζει από τα ασθενέστερα και μπορεί να επεκταθεί στο σύνολο των στοιχείων ενός ορόφου. Η διαγώνια μορφή αστοχίας της τοιχοπλήρωσης πλεονεκτεί έναντι οριζόντιας.

Έτσι προκαλούνται νέες μεταβολές της κατανομής των δυνάμεων, που είναι ιδιαίτερα έντονες στους ορόφους που υπόκεινται σε σημαντική διατμητική παραμόρφωση. Η φάση αυτή είναι η πιο επικίνδυνη, επειδή έχει μειωθεί σημαντικά η ανακουφιστική δράση των τοιχοπληρώσεων, ενώ μπορεί να προκαλείται έντονη παραμορφωτική επιρροή στην κατανομή των δυνάμεων. Συνέπεια της επιρροής αυτής των τοιχοπληρώσεων είναι η σημαντική αύξηση της αβεβαιότητας στην ελαστική και κυρίως στην μετελαστική συμπεριφορά του κτιρίου.

Μια από τις δυσμενέστερες περιπτώσεις είναι εκείνη της αφαίρεσης των τοιχοπληρώσεων από ένα μόνο όροφο, (συνήθως στο υπόγειο), στον οποίο και περιορίζεται (εντοπίζεται) στην συνέχεια η δημιουργία του ελαστοπλαστικού μηχανισμού του σκελετού, με συνέπεια την εμφάνιση μαλακού ορόφου. Στην περίπτωση αυτή, ο ικανοτικός υπολογισμός των υποστυλωμάτων, όπως προδιαγράφεται στο ΝΕΑΚ και ΕΑΚ 2000 κεφ.4, δεν εξασφαλίζει επαρκώς την αποφυγή δημιουργίας μαλακού ορόφου.



Σχ.5.2. Απουσία τοιχοπληρώσεων από το ισόγειο

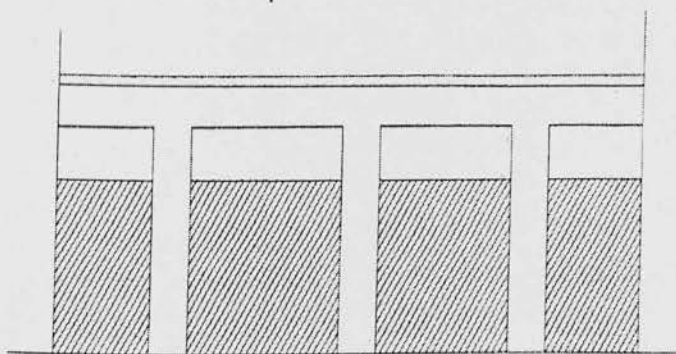
Η πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων φαινομένων είναι ιδιαίτερα μεγάλη, όταν ο οργανισμός πλήρωσης έχει εκ σχεδιασμού (ή είναι δυνατόν να αποκτήσει ύστερα από μετατροπές) ασυνέχεια σε ένα όροφο (PILOTIS ή καταστήματα χωρίς τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο). Η επιλογή μικτού συστήματος τοιχωμάτων και πλαισίων, σύμφωνα με τον ΝΕΑΚ και ΕΑΚ 2000 είναι σε αυτές τις περιπτώσεις το μοναδικό αξιόπιστο μέσο εξασφάλισης ικανοποιητικής μετελαστικής συμπεριφοράς.

Ο ρόλος που καλείται να παίξει η τοιχοποιία περιγράφεται και στο κεφ.4 του ΝΕΑΚ, παρ.4.1.7.1., όπου αναφέρεται ότι: «Για την ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων στη

μεταλαστική αλληλεπίδραση του φέροντα οργανισμού με οργανισμό πλήρωσης που διαθέτει σημαντική ακαμψία, είναι σκόπιμη η επιλογή μικτού συστήματος πλαισίων και τοιχωμάτων σύμφωνα με τον ΝΕΑΚ (κεφ.4). η επιλογή αυτή είναι υποχρεωτική σε κτίρια με 4 και πλέον ορόφους όταν ο οργανισμός πλήρωσης έχει εκ σχεδιασμού ή είναι δυνατό να αποκτήσει στο μέλλον, ασυνέχεια σε έναν όροφο (π.χ. Pilotis ή καταστήματα χωρίς τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο).

Στον όροφο που εμφανίζεται η ασυνέχεια και στις περιπτώσεις που επιτρέπεται να μην χρησιμοποιηθούν τοιχώματα η υπολογιστική σεισμική ένταση θα αυξάνεται κατά 50%. Επίσης ο κανονισμός συστήνει να υπάρχει συνεχής και κανονική (συμμετρική) κατανομή της μάζας και των τοιχοπληρώσεων κατά την διαμόρφωση τόσο καθ' ύψος όσο και κατά επιφάνεια ορόφου.

Ακόμη λόγω του ότι η διακοπή των τοιχοπληρώσεων καθ' ύψος είναι δυνατό να προκαλέσει τη δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων, τα οποία είναι πολύ δύσκολο να «επιβιώσουν» σε περίπτωση ισχυρού σεισμού, γι' αυτό ο αντισεισμικός κανονισμός συστήνει ότι πρέπει να αποφεύγεται η διακοπή καθ' ύψος των τοιχοπληρώσεων σε φατνώματα μεταξύ υποστυλωμάτων κατά τρόπο που η διατηρητική δράση των τοιχοπληρώσεων να δημιουργεί ενδιάμεση πλευρική αντιστήριξη του υποστυλώματος. Σε περίπτωση που για αρχιτεκτονικούς λόγους αυτό είναι απαραίτητο τότε το υποστύλωμα υπολογίζεται με σεισμική ροπή διπλάσια από αυτή που προκύπτει από την ανάλυση ή τις ικανοτικές απαιτήσεις, καθώς επίσης και οπλισμός πρέπει να διατηρείται σταθερός στο ύψος του ορόφου και να γίνεται περίσφιγξη του υποστυλώματος σε μήκη $2d$ εκατέρωθεν της διακοπής (d = πλάτος υποστυλώματος). Ο προηγούμενος αντισεισμικός κανονισμός του 1985 θεωρούσε ότι ο κανόνας όπλισης του κρίσιμου μήκους με πυκνούς συνδετήρες πρέπει να εφαρμόζεται σε όλο το μήκος του υποστυλώματος, όταν «δημιουργείται» κοντό υποστύλωμα.



Σχ.5.3. Δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων λόγω διακοπής της τοιχοποιίας καθ' ύψος

Οι παραπάνω είναι μερικές από τις διατάξεις που διατυπώνονται σε σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς για να μειώσουν τις δυσμενείς επιδράσεις της τοιχοποιίας πάνω στο πλαισικό σύστημα απλό ή μικτό. Εφόσον οι επιδράσεις αυτές μηδενισθούν τότε οι τοιχοποιία ως οργανισμός πλήρωσης θα συμβάλλει θετικά στην συνολική αντίσταση του κτιρίου σε ισχυρό σεισμό. Στην Ελληνική και διεθνή

βιβλιογραφία για σεισμικά συμβάντα αναφέρεται ότι, παρόλο που τα σεισμικά φορτία πολλές φορές υπερβαίνουν σημαντικά τους σεισμικούς συντελεστές των κανονισμών, όμως οι βλάβες των κατασκευών είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές που αναμενόταν. Αυτό κυρίως οφείλεται στην ευνοϊκή επίδραση των τοιχοποιιών πλήρωσης του φέροντα οργανισμού, με την σημαντική απόσβεση της κινητικής ενέργειας που επιτυγχάνεται.

5.2. Επιρροή οργανισμού πληρώσεως στη γενική ή τοπική συμπεριφορά του σκελετού

Πριν από κάθε επισκευή οργανισμού πληρώσεως, ο Μελετητής πρέπει να ελέγξει το ρόλο που ενδεχομένως έπαιξε (ή μπορεί να παίξει στο μέλλον) ο οργανισμός αυτός στην συμπεριφορά του κτιρίου.

A) Γενικός ρόλος

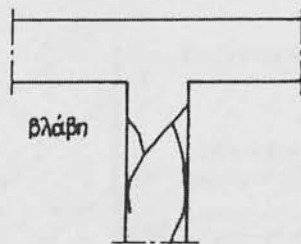
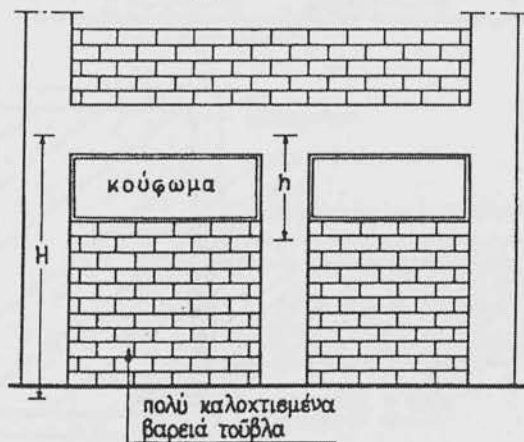
Αν σε μια συγκεκριμένη περίπτωση είναι γνωστή η ανάγκη αυξήσεως της ακαμψίας του κτιρίου (ιδιοπερίοδος κτιρίου γειτονική προς μεγάλη δεσπόζουσα περίοδο σεισμού), τότε πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε ο οργανισμός πληρώσεως να επισκευασθεί ή να ανακατασκευασθεί όσο γίνεται πιο καλά, "σφηνωτά", μέσα στα ανοίγματα του σκελετού.

Αν, αντίθετα, σε μια συγκεκριμένη περίπτωση είναι γνωστή η ανάγκη μειώσεως της ακαμψίας του κτιρίου (ιδιοπερίοδος κτιρίου γειτονική προς μικρή δεσπόζουσα περίοδο σεισμού), τότε πρέπει να ληφθούν μέτρα μειωμένης συνδέσεως του οργανισμού πληρώσεως με τα στοιχεία του σκελετού.

Όπου δεν υπάρχουν αξιόπιστα σεισμολογικά στοιχεία για τέτοιες θεωρήσεις (συνηθέστερη περίπτωση) η παρούσα παράγραφος των "Συστάσεων" αμελείται.

B) Τοπικός ρόλος

Σε βιομηχανικά, κυρίως, κτίρια ενδέχεται η ακαμψία μεμονωμένου στοιχείου του σκελετού (π.χ. υποστυλώματος) να έχει αλλοιωθεί λόγω της διατάξεως του οργανισμού πληρώσεως, όπως, στο παράδειγμα, όπου το "ελεύθερο μήκος" (H) του

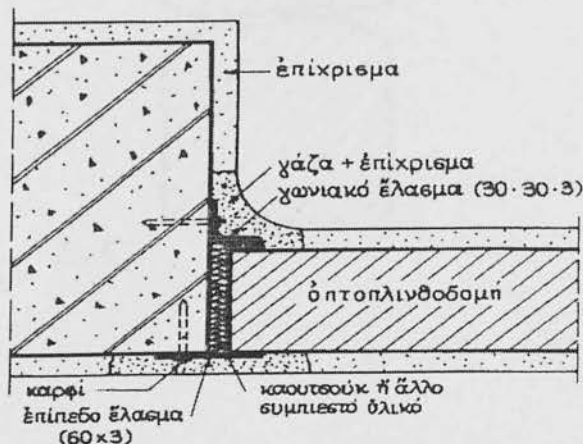
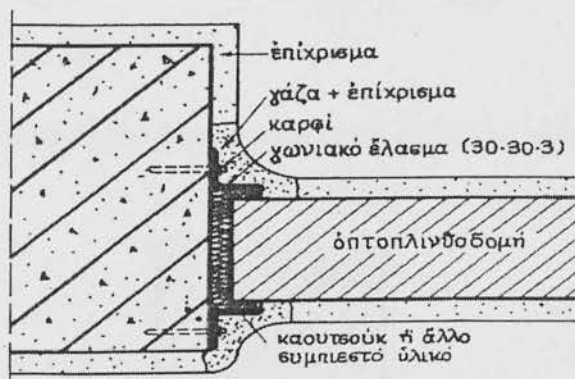
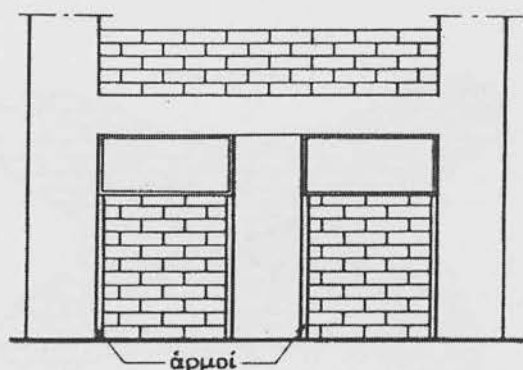


Σχ.5.4.

υποστυλώματος μειώθηκε (h) δυσανάλογα λόγω της ακαμψίας του οργανισμού πληρώσεως. Αποτέλεσμα, η αύξηση της ακαμψίας του υποστυλώματος κατά τον λόγο $(\frac{H}{h})^3$ και η δυσανάλογη αύξηση της τέμνουσας την οποία αναλαμβάνει το υποστυλώμα (όταν υπάρχουν και άλλου είδους στοιχεία ακαμψίας). Η βλάβη είναι πολύ πιθανή, έστω και αν δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία ακαμψίας:

Για περίπου την ίδια οριζόντια μετακίνηση της πλάκας, η γωνία στροφής που επιβάλλεται στις διατομές του υποστυλώματος μειωμένου ύψους "h", εξαντλεί την πλαστιμότητα τους και οδηγεί σε θραύση.

Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να γίνει κατακόρυφη απότμηση του οργανισμού πληρώσεως από τα υποστυλώματα (με δίσκο) και πλήρωση του αρμού με καουτσούκ ή άλλο συμπιεστό υλικό. Η συγκράτηση του οργανισμού πληρώσεως θα γίνει με την προσθήκη επίπεδων ή γωνιακών (εξωτερικά) και γωνιακών (εσωτερικά) ελασμάτων, τα οποία θα στερεωθούν πάνω στα υποστυλώματα (καρφιά εκτοξευόμενα).



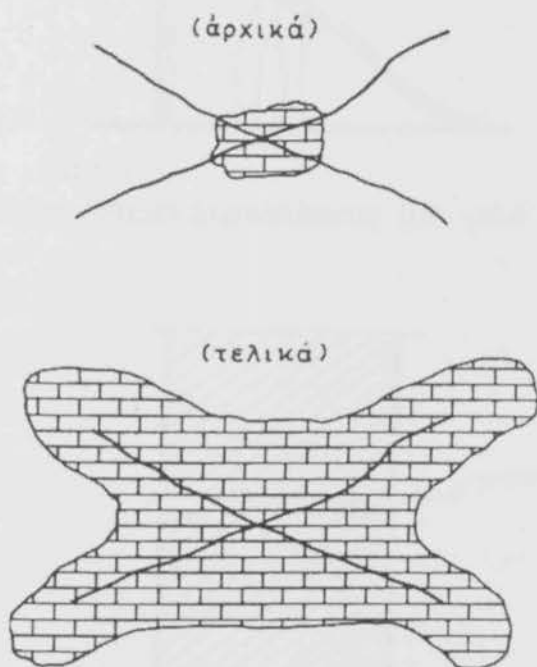
Σχ.5.5.

5.3. Απλή ρηγμάτωση τοίχων

Πρόκειται για ρωγμές ανοίγματος λίγων χιλιοστών ($<10\text{mm}$). Η επισκευή απλών ρωγμών εξαρτάται από τη διατιθέμενη τεχνολογία και πείρα.

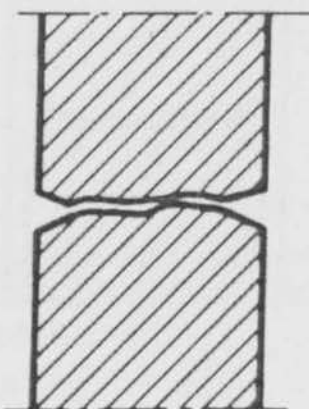
Διαδοχικές φάσεις εργασίας:

α) καθαίρεση επιχρίσματος σε μεγάλο πλάτος γύρω από τις ρωγμές (συνολικά 50cm περίπου).



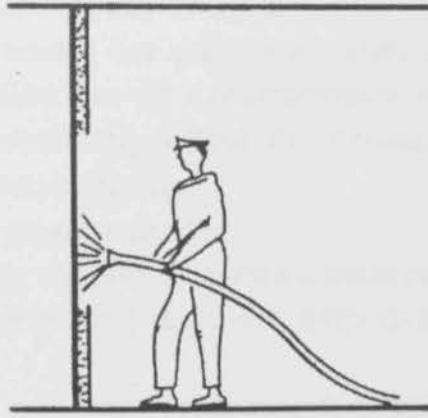
Σχ.5.6.

β) διεύρυνση των χειλιών των ρωγμών (τοπικό σπάσιμο πλίνθων).



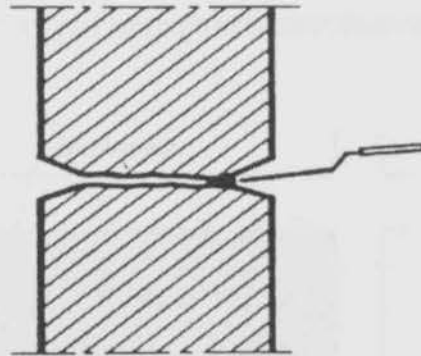
Σχ.5.7.

γ) πλύσιμο με νερό υπό πίεση (μάνικα ή στην ανάγκη τενεκέδες νερό με ορμή).



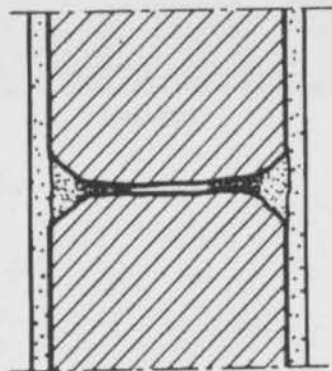
Σχ.5.8.

δ) εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος (με ψιλό μυστρί) όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη ρωγμή.



Σχ.5.9.

ε) εξωτερικό αρμολόγημα και τελικό επίχρισμα.



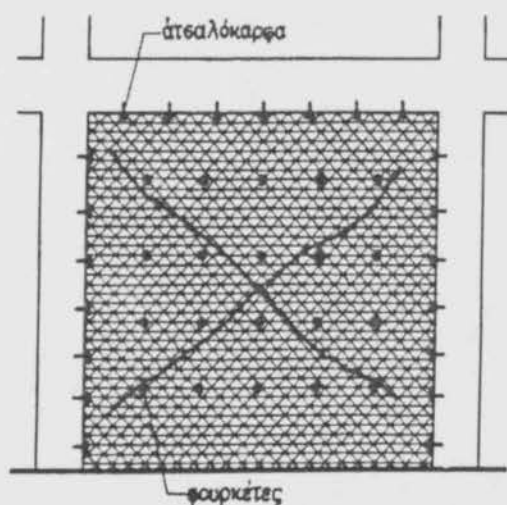
Σχ.5.10.

5.4. Έντονη ρηγμάτωση τοίχων

Πρόκειται για ρωγμές μεγάλες και ανοικτές.

Στην περίπτωση αυτή, επειδή δεν μπορεί να δοθεί εμπιστοσύνη στο υλικό πληρώσεως για τη μεταφορά ορθών και ιδίως διατμητικών τάσεων, ακολουθείται η παρακάτω τεχνική, με την προϋπόθεση βέβαια ότι συμφέρει σε σύγκριση με το ενδεχόμενο καθαιρέσεως και ανακατασκευής:

- α) καθολική καθαίρεση επιχρίσματος
- β) διεύρυνση των χειλιών της ρωγμής (τοπικό σπάσιμο πλίνθων).
- γ) πλύσιμο με νερό υπό πίεση (μάνικα ή στην ανάγκη τενεκέδες νερό με ορμή).
- δ) εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος (με ψιλό μυστρί) όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη ρωγμή.
- ε) τοποθέτηση κοτετσosύρματος πολύ τεντωμένου σε επαφή με τον τοίχο, το οποίο καρφώνεται πάνω στον σκελετό με ατσαλόκαρφα και πάνω στον τοίχο με φουρκέτες μηηγμένες στο κονίαμα των αρμών του, και
- στ) κάλυψη του συνόλου με πηχτό πεταχτό τσιμεντοκονίαμα.



Σχ.5.11.

5.5. Αποσύνδεση οργανισμού πληρώσεως και σκελετού

Στην περίπτωση αποσυνδέσεως οργανισμού πληρώσεως και σκελετού (υποστύλωμάτων), η επισκευή εφόσον η απότμηση δεν επιβάλλεται γίνεται με την ακολουθεί τεχνική:

- α) καθαίρεση επιχρίσματος σε μεγάλο πλάτος γύρω από τις αποτμήσεις (συνολικά 50cm περίπου).
 - β) διεύρυνση των χειλιών της αποτμήσεως (τοπικό σπάσιμο πλίνθων).
 - γ) πλύσιμο με νερό υπό πίεση (μάνικα ή στην ανάγκη τενεκέδες νερό με ορμή).
 - δ) εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος (με ψιλό μυστρί) όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στην απότμηση.
 - ε) τοποθέτηση κοτετσόσυρματος ή metal deploye πολύ τεντωμένου, σε επαφή με τον τοίχο και το υποστύλωμα, το οποίο καρφώνεται πάνω στο σκελετό με ατσαλόκαρφα και πάνω στον τοίχο με φουρκέτες μπηγμένες στο κονίαμα των αρμών και
 - στ) κάλυψη του συνόλου με πηχτό πεταχτό τσιμεντοκονίαμα.
- Εναλλακτικά , αντί για κοτετσόσυρμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίπεδα και γωνιακά ελάσματα, τα οποία καρφώνονται πάνω στο υποστύλωμα και στον τοίχο.

ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ

**Ενίσχυση και αποκατάσταση επταόροφης οικοδομής που υπέστη βλάβες
από το σεισμό τις 7^{ης} Σεπτεμβρίου 1999 στην Αθήνα**

6.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

A. Περιγραφή κτιρίου:

Η παρούσα αφορά επτάοροφη οικοδομή με υπόγειο επί των οδών Λ. Αλεξάνδρας 43 & Σχινά στην περιοχή Γκύζη του Δήμου Αθηναίων.

Στο υπόγειο υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι των διαμερισμάτων και των καταστημάτων ισογείου καθώς και το λεβητοστάσιο. Στο ισόγειο υπάρχουν καταστήματα και η είσοδος της πολυκατοικίας. Σε υπερυψωμένο τμήμα του ισογείου υπάρχει μικρό διαμέρισμα. Στους ορόφους υπάρχουν διαμερίσματα κατοικιών. Οι όροφοι Α' μέχρι και Ε' έχουν επιφάνεια όση και το ισόγειο ενώ ο Στ' όροφος είναι σε εσοχή.

Το κτίριο κατασκευάστηκε βάσει της υπ' αριθμόν 9401/56 οικοδομικής αδείας του Πολεοδομικού Γραφείου Αθηνών. Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας B160 με οπλισμό χάλυβα StI. Το κτίριο είναι γωνιακό και σε δύο πλευρές έρχεται σε επαφή με άλλες πολυκατοικίες. Σημειώνεται ότι το κτίριο έχει μόνο ορθογωνικά υποστυλώματα μικρής εν γένει διατομής και τοιχία μόνο στο φρεάτιο του ανελκυστήρα και στη σκάλα. Η θεμελίωση του κτιρίου αποτελείται από μεμονωμένα πέδιλα χωρίς συνδετήριους δοκούς.

B. Βλάβες σεισμού:

Από το σεισμό της 7/9/99 διαπιστώθηκαν οι ακόλουθες βλάβες:

- 1) Διαγώνιες ρηγματώσεις σε τοίχιο σκάλας στο ισόγειο.
- 2) Διαγώνια ρηγμάτωση σε τμήμα τοιχίου ανελκυστήρα στο ισόγειο.
- 3) Ρηγμάτωση σε υποστύλωμα ισογείου το οποίο είναι σε συνέχεια του τοιχίου της σκάλας. Η ρηγμάτωση αυτή αποτελεί συνέχεια της ρηγμάτωσης του τοιχίου της σκάλας.
- 4) Ρηγμάτωση σε σκάλα ισογείου -α' ορόφου εγκάρσια στη γραμμή ανάβασης.
- 5) Υποχώρηση δαπέδου gross-beton υπογείου.
- 6) Αποφλοίωση σκυροδέματος σε πόδα υποστυλώματος υπογείου με αποκάλυψη και οξείδωση οπλισμού.
- 7) Ρηγμάτωση σε πλάκα οροφής ισογείου.
- 8) Διαγώνιες ρηγματώσεις σε περιμετρικό τοίχωμα υπογείου.
- 9) Διαγώνιες διαμπερείς ρηγματώσεις σε τοίχο υπογείου με μερική αποδιοργάνωση, οφειλόμενες στην υποχώρηση δαπέδου.
- 10) Διαγώνιες ρηγματώσεις σε τοίχους πλήρωσης ισογείου.
- 11) Αποκολλήσεις τοίχων πλήρωσης ισογείου και α' ορόφου από φέροντα στοιχεία.

Το κτίριο έχει χαρακτηριστεί κίτρινο τόσο στον πρωτοβάθμιο όσο και στον δευτεροβάθμιο έλεγχο.

Ως κυριότερες αιτίες των βλαβών θεωρούνται η έλλειψη τοιχωμάτων ακαμψίας (στο κτίριο υπάρχουν μόνο το τοιχίο της σκάλας και του φρεατίου του ανελκυστήρα) η διακοπή του τοιχίου της σκάλας για τη δημιουργία παραθύρου, η μη συνέχιση του τμήματος του τοιχίου του φρεατίου του ανελκυστήρα που έχει ρηγματωθεί στο υπόγειο και η μη θεμελίωση αυτού, οι μικρές διατομές υποστυλωμάτων, η χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, η αλλαγή της κατεύθυνσης των υποστυλωμάτων από το ισόγειο σε Α' όροφο, η δυσμενής θέση του κτιρίου (γωνιακό). Όσον αφορά τις τοιχοποιίες ως κυριότερες αιτίες θεωρούνται η ανάληψη σεισμικών δυνάμεων από αυτές λόγω μη ύπαρξης τοιχωμάτων ακαμψίας και η ενδεχόμενη κακή ποιότητα επιχρισμάτων σε συνδυασμό με φθορές λόγω παλαιότητας. Σημειώνεται ότι το κτίριο έχει μελετηθεί χωρίς αντισεισμικό υπολογισμό καθότι είναι προγενέστερο του 1959.

Γ. Αποτύπωση φορέα-έλεγχος υπάρχοντος:

Πραγματοποιήθηκε όσο ήταν δυνατόν αποτύπωση του φέροντος οργανισμού Διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν αλλαγές σε σχέση με τα σχέδια ξυλοτύπων της αδειας.

Οι σημαντικότερες εξ αυτών είναι:

- i. Διακοπή τοιχίου σκάλας για δημιουργία παραθύρων σε όλους τους ορόφους.
- ii. Μη συνέχιση τμήματος τοιχίου ανελκυστήρα στο υπόγειο.
- iii. Αλλαγή σε θέσεις και σε διατομές υποστυλωμάτων.
- iv. Αλλαγή κατεύθυνσης υποστυλωμάτων πρόσοψης από ισόγειο σε Α' όροφο.

Επίσης έγινε εργαστηριακός έλεγχος του σκυροδέματος με λήψη καρότων και με κρουσίμετρο.

Το κτίριο επιλύθηκε με τη μέθοδο της συνολικής αντοχής και τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 (ορθογωνική κατανομή σεισμικών δυνάμεων) και σεισμικό συντελεστή $\varepsilon=0,04$ με το πρόγραμμα statics 98. Για την επίλυση χρησιμοποιήθηκαν για τις διατομές και τις θέσεις των τοιχιών, τα στοιχεία της αποτύπωσης όπου υπήρχαν και όπου δεν είχε επιτευχθεί αποτύπωση, τα στοιχεία των σχεδίων ξυλοτύπου. Για τους οπλισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι αναγραφόμενοι στα σχέδια ξυλοτύπων.

Ο έλεγχος του υπάρχοντος έδειξε ανεπάρκεια των υποστυλωμάτων ως επί το πλείστον στους περισσότερους ορόφους εκτός του τελευταίου.

Ακόμα υπάρχει ανεπάρκεια οπλισμού σε αρκετές δοκούς κυρίως στις στηρίξεις οφειλόμενη στη διαφορά της μεθόδου στατικού υπολογισμού (χωρικό πλαίσιο αντί επίλυσης συνεχών δοκών στο επίπεδο).

Η ανεπάρκεια των δοκών δεν θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για την ευστάθεια του κτιρίου και λόγω του ότι αφ' ενός δεν διαπιστώθηκαν ρηγματώσεις σε δοκούς αφ' ετέρου η αρχική στατική μελέτη του κτιρίου έγινε με διαφορετικό μοντέλο προτείνεται να μην γίνουν επεμβάσεις.

Ο εργαστηριακός έλεγχος με τη μέθοδο των πυρήνων (καρότων) έδειξε χαμηλές αντοχές στις θέσεις των τοιχίων σκάλας και ασανσέρ απ' όπου ελήφθησαν τα δείγματα (115kg/cm^2 , 98kg/cm^2 , 165kg/cm^2). Η ποιότητα του σκυροδέματος της μελέτης του κτιρίου ήταν 160kg/cm^2 και λόγω της παρόδου του χρόνου (45 έτη) η αντοχή θα έπρεπε να είναι αυξημένη κατά 50% (περίπου 240kg/cm^2).

Η μέθοδος του κρουσίμετρου έδειξε διάφορες αντοχές από 120kg/cm^2 μέχρι 250kg/cm^2 . Η συγκεκριμένη μέθοδος όμως δεν θεωρείται τόσο αξιόπιστη και ακόμα δείχνει μεγάλη απόκλιση.

Για τον έλεγχο του υπάρχοντος έγινε δεκτή ποιότητα σκυροδέματος B160.

Δ. Αποκατάσταση βλαβών Επεμβάσεις στο κτίριο.

Με δεδομένα ότι :

- i. Οι βλάβες εντοπίστηκαν σε ισόγειο και υπόγειο ενώ στους ορόφους δεν παρουσιάστηκαν βλάβες ούτε στο φέροντα οργανισμό ούτε στον οργανισμό πλήρωσης.
- ii. Η σεισμική ένταση αναπτύσσεται κυρίως στα στοιχεία του ισογείου.
- iii. Η ανεπάρκεια των στοιχείων που έδειξε ο έλεγχος του υπάρχοντος οφείλεται κυρίως στην διαφορά του υπολογιστικού μοντέλου.
Ως κύρια αιτία των βλαβών των στοιχείων του φέροντα οργανισμού ήταν η παρέκκλιση από τα εγκεκριμένα σχέδια που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ακαμψίας των τοιχίων.

Υπάρχει σύμφωνη γνώμη της διαχείρισης για αποφυγή εκτεταμένων εργασιών στους ορόφους λόγω υπέρμετρης δυσκολίας και κόστους ,και λαμβάνοντας υπόψη την πρότερα του σεισμού κατάσταση του κτιρίου προτείνεται η μη ενίσχυση όλων των υποστυλωμάτων σε όλες τις στάθμες για την απόκτηση των απαιτήσεων της επίλυσης (έλεγχος υπάρχοντος) με τα δεδομένα του κανονισμού του 1959 .Ως επεμβάσεις στο κτίριο προτείνονται τα ακόλουθα:

1. Ενίσχυση με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 7cm περίπου του τοιχίου ως σκάλας σε υπόγειο, ισόγειο και Α' οροφο μαζί με κλείσιμο των παραθύρων.
2. Ενίσχυση ομοίως με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος των δυο σκελών του τοιχίου του ασανσέρ που θεμελιώνονται σε υπόγειο, ισόγειο και Α' όροφο.
3. Ενίσχυση με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος όλων των υποστυλωμάτων του σε υπογείου και του ισογείου.
4. Ενίσχυση με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος των τεσσάρων γωνιακών υποστυλωμάτων σε Α' όροφο.
5. Κατασκευή συνδετήριων δοκών σε θεμελίωση.

Για τον υπολογισμό των ενισχύσεων αυτών πραγματοποιήθηκε επανεπίλυση με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 (ορθογωνική κατανομή σεισμικών δυνάμεων) και $\varepsilon=0,06$. Η διαστασιολόγηση των μανδύων και των νέων τοιχίων έγινε με βάση τον Ν.Κ.Ω.Σ. Η κατασκευή των μανδύων θα γίνει σύμφωνα με τα συνημμένα σχέδια λεπτομερειών. Η ποιότητα των νέων σκυροδεμάτων θα είναι C20/25 και του χάλυβα S500. Οι νέοι οπλισμοί θα συγκολληθούν στους υπάρχοντες με χρήση καβιλιών ή παπιών. Ακόμα θα γίνει ανακατασκευή του ρηγματωμένου τοίχου στο υπόγειο και επισκευή των ρηγματωμένων τοίχων του ισογείου με ενισχυμένα επιχρίσματα και χρήση δομικού πλέγματος T131. Κατά την διάρκεια της κατασκευής θα εφαρμοστούν πλήρως τα εγκεκριμένα σχέδια και θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για επιμελημένη εργασία σύμφωνα με τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης.

Με τις παραπάνω επεμβάσεις θα αυξηθεί η αντοχή του κτιρίου και εκτιμάται ότι θα υπάρχει ικανοποιητική συμπεριφορά σε μελλοντικούς σεισμούς καθότι το κτίριο θα είναι ενισχυμένο σε σχέση με την πρότερα του σεισμού κατάσταση.

Μετά την ανάθεση από την διαχείριση της πολυκατοικίας επί των οδών Λ.Αλεξάνδρας 43 και Σχινά στο Δήμο Αθηναίων εκπονήθηκε μελέτη επισκευών για τις βλάβες του σεισμού και ενίσχυσης του εν λόγω κτιρίου. Η μελέτη υποβλήθηκε στο Τ.Α.Σ. Αθηνών στις 25/7/00 και μετά από τους σχετικούς ελέγχους από τους μηχανικούς του Τ.Α.Σ. Αθηνών εκδόθηκε η υπ' αριθμόν 213/18-10-00 Άδεια Επισκευής / Ενίσχυσης σεισμόπληκτου κτίσματος.

Η μελέτη συντάχθηκε με βάση :

- α) τον Ν.Κ.Ω.Σ. (μέθοδος συνολικής αντοχής)
- β) τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 (ορθογωνική κατανομή σεισμικών δυνάμεων)
- γ) τις συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό Ε.Μ.Π. 1981
- δ) τις συνοπτικές οδηγίες για επισκευή του φέροντος οργανισμού κτιρίων από Ο/Σ με βλάβες από σεισμό ΥΠΕΧΩΔΕ. ΟΑΣΠ Σεπτέμβριος του 1999
- ε) τις σχετικές εγκυκλίους της Υ.Α.Σ.

Στην μελέτη χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τα εγκεκριμένα σχέδια της οικοδομικής άδειας του κτιρίου (αριθμός 9401/56) και στοιχεία από αποτύπωση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο.

Ως τρόπος επισκευής προτάθηκε η κατασκευή μανδύων εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 7cm με υλικά σκυροδέματος C20/25 και χάλυβα S500.

Στα σχέδια της άδειας επισκευής εμφανίζονται οι ξυλότυποι με τους υπό κατασκευή μανδύες και τους νέους οπλισμούς των μανδύων (διαμήκεις και συνδετήρες).

Οι λεπτομέρειες των μανδύων που είναι στα σχέδια ξυλοτύπων δείχνουν τη θέση του μανδύα, τις θέσεις του νέου διαμήκους οπλισμού, την πυκνότητα των οριζόντιων οπλισμών και ενδεικτικά τη θέση. Οι διαμήκεις νέοι οπλισμοί θα συγκολληθούν στους υπάρχοντες με καβίλιες ή με πάπιες. Επιπροσθέτως τοποθετούνται βλήτρα Φ14/35 σε κάθε παρεία του υπάρχοντος υποστυλώματος με χρήση εποξειδικής ρητίνης, τα οποία συγκολλούνται στους νέους συνδετήρες και τους συγκρατούν.

Κατασκευαστικά θα γίνει μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε όλο το μήκος του τοιχίου της σκάλας στην μία πλευρά (εσωτερική) και μόνο στο ένα άκρο θα γίνει και στις δύο πλευρές όπου είναι εφικτό. Ταυτόχρονα θα κλειστούν τα ανοίγματα των παραθύρων. Ως οπλισμός θα τοποθετηθεί σχάρα που θα έχει αθροιστικά τουλάχιστον τους αναγραφόμενους οπλισμούς στα επιμέρους υποστυλώματα. Επισημαίνεται ότι θα ακολουθηθεί η ίδια τεχνική με τα μεμονωμένα υποστυλώματα (αποκάλυψη υπάρχοντος οπλισμού, συγκόλληση καβιλιών εάν κριθεί εφικτό, τοποθέτηση βλήτρων, συγκόλληση βλήτρων σε σχάρα.

Στα περιμετρικά υποστυλώματα κατασκευάζεται μανδύας και στις τέσσερις πλευρές στο ισόγειο, ενώ στο υπόγειο, λόγω του ότι υπάρχει το περιμετρικό τοίχιο του υπογείου, οι μανδύες περιορίζονται στις τρεις πλευρές καθότι η κατασκευή του και στην τέταρτη είναι δυσχερείς και θα έπρεπε να καθαιρεθεί το περιμετρικό τοίχιο του υπογείου πράγμα που είναι σε βάρος της ασφάλειας.

Στο υπόγειο λόγω του περιμετρικού τοιχίου έχουμε πολύ αυξημένη ακαμψία και δεν υφίσταται πρόβλημα. Τα υποστυλώματα του ισογείου δέχονται τις μεγαλύτερες σεισμικές δυνάμεις και για το λόγο αυτό σε συνδυασμό με την μικρή υπάρχουσα διατομή τους και τη μικρή ποσότητα οπλισμού, κρίθηκε σκόπιμο ο μανδύας να γίνει και στην τέταρτη πλευρά.

Όπως αποτυπώθηκε και φαίνεται και στα σχέδια υπάρχοντων ξυλοτύπων και αναγράφεται και στην τεχνική έκθεση ο ανελκυστήρας δεν συνεχίζει στο υπόγειο (η πρώτη στάση είναι στο ισόγειο). Στο ισόγειο και στον α' όροφο η ενίσχυση στα δύο τμήματα του τοιχίου του ανελκυστήρα γίνεται μόνο εξωτερικά ώστε να μη μειωθούν οι εσωτερικές διαστάσεις του φρεατίου και απαιτηθεί πιθανή αλλαγή καμπίνας.

Στο υπόγειο δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα αφού δεν συνεχίζεται ο ανελκυστήρας και η ενίσχυση των δύο τμημάτων του τοιχίου γίνεται και στις δύο πλευρές που είναι ορθότερο.

Από τις βλάβες που έχουν προαναφερθεί, οι ρηγματώσεις των τοιχίων σκάλας και ασανσέρ κρίνονται ως οι πιο σημαντικές, καθότι τα στοιχεία αυτά αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των σεισμικών δυνάμεων.

Επίσης οι βλάβες σε τοίχους ισογείου, υπογείου και α' ορόφου δεν επηρεάζουν την στατική ικανότητα του κτιρίου. Θα πρέπει όμως να επισκευασθούν καθότι έχει αποδειχθεί ότι οι τοίχοι των κάτω ορόφων βοηθάνε την συμπεριφορά του κτιρίου από σεισμό.

Όπως αναφέραμε, μετά από εξέταση του κτιρίου με βάση τα σχέδια της οικοδομικής άδειας διαπιστώθηκαν ορισμένες αποκλίσεις σε σχέση με τα σχέδια.

Σημαντικότερες εξ' αυτών είναι:

1. Ανοίγματα σε τοίχιο σκάλας για δημιουργία παραθύρων.
2. Διακοπή τμήματος τοιχίου ανελκυστήρα στην οροφή υπογείου
3. Αλλαγή κατεύθυνσης υποστυλωμάτων πρόσοψης από ισόγειο και α' όροφο.

Οι αλλαγές αυτές κάνουν δυσμενέστερο το κτίριο σε σεισμό καθότι έχουν κατασκευασθεί "αδυνατισμένα" κρίσιμα στοιχεία του.

Σημειώνεται ότι το κτίριο έχει μελετηθεί το 1956 πριν δηλαδή από τον πρώτο αντισεισμικό κανονισμό του 1959. Λόγω της έλλειψης τοιχωμάτων, των μικρών υποστυλωμάτων, της κακής ποιότητας σκυροδέματος και της θέσης του (γωνιακό) είναι πιο ευάλωτο σε σεισμούς σε σχέση με άλλα κτίρια. Στα προηγούμενα θα πρέπει να προστεθούν ο μικρός αριθμός οπλισμών στα υποστυλώματα και οι φθορές λόγω παλαιότητας και κακοτεχνιών (οξειδώσεις οπλισμού, ενθράκωση σκυροδέματος, κ.λ.π.).

6.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑΣ Λ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ 43 & ΣΧΙΝΑ

Άρθρο 1 Αποξήλωση δαπέδου υπογείου

Αποξήλωση δαπέδου υπογείου και μεταφορά μπαζών εκτός εργοταξίου σε επιτρεπόμενο από τη νομοθεσία μέρος.

Θα διατηρηθούν σημεία στα οποία εδράζονται οι τοίχοι πλήρωσης του υπογείου.

Άρθρο 2 Εκσκαφές - αποκάλυψη πεδίων

Εκσκαφές για αποκάλυψη πεδίων όπου θα κατασκευασθούν συνδετήρια δοκάρια. (μέχρι βάθους 2 μ από υπάρχον δάπεδο υπογείου). Τα προϊόντα των εκσκαφών θα συγκεντρωθούν και θα μεταφερθούν σε επιτρεπόμενο χώρο. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση που απαιτηθεί βάθος εκσκαφής πάνω από 2μ από το δάπεδο του υπογείου, η επιπλέον των 2μ εκσκαφή θα πληρωθεί ως πρόσθετη εργασία (νέα τιμή).

Άρθρο 3 Καθαίρεση Τμημάτων Τοιχοποιιών- Αποξήλωση Επιχρισμάτων

Θα πραγματοποιηθεί καθαίρεση τοιχοποιιών γύρω από τα υποστυλώματα στα οποία θα κατασκευασθεί μανδύας, σε μήκος όσο απαιτείται για την έντεχνη κατασκευή του μανδύα (περίπου 50 – 70 cm). Επίσης θα πραγματοποιηθεί καθαίρεση επιχρισμάτων όλων των υποστυλωμάτων τα οποία ενισχύονται. Τα μπάζα θα μεταφερθούν σε επιτρεπόμενο από τη νομοθεσία μέρος.

Άρθρο 4 Αποξήλωση δαπέδων και σοβατεπί

Θα γίνει αποξήλωση δαπέδου κλίμακας σε υπόγειο, ισόγειο, α' όροφο με επιμέλεια ώστε μετά το πέρας των εργασιών να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν τα μάρμαρα. Επίσης θα πραγματοποιηθεί τοπική αποξήλωση δαπέδων στις θέσεις των υποστυλωμάτων που ενισχύονται. Η εργασία θα γίνει με επιμέλεια ώστε να γίνει εύκολα η επιδιόρθωση των δαπέδων μετά το πέρας των εργασιών. Τα χρήσιμα υλικά θα αποθηκευτούν με μέριμνα του αναδόχου στο εργοτάξιο.

Άρθρο 5 Αποκάλυψη οπλισμών υποστυλωμάτων – τοποθέτηση καβιλιών

Θα πραγματοποιηθεί τοπική αποκάλυψη οπλισμών ανά 50cm στα υποστυλώματα που ενισχύονται με χρήση ηλεκτρικού κομπρεσέρ. Κατόπιν θα συγκολληθούν καβίλιες Φ12 στους υπάρχοντες οπλισμούς. Εναλλακτικά η επίβλεψη μπορεί να ζητήσει την τοποθέτηση παπιών Φ12 οι οποίες θα ηλεκτροσυγκολληθούν στους

υπάρχοντες και στους νέους οπλισμούς. Πριν την εργασία αυτή θα γίνει υποστύλωση του κτιρίου σύμφωνα με τις οδηγίες της επίβλεψης.

Τα χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια θα είναι τα κατάλληλα για την ποιότητα των οπλισμών (S220 παλαιοί οπλισμοί S500 οι νέοι) και θα είναι της εγκρίσεως της επίβλεψης.

Άρθρο 6 Τοποθέτηση βλήτρων στα υποστυλώματα και στα πέδιλα

Θα ανοιχθούν οπές Φ16 ανά 35cm σε βάθος 20cm σε κάθε παρειά υποστυλώματος που ενισχύεται θα γίνει καθαρίσμα οπών με πεπιεσμένο αέρα. Θα τοποθετηθούν βλήτρα Φ14 με χρήση εποξειδικής ρητίνης της εγκρίσεως της επίβλεψης.

Τα βλήτρα κατόπιν θα συγκολληθούν στους νέους οπλισμούς(συνδετήρες).

Η όλη εργασία θα γίνει με τις οδηγίες της επίβλεψης. Ομοίως θα τοποθετηθούν βλήτρα στα πέδιλα εκεί που θα κατασκευασθούν οι συνδετήριες δοκοί.

Άρθρο 7 Κατασκευή Συνδετηρίων δοκών

Σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια της άδειας και τις οδηγίες της επίβλεψης. Οι χρησιμοποιούμενοι οπλισμοί θα είναι ποιότητας S500 και θα είναι ελληνικής προέλευσης. Επισημαίνεται ότι οι συνδετήρες θα έχουν και τα δύο άγκιστρα κλειστά. Το σκυρόδεμα θα είναι ποιότητας C20/25. Η όλη εργασία θα είναι σύμφωνη με τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης. Η επίβλεψη μπορεί να ζητήσει τη λήψη περαιτέρω δοκιμών για τον έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος. Σημειώνεται ότι απαραίτητως θα χρησιμοποιηθεί έτοιμο σκυρόδεμα και θα γίνει χρήση δονητών.

Άρθρο 8 Κατασκευή μανδυών εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Στα υποστυλώματα υπογείου, ισόγειου ,στα 4 γωνιακά του α' ορόφου ,στο τοιχίο σκάλας και ασανσέρ σε υπόγειο, ισόγειο, α' όροφο. Θα προηγηθεί σιδέρωμα

σύμφωνα με τα σχέδια και τις οδηγίες της επίβλεψης. Οι τοποθετούμενοι συνδετήρες θα ηλεκτροσυγκολληθούν στα βλήτρα. Επίσης οι νέοι διαμήκεις οπλισμοί θα ηλεκτροσυγκολληθούν στις πάπιες ή στις καβίλιες (βλέπε άρθρο 5).

Οι οπλισμοί θα είναι S500, Ελληνικής προέλευσης, χωρίς οξειδώσεις και απαλλαγμένοι από λάδια, χώματα κλπ.

Οι συνδετήρες θα είναι Φ10/10 έστω και αν δεν αναγράφονται στα σχέδια και η αγκυρωσή τους θα είναι με όλους τους κανόνες.

Κατόπιν θα γίνει σκυροδέτηση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ποιότητας τουλάχιστον C20/25.

Επισημαίνεται ότι στα υποστυλώματα που ο μανδύας δεν καλύπτει και τις τέσσερις πλευρές (π.χ. περιμετρικά υπογείου, υποστυλώματα μεσοτοιχιών κλπ...) θα

προσεχθεί ιδιαίτερα η αγκύρωση των συνδετηρίων η οποία θα γίνει σε κατάλληλα ανοιγμένες οπές Φ12 στο υπάρχον υποστύλωμα με χρήση εποξειδικής ρητίνης της

επίβλεψης. Επίσης οι διαμήκεις οπλισμοί θα αγκυρωθούν : α) στην κεφαλή του

υποστυλώματος είτε στα δοκάρια με χρήση εποξειδικής ρητίνης είτε όπου είναι εφικτό στην επόμενη στάθμη αφού περαστούν από κατάλληλα διανοιγμένες οπές στην πλάκα οροφής. β) στον πόδα είτε στην πλάκα δαπέδου, είτε στο πέδιλο του υποστυλώματος πάλι με χρήση ρητίνης σε ανοιγμένες οπές.

Άρθρο 9 Επιχώσεις θεμελίων

Όπου απαιτείται στις θέσεις των εκσκαφών θα γίνει επίχωση, θα δοθεί επιμέλεια ώστε να μην καλυφθεί το κάτω μέρος των συνδετηρίων δοκών όπου θα εδρασθεί το νέο δάπεδο του υπογείου.

Άρθρο 10 Κατασκευή δαπέδου Gross beton υπογείου

Θα προηγηθεί στρώση 3α πάχους 15 cm η οποία θα συμπυκνωθεί κατάλληλα. Κατόπιν θα κατασκευασθεί δάπεδο από σκυρόδεμα ποιότητας C12/15 με οπλισμό δομικό πλέγμα T131. Αν κριθεί αναγκαίο από την επίβλεψη πριν την τοποθέτηση του οπλισμού θα τοποθετηθεί στεγανωτική μεμβράνη(θα πληρωθεί ως νέα τιμή). Το δάπεδο θα εδρασθεί πάνω στις συνδετήριες δοκούς εφ' όσον κριθεί εφικτό από πλευράς βάθους. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να έχουν αφαιρεθεί οι κατάλληλες αναμονές Φ8/30 οι οποίες θα γυρίσουν στη πλάκα του δαπέδου. Σε περίπτωση που οι ιδιοκτήτες επιθυμούν την μετέπειτα κατασκευή βιομηχανικού δαπέδου θα πρέπει να γίνει ο κατάλληλος συντονισμός με το αντίστοιχο συνεργείο.

Άρθρο 11 Μερεμέτια κτισμάτων

Θα πραγματοποιηθεί κτίσιμο δίπλα στις θέσεις των υποστυλωμάτων όπου έγιναν οι τοπικές καθαιρέσεις των τοίχων, με τοίχο ίδιου πάχους, θα δοθεί προσοχή για το δέσιμο παλαιών και νέων τούβλων με δημιουργία κατάλληλων φωλιών και για σωστή σφήνωση στα υποστυλώματα. Αν κριθεί αναγκαίο θα κατασκευασθεί σενάζ με οπλισμό 4Φ8 και ΣΦ6/25.

Θα κτισθούν όλα τα σημεία στα οποία έγινε καθαίρεση.

Άρθρο 12 Ανακατασκευή τοιχοποιίας υπογείου

Θα πραγματοποιηθεί καθαίρεση και ανακατασκευή σε βλαφθείσα τοιχοποιία υπογείου(υπόγειο καταστήματος υδραυλικού), καθώς και αποκομιδή και μεταφορά προϊόντων καθαίρεσης. Στη νέα τοιχοποιία θα κατασκευασθεί σενάζ με οπλισμό 4Φ8 και ΣΦ6/25.

Άρθρο 13 Μερεμέτια σοβάτισμάτων

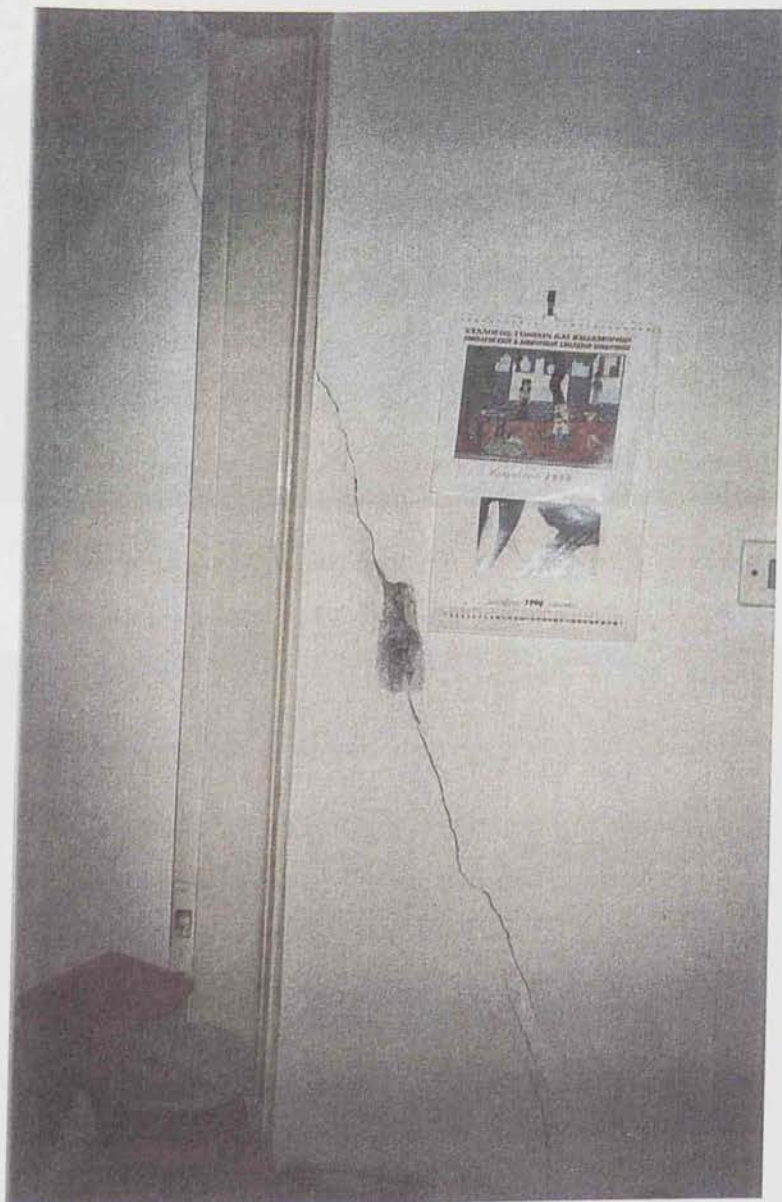
Θα πραγματοποιηθεί σοβάτισμα σε τρεις στρώσεις (α. πεταχτό β. οδηγίο και λάσπωμα γ. μαρμαροκονίαμα) σε όλες τις θέσεις των επισκευών (μανδύες, κτισίματα δίπλα σε μανδύες κλπ...). Πριν την α στρώση θα τοποθετηθεί υαλόπλεγμα της εγκρίσεως της επίβλεψης. Σημειώνεται ότι η α και η β στρώση θα περιέχουν τουλάχιστον 200 Kg τσιμέντου ανά m^3 κονιάματος.

Άρθρο 14 Επισκευή επιχρισμάτων τοιχοποιών ισογείου-υπογείου

Σε όσες τοιχοποιίες έχουν βλάβες θα πραγματοποιηθεί καθαίρεση επιχρισμάτων, αποκομιδή και μεταφορά προϊόντων καθαίρεσης. Θα γίνει καθάρισμα θέσεων ρηγματώσεων με υδροβολή και αρμολόγηση οπτοπλίνθων αν απαιτηθεί. Κατόπιν θα γίνει σοβάτισμα σε τρεις στρώσεις όπως περιγράφεται στο προηγούμενο άρθρο . Σε επιλεγμένα σημεία κατά την κρίση της επίβλεψης στις τοιχοποιίες ισογείου θα προηγηθεί τοποθέτηση δομικού πλέγματος T131 ή πυκνότερου, πριν το σοβάτισμα .

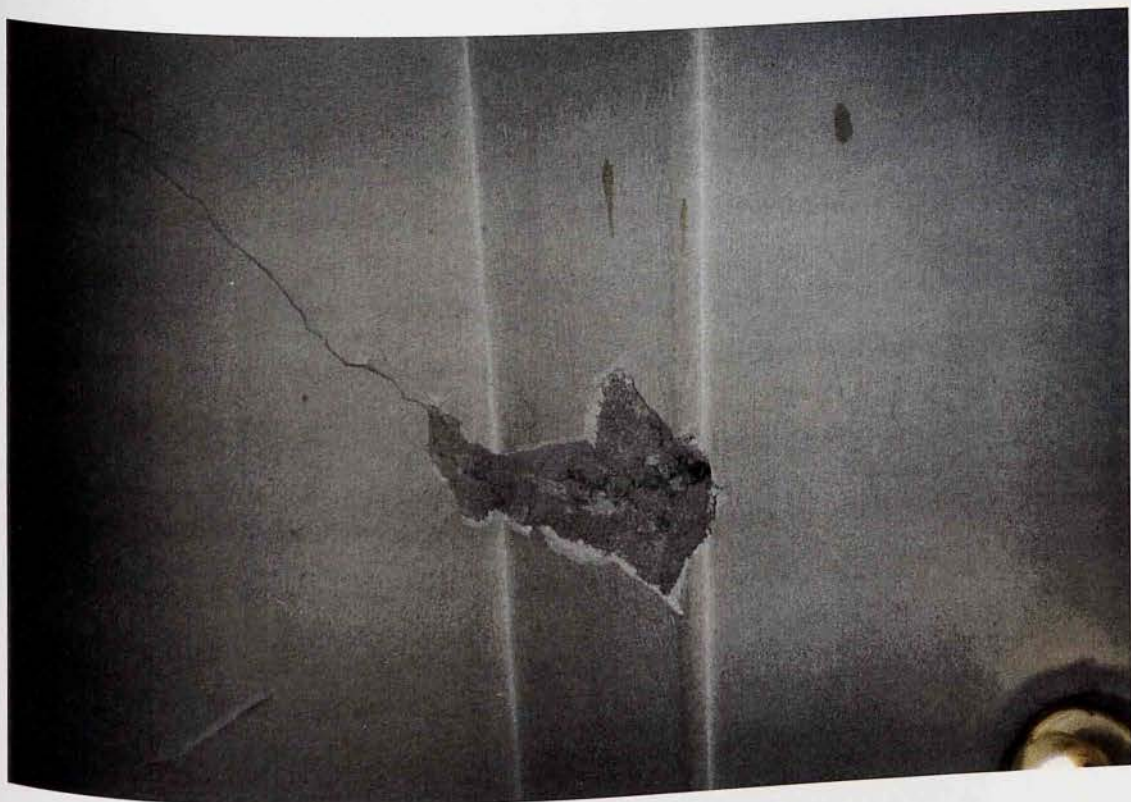
Στα σημεία αυτά η πρώτη στρώση πεταχτού που θα καλύψει το πλέγμα θα περιέχει μόνο τσιμέντο και άμμο.

6.3. ΕΙΚΟΝΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Εικόνα 1: Τοιχίο ανελκυστήρα

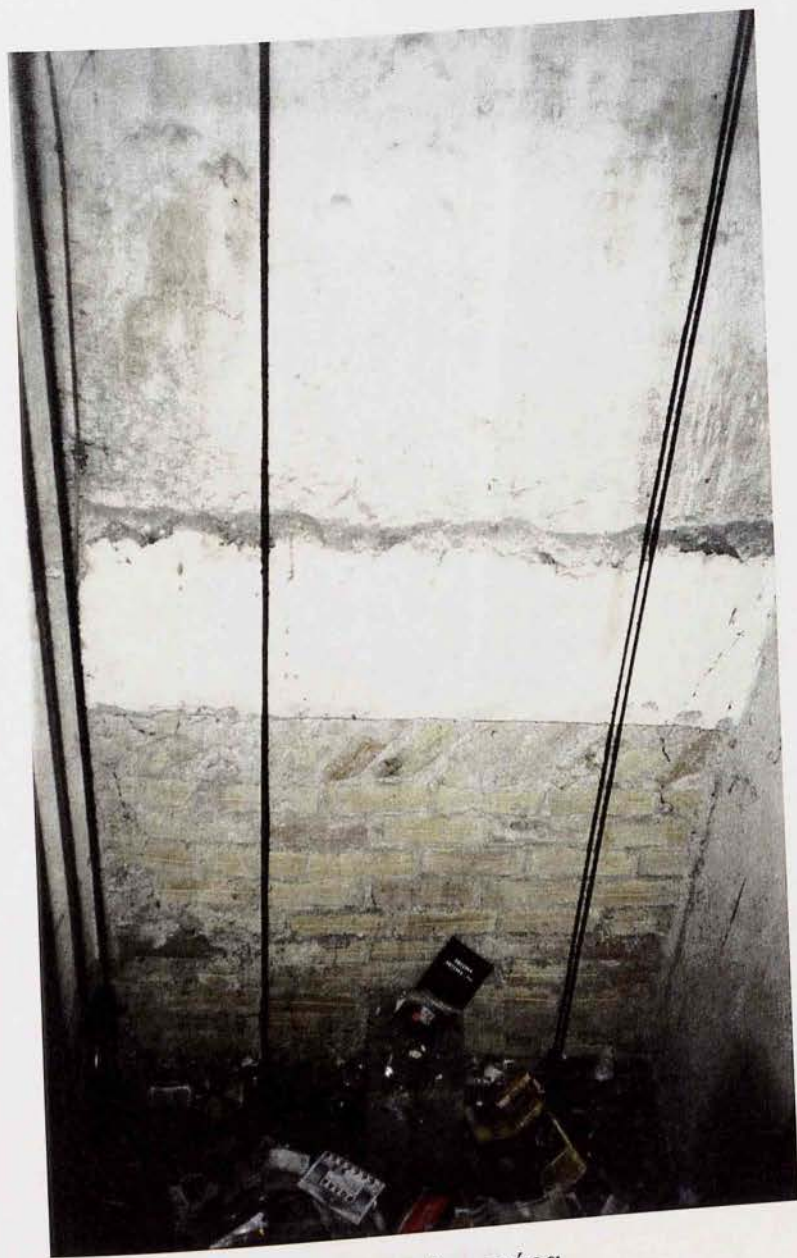
Η πλάτη του τοιχίου δεν θεμελιώνεται



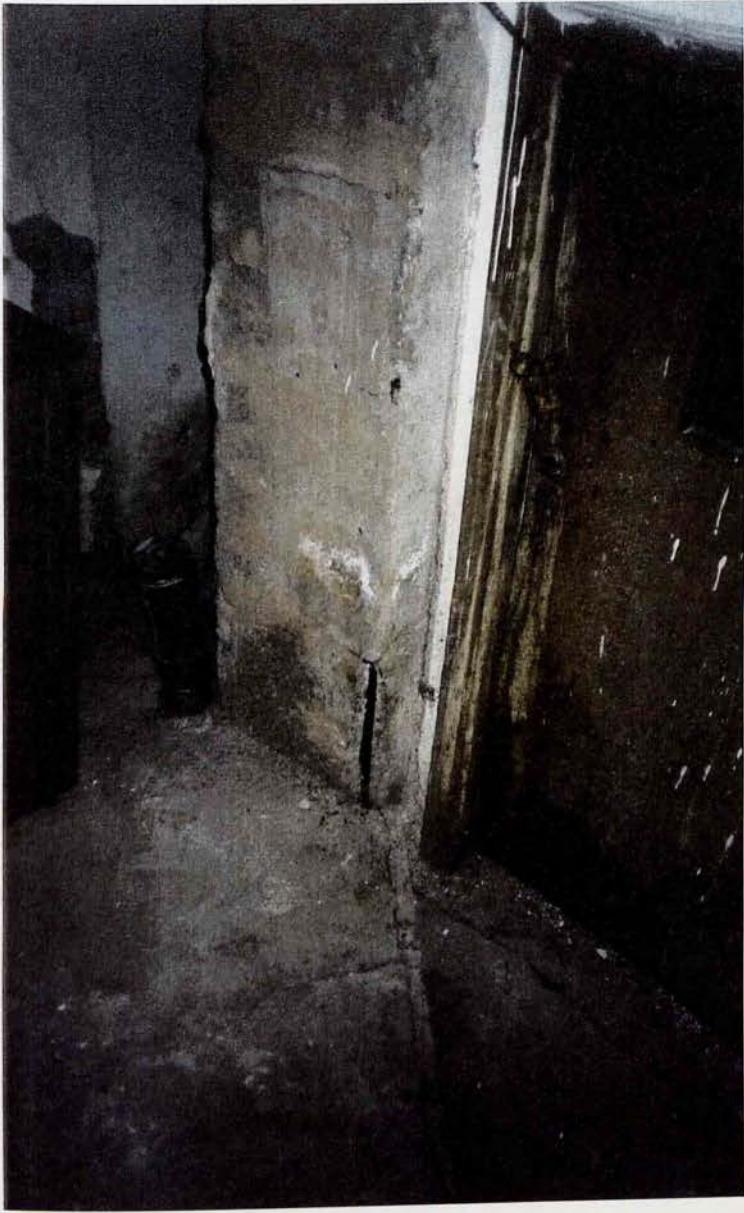
Εικόνα 2 : Υποστύλωμα Ισογείου Κ27



Εικόνα 3 : Τοιχοποιία Ισογείου



Εικόνα 4 : Φρέατιο Ανελκυστήρα



Εικόνα 5 : Δάπεδο Υπογείου.

Υποστύλωμα Κ12



Εικόνα 6 : Το δάπεδο Υπογείου έχει υποχωρήσει.
Διακρίνεται το σενάζ



Εικόνα 7 : Σκάλα Ισογείου – Α΄ ορόφου

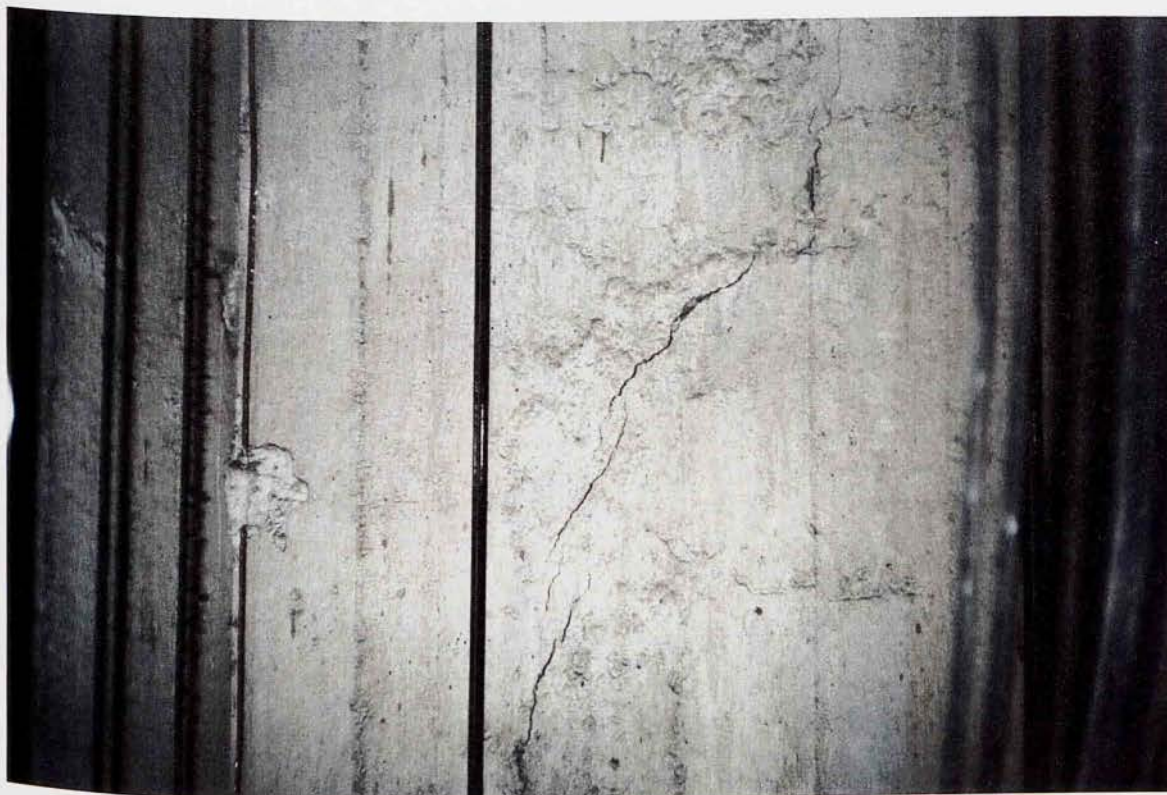


Εικόνα 8 : Τοιχίο σκάλας Ισογείου



Εικόνα 9: Δάπεδο Υπογείου.

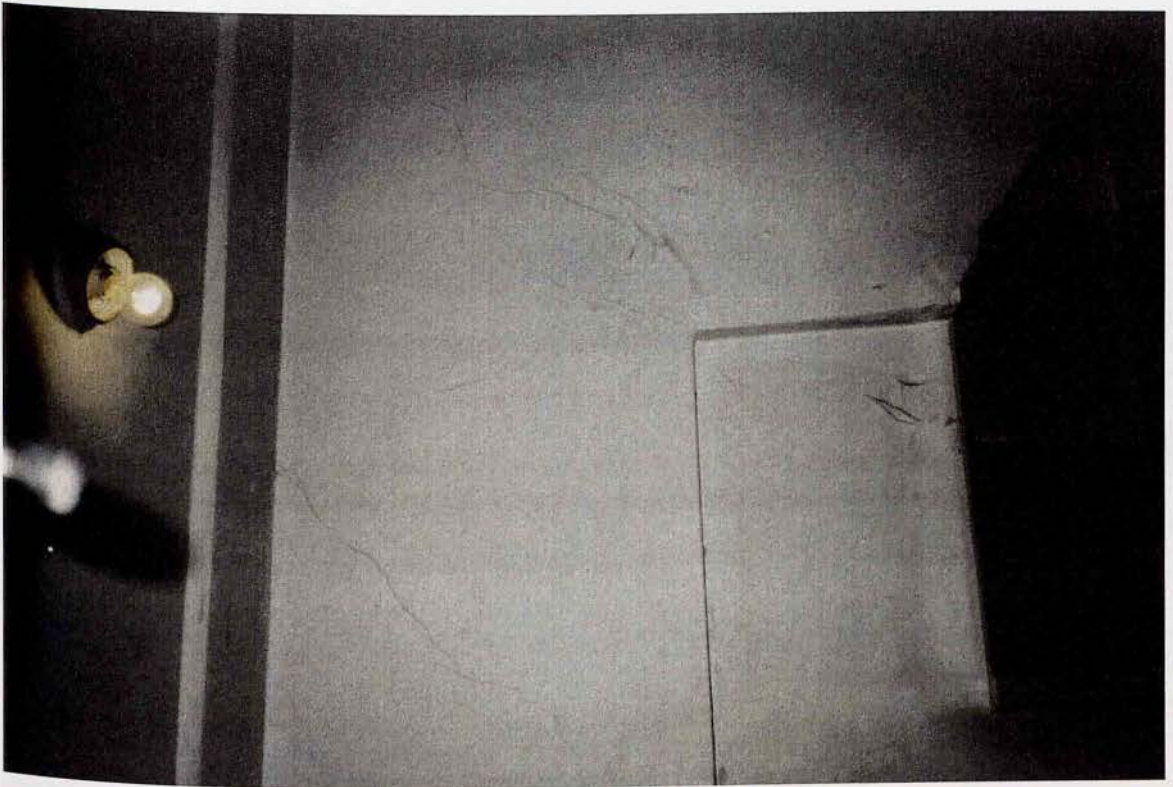
Τοιχοποιία Υπογείου



Εικόνα 10 : Τοιχίο Ανελκυστήρα (Ισόγειο)

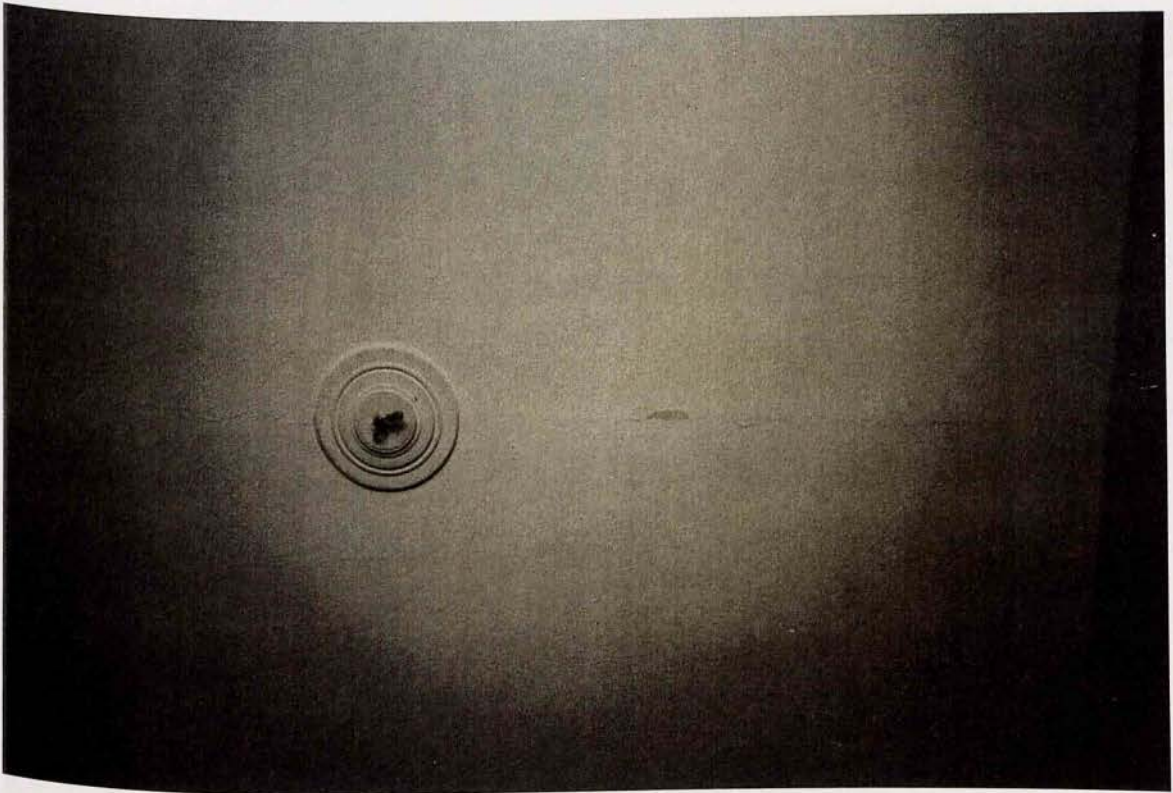


Εικόνα 11 : Τοιχοποιία Υπογείου

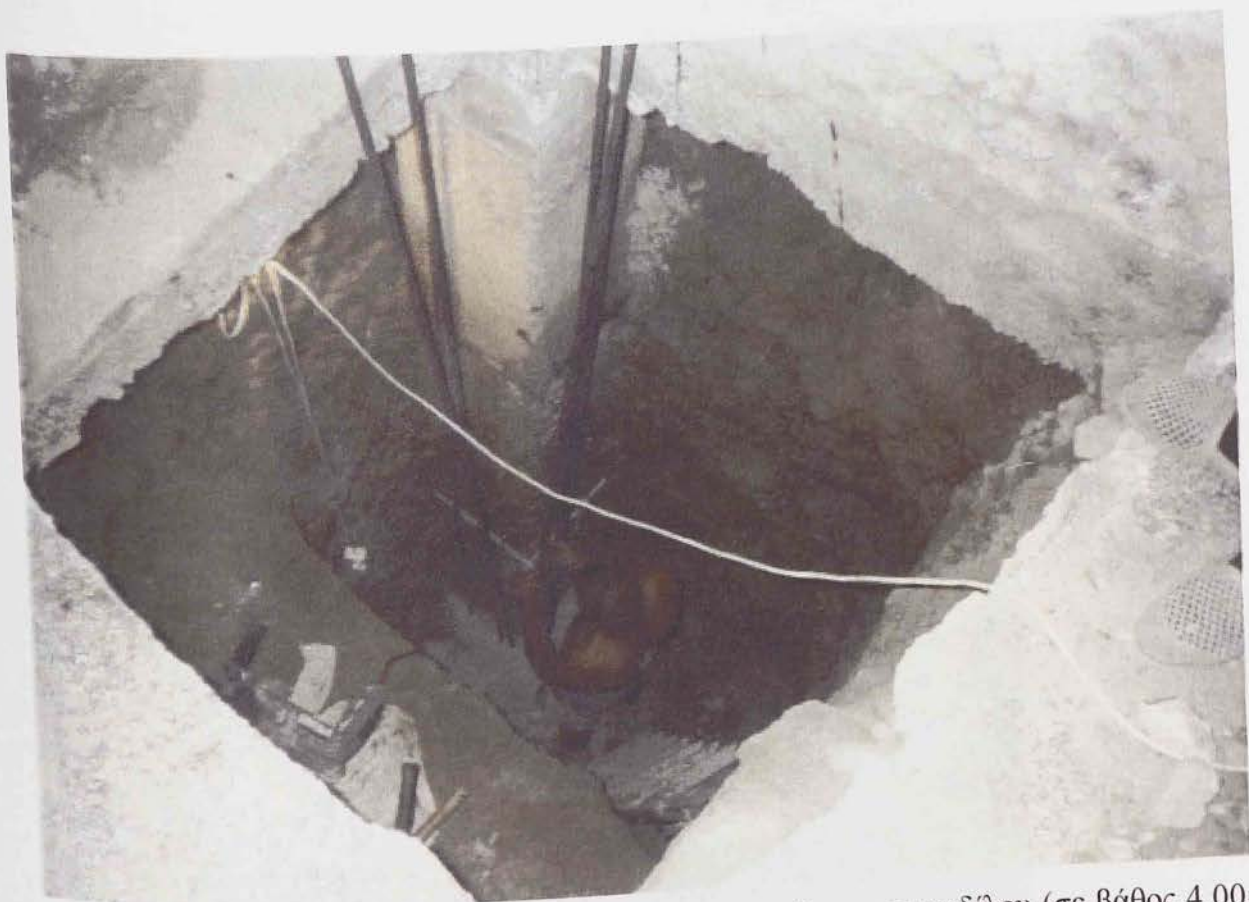


Εικόνα 12: Τοιχοποιία σκάλας και υποστύλωμα K27

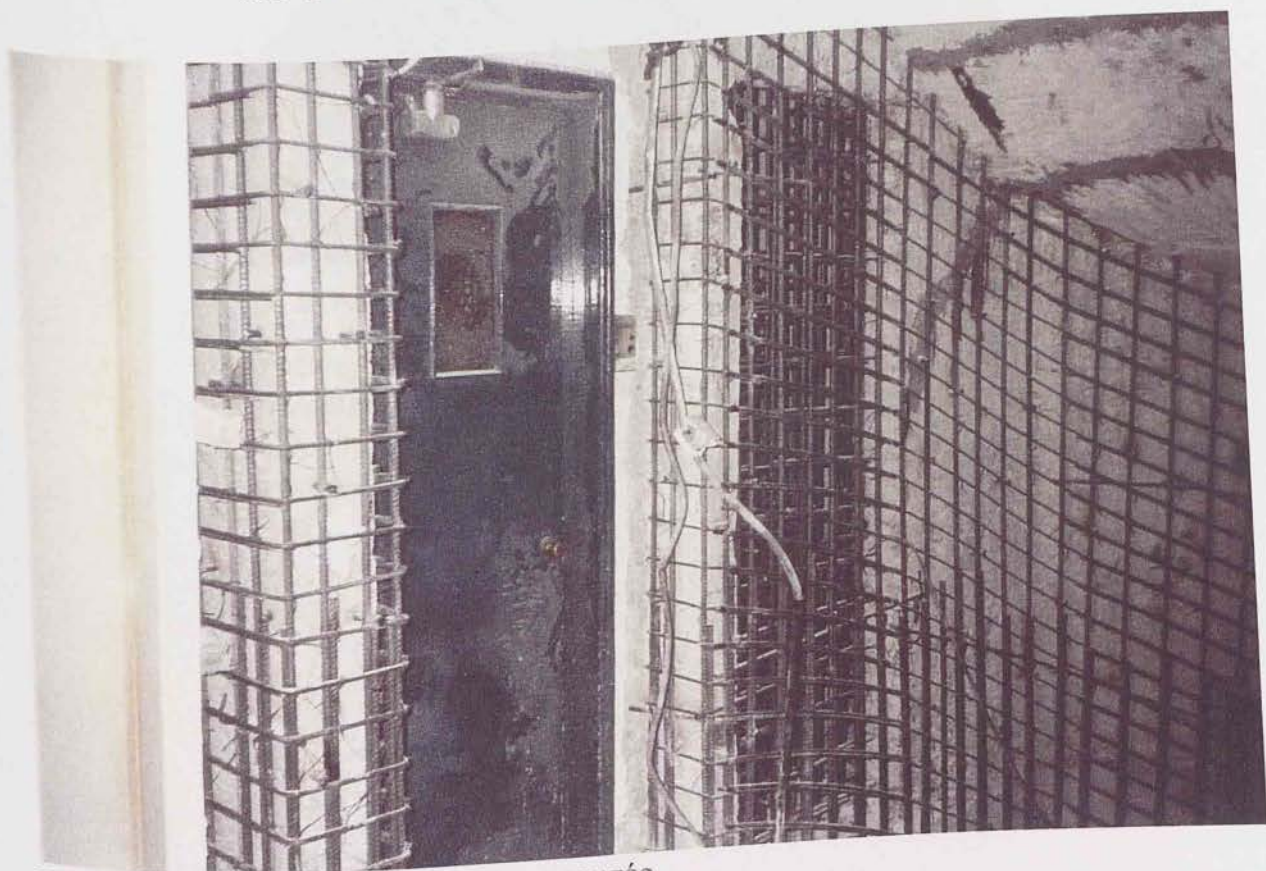
Υπόγειο - Ισόγειο



Εικόνα 13: Πλάκα οροφής ισογείου



Εικόνα 14: Κατασκευή μανδύα μέχρι το λαιμό υπάρχοντος πεδίου (σε βάθος 4,00μ από το δάπεδο του υπογείου).



Εικόνα 15: Τοιχίο σκάλας και ασανσέρ.
Κλείσιμο παρανόμως διανοιχθείσας πόρτας σε κουζίνα διαμερίσματος
ισογείου.



Εικόνα 16: Οροφή Ισογείου.

Τοιχίο σκάλας και τοιχίο K17

Κλείσιμο παράνομου παραθύρου σε φρεάτιο κλιμακοστασίου.

Προσθήκη δοκού μεταξύ τοιχίου σκάλας και K17, καθότι δεν είχαν κατασκευασθεί τα δοκάρια Δ16 και Δ30 του ξυλοτύπου οροφής ισογείου του κτιρίου.



Εικόνα 17: Υποσύλωμα ισογείου Κ8



Εικόνα 18: Τοιχίο σκάλας

Βλήτρα ανά 30cm για δέσιμο μανδύα με υπάρχον τοιχίο.
Στις ματίσεις οπλισμών έγινε ηλεκτροσυγκόλληση



Εικόνα 19: Τοιχίο σκάλας

Διακρίνεται η ρωγμή στην οποία έγινε η ρητινένεση πριν την κατασκευή του μανδύα. Η ρωγμή οφείλεται στην διάνοιξη του παραθύρου.



Εικόνα 20: Υποστύλωμα Κ19



Εικόνα 21: Δάπεδο Υπογείου.

Ο μανδύας προεκτείνεται μέχρι το λαιμό του υπάρχοντος πεδίου.
Τα τσέρκια βλητρώνονται στο υπάρχον τοιχίο του υπογείου με χρήση εποξειδικής ρητίνης.



Εικόνα 22: Τοιχίο σκάλας.

Κλείσιμο παρανόμως διανοιχθέντος παραθύρου.
Τοπική αποξήλωση μαρμαρόστρωσης ώστε ο μανδύας να έρθει σε επαφή με το Beton.



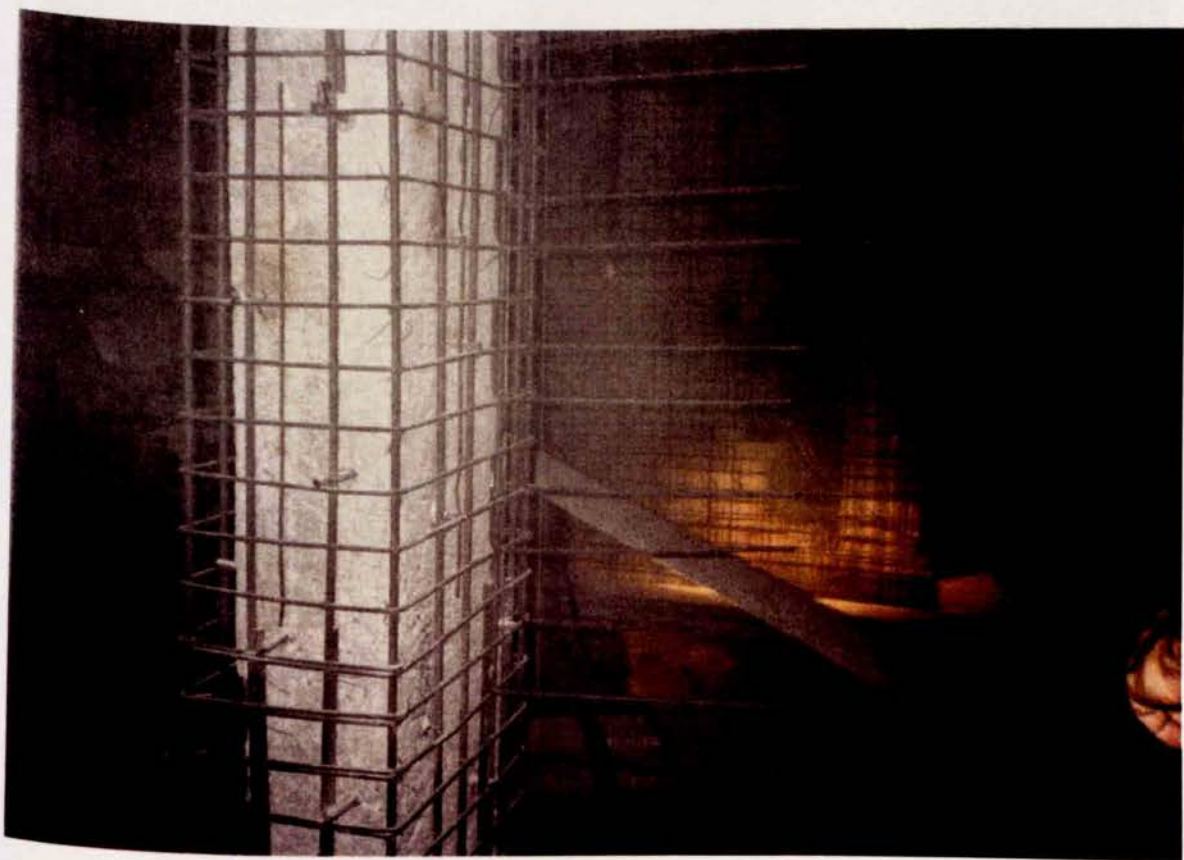
Εικόνα 23: Υποσύλωμα K18

Δεν υπάρχουν συνδετήρια δοκάρια
Βρέθηκαν μόνο περιμετρικά συνδετήρια δοκάρια τύπου σενάζ
διατομής 40/25 σε δάπεδο υπογείου.



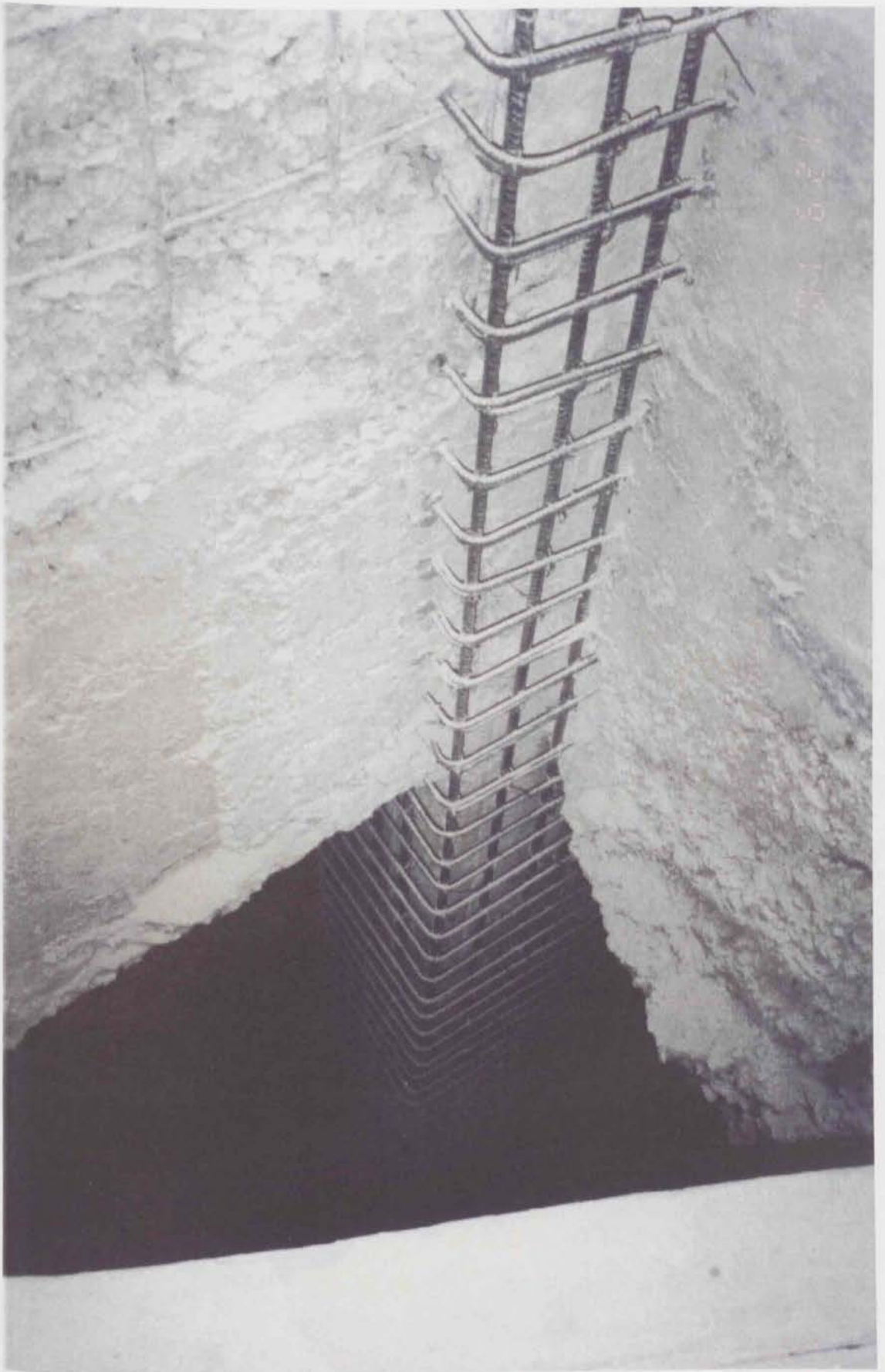
Εικόνα 24: Υποστύλωμα και τοιχίο υπογείου.

Ως επί τον πλείστον το υπόγειο δεν διαθέτει περιμετρικά τοιχία αλλά παλαιά λιθοδομή. Κατασκευάστηκε μανδύας Ο/Σ πάνω στην υπάρχουσα λιθοδομή με διπλή σχάρα οπλισμών Φ10/20 (ώστε να κατασκευασθεί το τοιχίο που δεν υπάρχει) .

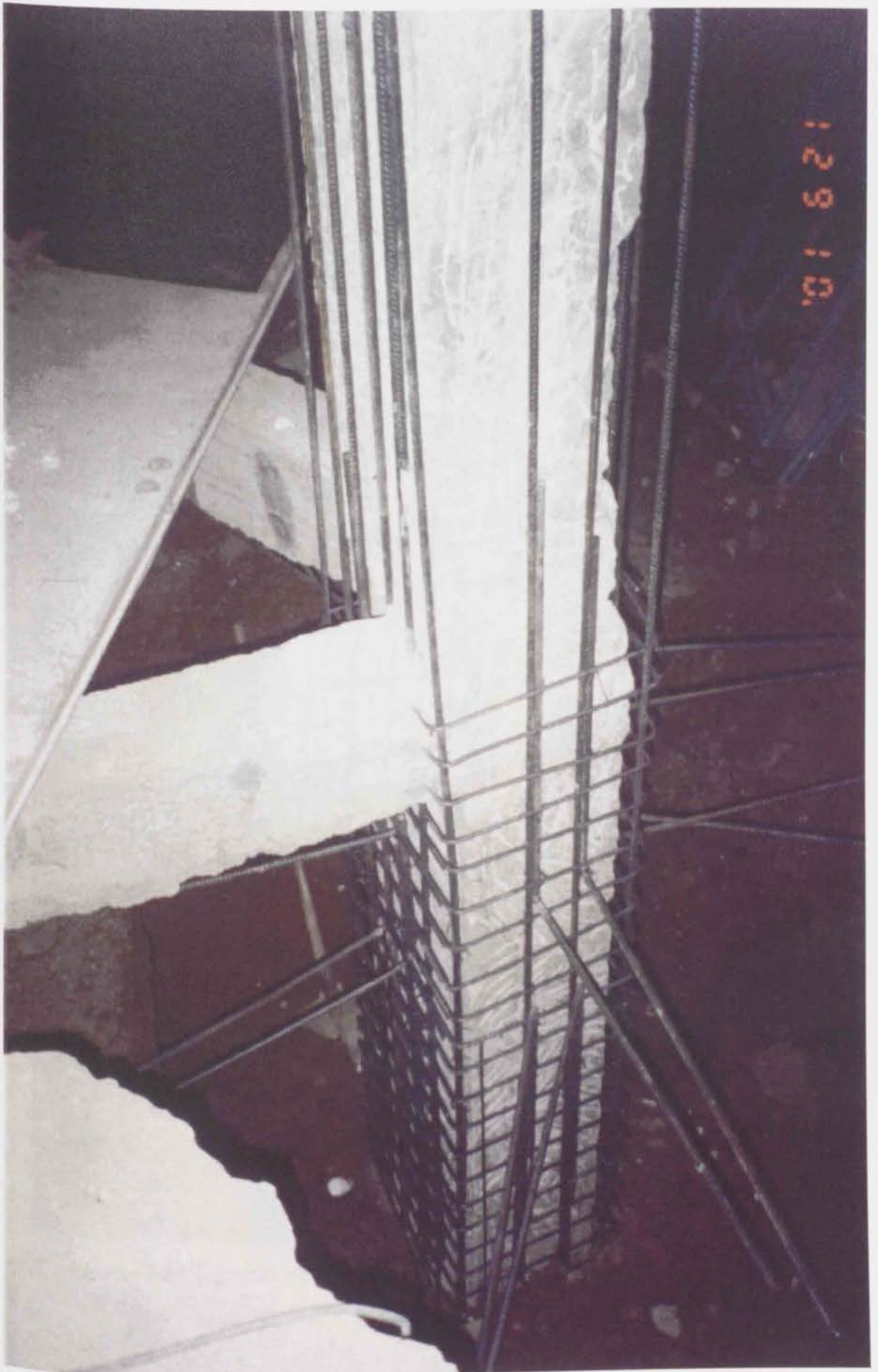


Εικόνα 25: Υποστύλωμα Υπογείου.

Επισημαίνεται το διπλό κλείσιμο του συνδετήρα (όχι δέσιμο στο ίδιο σίδηρο).



Εικόνα 26:Υπόγειο - Θεμελίωση



Εικόνα 27: Υπόγειο – Θεμελίωση

Διακρίνονται οι αναμονές για κατασκευή συνδετήριων δοκών.



Εικόνα 28: Τοιχίο καταφυγίου K20

Διακρίνονται οι βλάβες – φθορές στο υπάρχον υποστύλωμα



Εικόνα 29: Υποστύλωμα K18

Διακρίνεται η σκάλα εξόδου προς την οδό Σχινά η οποία καθαιρέθηκε εν μέρει.

Επίσης οι μετρητές ΔΕΗ μεταφέρθηκαν για να κατασκευασθεί το τοιχίο υπογείου.



Εικόνα 30: Τοιχίο Υπογείου

Μανδύας εκτοξευόμενου σκυρόδεματος σε παλαιά λιθοδομή.

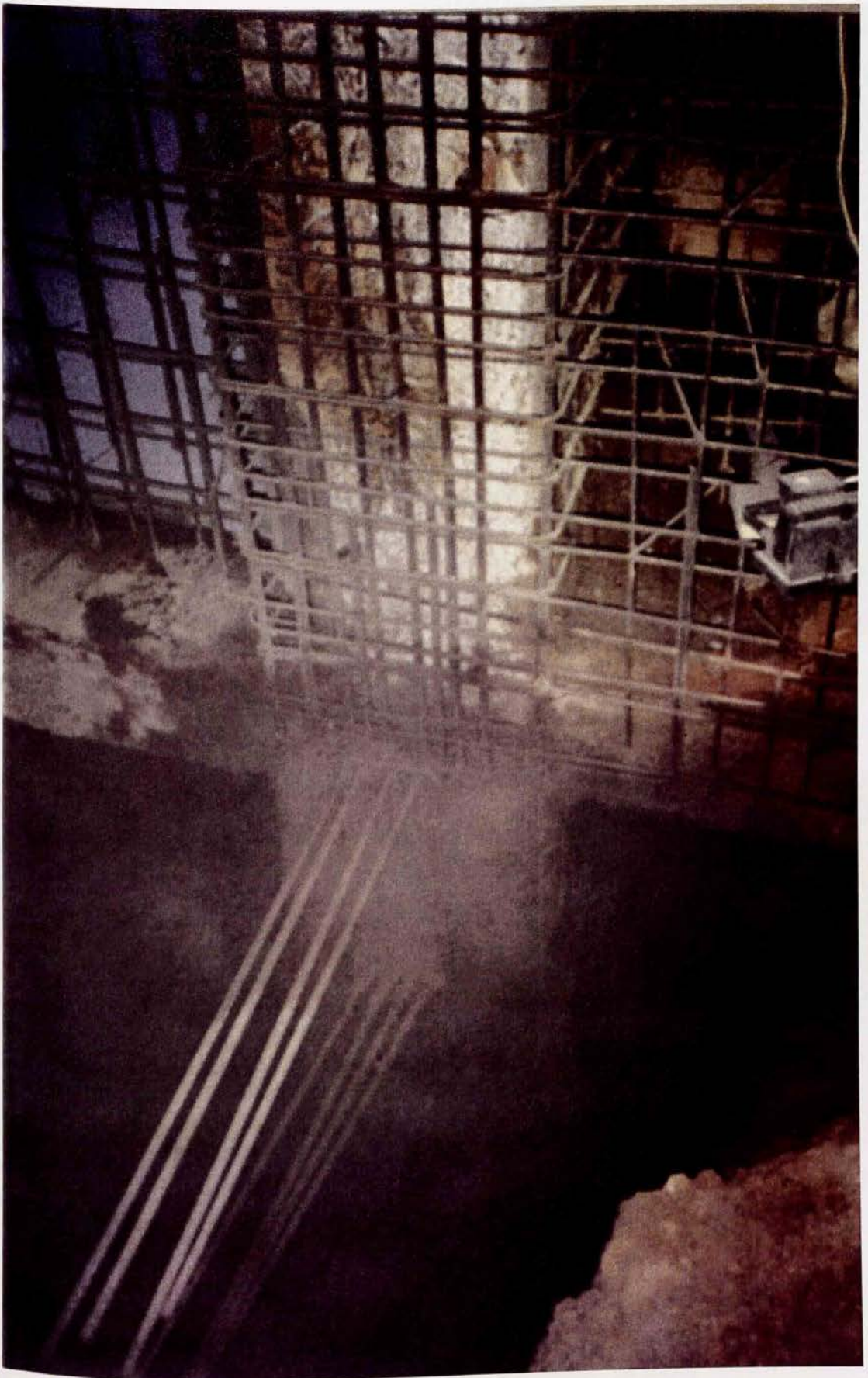


Εικόνα 31: Υποστύλωμα και αναμονές για συνδετήρια δοκό.
Στιγμή σκυροδέτησης.



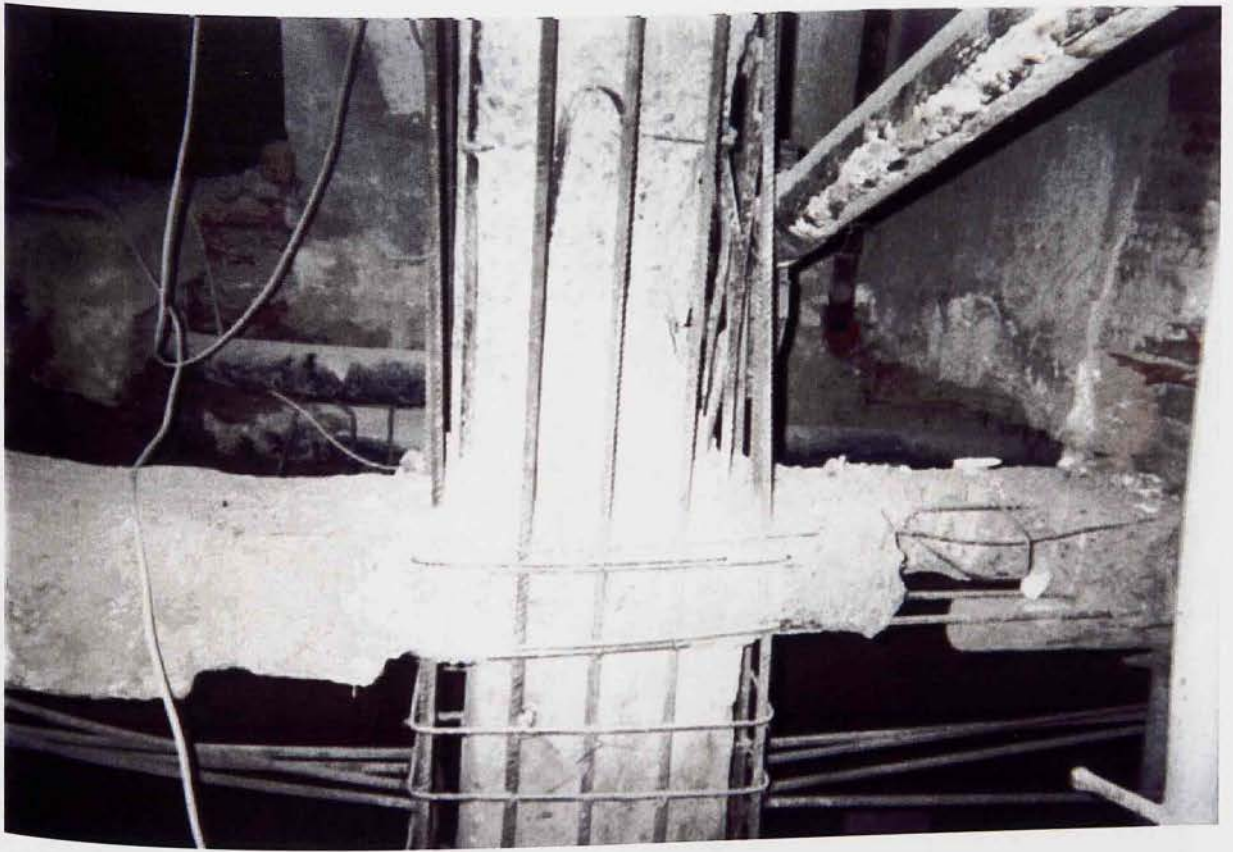
Εικόνα 32: Τοιχίο Υπογείου

Τοπική αποξήλωση παλιάς λιθοδομής για κατασκευή μανδύα υποστυλώματος.



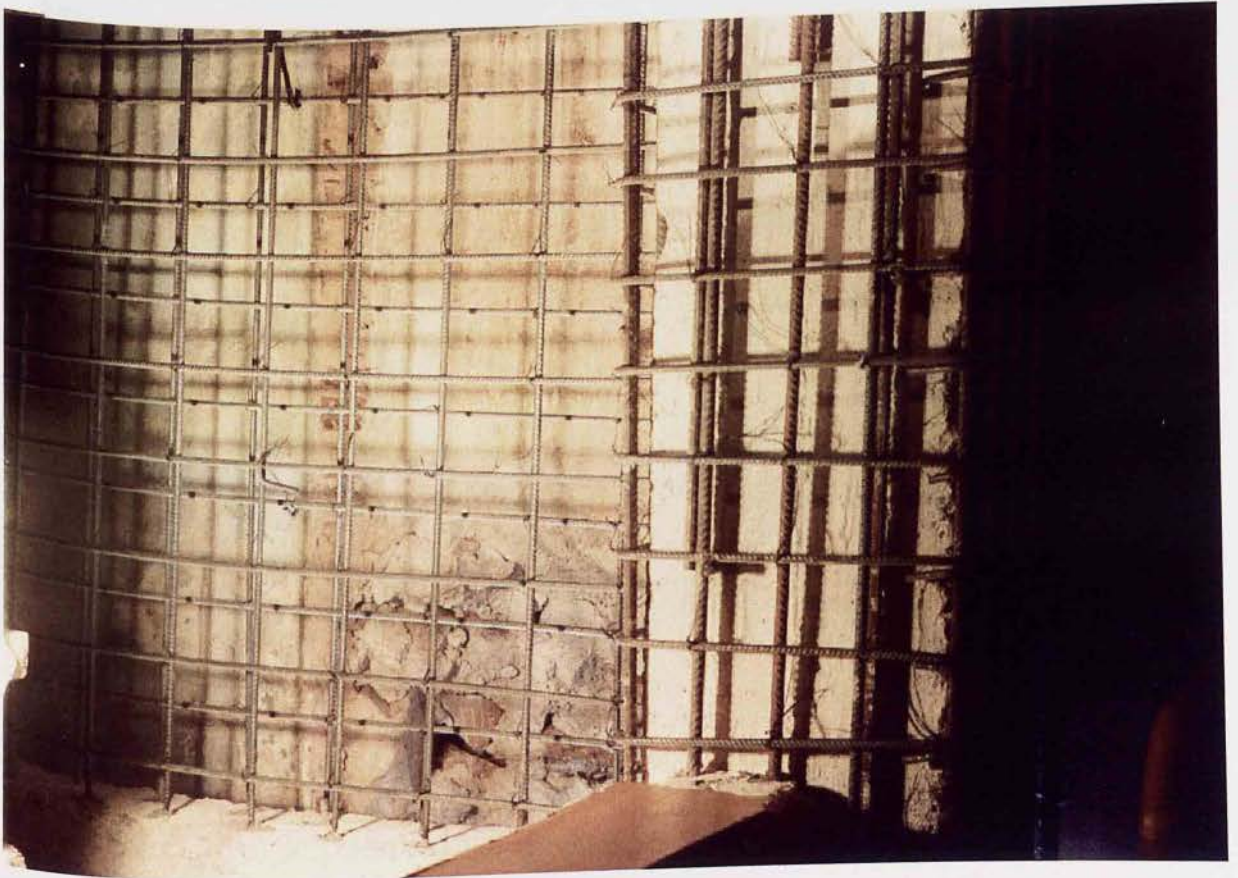
Εικόνα 33: Υπόγειο

Αναμονές για συνδετήρια δοκό

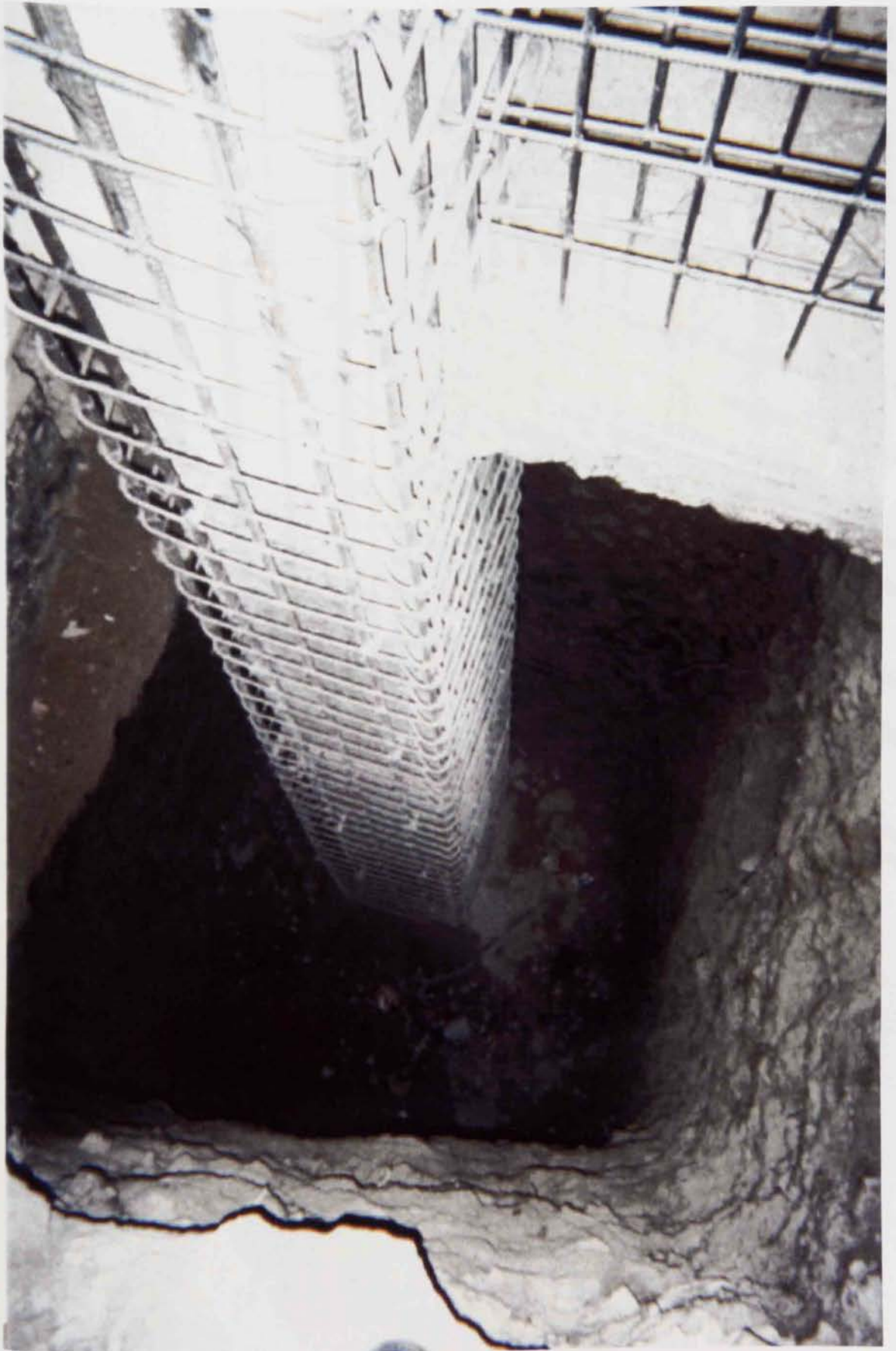


Εικόνα 34: Υπόγειο

Υποστύλωμα K20.



Εικόνα 35: Τοιχίο Υπογείου.



Εικόνα 36: Αγκύρωση μανδύα σε υπάρχον πέδιλο.

Διακρίνονται τα γυρίσματα των τσερκιών με γωνία 45° .



Εικόνα 37: Τοίχιο Υπογείου



Εικόνα 38 Υποστύλωμα Ισογείου.

Σιδέρωμα μανδύα



Εικόνα 39:Υποστύλωμα Υπογείου.

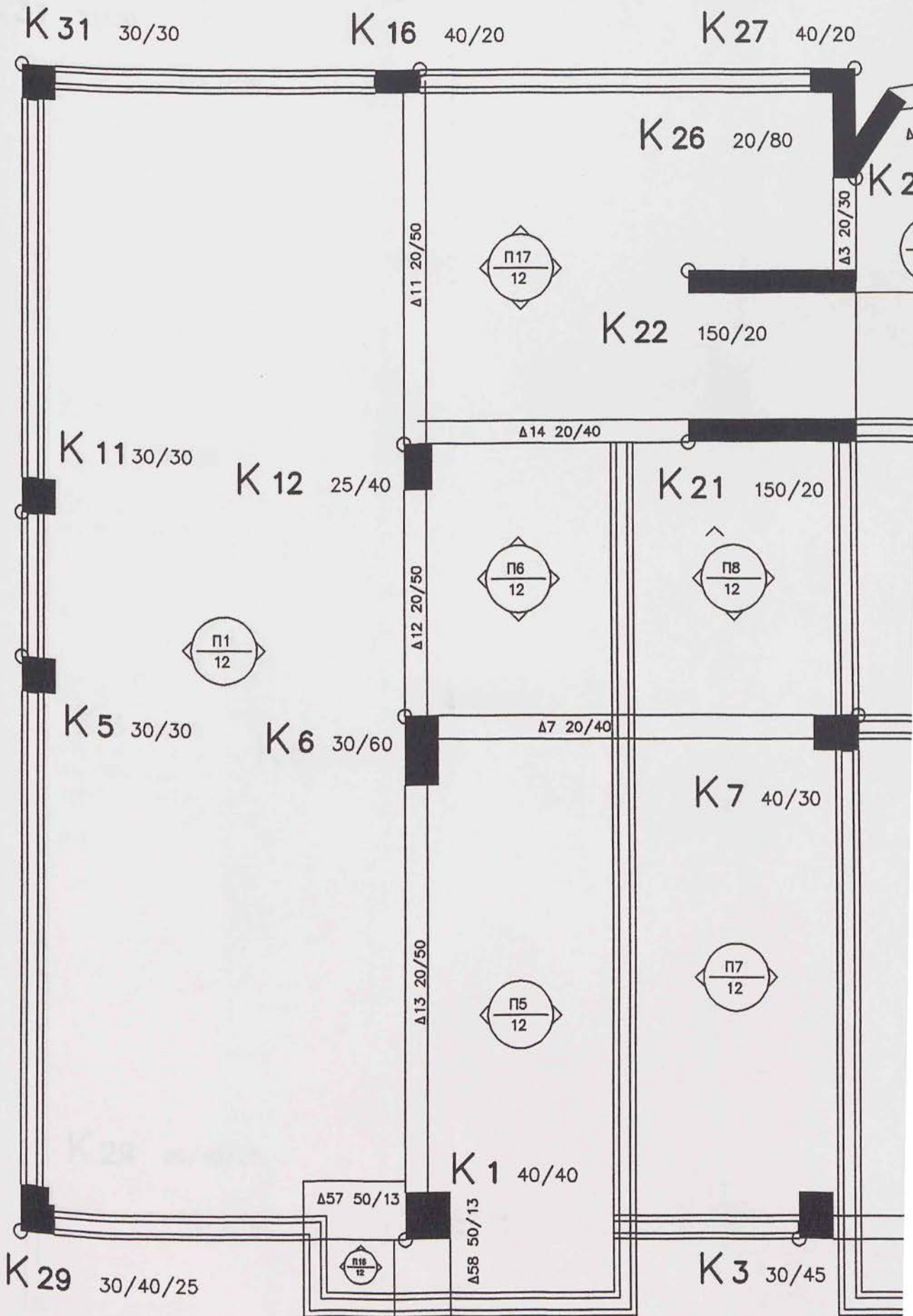


Εικόνα 40: Υποστύλωμα Υπογείου K12.

ΣΧΟΛΙΟ: Μια πολύ σοβαρή αστοχία που παρατηρήθηκε στο υποστύλωμα K12 δεν ήταν εμφανής εξαρχής. Κατά την διάρκεια των εργασιών χρειάστηκε να γκρεμιστούν κάποιες τοιχοποιίες. Μία απ' αυτές ήταν αυτές που βρίσκονταν εκατέρωθεν του υποστυλώματος K12 στο δάπεδο του υπογείου. Το υποστύλωμα είχε διατομή 40X25. Όμως από το δάπεδο του υπογείου και άνω παρουσίαζε μια εκκεντρότητα 10-15cm ως προς το υπόλοιπο υποστύλωμα που έρχεται από τη θεμελίωση. Στο υποστύλωμα αυτό δύο από τους διαμήκεις οπλισμούς του είχαν εισέλθει σε αστοχία λυγισμού.

6.4. Ξυλότυποι υπάρχοντος κτιρίου και ενισχύσεων

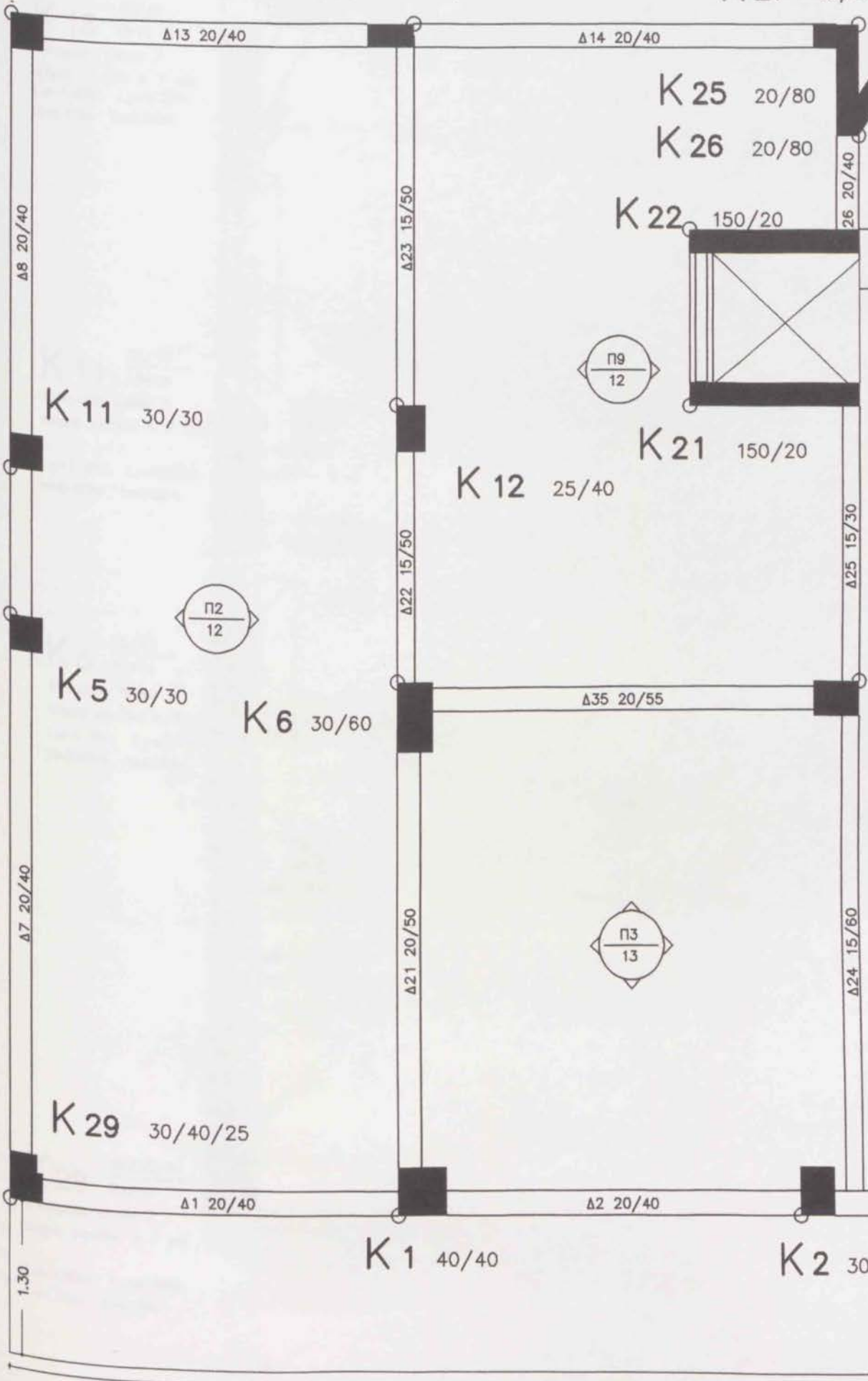
Ακολουθούν οι ξυλότυποι του υπάρχοντος κτιρίου καθώς και οι ξυλότυποι των ενισχύσεων. Υπάρχουν και οι λεπτομέρειες των υποστυλωμάτων σε κάθε στάθμη.



K 31 30/30

K 16 40/20

K 27 40/20



K 16 $\frac{55/35}{9\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=2.00m Ly=1.80m
 H=0.60m h=0.20m

K 27 $\frac{55/2}{12\Phi 16}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=2.15m Ly=2.50m
 H=0.60m h=0.20m

K 15 $\frac{35/45}{8\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=1.30m Ly=2.15m
 H=0.65m h=0.25m

K 26 $\frac{25/95}{12\Phi 16}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=1.90m Ly=2.50m
 H=0.60m h=0.20m

K 12 $\frac{40/55}{14\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=2.05m Ly=2.20m
 H=0.70m h=0.25m

K 11 $\frac{35/45}{10\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=1.15m Ly=2.00m
 H=0.60m h=0.20m

$\Phi 10/15$

$\pi 4\Phi 16, \kappa 4\Phi 16$
 $\Delta 39 \ 25/70, 2\Phi 12$

K 5 $\frac{35/45}{10\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=1.15m Ly=2.00m
 H=0.60m h=0.20m

$\Phi 10/15$

$\pi 4\Phi 16, \kappa 4\Phi 16$
 $\Delta 40 \ 25/70, 2\Phi 12$

K 6 $\frac{45/75}{16\Phi 16}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=2.30m Ly=2.60m
 H=0.85m h=0.30m

$\Phi 10/13$

$\pi 7\Phi 18, \kappa 7\Phi 18$
 $\Delta 41 \ 25/70, 2\Phi 12$

K 21 $\frac{165/35}{28\Phi 16}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=3.25m Ly=1.95m
 H=0.75m h=0.25m

$\Phi 10/14$

$\pi 4\Phi 16, \kappa 4\Phi 16$
 $\Delta 51 \ 25/70, 2\Phi 12$

K 7 $\frac{55/45}{14\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=2.10m Ly=2.00m
 H=0.60m h=0.20m

K 29 $\frac{35/45/30}{20\Phi 16}$

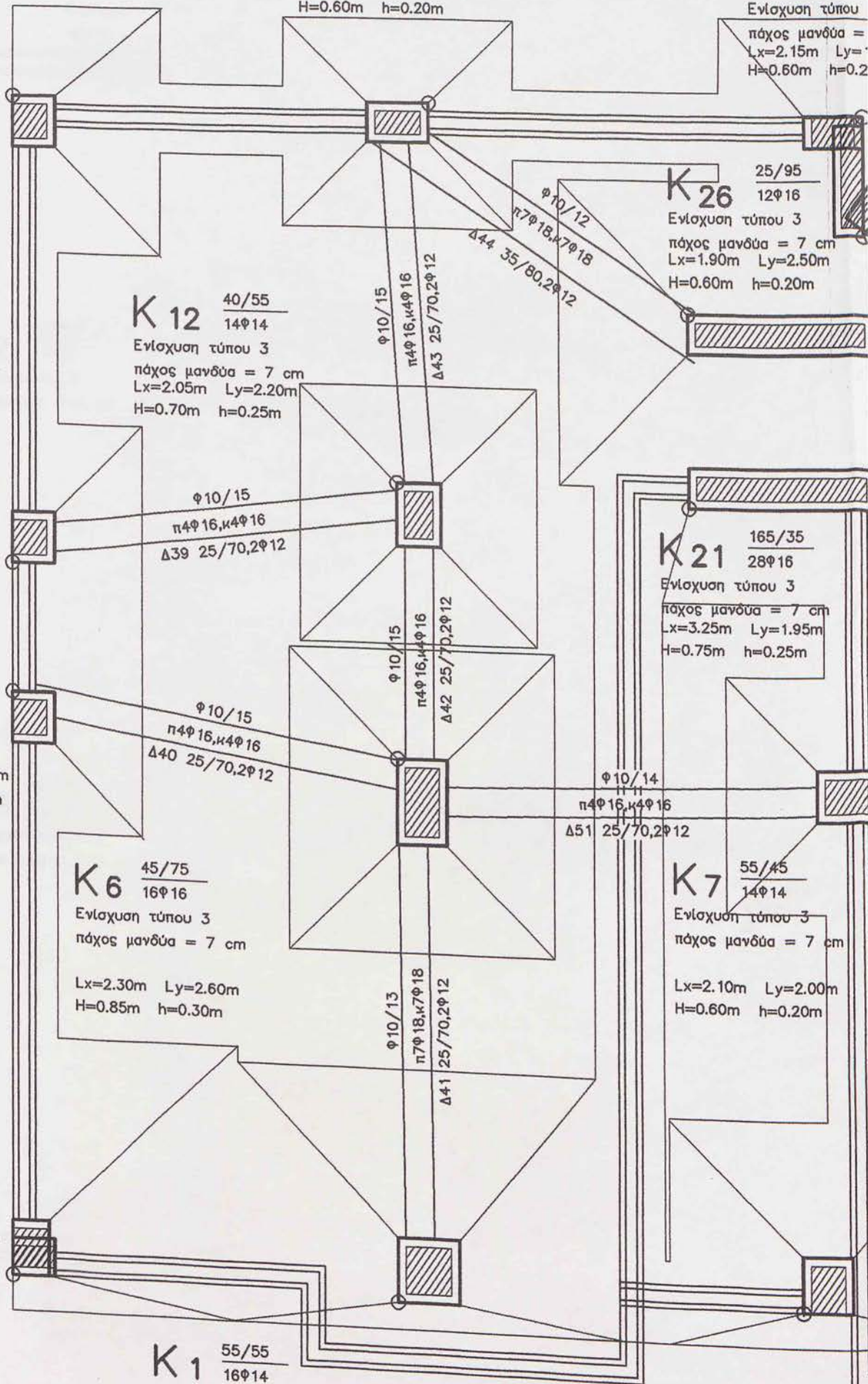
Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=1.95m Ly=2.35m
 H=1.00m h=0.35m

K 1 $\frac{55/55}{16\Phi 14}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=3.40m Ly=2.20m

K 2 $\frac{45/45}{10\Phi 16}$

Ενίσχυση τύπου 3
 πάχος μανδύα = 7 cm
 Lx=2.70m Ly=1.90m



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γ.Γ. ΠΕΝΕΛΗΣ-Α.Ι. ΚΑΠΠΙΟΣ, “Αντισεισμικές κατασκευές από σκυρόδεμα”.
2. Τεύχος Τ.Ε.Ε 2169, “Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια”.
3. Σ.Η. ΔΡΙΤΣΟΣ, “Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα”.
4. Βιβλίο Ε.Μ.Π, “Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό”.
5. Βιβλίο Α.Π.Θ, “Σεμινάριο για τις επισκευές κτιρίων με ζημιές από σεισμό”
6. ΤΑΣΙΟΣ Θ., “Επισκευές μετά το σεισμό”.
7. ΥΠΕΧΩΔΕ, “Οδηγίες για επισκευή του φέροντος οργανισμού κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με βλάβες από σεισμό”.
8. Βιβλίο Α.Π.Θ, “Επισκευή ζημιών από σεισμό σε κτίρια”.
9. Άδεια Επισκευών υπ’ αριθμόν 213/18-10-2000 ΤΑΣ ΑΘΗΝΩΝ κτιρίου Λεωφ. Αλεξάνδρας 23 & Σχινά.
10. ΥΠΕΧΩΔΕ (1995) Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων “Κανονισμός για την Μελέτη και την Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα”, Αθήνα.
11. Τριανταφύλλου Θ. (2000) “Ενισχύσεις Κατασκευών με σύνθετα Υλικά Υπολογισμοί”, Δελτ.Συλ.Πολ.Μηχ., No 275.
12. UNDR/UNIDO, (1983), “Repair and strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick Masonry Buildings” Building Construction Under Seismic Conditions in the Balcan Regions, Vol.5, Vienna.
13. Frangou M., Pilakoutas K., Dritsos S., (1993), “Repair/Strengthening of Columns by a simple Localized Strengthening Technique” Proc. Of 5th International Conference on Stuctural Failts and Repair, Edinburgh.
14. Dritsos S., Pilakoutas K., (1992), “Composite Technique for Repair/Strengthening of R.C. members”, Proc. Of 2nd International Symposium on Composite Materials and Structures, Beiging, China.
15. Dritsos S., Georgopoulos T., Pilakoutas K., (1993), “Exterimental Study on a Composite Technique for Repair/Strengthening of R.C. columns”, Proc. Of 5nd International Conference of Structural, Faults and Repair, Edinburgh.
16. ΥΠΕΧΩΔΕ, (1997), Γεν. Γραμ. Δημ. Έργων “Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος -97” Υπ. Αποφ. Δ14/19164, 28-3-97, ΦΕΚ 315B/17-4-97.
17. CEN Tech. Com., 250/SC8 Euro code 8-Part 1.4, (1996), “Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: Strengthening and Repair of Buildings”, prENV 1998-1-4., Brussels.