

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ – ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Δρ. Παπαλού Αγγελική

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΝΙΚΗΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΦΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Έχοντας ολοκληρώσει πλέον την Πτυχιακή μας Εργασία, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την Εισηγήτρια και Επιβλέπουσα της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας Δρ. Παπαλού Αγγελική, Πολιτικό Μηχανικό και Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, καταρχάς για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε με την ανάθεση της παρούσας εργασίας, για την πολύτιμη και διαρκή βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της Πτυχιακής Εργασίας, καθώς και για την αμέριστη υποστήριξη και την υπομονή της σε όλες τις φάσεις της Πτυχιακής μας Εργασίας.

Ακόμη, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερω τον κύριο Χρήστου Ζαχαρία, υπεύθυνο του εργαστηρίου σκυροδέματος για την φιλοξενία και την καθοδήγηση του στο εργαστηριακό μέρος της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας.

Πάτρα, Μάρτιος 2020

Νικητόπουλος Αναστάσιος

Φαρόπουλος Ηλίας

Χατζηνικολάου Νικόλαος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία, που εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πανεπιστημίου Πελοποννήσου στη Πάτρα, περιλαμβάνει την μελέτη αποκατάστασης βλαβών των μελών μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα καθώς και τρόπους ενίσχυσης τους .Η εκπόνηση αυτής της πτυχιακής περιλαμβάνει επίσης και ένα πειραματικό μέρος που αφορά την ενίσχυση μελών μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα επικολλώντας φύλλα/ελάσματα από διαφορετικά υλικά. Η αποδοτικότητα της ενίσχυσης αυτής προσδιορίζεται, συγκρίνοντας την αντοχή των μελών της κατασκευής με ή χωρίς την επικόλληση των φύλλων/ελασμάτων.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κείμενου, έχουμε δε αναφέρει στη Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα.

Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές:

ΝΙΚΗΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΦΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	6
ΓΕΝΙΚΑ	6
1.1 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	6
1.1.1 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	6
1.1.2 ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ.....	10
1.2 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	12
1.3 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ.....	13
1.4 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ	15
1.5 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΠΥΡΚΑΓΙΑ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	21
ΓΕΝΙΚΑ	21
2.1 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ	21
2.2 ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	22
2.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.....	22
2.4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	23

2.5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	25
2.6 ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	28
2.7 ΕΠΙΣΚΕΥΗ Κ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΚΩΝ	37
2.8 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ.....	40
2.9 ΤΕΧΝΙΚΗ ΧΙΑΣΤΙ ΚΟΛΑΡΩΝ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	43
3.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	43
3.2 ΔΟΚΙΜΕΣ	60
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	69
3.3.1 ΞΥΛΟ	69
3.3.2 FRP	71
3.3.3 ΧΑΛΥΒΑΣ.....	73
3.3.4 ΔΟΚΟΣ 75-10-15 ΧΩΡΙΣ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΟ	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	78
4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ-ΕΙΚΟΝΩΝ.....	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Οι βλάβες σε κατασκευές από σκυρόδεμα είναι αναπόφευκτες (πχ λόγω σεισμού) λόγω της ψαθυρότητας του υλικού. Ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ο.Α.Σ.Π. ,1999) αποδέχεται τις βλάβες στους φέροντες οργανισμούς μιας κατασκευής κατά τη δράση του σεισμού , εφόσον δεν κινδυνεύει η ζωή των ανθρώπων.

Ο σημαντικότερος παράγοντας για μια κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος είναι η σωστή εφαρμογή της μελέτης του κάθε έργου που αυτή γίνεται σύμφωνα με τους εκάστοτε ισχύοντες κανονισμούς .

Στην κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι πιο πιθανές βλάβες που μπορεί να εμφανιστούν στον δομικό φορέα μας και πιο συγκεκριμένα :

- Βλάβες στα Υποστυλώματα.
- Βλάβες στα Τοιχώματα.
- Βλάβες στους Κόμβους Δοκών Υποστυλωμάτων.
- Βλάβες σε Δοκούς.
- Βλάβες σε Πλάκες.

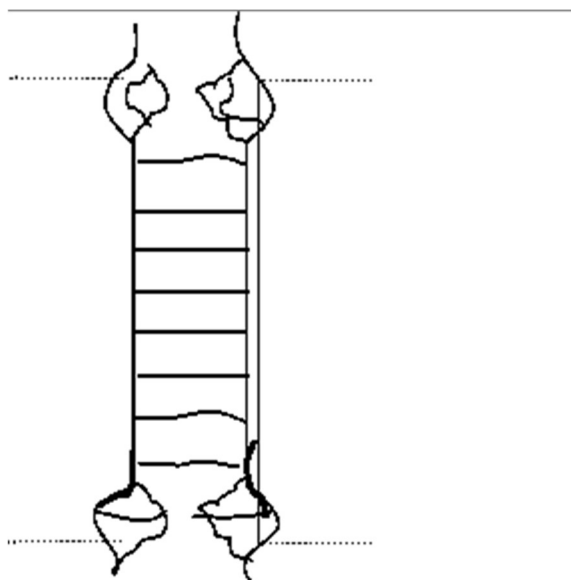
1.1 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1.1 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

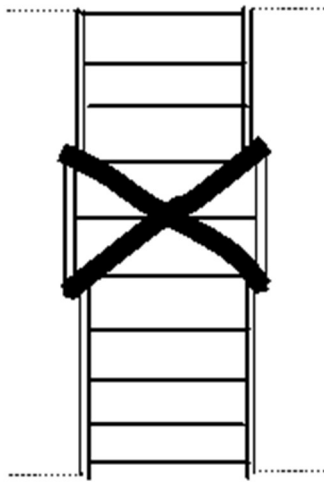
Τα υποστυλώματα είναι σημαντικά στοιχεία του δομικού φορέα μιας κατασκευής. Οι πιο συχνές βλάβες στα υποστυλώματα προέρχονται κυρίως από σεισμικές δράσεις. Σοβαρές βλάβες πρέπει να αντιμετωπίζονται άμεσα διότι η κατάρρευση

ενός υποστυλώματος μπορεί να προκαλέσει μερική ή ολική κατάρρευση μιας κατασκευής. Οι σεισμικές βλάβες στα υποστυλώματα μπορεί να είναι καμπτικές ή διατμητικές ανάλογα με τη μορφή που έχουν και το σημείο που εμφανίζονται. Καμπτικές βλάβες εμφανίζονται στα σημεία που αναπτύσσεται μεγάλη καμπτική ροπή. Αυτά τα σημεία είναι συνήθως η κορυφή και η βάση του υποστυλώματος. Στα αρχικά στάδια η βλάβη αυτή εμφανίζεται ως αποφλοίωση του σκυροδέματος. Σε μεγάλες καμπτικές ροπές σε συνδυασμό με ισχυρή αξονική δύναμη οι βλάβες είναι πολύ μεγάλες και περιλαμβάνουν αστοχία του πυρήνα του σκυροδέματος άνοιγμα των συνδετήρων και λυγισμός των διαμήκων ράβδων (Σχήμα 1).

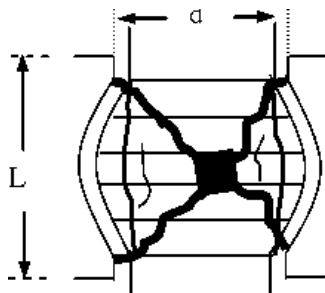
Διατμητικής μορφής βλάβες εμφανίζονται σε υποστυλώματα μέσης ή μικρής λυγηρότητας (κοντό υποστυλώμα) δηλαδή όταν $\frac{L}{2h} < 3,5$ όπου L το μήκος του υποστυλώματος και h το πλάτος του (Πενέλης 1999). Οι βλάβες αυτές έχουν χιαστί μορφή και είναι ψαθυρές (Σχήμα 2 και Σχήμα 3).



Σχήμα 1. Βλάβες υποστυλωμάτων Ισχυρή αξονική σύνθλιψη και εναλλασσόμενη καμπτική ροπή (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



Σχήμα 2.Βλάβες υποστυλωμάτων Ισχυρή αξονική σύνθλιψη και τέμνουσα (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



Σχήμα 3.Διατμητική αστοχία “ κοντού” υποστυλώματος (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Παρακάτω έχουμε μια ταξινόμηση των βλαβών στα υποστυλώματα από την Α έως την Ε, ανάλογα με την επικινδυνότητά τους (Σχήμα 4).

Βαθμός βλάβης Α.

Οι βλάβες αυτής της μορφής, μικρών μεμονωμένων ρωγμών περιορισμένου πλάτους 1-2mm, είναι τοπικού χαρακτήρα λόγω της ανεπαρκούς αγκύρωσης οπλισμών , των αρμών διακοπής εργασίας κλπ.

Βαθμός βλάβης Β.

Στις βλάβες αυτής της μορφής εμφανίζεται είτε μικρός αριθμός πλατιών ρωγμών ή μεμονωμένες λοξές διατμητικές ρωγμές μικρού εύρους (<0,5mm). Η σχετική μετακίνηση κορυφή ως προς τον πόδα υποστυλώματος είναι μηδενική.

Βαθμός βλάβης C.

Οι ρωγμές αυτές είναι σημαντικές. Μπορεί να εμφανιστούν είτε σαν χιαστί λοξές ρωγμές ή σαν τοπική σύνθλιψη και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος. Οι εναπομένουσες κινήσεις είναι σχεδόν μηδενικές.

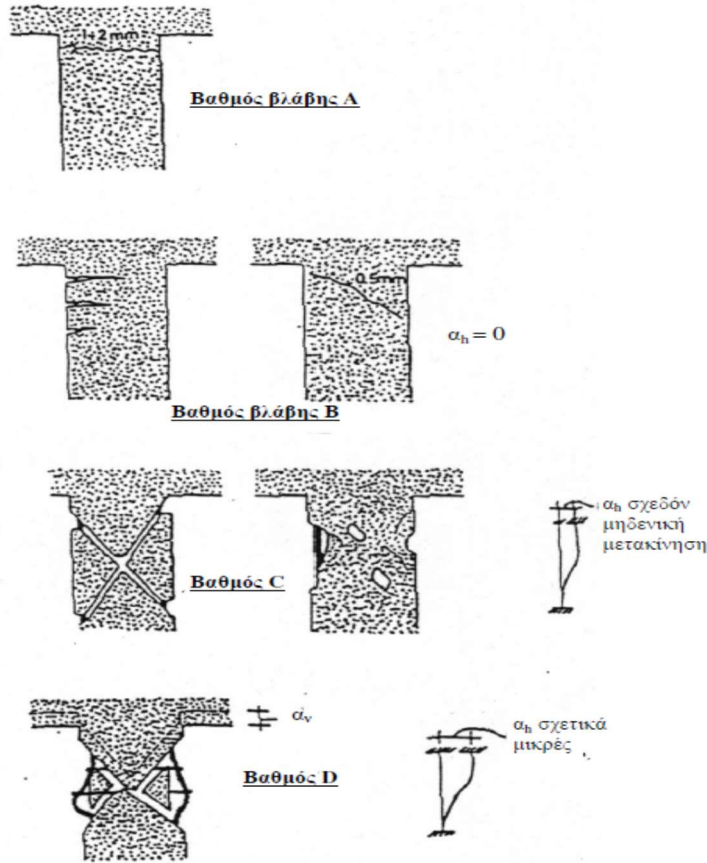
Βαθμός βλάβης D.

Στις βλάβες αυτές παρουσιάζεται αποδιοργάνωση του σκυροδέματος λυγισμός των διαμήκη ράβδων, διαρροή ή θραύση των συνδετήρων της περιοχής, ασυνέχεια στην περιοχή χωρίς κατάρρευση του υποστυλώματος. Οι υπολειπόμενες μετακινήσεις που παρατηρούνται είναι σχετικά μικρές.

Βαθμός βλάβης E.

Ολική κατάρρευση του υποστυλώματος.

Αν η βλάβη έχει τα χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε κάποιο βαθμό αλλά δεν ικανοποιείται το κριτήριο για τις εναπομένουσες μετακινήσεις αυξάνεται ο βαθμός βλάβης.

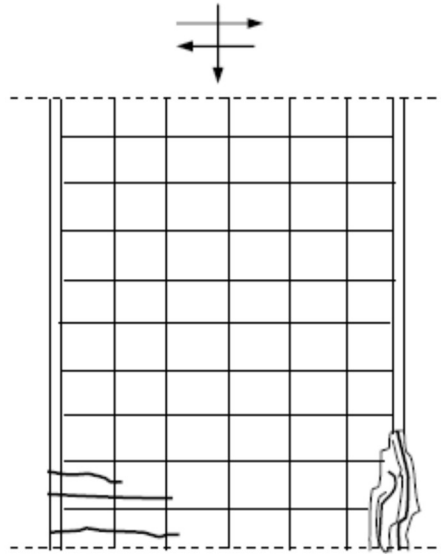


Σχήμα 4. Βαθμοί βλάβης σε υποστυλώματα και τοιχώματα (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

1.1.2 ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

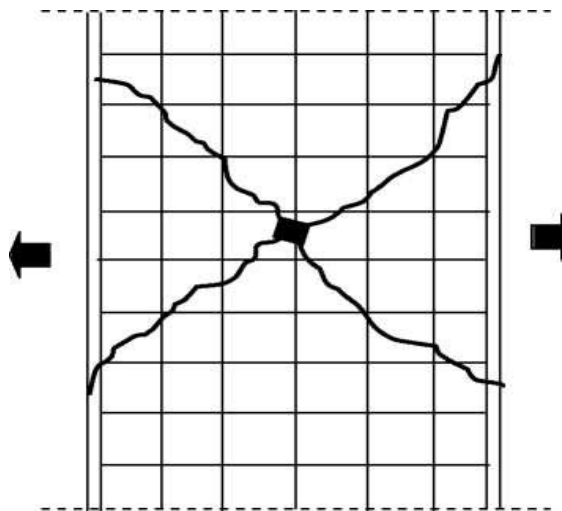
Τα τοιχώματα λαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής δύναμης κατά την διάρκεια ενός σεισμού (Πενέλης και Κάππος, 1990).

Οι βλάβες των τοιχωμάτων μπορεί να είναι όπως και στα υποστυλώματα καμπτικής (Σχήμα 5) και διατμητικής μορφής (Σχήμα 6). Επίσης, μπορεί να εμφανιστεί ολίσθηση στον αρμό διακοπής εργασίας . Οι βλάβες καμπτικού χαρακτήρα είναι σπάνιες.



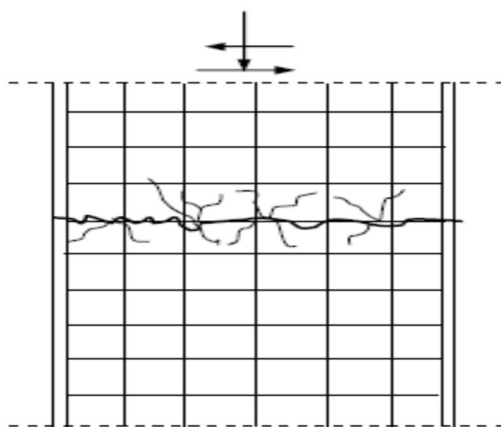
Σχήμα 5. Εικόνα καμπτικής βλάβης τοιχωμάτων(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Οι βλάβες διατμητικού χαρακτήρα (χιαστί) είναι πιο συχνές και πιο επικίνδυνες



Σχήμα 6. Εικόνα διατμητικής βλάβης τοιχώματος(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Οι βλάβες από τους αρμούς σκυροδέτησης είναι οριζόντιας μορφής και είναι συχνές και λιγότερο επικίνδυνες γιατί τα τοιχώματα εξακολουθούν να είναι ικανά να φέρουν τα κατακόρυφα φορτία (Σχήμα 7).

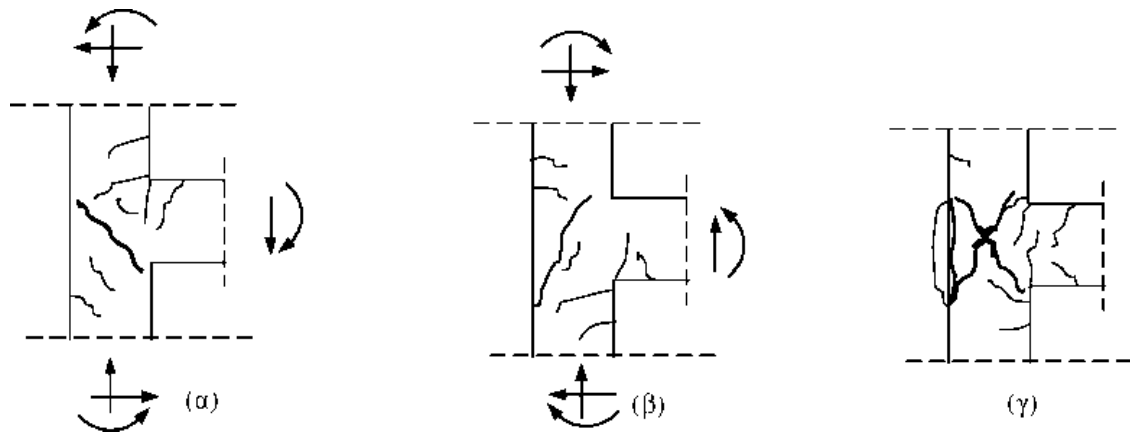


Σχήμα 7. Εικόνα βλάβης τοιχωμάτων στον αρμό διακοπής εργασίας(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

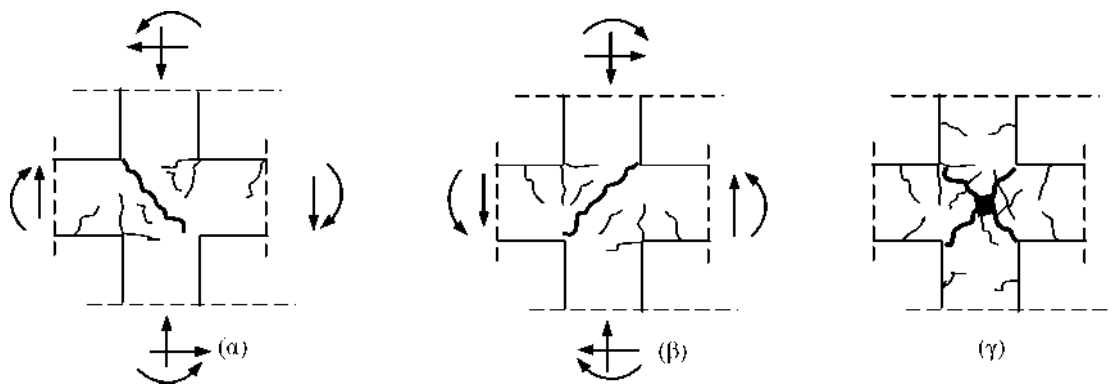
1.2 ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ ΔΟΚΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Οι βλάβες στους κόμβους δοκών και υποστυλωμάτων είναι μεγάλης σημασίας για την ασφάλεια της κατασκευής μας (Σχήμα 8-9). Οι βλάβες σε κόμβους δοκών και υποστυλωμάτων οφείλονται κυρίως στην υψηλή διάτμηση που παρουσιάζεται σε αυτήν την περιοχή και στο γεγονός ότι η σκυροδέτηση δεν είναι καλή λόγω υψηλής πυκνότητας οπλισμού.

Σε μία βαθμονόμηση των βλαβών που προτείνεται στον EC8-Part1.4 (1995), οι βλάβες στους κόμβους αυξάνουν κατά ένα βαθμό σε σχέση με τα αντίστοιχα υποστυλώματα με την ίδια εικόνα (εύρος, κατεύθυνση κλπ.) ρηγματώσης .



Σχήμα 8. Βλάβες σε ακραίους κόμβους (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



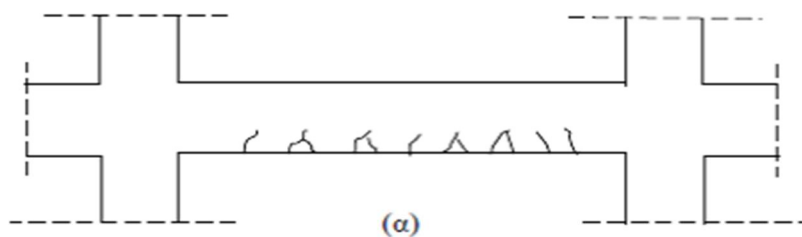
Σχήμα 9. Βλάβες σε μεσαίους κόμβους(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Ρηγματώσεις της μορφής 8α και 8β θεωρούνται ότι αντιστοιχούν σε βαθμό βλάβης C ενώ ρηγματώσεις της μορφής 8γ αντιστοιχούν σε βαθμό βλάβης D.

1.3 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ

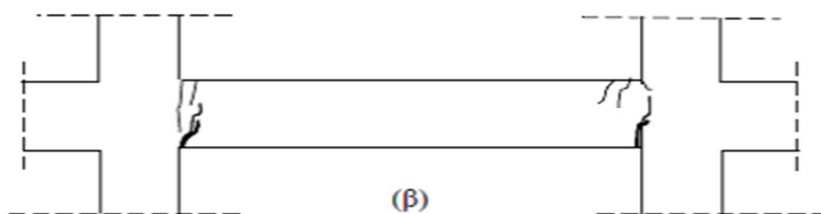
Οι βλάβες σε δοκούς προέρχονται είτε από τα κατακόρυφα φορτία ή λόγω σεισμικών δράσεων και είναι πιο συχνές και λιγότερο επικίνδυνες από ότι στα κατακόρυφα στοιχεία.

Οι πιο συνηθισμένες βλάβες παρουσιάζονται ως ρωγμές στην εφελκυστική ζώνη του ανοίγματος (Σχήμα 10). Οι βλάβες αυτές οφείλονται κυρίως λόγω των κατακόρυφων φορτίων αλλά η σεισμική δράση τις καθιστά πιο ορατές. Οι βλάβες αυτές δεν είναι επικίνδυνες.



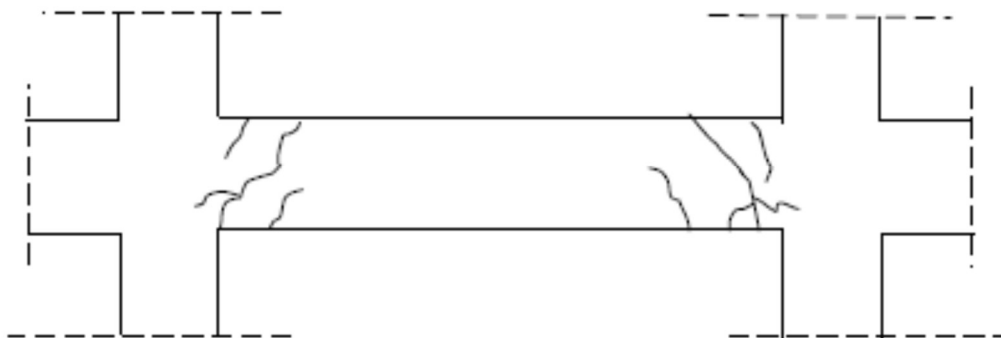
Σχήμα 10. Καμπτικές ρωγμές στο εφελκυσμένο πλέγμα(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Ρωγμές στις παρειές στήριξης οφείλονται κυρίως σε κακή αγκύρωση του οπλισμού στις στηρίξεις (Σχήμα 11).



Σχήμα 11. Καμπτική αστοχία στο άνω πλέγμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Οι διατμητικές βλάβες στις στηρίξεις των δοκών είναι συχνές και πιο σοβαρές λόγω του ψαθυρού χαρακτήρα τους (Σχήμα 12) .



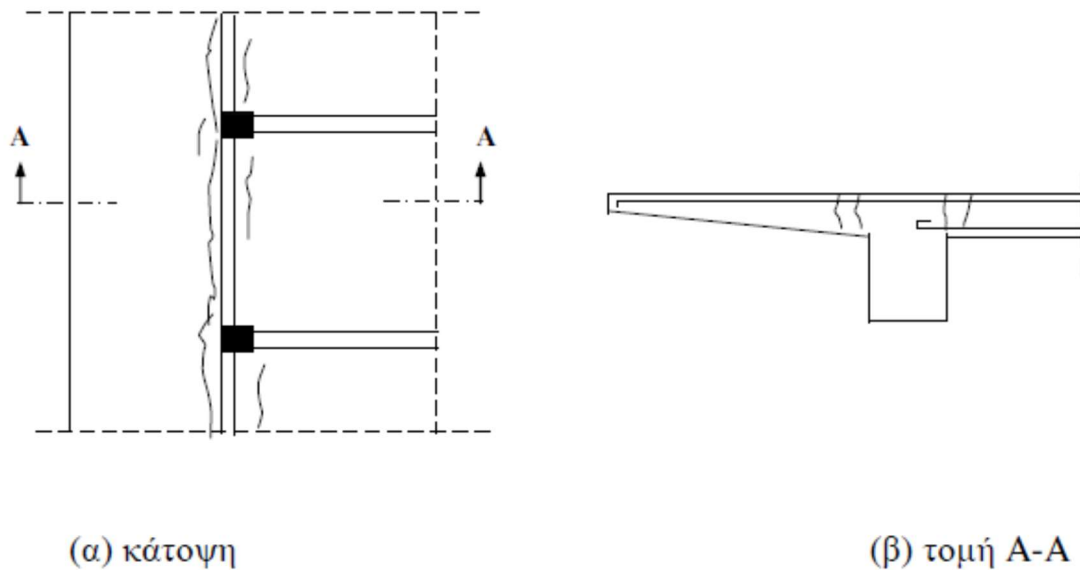
Σχήμα 12. Διατμητική αστοχία δοκού (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

1.4 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΠΛΑΚΕΣ

Οι βλάβες στις πλάκες είναι λιγότερο επικίνδυνες και όπως και στις δοκούς οφείλονται κυρίως στα κατακόρυφα φορτία (μόνιμα ή μεταβλητά) ενώ γίνονται πιο εμφανείς λόγω σεισμικών δράσεων.

Οι πρόβολοι είναι μια μορφή πλάκας πακτωμένη στην μία της πλευρά και ελεύθερη στις άλλες. Ρωγμές παράλληλες στον κύριο οπλισμό δεν είναι ανησυχητικές. Σημαντικές θεωρούνται οι ρωγμές στο πάνω πλέγμα εκεί που στηρίζεται ο πρόβολος και είναι κάθετες στον κύριο οπλισμό και οι οποίες επεκτείνονται σε βάθος στη διεύθυνση του στατικού ύψους του προβόλου.

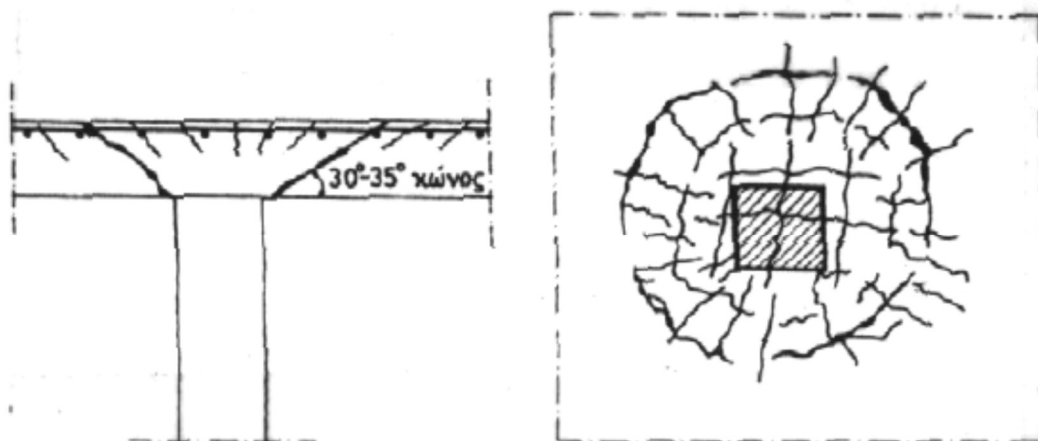
Μία σοβαρή μορφή βλάβης σε πλάκες που εδράζονται απευθείας σε υποστυλώματα χωρίς την παρεμβολή δοκών φαίνεται στο Σχήμα 13. Οφείλεται σε αστοχία της πλάκας από διάτρηση και συνιστάται η αποφυγή τέτοιου είδους μόρφωσης σε αντισεισμικές κατασκευές (Ο.Α.Σ.Π., 1999).



Σχήμα 13. Βλάβες σε πλάκες(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Αν οι ρωγμές επεκτείνονται πέραν του πάχους επικάλυψης τότε θεωρούνται σοβαρές γιατί υπάρχει πιθανότητα διαρροής του εφελκόμενου οπλισμού.

Στις μυκητοειδείς πλάκες μπορεί να εμφανιστούν σημάδια διάτρησης της πλάκας λόγω της απευθείας δράσης της πλάκας στα υποστυλώματα (Σχήμα 14).



Σχήμα 14. Εικόνα βλάβης πλάκας λόγω διάτρησης(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

1.5 ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Η σοβαρότητα των βλαβών λόγω πυρκαγιάς εξαρτάται από τον χρόνο έκθεσης του δομικού έργου σε αυτήν. Οι πιο συνηθισμένες βλάβες περιλαμβάνουν:

- Αποκολλήσεις επιχρισμάτων και επικαλύψεων οπλισμών.
- Διατμητικές ρωγμές στις μεσαίες στηρίξεις συνεχών δοκών.
- Απομένουσες παραμορφώσεις στη μορφή σημαντικών βελών πλακών και αποκλίσεις κατακόρυφων στοιχείων.



Εικόνα 1. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study ,Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros)



Εικόνα 2. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study ,Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros)



Εικόνα 3. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study ,Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros)



Εικόνα 4. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study ,Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros)



Εικόνα 5. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study ,Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros)



Εικόνα 6. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study ,Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Οι βλάβες του οπλισμένου σκυροδέματος μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορους τρόπους ανάλογα με τη σπουδαιότητα τους.

Η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας στοιχείων και δομημάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό καθώς και οι επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν θα πρέπει να ακολουθούν τις διατάξεις του ΚΑΝΕΠΕ (Κανονισμός επεμβάσεων) .

Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ οι βλάβες στη φέρουσα κατασκευή θα πρέπει να είναι ελαφρές για συχνές δράσεις μικρής έντασης και επιδιορθώσιμες για το σεισμό σχεδιασμού ενώ η πιθανότητα κατάρρευσης της κατασκευής ή μέρους της να είναι πολύ μικρή .

2.1 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ

Οι ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας αρχικά θα πρέπει να περιλαμβάνουν τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων . Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να γίνει :

- Αποτύπωση του φέροντα οργανισμού
- Καταγραφή βλαβών
- Διερεύνηση του ιστορικού της κατασκευής που θα περιλαμβάνει προηγούμενες αποκαταστάσεις , δράσεις , φθορές.

Στη συνέχεια θα πρέπει να γίνουν διερευνητικές εργασίες που περιλαμβάνουν την συγκομιδή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων που θα εξεταστούν εργαστηριακά , την εξέταση του τρόπου δόμησης και του εδάφους θεμελίωσης. Ανάλογα με τις πληροφορίες που αποκτούμε για όλα τα παραπάνω υπάρχουν στάθμες αξιοπιστίας των δεδομένων. Οι στάθμες αυτές είναι τρεις : Υψηλή , ικανοποιητική και ανεκτή . Όσο πιο πολλά στοιχεία έχουμε τόσο αυξάνει η αξιοπιστία των δεδομένων. Με τις διερευνητικές εργασίες θα πρέπει να μπορεί να εκτιμηθεί η αντοχή του σκυροδέματος , η κατηγορία του χάλυβα οπλισμού, αν συνεκτιμώνται οι τοίχοι πλήρωσης στην αντιμετώπιση του σεισμού και η καμπτική και διατμητική αντοχή τους .

2.2 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

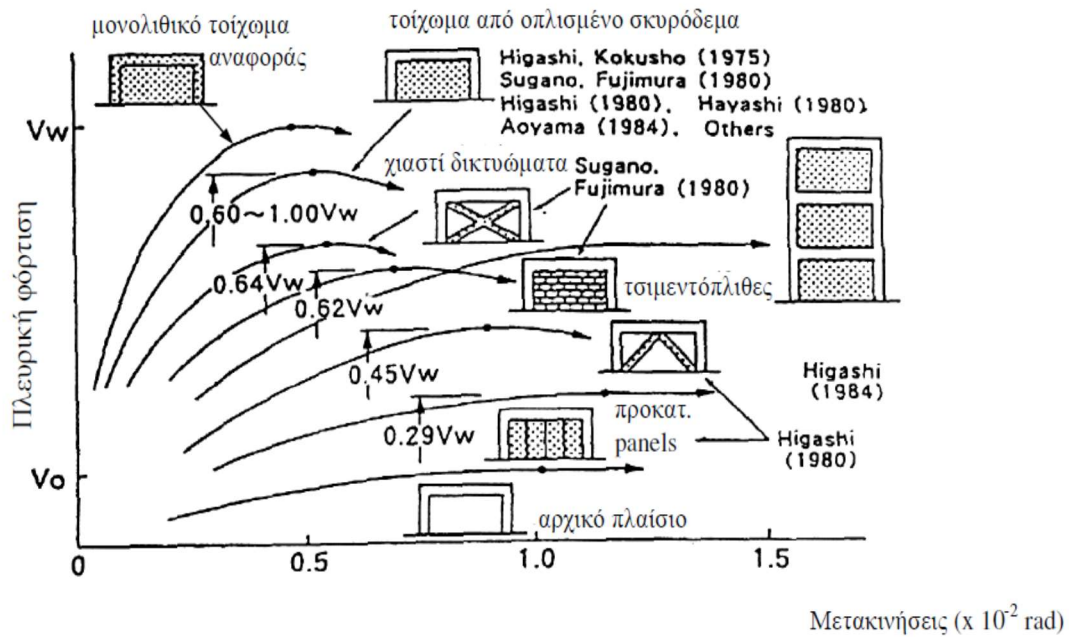
Οι κατασκευές μπορούν να επισκευαστούν και να ενισχυθούν τμηματικά ή στο σύνολο τους . Οι επισκευές αφορούν επεμβάσεις που γίνονται για την αποκατάσταση βλαβών , ενώ οι ενισχύσεις αυξάνουν την αντοχή , δυσκαμψία ή πλαστιμότητα μελών ή ολόκληρης κατασκευής.

2.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επισκευής ή και ενίσχυσης μιας κατασκευής επηρεάζεται από την νομοθεσία , το κόστος , την λειτουργικότητα της όπως και από άλλους παράγοντες .

Η ενίσχυση μιας κατασκευής στο σύνολό της εξαρτάται από την επιθυμητή σεισμική απόκριση της κατασκευής . Οι εξής μέθοδοι χρησιμοποιούνται (Δρίτσος 2001)

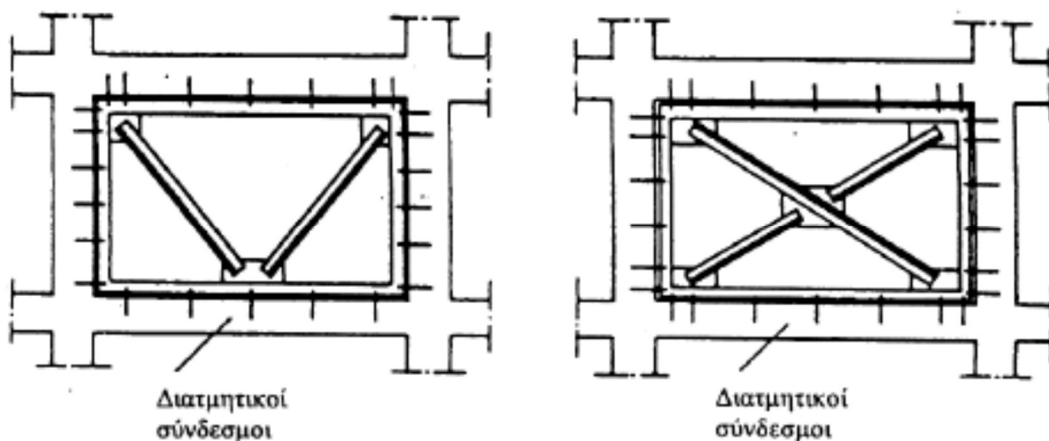
- Δικτυωτά συστήματα μέσα σε πλαίσια της φέρουσας κατασκευής (αύξηση αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας)
- Τοιχώματα μέσα σε πλαίσια της φέρουσας κατασκευής (αύξηση αντοχής και δυσκαμψίας)
- Μανδύες κατακόρυφων στοιχείων (αύξηση αντοχής , δυσκαμψίας, πλαστιμότητας)
- Πλευρικά τοιχώματα σαν επέκταση υπαρχόντων κατακόρυφων στοιχείων (αύξηση αντοχής και δυσκαμψίας)
- Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων (αύξηση αντοχής, δυσκαμψίας)



Σχέδιο 1. Αποτελεσματικότητα διαφόρων μεθόδων ενίσχυσης (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

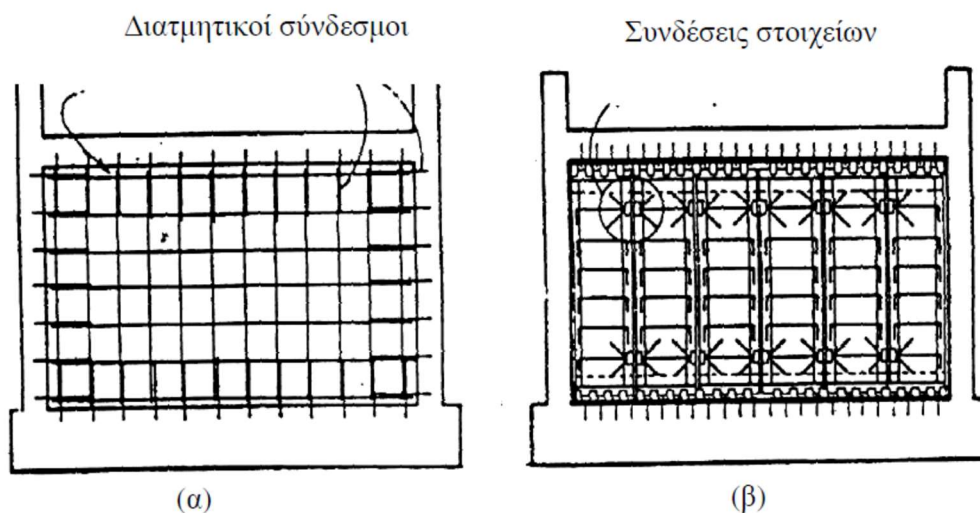
2.4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΕΘΟΔΩΝ

- Δικτυωτά συστήματα μέσα σε πλαίσια της φέρουσας κατασκευής στοχεύουν στην αύξηση της αντοχής , δυσκαμψίας και πλαστιμότητας της κατασκευής. Τα συστήματα αυτά είναι κυρίως μεταλλικά ενώ η πιο συνήθης μορφή είναι χιαστί. Σημαντικά πλεονεκτήματά τους είναι η ταχεία εφαρμογή και το μικρό τους βάρος (Σχήμα 15).



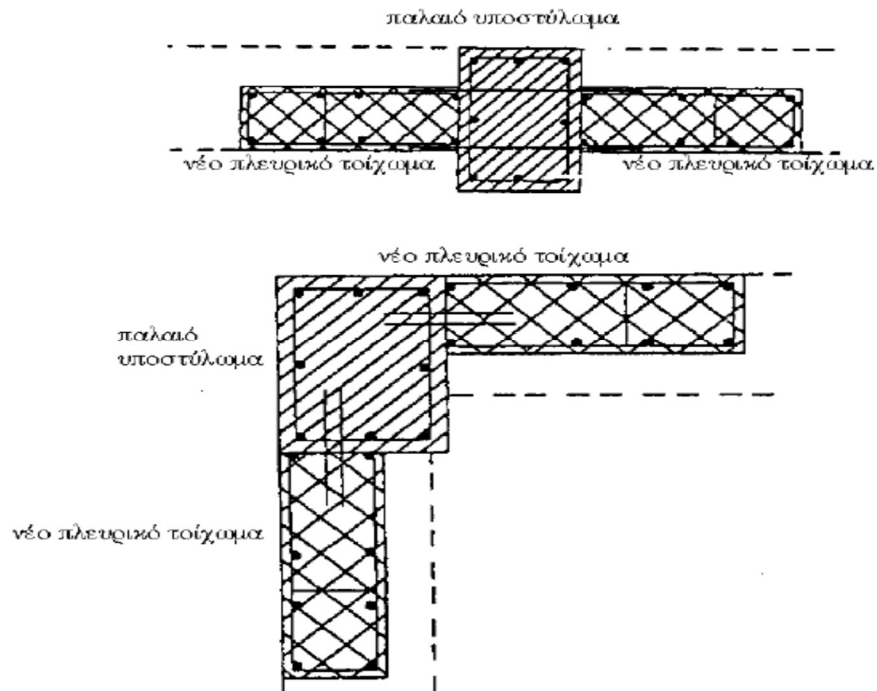
Σχήμα 15. Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

- Τα τοιχώματα μέσα σε πλαίσια κατασκευής έχουν σκοπό την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της κατασκευής. Τα τοιχώματα αυτά μπορεί να είναι προκατασκευασμένα (panels) , από οπλισμένο σκυρόδεμα έγχυτο ή εκτοξευόμενο ή από οπλισμένη ή άοπλη τοιχοποιία . Η σύνδεση των τοιχωμάτων γίνεται στην περίμετρο με τις δοκούς και τα υποστυλώματα ενώ μεγαλύτερη πλαστιμότητα επιτυγχάνεται με σύνδεση μονάχα με τις δοκούς (Σχέδιο 2).



Σχέδιο 2. Τεχνικές κατασκευής τοιχωμάτων εντός πλαισίων (α) Με έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση(β) Με προκατασκευασμένα τοιχώματα χωρίς πλευρική σύνδεση (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

- Η χρήση της άοπλης ή οπλισμένης τοιχοποιίας παρόλο που δεν είναι η πιο αξιόπιστη γιατί και σημαντικά αυξάνει το βάρος της κατασκευής αλλά και γιατί υπάρχει αβεβαιότητα στη συμπεριφορά της.
- Τα πλευρικά τοιχώματα αυξάνουν την αντοχή και την δυσκαμψία της κατασκευής. Τα τοιχώματα προστίθενται στην διεύθυνση που χρειάζεται η αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη σύνδεση παλιών και νέων στοιχείων για την αποφυγή αποκόλλησης των νέων στοιχείων. Η εκτράχυνση των επιφανειών επαφής και η χρήση διατμητικών συνδέσμων βοηθάνε στην αποφυγή αποκόλλησης των νέων στοιχείων (Σχήμα 16).



Σχήμα 16. Προσθήκη τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

2.5 ΥΛΙΚΑ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης μελών της κατασκευής γίνεται ανάλογα με το μέγεθος της βλάβης που έχει υποστεί το μέλος . Για εκτεταμένες βλάβες και ενίσχυση της κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα .

Επισκευή με έγχυτο σκυρόδεμα :

Το έγχυτο σκυρόδεμα χύνεται επιτόπου σε καλούπια και χρησιμοποιείται σαν μανδύας υποστυλωμάτων , στο πάνω πέλημα δοκών ή και πλακών κλπ. Για την σύνδεση του παλιού με το νέο σκυρόδεμα γίνεται με εκτράχυνση του παλιού σκυροδέματος και καθάρισμα , τοποθέτηση οπλισμού και ξυλότυπων με την ύπαρξη πλευρικών ανοιγμάτων στους ξυλότυπους για την έγχυση του σκυροδέματος. Λόγω συστολής ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος δημιουργούνται προβλήματα συνάφειας μεταξύ του παλιού και του νέου σκυροδέματος γι αυτό συνιστάται η χρήση σκυροδέματος με υψηλότερη αντοχή από το παλιό. Επίσης το μέγεθος των αδρανών θα πρέπει να είναι σωστά επιλεγμένο ώστε να μπορεί να γίνει σωστά η χύτευση του

νέου σκυροδέματος και να μη παρεμποδίζεται η διέλευση του. Υπάρχουν επίσης σκυροδέματα υψηλής αντοχής για μικρού πάχους μανδύες .



ΕΙΚΟΝΑ 7. Επισκευή με έγχυτο σκυρόδεμα (Επισκευές κτιρίων , Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα Gunite , Αμμοβολή)

Επισκευή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα :

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιφάνειες με κλίση αλλά χρησιμοποιείται και για μανδύες μικρού πάχους. Με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν χρειάζονται καλούπια .



ΕΙΚΟΝΑ 8. Επισκευή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (ΓΚΑΝΑΪΤ-HELLAS)

Επισκευές ρωγμών :

Για μικρού μεγέθους ρωγμές χρησιμοποιούνται εποξειδικές ρητίνες οι οποίες συγκολλούν το ρηγματωμένο σκυρόδεμα. Οι ρητίνες εισέρχονται στις ρωγμές ως ενέσεις . Θα πρέπει να καθαριστεί η ρωγμή, να ανοιχτούν οι οπές διαμέτρου 5-10mm σε αποστάσεις , να τοποθετηθούν σωληνάκια και μετά να γίνουν οι ενέσεις με την ρητίνη. Αν οι επιφάνειες επισκευής είναι κατακόρυφες, οι ενέσεις αρχίζουν από το κατώτερο σημείο και προχωρούν προς τα πάνω μέχρι να αρχίσει να βγαίνει ρητίνη από το υπερκείμενο σωληνάκι. Σφραγίζεται το σωληνάκι και συνεχίζεται η διαδικασία.

Για μεγαλύτερες βλάβες ή αποφλοιώσεις χρησιμοποιούνται ρητινοκονιάματα (ρητίνη και άμμος). Για την επισκευή ρωγμών μικρού μεγέθους σε τοιχοποιίες ή σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται τσιμεντενέσεις ενώ για μεγαλύτερου μεγέθους ρωγμές χρησιμοποιούνται τσιμεντοκονιάματα που αποτελούνται από τσιμέντο, άμμο, νερό και κάποιο πρόσθετο υλικό για αύξηση της αντοχής ή μείωση της συρρίκνωσης .



Εικόνα 9. Τσιμεντοκονιάματα (Α.Σ. ΣΠΗΛΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ Ε.Π.Ε)



Εικόνα 10. Τσιμεντενέσεις (Επιδόμος Ε.Π.Ε)



Εικόνα 11. Ενέσεις με ρητίνη (Επιδόμος Ε.Π.Ε)

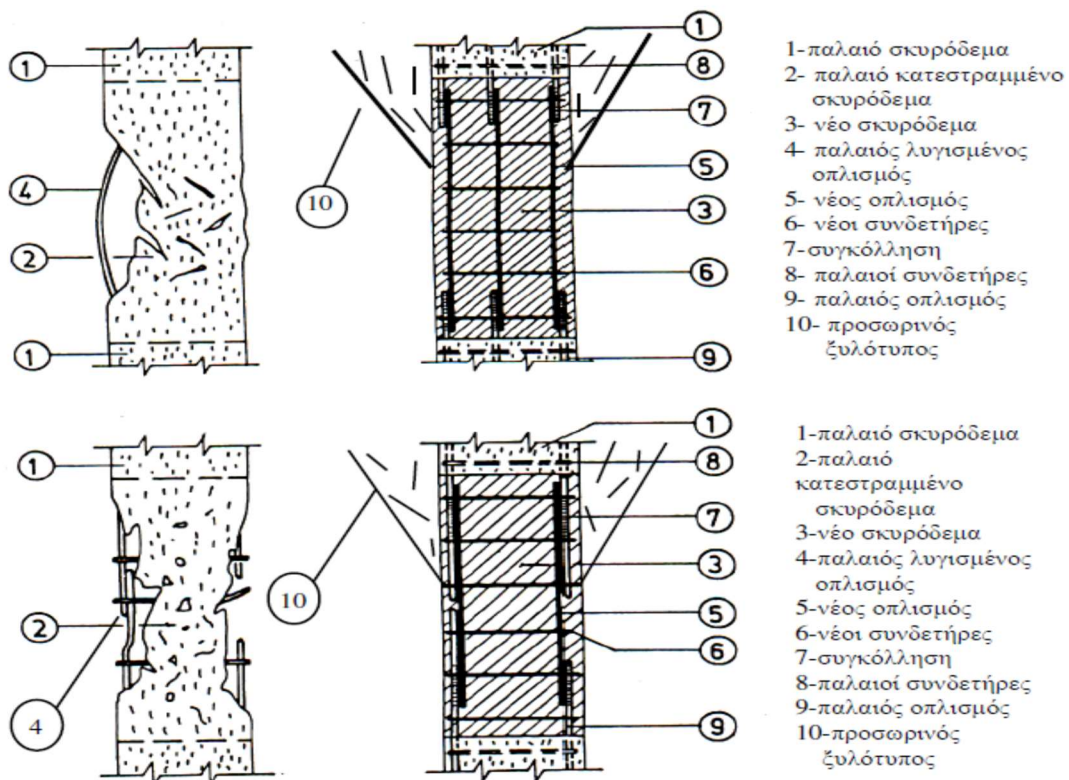
2.6 ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Για επισκευή ελαφριών βλαβών των υποστυλωμάτων χρησιμοποιούνται είτε εποξειδικές ρητίνες , για μικρού εύρους ρωγμές, ή κονιάματα με βάση την ρητίνη ή το τσιμέντο . Για αποφλοιώσεις μικρού πάχους χρησιμοποιούνται ρητινοκονιάματα ενώ για μεγαλύτερου πάχους τσιμεντοκονιάματα.

- Αποκαταστάσεις ίσης διατομής

Όταν υπάρχει αποδιοργάνωση του σκυροδέματος με άνοιγμα των συνδετήρων και λυγισμό των διαμήκη ράβδων , τότε για την αποκατάσταση του υποστυλώματος με ίση διατομή ακολουθούνται τα εξής βήματα :

1. Απομάκρυνση του βλαμμένου υλικού (σκυροδέματος και ανοιγμένων συνδετήρων)
2. Κόψιμο των διαμήκη ράβδων που έχουν λυγίσει
3. Συγκόλληση νέων διαμήκη ράβδων στη θέση των κομμένων
4. Τοποθέτηση νέων συνδετήρων
5. Σκυροδέτηση



Σχήμα 17. Αποκατάσταση υποστυλώματος, με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαβεύσας περιοχή (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

- Ενισχύσεις υποστυλωμάτων

Η ενίσχυση των υποστυλωμάτων γίνεται είτε με περίσφιξη του μέλους με μεταλλικά στοιχεία ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) , είτε με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος .

Η περίσφιξη υποστυλωμάτων με μεταλλικά στοιχεία ή ινοπλισμένα πολυμερή επιλέγεται όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος , αύξηση της διατμητικής αντοχής του , μερική αύξηση της θλιπτικής αντοχής του και υπάρχει πιθανότητα αστοχίας λόγω συνάφειας διαμήκη οπλισμών στην περιοχή υπέρκαμψης τους . Για την περίσφιξη με μεταλλικά στοιχεία συνήθως χρησιμοποιούνται μεταλλικά ελάσματα πάχους 1-2 mm ή ινοπλισμένα πολυμερή FRP σε μορφή λωρίδων ή μορφή ολόσωμου μανδύα .



ΕΙΚΟΝΑ 12. Μεταλλικά ελάσματα (ΕΠΙΑΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ)



ΕΙΚΟΝΑ 13. Ινοπλισμένα πολυμερή FRP σε μορφή λωρίδων (ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΠΑΠΑΣΕΡΑΦΕΙΜ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ)



ΕΙΚΟΝΑ 14. Ινοπλισμένα πολυμερή FRP σε μορφή ολόσωμου μανδύα(ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΕΙΣ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ)

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεταλλικός κλωβός ο οποίος αποτελείται από κατακόρυφα ελάσματα που τοποθετούνται στις γωνιές και οριζόντια ελάσματα που ενώνονται με τα κατακόρυφα με συγκόλληση .

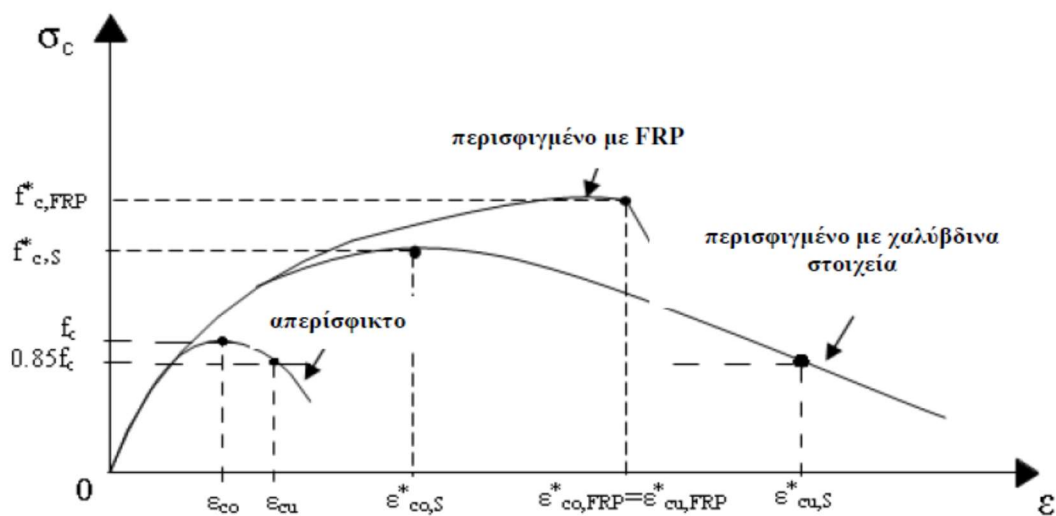


Εικόνα 15. Ενίσχυση σύλου με τη μέθοδο του μεταλλικού κλωβού(Διερεύνηση απόδοσης με κριτήρια βιωσιμότητας της ενίσχυσης υφιστάμενων κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος με την εισαγωγή συστημάτων χαλύβδινων και σύμμικτων στοιχείων. Κουκούλη Ναταλία Μαλιώκας Αρσένιος)



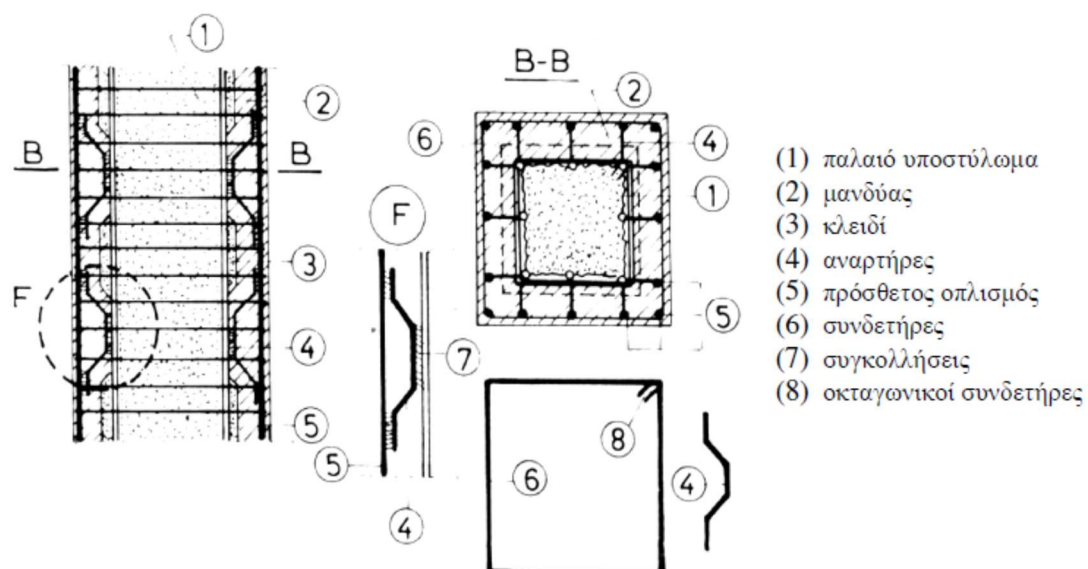
Εικόνα 12. Επέμβαση με μεταλλικό κλωβό για προσωρινή ανάληψη κατακόρυφων φορτίων (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Στο σχήμα παρουσιάζεται η αποδοτικότητα της περίσφιξης σε σχέση με την πλαστικότητα και τη θλιπτική αντοχή (Δρίτσος 2001)



Σχήμα 18. Τροποποιημένος καταστατικός νόμος περισφισμένου σκυροδέματος (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Η περίσφιξη του υποστυλώματος μπορεί να γίνει και με μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα . Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ταυτόχρονα αύξηση της πλαστιμότητας , της δυσκαμψίας και της αντοχής του δομικού στοιχείου . Στην μέθοδο αυτή αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος καθώς τοποθετείται νέος διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός ο οποίος καλύπτεται με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα .

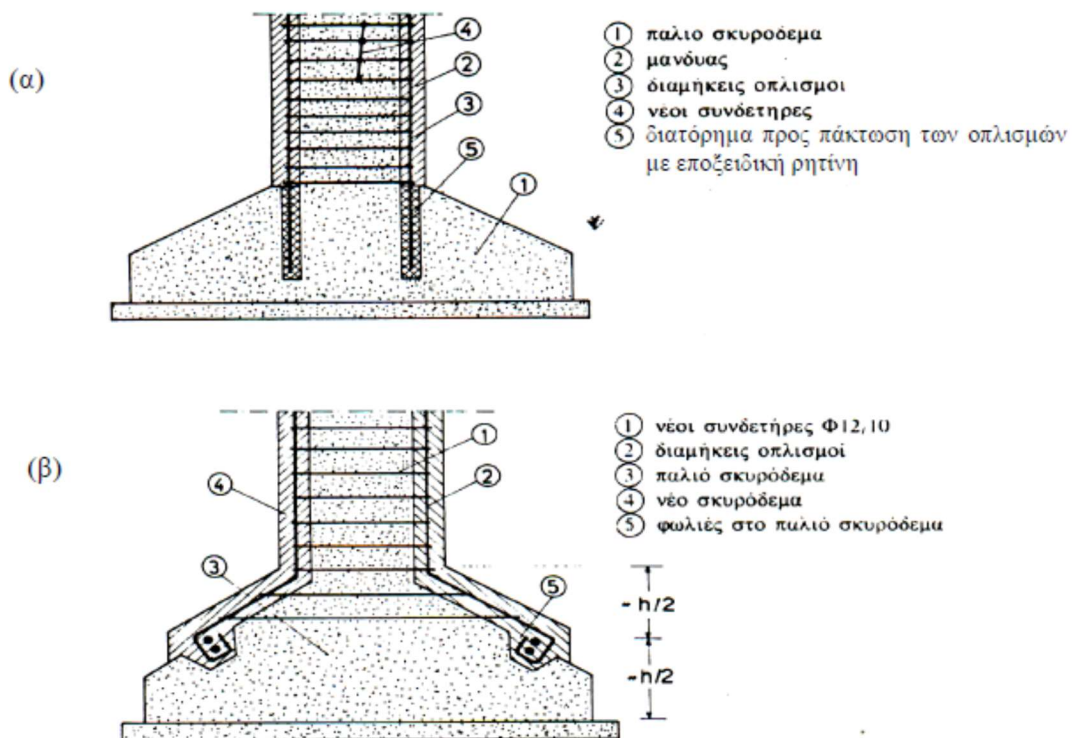


Σχέδιο 3. Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται για μανδύες μικρού πάχους μέχρι 10 cm . Για μεγαλύτερου πάχους μανδύες χρησιμοποιείται έγχυτο σκυρόδεμα .

Η κατασκευή του μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα περιλαμβάνει τα εξής βήματα :

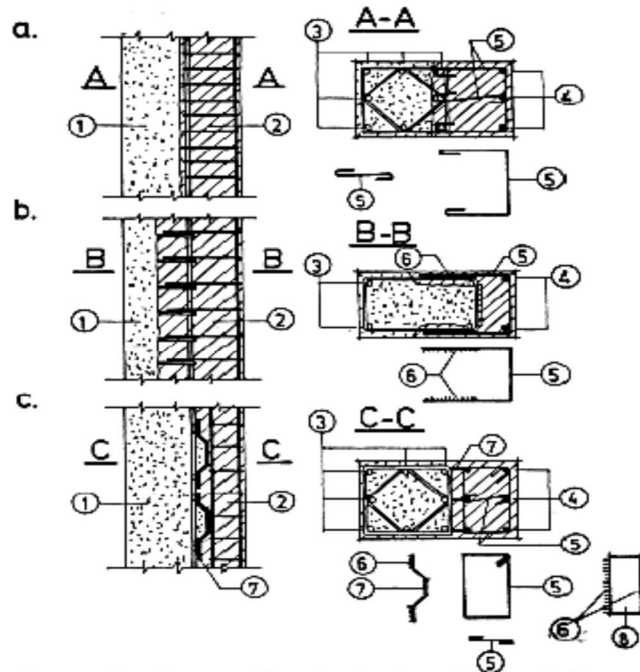
- Αποφορτίζεται το υπό επισκευή υποστύλωμα.
- Απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και επισκευάζονται οι βλάβες .
- Ανά τακτά διαστήματα αποκαλύπτεται ο παλιός οπλισμός .
- Ανοίγονται οπές για την ακύρωση του νέου οπλισμού και για την τοποθέτηση των βλήτρων .
- Εκτραχύνεται η επιφάνεια του σκυροδέματος , καθαρίζεται και στην συνέχεια τοποθετείται ο νέος οπλισμός.
- Τοποθετούνται τα βλήτρα.
- Καθαρίζεται και διαβρέχεται η επιφάνεια του παλιού σκυροδέματος .
- Γίνεται η σκυροδέτηση.
- Αν χρειαστεί ενισχύεται και η θεμελίωση διαφορετικά ο νέος οπλισμός αγκυρώνεται στην υπάρχουσα.



Σχέδιο 4. Διαδικασίες απόληξης μανδύα στα στοιχεία θεμελίωσης (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να είναι κλειστοί ή ανοικτοί , δηλαδή μπορεί να καλύπτουν όλες τις πλευρές ή μερικές από αυτές .

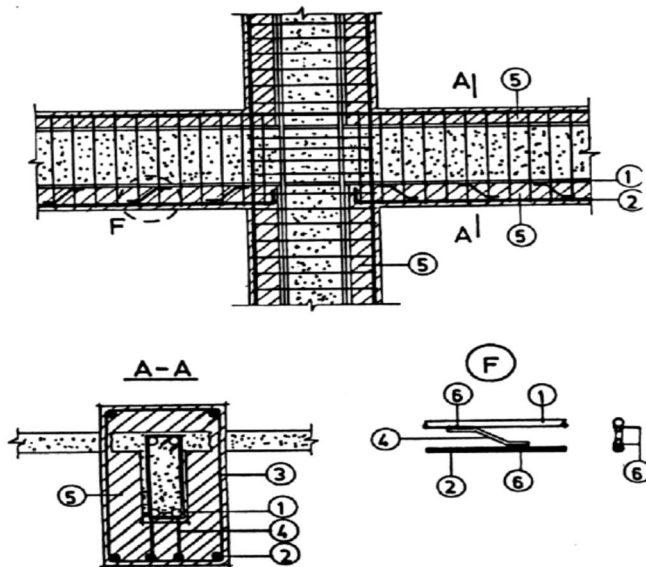
Μονόπλευρη επέκταση του υποστυλώματος φαίνεται στο σχήμα 19



1. παλιό υποστυλώμα, 2. ενίσχυση, 3. παλιοί οπλισμοί, 4. πρόσθετοι οπλισμοί, 5. πρόσθετοι συνδετήρες, 6. συγκολλήσεις, 7. αναρτήρες "πάπιας".

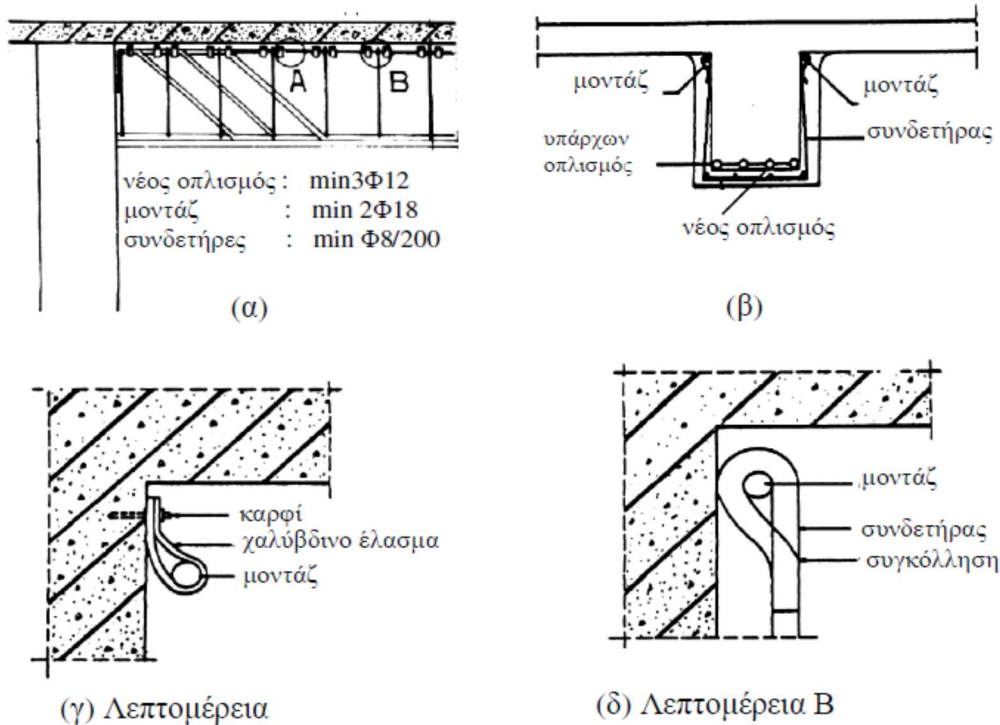
Σχήμα 19. Λεπτομέρειες μονόπλευρης επέκτασης υποστυλώματος

(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυροδέμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



1. παλιός οπλισμός, 2. πρόσθετος οπλισμός, 3. πρόσθετοι συνδετήρες, 4. ράβδοι συνδέσεως, 5. μανδύας σκυροδέματος, 6. συγκόλληση.

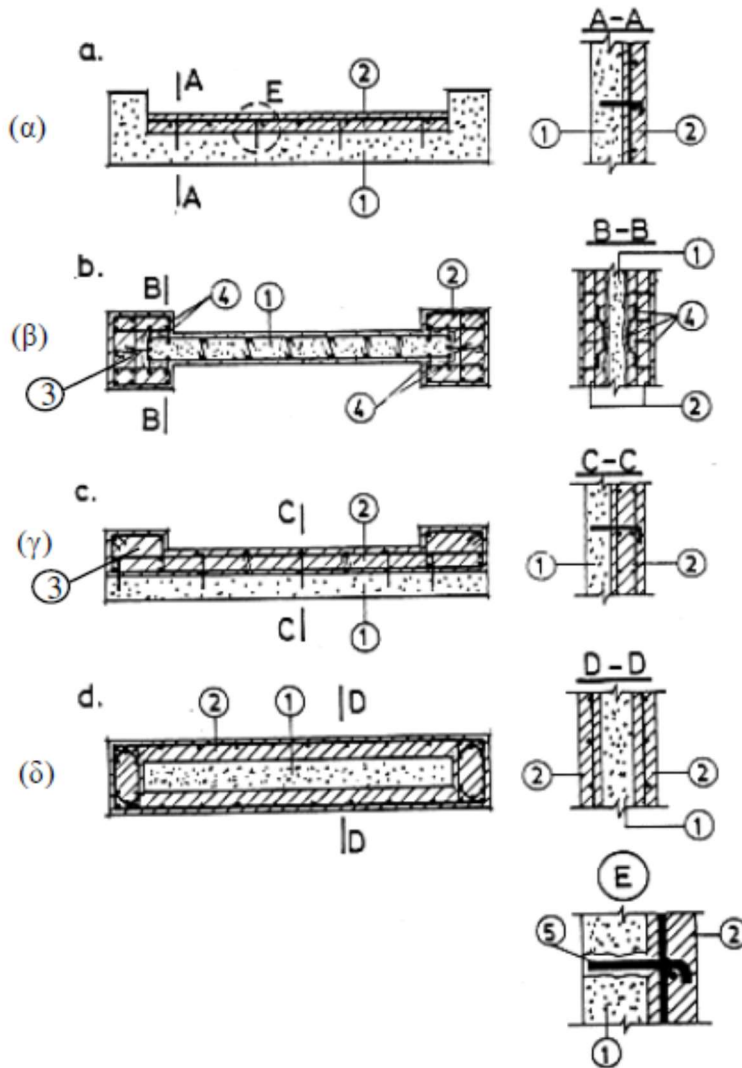
Σχέδιο 5. Κλειστός μανδύας δοκού (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυροδέμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



Σχέδιο 6. Ανοικτός μανδύας δοκού α) Γενική διάταξη οπλισμού ενίσχυσης (κατά μήκος τομή) β) Γενική διάταξη οπλισμού ενίσχυσης (εγκάρσια τομή) γ) Στήριξη οπλισμού προσαρμογής (μοντάζ) δ) Στήριξη απόληξης άκρων συνδετήρων (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Οι επισκευές και ενισχύσεις τοιχωμάτων γίνονται με παρόμοιο τρόπο όπως των υποστρωμάτων . Οι τοπικές επισκευές γίνονται με εποξειδικές ρητίνες ή κονιάματα . Για ενίσχυση του τοιχώματος χρησιμοποιούνται κυρίως μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος . Η μορφή του μανδύα στα τοιχώματα διαφέρει ανάλογα με την ενίσχυση που χρειάζεται να γίνει . Για διατμητική ενίσχυση του τοιχώματος μπορεί να εφαρμοστεί μανδύας στη μία πλευρά του παράλληλα στην κύρια διεύθυνση του τοιχώματος . Για καμπτική ενίσχυση μπορεί να γίνει ενίσχυση των άκρων του τοιχώματος κάθετα στην κύρια διεύθυνση του .

Μανδύες σκυροδέματος στις πλευρές του τοιχώματος κάθετα και παράλληλα στην κύρια διεύθυνση του ή με την μορφή κλειστού μανδύα χρησιμοποιούνται όταν χρειάζεται ταυτόχρονη διατμητική και καμπτική ενίσχυση του τοιχώματος



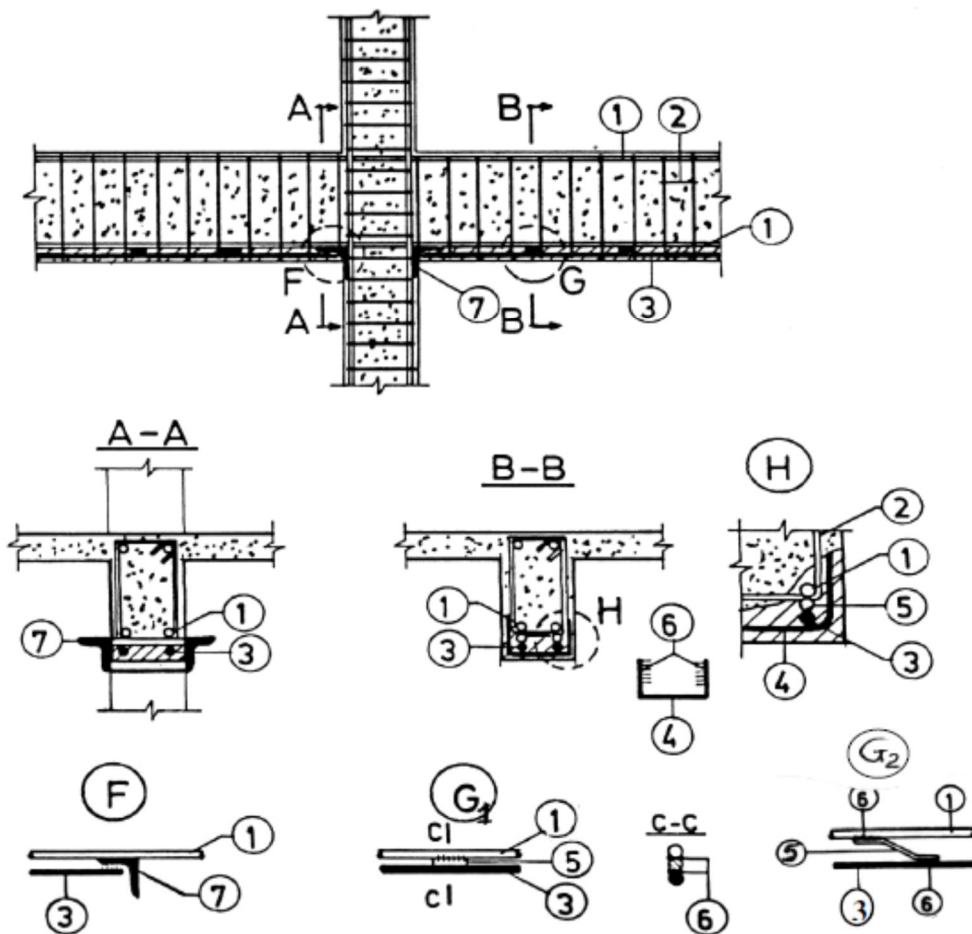
1. παλιό τοίχωμα, 2. νέα επένδυση Ο.Σ., 3. ακραίες ενισχύσεις, 4. συγκολλήσεις, 5. αγκυρώσεις με εποξειδικές ρητίνες.

Σχήμα 20. Ενίσχυση τοιχωμάτων με μανδύες (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Όπως και στην ενίσχυση των υποστυλωμάτων υπάρχει πρόβλημα συνάφειας του παλιού με το νέο σκυρόδεμα γι' αυτό και θα πρέπει να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα υψηλότερης αντοχής. Βλήτρα επίσης χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του παλιού με το νέο σκυρόδεμα.

2.7 ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΚΩΝ

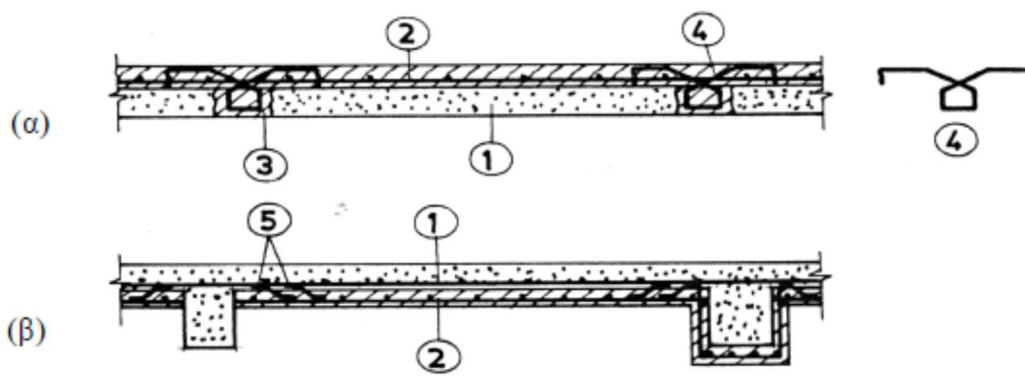
Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επισκευή και ενίσχυση δοκών και πλακών είναι παρόμοιες με τις τεχνικές των υποστυλωμάτων . Ρητινενέσεις εφαρμόζονται για μικρές βλάβες ενώ για μεγάλες απομακρύνεται το σκυρόδεμα που έχει υποστεί βλάβη και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στα υποστυλώματα .



1. παλιός οπλισμός, 2. παλιοί συνδετήρες, 3. πρόσθετος διαμήκης, 4. πρόσθετοι συνδετήρες, 5. παρεμβλήματα (καβίλια ή σχήματος Z), 6. συγκόλληση, 7. κολάρο από γωνιακά.

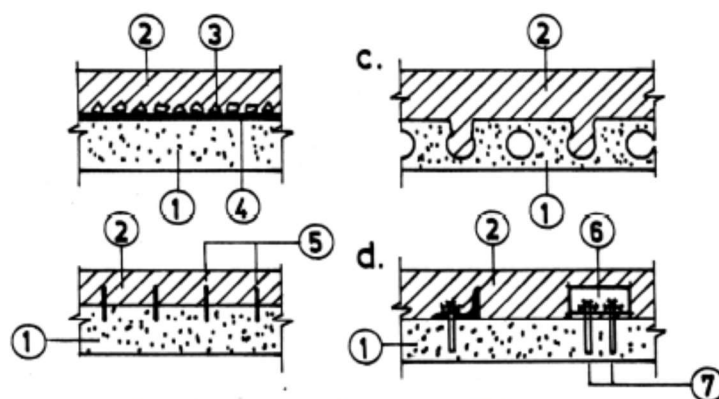
Σχήμα 21. Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Για την ενίσχυση των δοκών χρησιμοποιούνται μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος ή επικόλληση μεταλλικών ελασμάτων ή φύλλων FRP . Τα ελάσματα αυτά ή τα φύλλα FRP επικολλούνται στην κάτω παρειά όταν χρειάζεται ενίσχυση η εφελκόμενη ζώνη . Όταν χρειάζεται ενίσχυση σε διάτμηση τότε ενισχύεται πλευρικά αλλά και στο κάτω πέλμα . Πριν την εφαρμογή των ελασμάτων προηγείται η αποκατάσταση των ρωγμών . Η ενίσχυση με μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα γίνεται με προσθήκη σκυροδέματος στην μια ή στις τρεις ή σε όλες τις πλευρές της δοκού . Η προσθήκη σκυροδέματος μόνο στην κάτω παρειά ενισχύει τη δοκό σε κάμψη . Για μανδύες και στις 4 πλευρές πρέπει να ανοιχθούν οπές στην πλάκα για τη διέλευση των συνδετήρων .



1. παλιά πλάκα, 2. νέοι οπλισμοί, 3. φολιές αγκυρώσεως, 4. οπλισμοί αγκυρώσεως, 5. συγκολλημένοι σύνδεσμοι

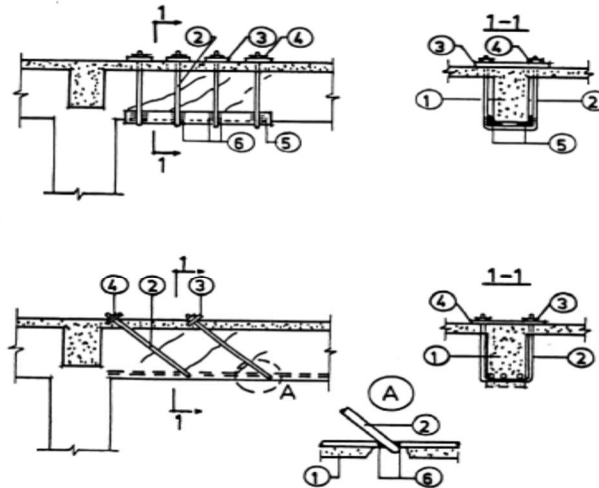
Σχήμα 22. Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος (α) στο πάνω πέλμα, (β) στο κάτω πέλμα



1. παλιά πλάκα, 2. νέα πλάκα, 3. ρυζάκι, 4. εποξειδική ρητίνη, 5. βλήτρα στερεωμένα με εποξειδική ρητίνη, 6. γωνιακά προφίλ, 7. βίσματα ή μετενοκάρφα.

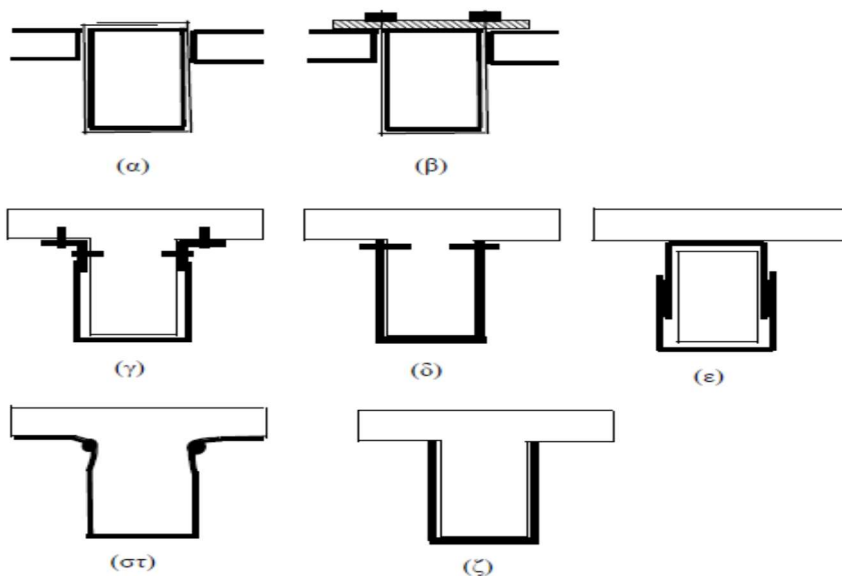
Σχήμα 23. Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος Εναλλακτικοί τρόποι σύνδεσης στη διεπιφάνεια (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Στις πλάκες γίνεται ενίσχυση με τοποθέτηση σκυροδέματος στην πάνω ή στην κάτω παρειά μαζί με πρόσθετο οπλισμό . Για την αποφυγή αποκόλλησης της νέας στρώσης του σκυροδέματος μπορεί να δημιουργηθούν "φωλιές" στο παλιό σκυροδέμα για να τοποθετηθούν βλήτρα .



1. υπάρχουσα δοκός, 2. εξωτερικός χαλύβδιος συνδετήρας, 3. χαλύβδινο έλασμα, 4. βίδα, 5. χαλύβδινη γωνιά, 6. ηλεκτροσυγκόλληση

Σχέδιο 7. Διατμητική ενίσχυση με εξωτερικά μεταλλικά στοιχεία (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



Σχέδιο 8. Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης : (α), (β) «κλειστή» ενίσχυση, (γ), (δ), (ε), (στ) «ανοικτή» ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα και (ζ) «ανοικτή» ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση και υπό τις προϋποθέσεις του προηγούμενου σχολίου. (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

2.8 Ενίσχυση κόμβων

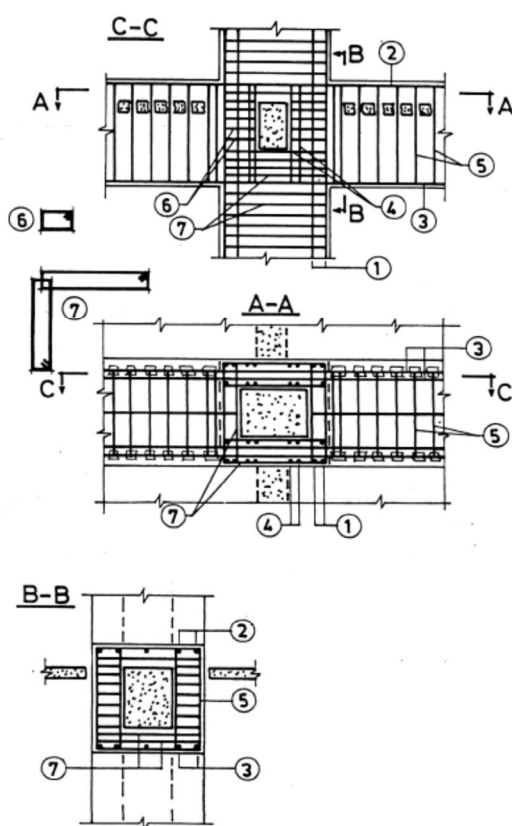
Οι βασικοί τρόποι ενίσχυσης των κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων είναι :

α) με μανδύα σκυροδέματος

β) με χρήση χιαστί κολάρων

γ) με χρήση επικολητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή.

Η καλύτερη μέθοδος ενίσχυσης του κόμβου γίνεται με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος . Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει δυσκολίες λόγω των άλλων δομικών μελών που συντρέχουν στον κόμβο .

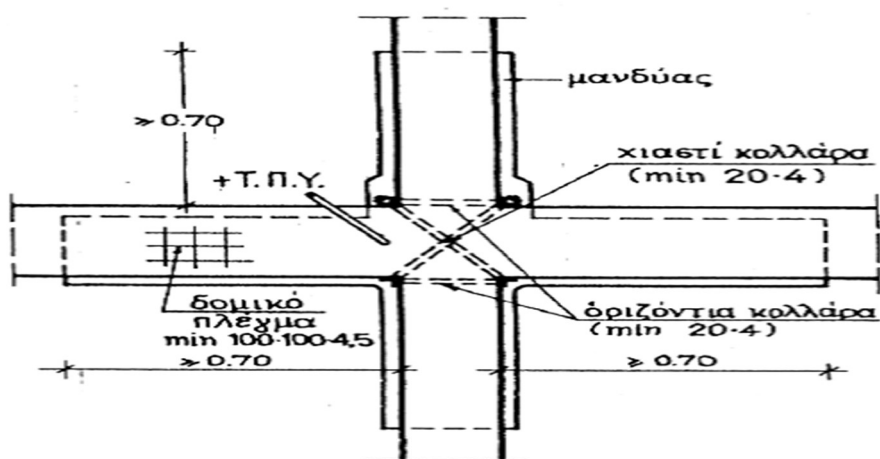


1. οπλισμοί υποστυλώματος, 2. οπλισμοί δοκού άνω, 3. οπλισμοί δοκού κάτω, 4. κατακόρυφοι σύνδεσμοι κόμβου, 5. συνδετήρες δοκού, 6. συνδετήρες υποστυλώματος, 7. συνδετήρες υποστυλώματος μέσα στον κόμβο.

Σχέδιο 9. Ενίσχυση κόμβου με μανδύα (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

2.9 Τεχνική των χιαστί κολάρων

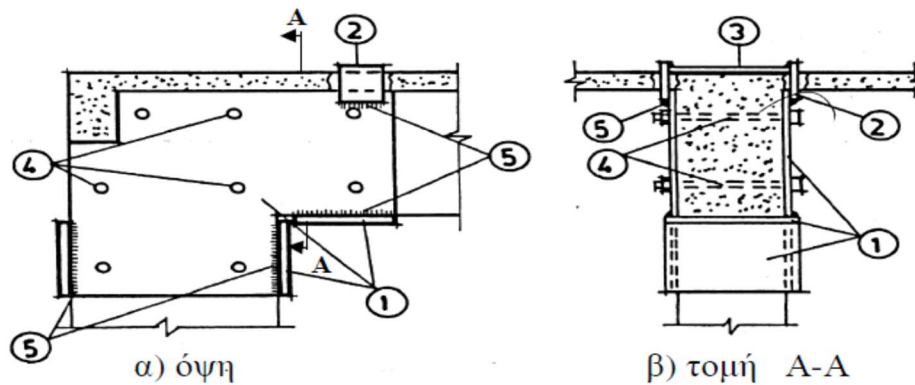
Στην τεχνική των χιαστί κολάρων αποκαθίστανται πρώτα οι βλάβες και στην συνέχεια εφαρμόζονται τα χιαστί κολάρα μαζί με οριζόντια για σταθερότητα . Στη συνέχεια τοποθετείται πλέγμα και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα . Η τεχνική αυτή δε χρησιμοποιείται όταν συντρέχουν στον κόμβο 4 δοκοί γιατί δεν μπορούν να τοποθετηθούν τα κολάρα .



Σχέδιο 10. Ενίσχυση με χιαστί κολάρα Γενική διάταξη (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

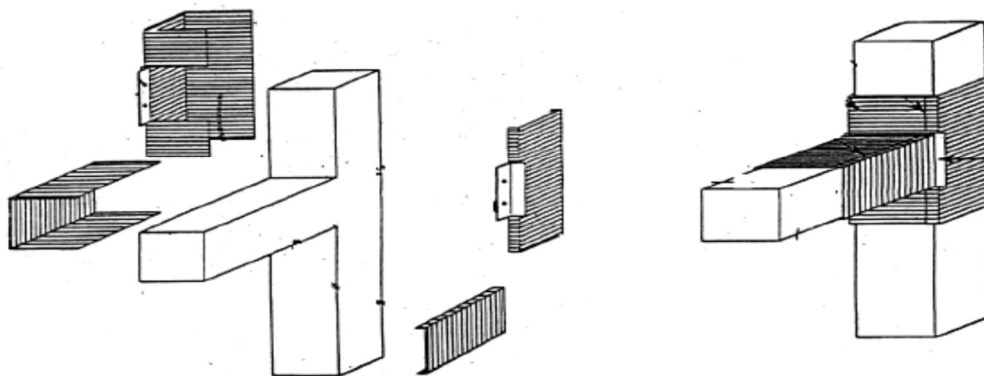
Η επικόλληση μεταλλικών ελασμάτων ή φύλλων FRP χρησιμοποιείται για ενίσχυση των κόμβων χωρίς αλλαγή των διαστάσεων . Η επικόλληση των στοιχείων

γίνεται μετά την αποκατάσταση των βλαβών . Τα μεταλλικά ελάσματα συνδέονται και με βίδες ή ντίζες .



1. μεταλλικά ελάσματα, 2. μεταλλικό έλασμα, 3. μεταλλική ταινία, 4. προεντεταμένοι κοιλίες, 5. συγκολλήσεις.

Σχέδιο 11. Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα(ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)



Σχέδιο 12. Ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος)

Όλες αυτές οι τεχνικές μπορεί να εφαρμοστούν για ενίσχυση του κόμβου όταν υπάρχει ανεπάρκεια οπλισμού του κόμβου . Αν υπάρχει περίπτωση αστοχίας λόγω λοξής θλίψης τότε πρέπει να εφαρμόζεται μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος .

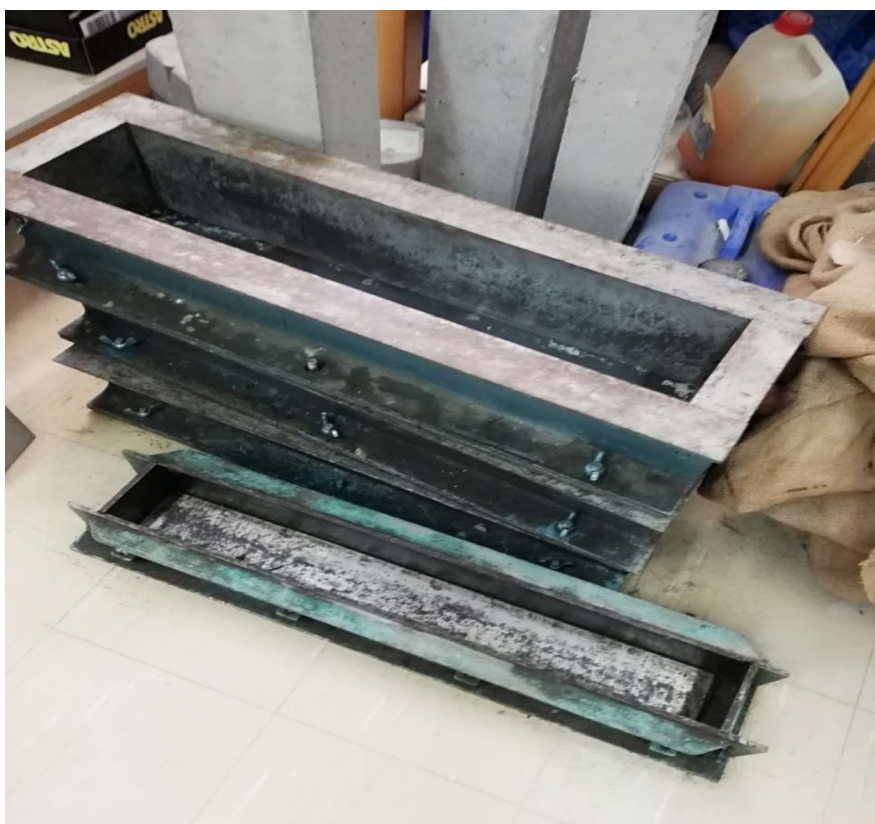
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Στο πειραματικό μέρος αυτής της πτυχιακής διερευνήθηκε η ενίσχυση στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα με την χρήση μεταλλικών ελασμάτων και ξύλινων και FRP φύλλων. Μέσω αυτής της πειραματικής διαδικασίας θα δούμε σε τι δυνάμεις αστοχούν και με υπολογιστικό τρόπο θα συγκρίνουμε την ροπή αντοχής τους.

Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν C25/30 με μέγιστο κόκκο 31,5mm. Για τον οπλισμό χρησιμοποιήθηκαν χαλύβδινοι ράβδοι $\Phi 12$, B500C και μήκους 68cm.

Για δημιουργία οριζόντιων δομικών στοιχείων (δοκών) διαστάσεως 75-10-15cm και για την δημιουργία κυβικών δοκιμίων διαστάσεων 15-15-15cm.



Εικόνα 17. Μήτρες ορθογωνικών δοκιμίων



Εικόνα 18. Μήτρες κυβικών δοκιμίων



Εικόνα 19. Χαλύβδινοι ράβδοι

Το επόμενο βήμα που έγινε ήταν να δέσουμε δύο χαλύβδινες ράβδους με σίδερα οδηγούς που η απόστασή τους ήταν 10cm με σκοπό να τοποθετηθούν ως οπλισμός σε απόσταση 5cm από τον πάτο του καλουπιού μας.



Εικόνα 20. Τσέρκι



Εικόνα 21. Δέσιμο οπλισμών

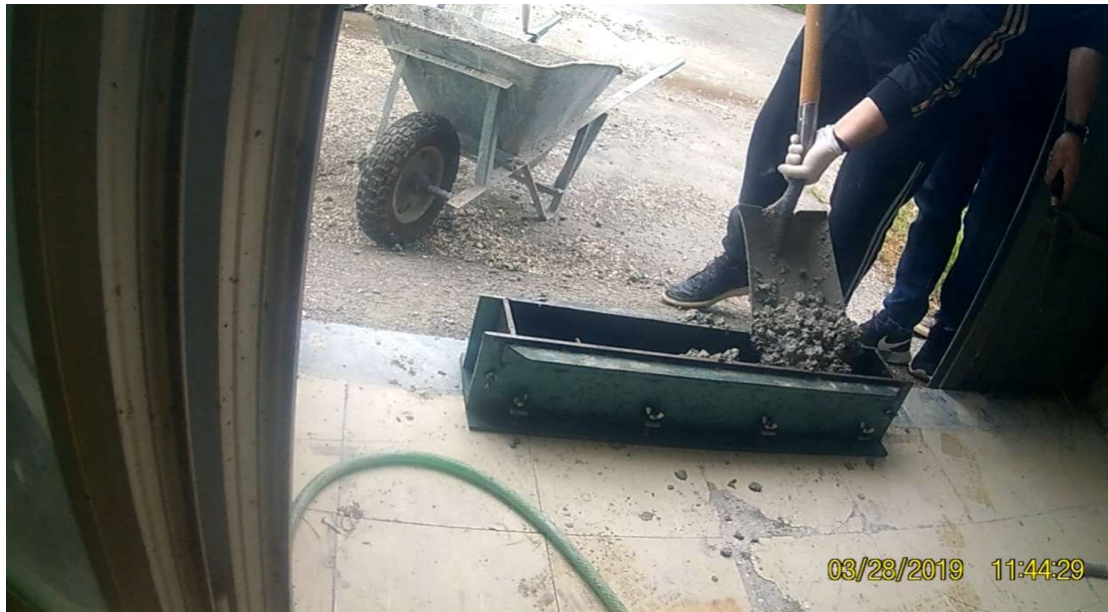


Εικόνα 22. Τοποθέτηση οπλισμού στην ορθογωνική μήτρα

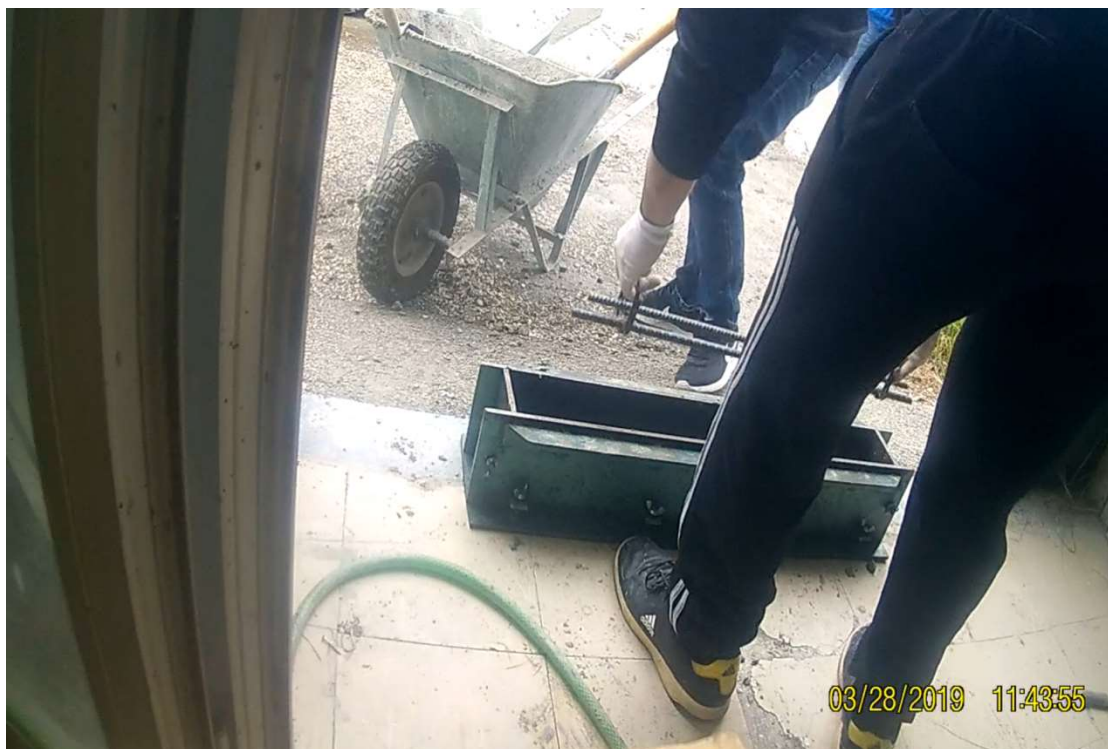
Στην συνέχεια έγινε η χύτευση του σκυροδέματος στα καλούπια .

Στις δοκούς τοποθετήθηκε πρώτα μια στρώση 5cm σκυροδέματος μετά τοποθετήθηκε ο οπλισμός (εικ.24) και στην συνέχεια γέμισε με σκυρόδεμα όλο το καλούπι. Στις κυβικές μήτρες δεν υπήρχε οπλισμός.

Κατά την διάρκεια της χύτευσης το μίγμα αναμειγνυόταν με τον δονητή για καλύτερη συμπύκνωση του οπλισμένου σκυροδέματος .



Εικόνα 23. Πλήρωση ορθογωνικών καλουπιών (πρώτη στρώση)



Εικόνα 24. Τοποθέτηση οπλισμού κατά την σκυροδέτηση



Εικόνα 25. Πλήρωση ορθογωνικών καλουπιών (δεύτερη στρώση)



Εικόνα 26. Συμπύκνωση σκυροδέματος με ράβδο



Εικόνα 27. Επιπεδοποίηση σκυροδέματος



Εικόνα 28. Τελική μορφή διαστρωμένου με σκυρόδεμα καλουπιού



Εικόνα 29α. Σκυροδέτηση τετραγωνικών καλουπιών



Εικόνα 29β. Σκυροδέτηση τετραγωνικών καλουπιών



Εικόνα 30. Τελική μορφή σκυροδέτησης

Μετά από 5 μέρες τα δείγματα ήταν έτοιμα για ξεκαλούπωμα ...



Εικόνα 31. Αφαίρεση καλουπιών



Εικόνα 32. Δείγματα προς δοκιμή

Τα δοκίμια σκυροδέματος συντηρήθηκαν με διάβρεξη.

Μετά την πάροδο 28 ημερών τα δοκίμια ήταν έτοιμα για τις δοκιμές θλίψης και κάμψης.

Στην συνέχεια μετρήθηκαν οι διαστάσεις και το βάρος των δοκιμίων .

1^{ος} κύβος : βάρος 8063gr, μέσος όρος πλάτους 151,95mm αστόχησε στα 935kN



Εικόνα 33. Δοκιμή σε θλίψη

2^{ος} κύβος: βάρος 8143gr, μέσος όρος πλάτους 151,41mm αστόχησε στα 900kN



Εικόνα 34. Δοκιμή σε θλίψη

3^{ος} κύβος: βάρος 7727gr, μέσος όρος πλάτους 149,7mm αστόχησε στα 910kN



Εικόνα 35. Δοκιμή σε θλίψη

4^{ος} κύβος: βάρος 7887gr, μέσος όρος πλάτους 147,7mm αστόχησε στα 900kN



Εικόνα 36. Δοκιμή σε θλίψη

ΚΥΒΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ(Μ.Ο.)	ΒΑΡΟΣ	ΔΥΝΑΜΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
1 ^{ος} κύβος	151,95mm	8063gr	935kN
2 ^{ος} κύβος	151,41mm	8143gr	900kN
3 ^{ος} κύβος	149,7mm	7727gr	910kN
4 ^{ος} κύβος	147,7mm	7887gr	900kN

Πίνακας 1

Την ίδια μέρα έγινε η τοποθέτηση των υλικών για την ενίσχυση των δοκών.

FRP: 2 στρώσεις ,πάχος υλικού 0,11mm ,μέτρο ελαστικότητας 240GPa

Ξύλο: 1 στρώση, πάχος υλικού 2,9mm ,μέτρο ελαστικότητας 8GPa

Χάλυβας: 1 στρώση, πάχος υλικού 0,56mm ,μέτρο ελαστικότητας 210GPa



Εικόνα 37. Υλικά προς ενίσχυση των δομικών στοιχείων μας

Τα φύλλα FRP ,ξύλου και τα ελάσματα χάλυβα κολλήθηκαν με ρητίνη.



Εικόνα 38. Φωτογραφία του δοχείου



Εικόνα 39. Επάληψη ρητίνης στα δοκίμα μας



Εικόνα 40. Τοποθέτηση φύλλου χάλυβα



Εικόνα 41. Τοποθέτηση FRP



Εικόνα 42. Δοκίμια σκυροδέματος με ενίσχυση

Μετά την πάροδο τεσσάρων ημερών από την επικόλληση των φύλλων ενίσχυσης ελέγχθηκε η αντοχή των δοκιμίων σε κάμψη.



Εικόνα 43. Δοκιμή σε κάμψη ορθογωνικών δειγμάτων

3.2 ΔΟΚΙΜΕΣ

Η δοκιμή κάμψης δεν μπορούσε να εκτελεστεί με τον κλασικό τρόπο δηλαδή με εφαρμογή δύναμης σε δύο σημεία γιατί η μηχανή κάμψης δεν μπορούσε να εφαρμόσει αρκετή δύναμη ώστε να αστοχήσει η δοκός. Έτσι η δοκιμή έγινε εφαρμόζοντας δύναμη σε ένα σημείο, στη μέση της δοκού. Η ακρίβεια του πειράματος δεν ήταν η επιθυμητή γιατί η μηχανή δεν είχε σχεδιαστεί για εφαρμογή μίας δύναμης οπότε δεν ήταν ακριβώς κάθετη η εφαρμογή της. Παρόλα αυτά προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα. Ακολουθεί περιγραφή των δοκιμών όπου αναφέρεται η δύναμη αστοχίας ενώ στην συνέχεια εκτιμάται η ροπή αντοχής με υπολογιστικές μεθόδους. Τα αποτελέσματα από το πείραμα και τους υπολογισμούς συγκρίνονται στον πίνακα.

1^η δοκιμή : δοκός 75-10-15cm , αστόχησε με $F=53kN$



Εικόνα 44. Δοκίμιο σκυροδέματος χωρίς ενίσχυση κατά την δοκιμή της κάμψης



Εικόνα 45. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 1 μετά την δοκιμή της κάμψης.



Εικόνα 46. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 1 μετά την δοκιμή της κάμψης.



Εικόνα 47. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 1 μετά την δοκιμή της κάμψης.

2^η δοκιμή **F_{rp}**:δοκός 70-15-15cm , αστόχησε σε $F=98\text{kN}$



Εικόνα 48. Δοκίμιο σκυροδέματος ενισχυμένο με φύλλο FRP κατά την δοκιμή της κάμψης



Εικόνα 49. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 2 μετά την δοκιμή της κάμψης.



Εικόνα 50. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 2 μετά την δοκιμή της κάμψης.

3^η δοκιμή Ξύλο: δοκός 70-15-15cm , αστόχησε σε $F=90\text{kN}$



Εικόνα 51. Δοκίμιο σκυροδέματος ενισχυμένο με φύλλο ξύλου κατά την δοκιμή της κάμψης



Εικόνα 52. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 3 μετά την δοκιμή της κάμψης.



Εικόνα 53. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 3 μετά την δοκιμή της κάμψης.

4^η δοκιμή χωρίς ενίσχυση: δοκός 70-15-15cm , αστόχησε σε $F=72\text{kN}$



Εικόνα 54. Δοκίμιο σκυροδέματος χωρίς ενίσχυση κατά την δοκιμή της κάμψης



Εικόνα 55. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 4 μετά την δοκιμή της κάμψης.



Εικόνα 56. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 4 μετά την δοκιμή της κάμψης.

5^η δοκιμή Χάλυβας: δοκός 70-15-15cm , έσπασε με $F=102\text{kN}$ (ολίσθηση στην δεξιά στήριξη)



Εικόνα 57. Δοκίμιο σκυροδέματος ενισχυμένο με φύλλο χάλυβα κατά την δοκιμή της κάμψης



Εικόνα 58. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 5 μετά την δοκιμή της κάμψης.



Εικόνα 59. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 5 μετά την δοκιμή της κάμψης.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

Fcd	Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού σκυροδέματος
Fsi	Δύναμη εφελκόμενου υλικού
Ff	Δύναμη υλικού ενίσχυσης
Es	Οριακή κατάσταση αστοχίας
As	Εμβαδόν του εφελκόμενου οπλισμού που εκτίνεται σε απόσταση
b	Πλάτος διατομής
d	Στατικό ύψος
n	Αριθμός φύλλων/ελασμάτων
tf	Πάχος υλικού ενίσχυσης
Wf	Πλάτος υλικού ενίσχυσης
Eξ	Μέτρο ελαστικότητας υλικού
δg	Ολίσθηση υλικού
α	Συντελεστής που προκύπτει από τον τρόπο υποβολής του φορτίου
Mrd	Ροπή αντοχής

3.3.1 ΕΥΛΟ

$$Fcd = Fsi + Ff$$

$$Fcd = a \cdot 0,85 \cdot Fcd \cdot b \cdot x$$

$$Es = 3,5\%$$

$$a = 0,81$$

$$Fcd = 0,81 \cdot 0,85 \cdot \frac{25000}{1,5} \cdot 0,15 \cdot x \Rightarrow Fcd = 1721,25x \text{ kN}$$

$$Fsi = As \cdot Es \cdot \epsilon_{si}$$

$$Fsi = As \cdot F_{\psi d} = 2,16(10^{-2})^2 \cdot \frac{500000}{1,15} \Rightarrow Fsi = 98,26 \text{ kN}$$

$$Ff = n \cdot t_f \cdot W_f \cdot E_{\xi} \cdot \epsilon_f = 1 \cdot \frac{2,9}{1000} \cdot \frac{15}{100} \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,15-x}{x} \cdot \frac{3,5}{1000} \Rightarrow Ff = 12,18 \cdot \frac{0,15-x}{x}$$

$$Fcd = Fsi + Ff \Rightarrow 1721,25x = 98,26 + 12,18 \cdot \frac{0,15-x}{x} \Rightarrow 1721,25x^2 = 98,26x + 12,18(0,15-x)$$

$$\Rightarrow 1721,25x^2 = 98,26x + 1,827 - 12,18x \Rightarrow 1721,25x^2 = 86,08x + 1,827$$

$$\Rightarrow 1721,25x^2 - 86,08x - 1,827 = 0$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma = -86,08^2 - 4 \cdot 1721,25 \cdot (-1,827) = 7409,76 + 12578,9$$

$$\Rightarrow \Delta = 19988,66$$

$$\frac{-\beta + \sqrt{\Delta}}{2\alpha} = \frac{-86,08 + 141,4}{3442,5} = 0,066$$

$$X = 0,066$$

$$\epsilon_{si} = \frac{d-x}{x} \cdot \epsilon_c = \frac{0,095 - 0,066}{0,066} \cdot 0,0035 \Rightarrow \epsilon_{si} = 0,00153 = 1,53\%$$

$$d=0,095$$

$$F_{cd}=1721,25 \cdot 0,066=113,60$$

$$F_{si}=98,26$$

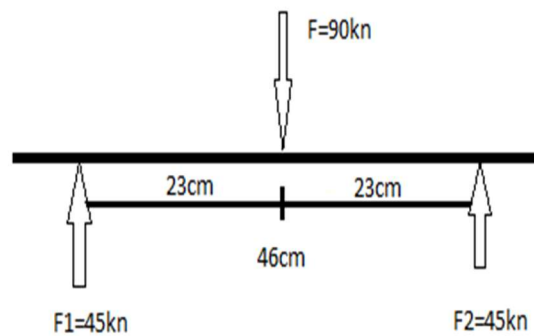
$$F_f=12,18 \cdot \frac{0,15-0,066}{0,066} \Rightarrow F_f=15,50$$

$$M_{Rd}=F_f(h-a)+F_{si}(d-a) \Rightarrow$$

$$\alpha=\delta G \cdot \chi=0,416 \cdot 0,066 \Rightarrow \alpha=0,027$$

$$\delta G=0,416$$

$$M_{Rd}=F_f(h-a)+F_{si}(d-a) \Rightarrow 15,5(0,15-0,027)+98,26(0,095-0,027) \Rightarrow M_{Rd}=8,6 \text{ kNm}$$



Για $0 < \chi < 23$

$$M(\chi)=F_1 \cdot \chi$$

$$\text{Για } \chi=0 \quad M(\chi)=45 \cdot 0=0$$

$$\text{Για } \chi=23 \quad M(\chi)=45 \cdot 23=1035 \text{ kNcm}=10,35 \text{ kNm}$$

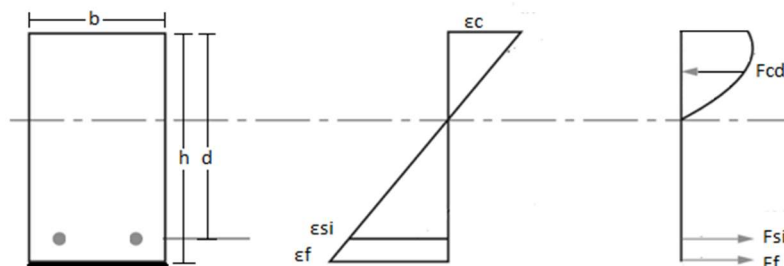
Για $23 < \chi < 46$

$$-F_1 \cdot \chi + F(\chi-23) + M(x) = 0$$

$$\text{Για } \chi=23 \quad -45 \cdot 23 + 90 \cdot (23-23) + M(x) \Rightarrow M(x)=10,35 \text{ kNm}$$

$$\text{Για } \chi=46 \quad -45 \cdot 46 + 90(46-23) + M(x)$$

$$\Rightarrow -2070 + 2070 + M(x) \Rightarrow M(x)=0$$



3.3.2 FRP

$$F_{cd} = F_{si} + F_f$$

$$F_{cd} = a \cdot 0,85 \cdot F_{cd} \cdot b \cdot x$$

$$E_s = 3,5\text{‰}$$

$$a = 0,81$$

$$F_{cd} = 0,81 \cdot 0,85 \cdot \frac{25000}{1,5} \cdot 0,15 \cdot x \Rightarrow F_{cd} = 1721,25x \text{ kN}$$

$$F_{si} = A_s \cdot E_s \cdot \epsilon_{si}$$

$$F_{si} = A_s \cdot F_{\psi d} = 2,16(10^{-2})^2 \cdot \frac{500000}{1,15} \Rightarrow F_{si} = 98,26 \text{ kN}$$

$$F_f = n \cdot t_f \cdot W_f \cdot E_{\xi} \cdot \epsilon_f = 2 \cdot \frac{0,11}{1000} \cdot \frac{15}{100} \cdot 240 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,15-x}{x} \cdot \frac{3,5}{1000} \Rightarrow F_f = 27,72 \cdot \frac{0,15-x}{x}$$

$$F_{cd} = F_{si} + F_f \Rightarrow 1721,25x = 98,26 + 27,72 \cdot \frac{0,15-x}{x} \Rightarrow 1721,25x^2 = 98,26x + 27,72(0,15-x)$$

$$\Rightarrow 1721,25x^2 = 98,26x + 4,158 - 27,72x \Rightarrow 1721,25x^2 = 70,54x + 4,158$$

$$\Rightarrow 1721,25x^2 - 70,54x - 4,158 = 0$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma = -70,54^2 - 4 \cdot 1721,25 \cdot (-4,158) = 4975,9 + 28627,83$$

$$\Rightarrow \Delta = 33603,73$$

$$\frac{-\beta + \sqrt{\Delta}}{2\alpha} = \frac{70,54 + 183}{3442,5} = 0,073$$

$$X = 0,073$$

$$\epsilon_{si} = \frac{d-x}{x} \cdot \epsilon_c = \frac{0,095 - 0,073}{0,073} \cdot 0,0035 \Rightarrow \epsilon_{si} = 0,00105 = 1,05\text{‰}$$

$$d = 0,095$$

$$F_{cd} = 1721,25 \cdot 0,073 = 125,65$$

$$F_{si} = 98,26$$

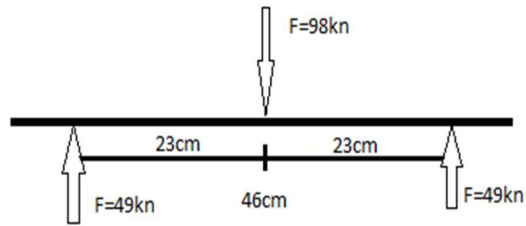
$$F_f = 27,72 \cdot \frac{0,15 - 0,073}{0,073} \Rightarrow F_f = 29,24$$

$$M_{Rd} = F_f(h-a) + F_{si}(d-a) \Rightarrow$$

$$\alpha = \delta G \cdot \chi = 0,416 \cdot 0,073 \Rightarrow \alpha = 0,030$$

$$\delta G = 0,416$$

$$M_{Rd} = F_f(h-a) + F_{si}(d-a) \Rightarrow 29,24(0,15 - 0,030) + 98,26(0,095 - 0,030) \Rightarrow M_{Rd} = 9,8 \text{ kNm}$$



Για $0 < x < 23$

$$M(x) = F_1 \cdot x$$

$$\text{Για } x=0 \quad M(x) = 49 \cdot 0 = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad M(x) = 49 \cdot 23 = 1127 \text{ kNcm} = 11,27 \text{ kNm}$$

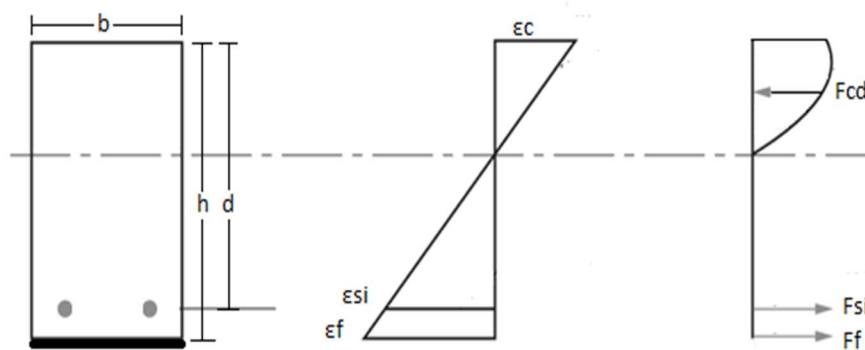
Για $23 < x < 46$

$$-F_1 \cdot x + F(x-23) + M(x) = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad -49 \cdot 23 + 98 \cdot (23-23) + M(x) \Rightarrow M(x) = 11,27 \text{ kNm}$$

$$\text{Για } x=46 \quad -49 \cdot 46 + 98(46-23) + M(x)$$

$$\Rightarrow -2254 + 2254 + M(x) \Rightarrow M(x) = 0$$



3.3.3 ΧΑΛΥΒΑΣ

$$F_{cd} = F_{si} + F_f$$

$$F_{cd} = a \cdot 0,85 \cdot F_{cd} \cdot b \cdot x$$

$$E_s = 3,5\text{‰}$$

$$a = 0,81$$

$$F_{cd} = 0,81 \cdot 0,85 \cdot \frac{25000}{1,5} \cdot 0,15 \cdot x \Rightarrow F_{cd} = 1721,25x \text{ kN}$$

$$F_{si} = A_s \cdot E_s \cdot \epsilon_{si}$$

$$F_{si} = A_s \cdot F_{\psi d} = 2,26(10^{-2})^2 \cdot \frac{500000}{1,15} \Rightarrow F_{si} = 98,26 \text{ kN}$$

$$F_f = n \cdot t_f \cdot W_f \cdot E_{\xi} \cdot \epsilon_f = 1 \cdot \frac{0,56}{1000} \cdot \frac{15}{100} \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,15-x}{x} \cdot \frac{3,5}{1000} \Rightarrow F_f = 61,74 \cdot \frac{0,15-x}{x}$$

$$F_{cd} = F_{si} + F_f \Rightarrow 1721,25x = 98,26 + 61,74 \cdot \frac{0,15-x}{x} \Rightarrow 1721,25x^2 = 98,26x + 61,74(0,15-x)$$

$$\Rightarrow 1721,25x^2 = 98,26x + 9,26 - 61,74x \Rightarrow 1721,25x^2 = 36,52x + 9,26$$

$$\Rightarrow 1721,25x^2 - 36,52x - 9,26 = 0$$

$$\Delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma = -36,52^2 - 4 \cdot 1721,25 \cdot (-9,26) = 1333,7 + 63755,1$$

$$\Rightarrow \Delta = 65088,8$$

$$\frac{-\beta + \sqrt{\Delta}}{2\alpha} = \frac{36,52 + 255,12}{3442,5} = 0,0847$$

$$X = 0,0847$$

$$\epsilon_{si} = \frac{d-x}{x} \cdot \epsilon_c = \frac{0,095 - 0,0847}{0,0847} \cdot 0,0035 \Rightarrow \epsilon_{si} = 0,000425 = 0,42\text{‰}$$

$$d = 0,095$$

$$F_{cd} = 1721,25 \cdot 0,0847 = 145,78$$

$$F_{si} = 98,26$$

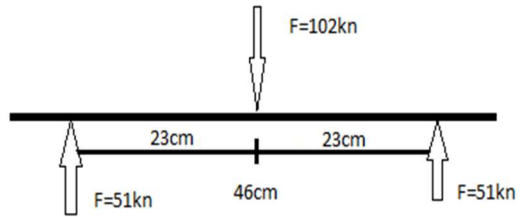
$$F_f = 61,74 \cdot \frac{0,15 - 0,0847}{0,0847} \Rightarrow F_f = 47,6$$

$$MR_d = F_f(h-a) + F_{si}(d-a) \Rightarrow$$

$$\alpha = \delta G \cdot \chi = 0,416 \cdot 0,0847 \Rightarrow \alpha = 0,035$$

$$\delta G = 0,416$$

$$MR_d = F_f(h-a) + F_{si}(d-a) \Rightarrow 47,6(0,15 - 0,035) + 98,26(0,095 - 0,035) \Rightarrow MR_d = 11,36 \text{ kNm}$$



Για $0 < x < 23$

$$M(x) = F_1 \cdot x$$

$$\text{Για } x=0 \quad M(x) = 51 \cdot 0 = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad M(x) = 51 \cdot 23 = 1173 \text{ kNcm} = 11,73 \text{ kNm}$$

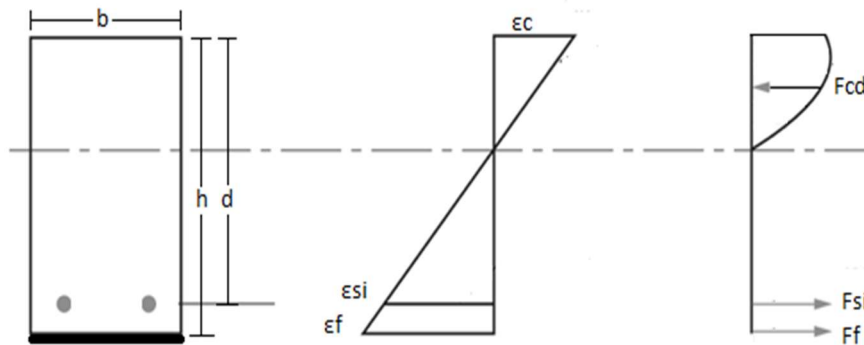
Για $23 < x < 46$

$$-F_1 \cdot x + F(x-23) + M(x) = 0$$

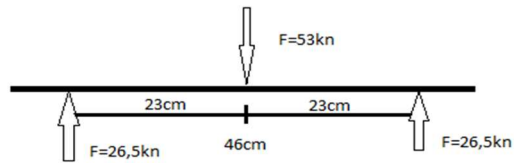
$$\text{Για } x=23 \quad -51 \cdot 23 + 102 \cdot (23-23) + M(x) \Rightarrow M(x) = 11,73 \text{ kNm}$$

$$\text{Για } x=46 \quad -51 \cdot 46 + 102(46-23) + M(x)$$

$$\Rightarrow -2346 + 2346 + M(x) \Rightarrow M(x) = 0$$



3.3.4 ΔΟΚΟΣ 75-10-15 ΧΩΡΙΣ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΟΠΛ. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



Για $0 < x < 23$

$$M(x) = F_1 \cdot x$$

$$\text{Για } x=0 \quad M(x) = 26,5 \cdot 0 = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad M(x) = 26,5 \cdot 23 = 609,5 \text{ kNcm} = 6,09 \text{ kNm}$$

Για $23 < x < 46$

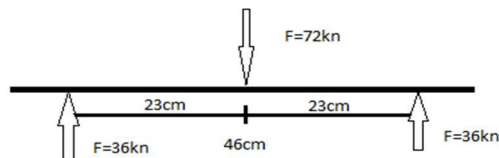
$$-F_1 \cdot x + F(x-23) + M(x) = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad -26,5 \cdot 23 + 53 \cdot (23-23) + M(x) \Rightarrow M(x) = 6,09 \text{ kNm}$$

$$\text{Για } x=46 \quad -26,5 \cdot 46 + 53 \cdot (46-23) + M(x)$$

$$\Rightarrow -1219 + 1219 + M(x) \Rightarrow M(x) = 0$$

3.3.5 Για δοκό 70-15-15 χωρίς υλικό με οπλισμένο σκυρόδεμα



Για $0 < x < 23$

$$M(x) = F_1 \cdot x$$

$$\text{Για } x=0 \quad M(x) = 36 \cdot 0 = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad M(x) = 36 \cdot 23 = 828 \text{ kNcm} = 8,28 \text{ kNm}$$

Για $23 < x < 46$

$$-F_1 \cdot x + F(x-23) + M(x) = 0$$

$$\text{Για } x=23 \quad -36 \cdot 23 + 72 \cdot (23-23) + M(x) \Rightarrow M(x) = 8,28 \text{ kNm}$$

$$\text{Για } x=46 \quad -36 \cdot 46 + 72 \cdot (46-23) + M(x)$$

$$\Rightarrow -1656 + 1656 + M(x) \Rightarrow M(x) = 0$$

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση της ροπής αστοχίας του πειράματος και της ροπής αστοχίας με τους υπολογισμούς.

ΔΟΚΙΜΗ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΥΛΙΚΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	ΡΟΠΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ(kNm)	ΡΟΠΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ(kNm)	ΣΥΓΚΡΙΣΗ (%)
1 ^η	75-10- 15cm	ΧΩΡΙΣ ΥΛΙΚΟ	5,3kNm	6,09kNm	14,9%
2 ^η	75-15- 15cm	FRP	9,8kNm	9,8kNm	0%
3 ^η	75-15- 15cm	ΞΥΛΟ	9,0kNm	8,6kNm	4,4%
4 ^η	75-15- 15cm	ΧΩΡΙΣ ΥΛΙΚΟ	7,2kNm	8,28kNm	15%
5 ^η	75-15- 15cm	ΧΑΛΥΒΑΣ	10,2kNm	11,36kNm	11,3%

Πίνακας 2

Η σύγκριση γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$\frac{\text{ροπή αστοχίας πειράματος} - \text{ροπή υπολογισμών}}{\text{ροπή αστοχίας πειράματος}} \times 100$$

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση της ροπής αντοχής της δοκού χωρίς ενίσχυση και με ενίσχυση με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα στις διαστάσεις 75-15-15cm.

ΥΛΙΚΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	ΡΟΠΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕ ΥΛΙΚΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ(kNm)	ΡΟΠΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΧΩΡΙΣ ΥΛΙΚΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ(kNm) (ΔΟΚΙΜΙΟ ΕΝΑ)	ΣΥΓΚΡΙΣΗ (%)
FRP	9,8kNm	7,2kNm	36,1%
ΞΥΛΟ	9,0kNm		25%
ΧΑΛΥΒΑΣ	10,2kNm		41%

Πίνακας 3

Η σύγκριση γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$\frac{\text{ροπή αντοχής με υλικο} - \text{ροπή αντοχής χωρίς υλικο}}{\text{ροπή αντοχής χωρίς υλικο}} \times 100$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τρόποι αποκατάστασης βλαβών μελών οπλισμένου σκυροδέματος καθώς και τρόποι ενίσχυση τους.

Για μικρές βλάβες η χρήση της εποξειδικής ρητίνης , ρητινοκονιαμάτων ή τσιμεντοκονιαμάτων επαρκούν για την αποκατάσταση των βλαβών.

Για μεγαλύτερες βλάβες μπορεί να γίνει αποκατάσταση της διατομής απομακρύνοντας το σαθρό υλικό και τα τμήματα των οπλισμών που έχουν αστοχήσει και βάζοντας καινούργιο οπλισμό και σκυρόδεμα.

Η ενίσχυση μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί να γίνει με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος , με επικόλληση μεταλλικών ελασμάτων ,με επικόλληση ινοπλισμένων πολυμερών , κολάρων κ.λ.π.

Στο πειραματικό μέρος αυτής της εργασίας μελετήθηκε η ενίσχυση σε κάμψη δομικών μελών μιας κατασκευής όπως είναι τα δοκάρια. Επικολλήθηκαν στην κάτω παρεία λεπτά στοιχεία από διάφορα υλικά όπως μεταλλικά ελάσματα , φύλλα FRP και ξύλου.

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 3 το πιο αποδοτικό υλικό είναι το φύλλο χάλυβα που αύξησε την ροπή αντοχής κατά 41% , μετά το φύλλο FRP κατά 36,1% και τελευταίο το ξύλο κατά 25%. Σε όλες τις περιπτώσεις υπήρξε αύξηση της ροπής αντοχής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΟΑΣΠ, (1999) Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και προστασίας, “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός - Ε.Α.Κ. 2000”, ΦΕΚ2184/Β/20.12.99.

Πενέλης Γ., Κάππος Α., (1990) “Αντισεισμικές Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα” Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Πλαϊνής Π., Σιγάλας Ι., (2000) “Σεμινάριο: Επισκευές των Κτιρίων από τις Βλάβες των Σεισμών – Αναγνώριση Βλαβών και Αποτίμηση της Κατασκευής”, Ι.ΕΚ.Ε.Μ., Τ.Ε.Ε., Αθήνα.

Υ.Π.Ε.Χ.6.1Ε., (2000) “Ελληνικός Κανονισμός δπλασμένου Σκυροδέματος – ΕΚΩΣ 2000”. Γενική Γραμματεία 1ημοσίων Έργων, Αθήνα.

Φαρδής Μ., (2005) “Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος”, Μέρος Ι, Εκδόσεις Παν. Πατρών, Πάτρα.

CEB Bulletin No 162, (1983) “Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading”, Paris.

CEN Tech. Com., 250/SC8 Eurocode 8-Part 1.2, (1994) “Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: General Rules for Buildings” ENV 1998-1-2, Brussels.

CEN Tech. Com., 250/SC8 Eurocode 8-Part 1.4, (1995) “Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: Strengthening and Repair of Buildings”, prENV 1998-1-4, Brussels.

FEMA-356, (2000) Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington D.C..

Προσωπικό αρχείο φωτογραφιών Μ. Χρονόπουλου, από παλαιότερες αλλά και από τις πρόσφατες πυρκαγιές του 2007 στις περιοχές των Νομών Ηλείας, Αρκαδίας και Ευβοίας.

Προσωπικό αρχείο φωτογραφιών Ε. Βιντζηλαίου, από τις πρόσφατες πυρκαγιές του 2007 στις περιοχές των Νομών Ηλείας, Αρκαδίας και Ευβοίας.

Α.Π.Θ., (1978) “Επισκευή Ζημιών από Σεισμό σε Κτίρια-Οδηγίες”, Θεσσαλονίκη.

Δέμης Σ., Πηλακούτας Κ., Δρίτσος Σ., Τριανταφύλλου Θ., (1999)“Ανθεκτικότητα Ινοπλισμένων Πολυμερών στο Σκυρόδεμα”, Πρακτικά 13ου Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, Τόμ.2, 277-284, Ρέθυμνο.

Δρίτσος Σ., (1994)“Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Παν. Πατρών , Πάτρα.

Δρίτσος Σ., (2004α)“Το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα σε Έργα Επεμβάσεων – Το Ιστορικό και η Σύνθεση”, Δελτ. Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος, Τεύχος 320, 18-24.

Δρίτσος Σ., (2004β)“Το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα σε Έργα Επεμβάσεων – Η Προετοιμασία και η Εκτόξευση”, Δελτ. Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος, Τεύχος 321, 18-24.

Δρίτσος Σ., (2004γ)“Το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα σε Έργα Επεμβάσεων –Έλεγχοι και Ασφάλεια”, Δελτ. Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος, Τεύχος 322, 20-27.

Ε.Μ.Π., (1978)“Συστάσεις για τις Επισκευές Κτιρίων που έπαθαν βλάβη από Σεισμό”, *Α θ ή ν α*.

ΟΑΣΠ ,ΚΑΝ.ΕΠΕ (Κανονισμός Επεμβάσεων) 2^η Αναθεώρηση 2017 , Αθήνα

Angeliki Papalou and Dimitrios K. Baros «Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study», Buildings 9(7),171.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ-ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros).....	17
Εικόνα 2. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros).....	18
Εικόνα 3. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros).....	18
Εικόνα 4. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros).....	19
Εικόνα 5. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros).....	19
Εικόνα 6. Βλάβες από πυρκαγιά (Assessing Structural Damage after a Severe Wildfire: A Case Study Angeliki Papalou * and Dimitrios K. Baros).....	20
ΕΙΚΟΝΑ 7. Επισκευή με έγχυτο σκυρόδεμα.....	26
ΕΙΚΟΝΑ 8. Επισκευή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.....	26
Εικόνα 9. Τσιμεντοκονιάματα.....	27
Εικόνα 10. Τσιμεντενέσεις.....	27
Εικόνα 11. Ενέσεις με ρητίνη.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 12. Μεταλλικά ελάσματα.....	29
ΕΙΚΟΝΑ 13. Ινοπλισμένα πολυμερή FRP σε μορφή λωρίδων.....	30
ΕΙΚΟΝΑ 14. Ινοπλισμένα πολυμερή FRP σε μορφή ολόσωμου μανδύα.....	30
Εικόνα 15. Ενίσχυση στύλου με τη μέθοδο του μεταλλικού κλωβού.....	31
Εικόνα 11. Επέμβαση με μεταλλικό κλωβό για προσωρινή ανάληψη κατακόρυφων φορτίων (ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ από οπλισμένο σκυρόδεμα , Στέφανος Η. Δρίτσος).....	31
Εικόνα 17. Μήτρες ορθογωνικών δοκιμίων.....	43
Εικόνα 18. Μήτρες κυβικών δοκιμίων.....	44
Εικόνα 19. Χαλύβδινοι ράβδοι.....	44
Εικόνα 20. Τσέρκι.....	45
Εικόνα 21. Δέσιμο οπλισμών.....	45
Εικόνα 22. Τοποθέτηση οπλισμού στην ορθογωνική μήτρα.....	46
Εικόνα 23. Πλήρωση ορθογωνικών καλουπιών (πρώτη στρώση).....	47
Εικόνα 24. Τοποθέτηση οπλισμού κατά την σκυροδέτηση.....	47
Εικόνα 25. Πλήρωση ορθογωνικών καλουπιών (δεύτερη στρώση).....	48

Εικόνα 26. Συμπύκνωση σκυροδέματος με ράβδο.....	48
Εικόνα 27. Επιπεδοποίηση σκυροδέματος.....	49
Εικόνα 28. Τελική μορφή διαστρωμένου με σκυρόδεμα καλουπιού.....	49
Εικόνα 29α. Σκυροδέτηση τετραγωνικών καλουπιών.....	50
Εικόνα 29β. Σκυροδέτηση τετραγωνικών καλουπιών.....	50
Εικόνα 30. Τελική μορφή σκυροδετησης.....	51
Εικόνα 31. Αφαίρεση καλουπιών.....	51
Εικόνα 32. Δείγματα προς δοκιμή.....	52
Εικόνα 33. Δοκιμή σε θλίψη.....	53
Εικόνα 34. Δοκιμή σε θλίψη.....	53
Εικόνα 35. Δοκιμή σε θλίψη.....	54
Εικόνα 36. Δοκιμή σε θλίψη.....	54
Εικόνα 37. Υλικά προς ενίσχυση των δομικών στοιχείων μας.....	55
Εικόνα 38. Φωτογραφία του δοχείου.....	56
Εικόνα 39. Επάλειψη ρητίνης στα δοκίμια μας.....	56
Εικόνα 40. Τοποθέτηση φύλλου χάλυβα.....	57
Εικόνα 41. Τοποθέτηση frp.....	58
Εικόνα 42. Δοκίμια σκυροδέματος με ενίσχυση.....	58
Εικόνα 43. Δοκιμή σε κάμψη ορθογωνικών δειγμάτων.....	59
Εικόνα 44. Δοκίμιο σκυροδέματος χωρίς ενίσχυση κατά την δοκιμή της κάμψης.....	60
Εικόνα 45. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 1 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	61
Εικόνα 46. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 1 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	61
Εικόνα 47. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 1 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	62
Εικόνα 48. Δοκίμιο σκυροδέματος ενισχυμένο με φύλλο FRP κατά την δοκιμή της κάμψης.....	62
Εικόνα 49. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 2 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	63
Εικόνα 50. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 2 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	63
Εικόνα 51. Δοκίμιο σκυροδέματος ενισχυμένο με φύλλο ξύλου κατά την δοκιμή της κάμψης.....	64
Εικόνα 52. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 3 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	64
Εικόνα 53. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 3 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	65
Εικόνα 54. Δοκίμιο σκυροδέματος χωρίς ενίσχυση κατά την δοκιμή της κάμψης.....	65
Εικόνα 55. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 4 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	66
Εικόνα 56. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 4 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	66

Εικόνα 57. Δοκίμιο σκυροδέματος ενισχυμένο με φύλλο χάλυβα κατά την δοκιμή της κάμψης.....	67
Εικόνα 58. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 5 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	67
Εικόνα 59. Ρωγμές αστοχίας δοκιμίου 5 μετά την δοκιμή της κάμψης.....	68
Σχήμα 1. Βλάβες υποστυλωμάτων) Ισχυρή αξονική σύνθλιψη και εναλλασσόμενη καμπτική ροπή.....	7
Σχήμα 2. Βλάβες υποστυλωμάτων Ισχυρή αξονική σύνθλιψη και τέμνουσα.....	8
Σχήμα 3. Διατμητική αστοχία “ κοντού” υποστυλώματος.....	8
Σχήμα 2. Βαθμοί βλάβης σε υποστυλώματα και τοιχώματα.....	10
Σχήμα 5. Εικόνα καμπτικής βλάβης τοιχωμάτων.....	11
Σχήμα 6. Εικόνα διατμητικής βλάβης τοιχώματος.....	11
Σχήμα 7. Εικόνα βλάβης τοιχωμάτων στον αρμό διακοπής εργασίας.....	12
Σχήμα 8. Βλάβες σε ακραίους κόμβους.....	13
Σχήμα 9. Βλάβες σε μεσαίους κόμβους.....	13
Σχήμα 10. Καμπτικές ρωγμές στο εφελκόμενο πλέγμα.....	14
Σχήμα 11. Καμπτική αστοχία στο άνω πλέγμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω...	14
Σχήμα 12. Διατμητική αστοχία δοκού.....	15
Σχήμα 13. Βλάβες σε πλάκες.....	16
Σχήμα 14. Εικόνα βλάβης πλάκας λόγω διάτρησης.....	16
Σχήμα 15. Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων.....	23
Σχήμα 16. Προσθήκη τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.....	25
Σχήμα 17. Αποκατάσταση υποστυλώματος, με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαβείσας περιοχής.....	28
Σχήμα 18. Τροποποιημένος καταστατικός νόμος περισφιγμένου σκυροδέματος.....	32
Σχήμα 19. Λεπτομέρειες μονόπλευρης επέκτασης υποστυλώματος.....	34
Σχήμα 20. Ενίσχυση τοιχωμάτων με μανδύες.....	36
Σχήμα 21. Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού.....	37
Σχήμα 22. Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος (α) στο πάνω πέλμα, (β) στο κάτω πέλμα.....	38
Σχήμα 23. Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος Εναλλακτικοί τρόποι σύνδεσης στη διεπιφάνεια.....	38
Σχέδιο 1. Αποτελεσματικότητα διαφόρων μεθόδων ενίσχυσης.....	23

Σχέδιο 2. Τεχνικές κατασκευής τοιχωμάτων εντός πλαισίων (α) Με έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση(β) Με προκατασκευασμένα τοιχώματα χωρίς πλευρική σύνδεση.....	24
Σχέδιο 3. Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος.....	32
Σχέδιο 4. Διαδικασίες απόληξης μανδύα στα στοιχεία θεμελίωσης.....	33
Σχέδιο 5. Κλειστός μανδύας δοκού.....	34
Σχέδιο 6. Ανοικτός μανδύας δοκού α) Γενική διάταξη οπλισμού ενίσχυσης (κατά μήκος τομή) β) Γενική διάταξη οπλισμού ενίσχυσης (εγκάρσια τομή) γ) Στήριξη οπλισμού προσαρμογής (μοντάζ) δ) Στήριξη απόληξης άκρων συνδετήρων.....	35
Σχέδιο 7. Διατμητική ενίσχυση με εξωτερικά μεταλλικά στοιχεία.....	39
Σχέδιο 8. Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης : (α), (β) «κλειστή»ενίσχυση, (γ), (δ), (ε), (στ) «ανοικτή» ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα και (ζ) «ανοικτή» ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση και υπό τις προϋποθέσεις του προηγούμενου σχολίου.....	39
Σχέδιο 9. Ενίσχυση κόμβου με μανδύα.....	40
Σχέδιο 10. Ενίσχυση με χιαστί κολάρα Γενική διάταξη.....	41
Σχέδιο 11. Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα.....	42
Σχέδιο 12. Ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα.....	42
Πίνακας 1	55
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	69
Πίνακας 2	76
Πίνακας 3	77