

ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

**ΧΑΣΑΠΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ
ΧΡΙΣΤΑΚΗ ΑΙΜΙΛΙΑ**

Περίληψη

Στην εργασία επιχειρείται μια αναλυτική παρουσίαση ταξινομήσεως βλαβών από σεισμό σε κατασκευές με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και οργανισμό πλήρωσεως από οπτοπλινθοδομές. Η ταξινόμηση περιλαμβάνει και τους τυπικούς βαθμούς βλάβης (χωριστά για τον φέροντα οργανισμό και τον οργανισμό πλήρωσης) και τον χαρακτήρα βλαβών (ανάλογα με την έκταση της βλάβης). Επίσης παρουσιάζονται μερικοί γενικοί τρόποι επέμβασης. Ειδικότερα παρουσιάζονται τρόποι επισκευής και ενίσχυσης που είναι οι πιο συνηθισμένοι στην πράξη και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου γίνεται ανάλογα με το βαθμό βλάβης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα που βρίσκεται σε μια έντονη σεισμική περιοχή, τα κτίρια καλούνται να δοκιμαστούν για τα φορτία (σεισμικά) που έχουν σχεδιαστεί. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η ύπαρξη βλαβών στις κατασκευές δεν μπορεί να αποφευχθεί. Αυτό γίνεται αποδεκτό και στον Ν.Ε.Α.Κ. όπου χαρακτηριστικά λέει, ότι ο φέρων οργανισμός της κατασκευής θα υποστεί βλάβες κατά τη δράση του σεισμού σχεδιασμού που θα πρέπει να είναι περιορισμένες και επισκευάσιμες, ενώ για ένα πολύ ισχυρότερο σεισμό προβλέπεται ότι η πιθανότητα κατάρρευσης πρέπει να είναι επαρκώς μικρή.

2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ [4]

Στα επόμενα παρουσιάζεται μια ταξινόμηση των βλαβών που παρουσιάζονται στα διάφορα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής μετά από σεισμό .

Η ταξινόμηση περιλαμβάνει:

- Τους τυπικούς βαθμούς βλάβης ,που αναφέρονται σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία και συνδέονται άμεσα με εναπομένουσες αντοχές και διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας αυτών των βλαμμένων στοιχείων .
- Τον χαρακτήρα των βλαβών, που αναφέρεται στην κατασκευή ως σύνολο και συνδέεται με την ασφάλεια της κατασκευής ,την λήψη αποφάσεων (επιλογή μέτρων ``θεραπείας``) και τον βαθμό επείγοντος λήψεως μέτρων και επεμβάσεων.

2.1 ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΗΣ [1,4]

α. Θεμελίωση

Προβλήματα υπεδάφους ή και θεμελίων (όπως ολισθήσεις, διαφορικές καθιζήσεις, βλάβη συνδετήριων δοκών κ.λ.π.) θεωρούνται σοβαρές έως βαριές βλάβες επικίνδυνες για την ασφάλεια της κατασκευής ως συνόλου .Απαιτείται ιδιαίτερη και προσεκτική αντιμετώπιση και διατίθενται ειδικές τεχνικές επεμβάσεων.

β. Ανωδομή

β.1 Φέρων οργανισμός

• Υποστυλώματα (σχήμα 1)

Μετά από έναν ισχυρό σεισμό, οι βλάβες στα υποστυλώματα μιας κατασκευής είναι από τις πιο συχνές και συγχρόνως από τις πιο σοβαρές. Ο ρόλος τους μέσα στην κατασκευή είναι ιδιαίτερα σημαντικός και αποτελούν κύρια παράμετρο για την ασφάλειά της. Έτσι τυχόν αστοχία τους μπορεί να οδηγήσει σε τμηματική ή ολική κατάρρευση του δομήματος.

Οι βλάβες στα υποστυλώματα εμφανίζονται σε διάφορους βαθμούς όπως:

- Βαθμού "Α", ελαφρές βλάβες:

μεμονωμένες ρωγμές μικρού πλάτους (μικρότερου από 2,0 mm) κυρίως λόγω κάμψεως ή δευτερευόντων λόγων (π.χ. αρμοί διακοπής σκυροδετήσεως, ανεπαρκείς αγκυρώσεις, ελαφρές κρούσεις ,κ.λ.π.). Για να χαρακτηριστεί μια βλάβη ως βαθμού "Α" πρέπει να αποδειχθεί ότι δεν οφείλεται σε ανεπάρκεια διατομής, χάλυβα ή σκυροδέματος .

- Βαθμού "Β", ελαφρές βλάβες:

πολλές καμπτικές ρωγμές ή μεμονωμένες διατμητικές ρωγμές μικρού πλάτους (μικρότερου από 0.5 mm), με την προϋπόθεση ότι δεν παρατηρούνται εμφανείς μετακινήσεις του σκελετού.

- Βαθμού "Γ", σοβαρές βλάβες:

έντονη ρηγμάτωση μεγάλου πλάτους, τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος από θλίψη ή διάτμηση, εφόσον οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι πολύ μικρές.

- Βαθμού "Δ", βαριές βλάβες:

Θραύση του σκυροδέματος του στοιχείου, βλάβη των κυρίων οπλισμών, διακοπή της συνέχειας του στοιχείου χωρίς κατάρρευση. Οι παραμένουσες παραμορφώσεις είναι μικρές.

Σοβαρή αποδιοργάνωση κόμβων θεωρείται επίσης βλάβη βαθμού "Δ".

Σημείωση: υπάρχει και τυπικός βαθμός "Ε", για δύσκολα επισκευάσιμες βλάβες, όταν οι μετακινήσεις του σκελετού είναι μέτριες έως μεγάλες, παρατηρούνται αποκολλήσεις ή μερικές καταρρεύσεις.

Επισημαίνεται ότι αν οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στα προηγούμενα για την ανεπάρκεια της διατομής ή τις μετακινήσεις των κόμβων δεν πληρούνται, τότε η βλάβη θεωρείται ενός βαθμού παραπάνω (π.χ. του βαθμού "Α" θεωρείται "Β", του "Β" "Γ", κ.λ.π.).

Επίσης, οι ελαφρές βλάβες θεωρούνται περιορισμένης σπουδαιότητας (εκτός αν παρουσιάζονται σε πολλά στοιχεία), ενώ οι σοβαρές και οι βαριές βλάβες θεωρείται ότι επηρεάζουν την ασφάλεια όλης της κατασκευής (ακόμα και αν παρουσιάζονται σε λίγα στοιχεία).

• Δοκοί ,πλάκες

Οι βλάβες σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα συναντιούνται συχνά σε μια κατασκευή σε αντίθεση με αυτές των πλακών .Η λειτουργία τους είναι κυρίως σε κάμψη και ισχύουν , σε γενικές γραμμές, οι ίδιοι τυπικοί βαθμοί βλάβης όπως και για τα κυρίως θλιβόμενα στοιχεία –υποστυλώματα. Επίσης , ισχύουν και οι ίδιες προϋποθέσεις για ανεπάρκεια (χάλυβα ή σκυροδέματος) ή μετακινήσεις των κόμβων (κατακόρυφες ή οριζόντιες).

Δεδομένου όμως του ότι οι δοκοί και οι πλάκες είναι από τα λιγότερο επιπονούμενα στοιχεία σε περίπτωση σεισμού , παρουσιάζονται συνήθως, μόνο ελαφρές έως σοβαρές

βλάβες , εκτός και αν υπάρχει πρόβλημα διαφραγματικής λειτουργίας ή και μεταφοράς δυνάμεων στα στοιχεία ακαμψίας . Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι δυνατόν να παρουσιαστούν σοβαρές βλάβες, έντονες και διαμπερείς ρηγματώσεις, μερικές αποκολλήσεις, κ.λ.π. που απαιτούν ιδιαίτερη και προσεκτική αντιμετώπιση.

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι βλαβών που παρατηρούνται στα δοκάρια. Στο σχήμα 2.α έχουμε μια δοκό με εγκάρσιες καμπτικές ρωγμές στο κάτω πέλμα. Αυτός ο τύπος βλάβης είναι ο συχνότερος μετά από ένα σεισμό. Καμπτικές βλάβες στο πάνω πέλμα των δοκών (σχήμα 2.β) είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν κοντά στις στηρίξεις από σεισμικές ή μακροχρόνιες δράσεις. Παρόμοιες ρωγμές μπορεί να εμφανιστούν και στο κάτω πέλμα από ισχυρή σεισμική ένταση ή από ανεπαρκή αγκύρωση που είναι και το πιο πιθανό. Στο σχήμα 2.γ φαίνονται διατμητικές βλάβες στις στηρίξεις των δοκών που είναι οι σοβαρότερες και συμβαίνουν μετά από μεγάλο σεισμό.

• Τοιχώματα, κόμβοι

Λόγω της σπουδαιότητας του ρόλου των στοιχείων αυτών του σκελετού μιας κατασκευής στην αντισεισμική συμπεριφορά του συνόλου, κάθε βλάβη και ρηγματώση, έστω και απλή – πολύ μικρού ανοίγματος, θεωρείται επικίνδυνη (επηρεάζει την ασφάλεια της όλης κατασκευής) και αντιμετωπίζεται τουλάχιστον ως σοβαρή βλάβη (βαθμού "Γ") ή βαριά βλάβη (βαθμού "Δ") αν έχει συμβεί και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή και βλάβη των οπλισμών

Οι βλάβες των κόμβων έχουν την μορφή που φαίνεται στο σχήμα 1. Οι βλάβες των τοιχωμάτων είναι διατμητικής και καμπτικής μορφής. Στο σχήμα 3.1 έχουμε μια εικόνα διατμητικής βλάβης , η οποία είναι περισσότερο συχνή και η πιο σοβαρή. Αντίστοιχα στο σχήμα 3.2 βλέπουμε μια εικόνα καμπτικής βλάβης που είναι λιγότερο επικίνδυνη. Οι τυπικοί βαθμοί βλάβης είναι ίδιοι με αυτούς των υποστυλωμάτων με τη διαφορά ότι οι βαθμοί "Α" και "Β" θεωρούνται "Γ" και οι βαθμοί "Γ" και "Δ" θεωρούνται "Δ" (βλ . σχήμα 1) .

Σχ.3.1- 3.2. Εικόνες διατμητικής και καμπτικής βλάβης τοιχείων αντίστοιχα.

β.2. Οργανισμός πλήρωσης

- Ελαφρές βλάβες :
απλή ρηγματώση με άνοιγμα ρωγμών μικρότερο από 1,0 mm, κυρίως στις γωνίες κουφωμάτων , αποκολλήσεις –αποσυνδέσεις οργανισμού πλήρωσης και σκελετού.
- Σοβαρές βλάβες :
έντονη ρηγματώση, ρωγμές διαγώνιες ή χιαστί, με άνοιγμα μέχρι 5,0 mm, αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας , βλάβη των διαζωμάτων, σοβαρές βλάβες στα διακοσμητικά στοιχεία και στις εγκαταστάσεις.
- Βαριές βλάβες :

θλιπτοδιατμητική θραύση, μεγάλες (~ 10 mm) και ανοικτές ρωγμές, διαγώνιες ή χιαστί, σπάσιμο τούβλων, θραύση των διαζωμάτων, αποκλίσεις, βαριές βλάβες στα διακοσμητικά στοιχεία και στις εγκαταστάσεις.

β.3. Δευτερεύουσες κατασκευές

(καμινάδες, πατάρια, υαλοστάσια, κ.λ.π.).

Διακοσμητικά στοιχεία

(επενδύσεις, αψίδες, στηθαία, κ.λ.π.).

Εγκαταστάσεις

(υδραυλικές, ηλεκτρικές, κ.λ.π.).

Για αυτά τα στοιχεία μιας κατασκευής δεν διακρίνονται τυπικοί βαθμοί βλάβης. Η κατάταξη των βλαβών τους γίνεται ανάλογα με τον χαρακτήρα τους, δηλαδή με το αν είναι τοπικού, μερικού ή γενικού χαρακτήρα, όπως παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο.

2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΒΛΑΒΩΝ[4]

- Βλάβες γενικού χαρακτήρα (καθολικές) για τον οργανισμό (φέροντα ή πλήρωσης) ενός ορόφου θεωρούνται αυτές που εκτείνονται στο σύνολο, σχεδόν, των στοιχείων (γραμμικών ή επιφανειακών) του οργανισμού.
- Βλάβες μερικού χαρακτήρα για τον οργανισμό (φέροντα ή πλήρωσης) ενός ορόφου θεωρούνται αυτές που εκτείνονται σε ποσοστό 1/3 έως 2/3 του συνόλου των στοιχείων (γραμμικών ή επιφανειακών) του οργανισμού.
- Βλάβες τοπικού χαρακτήρα για τον οργανισμό (φέροντα ή πλήρωσης) ενός ορόφου θεωρούνται αυτές που εμφανίζονται σε μεμονωμένα στοιχεία (γραμμικά ή επιφανειακά) του οργανισμού.

Ο χαρακτήρας των βλαβών , όσο αφορά δευτερεύοντα στοιχεία ενός κτιρίου (δευτερεύουσες κατασκευές, διακοσμητικά στοιχεία, υλικά εγκαταστάσεων, κ.λ.π.) εξαρτάται αφενός μεν από την επιρροή των βλαβών στη λειτουργικότητα των στοιχείων αυτών, αφετέρου δε από τον τυπικό βαθμό και το χαρακτήρα της βλάβης του οργανισμού πλήρωσης, με τον οποίο (συνήθως) ``συνδέονται`` τα δευτερεύοντα αυτά στοιχεία.

3. ΠΑΡΑΜΕΝΟΥΣΑ ΑΝΤΟΧΗ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ [4]

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

Στον Πιν.1 παρουσιάζεται μια εκτίμηση παραμενουσών αντοχών (ως ποσοστών της αρχικής αντοχής) για μεμονωμένα δομικά στοιχεία ,και, κυρίως για υποστυλώματα, ανάλογα με τον τυπικό βαθμό βλάβης από σεισμό που παρουσιάζουν και την ηλικία της κατασκευής. Ανάλογες εκτιμήσεις μπορούν να γίνουν και για βλαμμένα τοιχώματα

Η εκτίμηση της παραμένουσας αντοχής της κατασκευής στο σύνολό της είναι δύσκολη. Πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία , ο τυπικός βαθμός βλάβης , ο χαρακτήρας των βλαβών, η παραμένουσα αντοχή και ο ρόλος τους στην συμπεριφορά του κτιρίου. Ακόμη πρέπει να εκτιμηθεί η δυνατότητα ανακατανομών της έντασης και να ληφθούν υπόψη κατάλληλοι συντελεστές βαρύτητας για τα μεμονωμένα κατακόρυφα στοιχεία , ανάλογοι με την επικινδυνότητά τους, δηλαδή με τις γενικότερες επιπτώσεις που προκαλεί ενδεχόμενη βαριά βλάβη τους. Επισημαίνεται ότι

τέτοιες ψευδο-ποσοτικές εκτιμήσεις της παραμένουσας αντοχής των στοιχείων (βλ. Πιν. 1) είναι ιδιαίτερα χρήσιμες.

Πίνακας 1

Εκτιμήσεις παραμενουσών αντοχών για βλαμμένα δομικά στοιχεία (υποστλώματα και τοιχώματα).

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ			
	«Α»	«Β»	«Γ»	«Δ»
Νέα	0,95	0,75	0,45	0,15
Παλιά	0,80	0,60	0,30	∅

- Η παραμένουσα αντοχή συνδέεται άμεσα με τον **βαθμό επείγοντος λήψεως μέτρων**. Για τιμές κάτω του 0.50 ,περίπου, απαιτούνται άμεσα μέτρα, έστω προσωρινά, ενώ για τιμές που πλησιάζουν το 1.00 οι επεμβάσεις μπορούν να γίνουν αργότερα (π.χ. μέσα σε μια 10-ετία).
- Η παραμένουσα αντοχή συνδέεται άμεσα και με την απόφαση για απλή επισκευή ή για ενίσχυση του στοιχείου ή της κατασκευής, με την προϋπόθεση ότι η αρχική μελέτη δεν έχει χονδροειδή σφάλματα (κυρίως στη μόρφωση)και η κατασκευή δεν παρουσιάζει κακοτεχνίες. Τότε μπορεί να γίνει μόνο επισκευή αν η απώλεια αντοχής είναι μέχρι 15%, ενώ επιβάλλεται ενίσχυση αν η απώλεια αντοχής είναι μεγαλύτερη από 20%.

4. ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ [5]

Οι τρόποι επέμβασης εξαρτώνται από την παραμένουσα αντοχή, τον βαθμό επείγοντος και από τεχνικο-οικονομικές θεωρήσεις. Μερικοί γενικοί τρόποι επέμβασης είναι οι εξής:

- α) Καθαίρεση ανώτερων ορόφων ή τμημάτων του κτιρίου(απαλλαγή από μεγάλα φορτία ή από δυσμενή λειτουργία).
- β) Περιορισμός χρήσεως (μείωση ωφελίμου φορτίου).
- γ) Τροποποίηση δομικού συστήματος (π.χ. μετατροπή αμφιέρειστων τμημάτων δοκών σε συνεχή δοκό ,κτλ).
- δ) Αποκατάσταση φέρουσας ικανότητας ή ακαμψίας δομικού στοιχείου.
- ε) Αντικατάσταση βαριά βλαμμένου δομικού στοιχείου.
- στ) Ενίσχυση του κτιρίου
 - με πρόσθετες κατασκευές (γεμίσματα ή αντηρίδωση πλαισίων)
 - με επιτόπου ενίσχυση πολλών δομικών στοιχείων.

Το σχήμα 4 παριστάνει μερικούς από τους τρόπους αυτούς.

Όπως βλέπουμε ο όρος επέμβαση είναι πολύ γενικός και χρησιμοποιείται για οποιαδήποτε εργασία που θα γίνει στην κατασκευή. Έτσι κρίνεται σκόπιμα να γίνει διαχωρισμός των όρων επισκευής και ενίσχυσης.

4.1 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ [3,6]

Επισκευή βλαβέντος στοιχείου είναι η επαναφορά του στην κατάσταση προ της βλάβης. Είναι σαφές ότι εαν γίνει κάποια επισκευή χωρίς πριν να έχει αρθεί το αίτιο που προκάλεσε τη βλάβη, τότε το ίδιο αίτιο θα έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση ξανά της ίδιας βλάβης, είτε στο ίδιο σημείο, είτε σε γειτονικό, που θα είναι το ίδιο τραυτό. Είναι επομένως απαραίτητο προ της επισκευής να προηγείται αιτιολόγηση της βλάβης και άρση του αιτίου που την προκάλεσε. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί τρόποι επισκευής σε στοιχεία που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό.

α) Επισκευή με ρητινενέσεις: Αυτός ο τρόπος επισκευής ρωγμών χρησιμοποιείται ευρέως τα τελευταία χρόνια. Ρητινένωση είναι η διαδικασία έγχυσης μιας ρητινοειδούς κόλλας στις ρωγμές του στοιχείου, με ενέσιμο τρόπο. Η ρητινοειδής κόλλα που χρησιμοποιείται αποτελείται από ρητίνη που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση και τον σκληρυντή. Τα δύο παραπάνω υλικά αναμιγνύονται σε αναλογία 3:1 και η ανάμιξή τους γίνεται λίγο πριν την έγχυση. Η μέθοδος εφαρμόζεται για εύρος ρωγμών που κυμαίνεται από 0,1 έως 3 mm περίπου. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι προστατεύουν τους οπλισμούς από τη διάβρωση γιατί δεν γεφυρώνουν απλά το άνοιγμα αλλά γεμίζουν πλήρως το κενό της ρωγμής, επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο τη συνέχεια του υλικού. Αντίθετα σαν μειονέκτημα μπορεί να αναφερθεί η χαμηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες (καίγεται σε θερμοκρασία πάνω από 250 C). Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να λάβουμε ειδικά μέτρα πυροπροστασίας ή θα χρησιμοποιήσουμε εναλλακτικές μεθόδους, π.χ. γέμισμα των ρωγμών με επισκευαστικά κονιάματα που έχουν σαν κύριο συστατικό τους το τσιμέντο.

β) Επισκευή με επικολητά μεταλλικά ελάσματα: Μια πολύ συνηθισμένη μέθοδος επισκευής βλαβέντων στοιχείων είναι η επικόλληση μεταλλικών ελασμάτων. Τα μεταλλικά ελάσματα που χρησιμοποιούνται είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, συνήθως κατηγορίας S 400 και μικρού πάχους. Αφού επεξεργαστούν κατάλληλα επικολούνται πάνω στο σκυρόδεμα σε μια ή περισσότερες στρώσεις με ειδική κόλλα. Για καλύτερα αποτελέσματα (αποφυγή πρόωρης ρηγματώσης) χρησιμοποιούνται πρόσθετα στοιχεία αγκύρωσης μέσω βλήτρων ή καρφιών.

4.2 ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ [1,2,3,6]

Ενίσχυση στοιχείου ή κατασκευής είναι το σύνολο των μέτρων που λαμβάνονται ώστε το στοιχείο ή η κατασκευή να αυξήσει την αντοχή του έναντι συγκεκριμένου συνδυασμού δράσεων. Στην περίπτωση που οι βλάβες προέρχονται από σεισμικές δράσεις, η ενίσχυση συνδυάζεται και με την επισκευή. Είναι δε απαραίτητη γιατί σε παρόμοια καταπόνηση της κατασκευής, αν γίνει μόνο επισκευή, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα παρουσιαστούν οι ίδιες βλάβες με αυτές που είχαμε πριν την επισκευή. Οι μέθοδοι ενίσχυσης των κατασκευών ως συνόλου μπορούν να διακριθούν, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο σε τρεις κατηγορίες:

- α) Μέθοδοι ακαμψίας και της αντοχής της κατασκευής
- β) Μέθοδοι αύξησης της πλαστιμότητας της κατασκευής
- γ) Μέθοδοι αύξησης αμφοτέρων

Στο σχ.5 απεικονίζεται η ποιοτική συσχέτιση των διαγραμμάτων οριζοντίων δράσεων-οριζοντίων παραμορφώσεων για τις παραπάνω κατηγορίες ενίσχυσης. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι συνήθως μεγάλες αυξήσεις αντοχής και ακαμψίας συνοδεύονται από μικρές αυξήσεις της ανελαστικής παραμορφώσεως της κατασκευής και αντίστοιχα ισχύει για τις μικρές αυξήσεις αντοχής.

Σχ.5

Ποιοτικά διαγράμματα οριζοντίων δυνάμεων- οριζοντίων μετακινήσεων για διαφόρους μεθόδους ενίσχυσης .

Μερικοί από τους τρόπους ενίσχυσης παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του Φ.Ο. του κτιρίου: Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για να αυξηθεί η ακαμψία και η αντοχή της κατασκευής συνολικά. Τοιχώματα από έγχυτο Ο.Σ. κατασκευάζονται σε κατάλληλα επιλεγμένα πλαίσια του φέροντος οργανισμού της κατασκευής σε σύνδεση κατά μήκος της περιμέτρου με τα υπάρχοντα υποστυλώματα και δοκούς. Σε περιπτώσεις που θέλουμε μία περισσότερο πλαστική συμπεριφορά της κατασκευής, η σύνδεση γίνεται μόνο στις δοκούς, δηλαδή στο πάνω και στο κάτω μέρος του τοιχώματος, ενώ στα πλάγια, μεταξύ του τοιχώματος και των υποστυλωμάτων δεν γίνεται σύνδεση και αφήνεται ένα μικρό κενό. Το τοίχωμα πρέπει να ξεκινάει από κάτω και να συνεχίζεται αδιάκοπα μέχρι το ύψος που κρίνεται απαραίτητο.

β) Δικτυωτά μεταλλικά συστήματα εντός πλαισίων: Η μέθοδος αυτή προσφέρει μέτρια αύξηση της αντοχής αλλά υψηλή αύξηση της ακαμψίας και της πλαστιμότητας. Χρησιμοποιείται όπως στις μεταλλικές κατασκευές και εφαρμόζεται εύκολα σε βιομηχανικούς χώρους και πιλοτές (μαλακός όροφος). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι το μικρό ίδιο βάρος των υλικών, η ταχύτητα κατασκευής και ότι δεν εμποδίζεται ο φωτισμός των χώρων. Η εφαρμογή μπορεί να γίνεται και εξωτερικά των πλαισίων του κτιρίου, για κατασκευαστική διευκόλυνση, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που υπάρχουν

τοιχοπληρώσεις. Η μορφή των δικτυωμάτων που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι Χ ή Λ.

γ) Μανδύες υποστρωμάτων: Η τεχνική αυτή είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη στην πράξη. Εφαρμόζεται όταν οι βλάβες δεν είναι ελαφρές ή γενικότερα προκύπτει ανάγκη για ισχυρή ενίσχυση, με αύξηση της διατομής του στοιχείου και την προσθήκη νέων οπλισμών. Οπότε με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε

- i) αύξηση της αντοχής και της ακαμψίας (νέοι οπλισμοί, αύξηση της διατομής)
- ii) αύξηση της πλαστιμότητας (ύπαρξη πυκνών συνδετήρων).

Η αύξηση της διατομής κυμαίνεται από 100 mm –150 mm . Η κατασκευή των μανδύων γίνεται συνήθως με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Με έγχυτο σκυρόδεμα

Το έγχυτο σκυρόδεμα διαστρώνεται μέσα σε καλούπια για να αποτελέσει τον περιμετρικό μανδύα υποστρωμάτων. Ο μανδύας αυτός μπορεί να έχει πάχος $d > 7\text{cm}$.

- Με εκτοξευμένο σκυρόδεμα

Χρησιμοποιείται για μανδύες μικρού πάχους ($d < 8\text{cm}$) και δεν απαιτείται ξυλότυπος, γι' αυτό μπορεί να διαστρωθεί σε επιφάνειες κάθε κλίσεως. Εκτοξεύεται από απόσταση πάνω στην επισκευαζόμενη επιφάνεια κάθετα σε αυτή. Συνδυάζεται, κατά κανόνα, με την συγκόλληση νέων ράβδων οπλισμού πάνω στον παλιό οπλισμό και συνοδεύεται πάντοτε με την διάταξη δομικού πλέγματος εξωτερικά για την ενίσχυσή του. Το δομικό πλέγμα προλαβαίνει επίσης την πρόωρη ρηγμάτωση του εκτοξευμένου σκυροδέματος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην διεπιφάνεια παλιού και νέου σκυροδέματος ώστε να μεταφέρονται οι δυνάμεις μεταξύ παλιού και νέου στοιχείου.

δ)Περίσφιξη υποστρωμάτων: Με τη μέθοδο αυτή αυξάνουμε την πλαστιμότητα και τη διατμητική αντοχή των υποστρωμάτων και παράλληλα πετυχαίνουμε μια μικρή αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Μπορεί να εφαρμοστεί όταν υπάρχουν ελαφρές βλάβες, που μπορούν να επισκευαστούν με ρητινενέσεις και η αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος είναι επαρκής. Μερικοί από τους τρόπους πέρισφιξης είναι οι εξής:

- Με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα στις γωνίες του υποστρώματος και οριζόντια μεταλλικά ελάσματα που συγκολλούνται πάνω σε αυτά, αφού προηγουμένως έχουν προθερμανθεί έτσι ώστε να δημιουργηθεί πέρισφυξη με τη συστολή αυτών όταν γίνει απόψυξη.
- Πολύ λεπτά ελάσματα πάχους 1-2 mm και μορφής (Π) με μήκος σκελών περίπου 5cm που επικολλούνται πάνω στο σκυρόδεμα.
- Με χρήση σύνθετων υλικών. Ένας τρόπος είναι η πέρισφυξη με λωρίδες, οι οποίες αποτελούνται από ίνες μιας διεύθυνσης εμποτισμένες με ρητίνη. Αυτό γίνεται τυλίγοντας τις λωρίδες αυτές γύρω από το υποστύλωμα είτε συνεχόμενες (σπιράλ) είτε σαν «δαχτυλίδια» ανά αποστάσεις.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι ο μηχανικός αφού ταξινομήσει τους τυπικούς βαθμούς βλάβης και εκτιμήσει τον χαρακτήρα των βλαβών και την παραμένουσα αντοχή της κατασκευής θα κληθεί να λάβει την τελική απόφαση για την διαδικασία και το χρόνο της επέμβασης. Η επέμβαση που τελικά θα επιλεχθεί, εκτός από τον οικονομικό παράγοντα, προϋποθέτει την εμπειρία του μηχανικού αλλά και την πλήρη κατανόηση κάθε μεθόδου στο τι τελικά προσφέρει στην κατασκευή και αν αυτό κρίνεται αναγκαίο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δρίτσος Σ. Η. ,Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 1998.
2. Τριανταφύλλου Θ. Χ., Προηγμένες τεχνολογίες υλικών και κατασκευών, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών , Πάτρα 1999.
3. Καραντώνη – Μαραγκού Τρ., Σχεδιασμός και ανασχεδιασμός κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 1999.
4. Χρονόπουλος Μ. Π., Σεισμοί και κατασκευές (Κεφ. Βλάβες και κόστος επεμβάσεων),Ευγενίδειο Ίδρυμα 20-24/2/1984.
5. Τάσσιος Θ.Π., Σεισμοί και κατασκευές, (Κεφ. Επισκευές μετά τον σεισμό), Ευγενίδειο Ίδρυμα 20-24/2/1984.
6. Πρακτικά 4ου Φοιτητικού Συνεδρίου ‘Επισκευές Κατασκευών – 98’, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 1998

