

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: «ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ -ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΨΗ»



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ: ΠΑΛΛΗΚΑΡΗΣ ΞΕΝΟΦΩΝ

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: Δρ. ΚΥΡΙΑΖΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

ΘΕΜΑ: «ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ -ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΨΗ»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΘΕΜΑ: «ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ -ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΠΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΨΗ»	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
1.Εισαγωγή	12
1.1 Βασικοί ορισμοί	12
1.2 Ανάγκη θεσμοθέτησης Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	14
1.3 Οι προ του 1984 κατασκευές	14
1.4 Βασικές αδυναμίες παλαιών κατασκευών	16
1.5 Οι μετά το 1984 κατασκευές.....	17
1.6 Συμπέρασμα.....	18
2. Μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης κατασκευών.....	19
2.1 Εισαγωγή	19
2.2 Ενίσχυση με εκτοξευμένο σκυρόδεμα (gunite)	19
2.2.1 Γενικά.....	19
2.2.2 Σύγκριση συμβατού – εκτοξευμένου σκυροδέματος.....	19
2.2.3 Σύνθεση εκτοξευμένου σκυροδέματος	21
2.2.5 Μέθοδοι ανάμειξης	23
2.2.5.1 Ξηρή μέθοδος.....	23
2.2.5.2 Υγρή μέθοδος.....	23
2.2.6 Εκτόξευση σκυροδέματος.....	23
2.2.7 Έλεγχοι.....	25

2.2.8 Χρήσεις.....	26
2.2.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου.....	27
2.2.10 Συμπεράσματα	28
2.3 Ενίσχυση με Σύνθετα Υλικά (Ινοπλισμένα Πολυμερή- FRP).....	29
2.3.1 Υλικά.....	29
2.3.3. Ιδιότητες.....	32
2.3.5 Τεχνικές εφαρμογές	34
2.3.6 Προδιαγραφές-Κανονισμοί.....	35
2.3.6.1 Επικόλληση ελασμάτων/υφασμάτων.....	35
2.3.6.2. Προσωπικό-Εξοπλισμός	36
2.3.6.3 Αποθήκευση/Προσωρινή Τοποθέτηση πριν την Εφαρμογή.....	36
2.3.7 Απαιτήσεις ποιοτικών ελέγχων και δοκιμών για την παραλαβή	36
2.3.8 Συμπεράσματα	37
2.4 Ενίσχυση κατασκευών με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας	37
2.4.1 Γενικά.....	37
2.4.2 Μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας	38
2.4.3 Κατηγορίες συνδέσμων δυσκαμψίας.....	38
2.4.4 Πλεονεκτήματα της μεθόδου	47
2.4.5. Μειονεκτήματα της μεθόδου	47
3 Ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις ΚΑΝ.ΕΠΕ.-Διάγραμμα ροής.....	49
3.1 Εισαγωγή	49
3.2. Διάγραμμα ροής μελέτης υφιστάμενης κατασκευής σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	49
3.2.1 Συλλογή στοιχείων, αποτύπωση Φ.Ο., έρευνα ιστορικού, ερευνητικές διεργασίες, καταγραφή βλαβών.....	50
3.2.2 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων	52
3.2.3. Στάθμη επιτελεστικότητας και στόχοι αποτίμησης-ανασχεδιασμού.....	54
3.2.4 Κύρια-Δευτερεύοντα στοιχεία.....	56

3.2.5 Συνεκτίμηση τοιχοποιών πλήρωσης.....	57
3.2.6.1 Δείκτης συμπεριφοράς q	60
3.2.6.2 Δείκτης ανεπάρκειας « λ ».....	63
3.2.6.3 Μορφολογική κανονικότητα.....	63
3.2.7 Επιλογή μεθόδου ανάλυσης σύμφωνα με προϋποθέσεις εφαρμογής.....	64
3.2.8 Έλεγχος οριακών καταστάσεων	66
3.2.9 Επανεκτίμηση και επαλήθευση δείκτη συμπεριφοράς.....	67
3.2.10 Επιλογή στρατηγικής ενίσχυσης.....	68
3.2.11 Διαστασιολόγηση επεμβάσεων.....	71
3.2.1.2 Έλεγχοι ασφαλείας και έλεγχος στάθμης επιτελεστικότητας.....	72
4.Συμπεράσματα	74
Βιβλιογραφία	75

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Εμφανείς βλάβες σε υποστύλωμα	14
Εικόνα 2: Κτίριο υπό κατάρρευση μετά το σεισμό στην Κεφαλλονιά (Φεβρουάριος 2014).....	17
Εικόνα 3: Ενίσχυση υποστυλώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.....	20
Εικόνα 4: Όπλιση του μανδύα σκυροδέματος	21
Εικόνα 5: Όπλιση μανδύα σκυροδέματος σε δοκό	25
Εικόνα 6: Διατομή ενισχυμένης δοκού με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.....	27
Εικόνα 7: Διατομή ενισχυμένου υποστηλώματος με μανδύα σκυροδέματος	27
Εικόνα 8: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής.....	28
Εικόνα 9: Σχέσεις τάσης-παραμόρφωσης σε εφελκυσμό, για σύνθετα υλικά και χάλυβα.....	32
Εικόνα 10: Ενίσχυση φέροντα οργανισμού με FRP	33
Εικόνα 11: Α) Αστοχία υποστυλώματος ενισχυμένου με FRP Β) Συμπεριφορά ενισχυμένου υποστυλώματος με ανθρακουφάσματα σε συνθήκες φωτιάς	34
Εικόνα 12: Τοποθέτηση υφάσματος.....	36
Εικόνα 13: Σχέση τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος απερίσφικτου, περισφιγμένου με FRP ή με στοιχεία χάλυβα	37
Εικόνα 14: Χρήση δικτυωτού χιαστί συνδέσμου σε πολύροφο κτίριο.....	38
Εικόνα 15: Απλοί και Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε πλαισιωτούς φορείς.....	39
Εικόνα 16: Ελλειψοειδής βρόγχος υστέρησης του συνδέσμου δυσκαμψίας.....	40
Εικόνα 17: Σύνδεσμοι τύπου V ή Λ	40
Εικόνα 18: Σύνδεσμοι τύπου Κ	41
Εικόνα 19: Διατομή διαγώνιου μέλους BRBF συστήματος	42
Εικόνα 20: Έκκεντροι σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε πλαισιωτούς φορείς.....	42
Εικόνα 21: Λεπτομέρεια σεισμικού συνδέσμου και τομή S-S	43
Εικόνα 22: Εξωτερικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας (αριστερά) και λεπτομέρεια σύνδεσης του συνδέσμου με το πλαίσιο (δεξιά).....	44

Εικόνα 23: Γωνιακό επικολλητό κομβόελασμα	45
Εικόνα 24: Μορφές σύνδεσης δικτυωτών συνδέσμων	45
Εικόνα 25: Πλαίσιο με διατμητικούς συνδέσμους	46
Εικόνα 26: Μεταλλικά προκατασκευασμένα κλειστά πλαίσια με συνδέσμους δυσκαμψίας.....	46
Εικόνα 27: Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (για τα επιμέρους στοιχεία ή για το δόμημα ως σύνολο)	57
Εικόνα 28: Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων	59
Εικόνα 29: Παραδείγματα μη-κανονικότητας καθ' ύψος. Διακοπή φορέα καθ' ύψος (αριστερά), εκτός επιπέδου εσοχή (δεξιά).	64
Εικόνα 30: Κατανομή παραμορφώσεων σε καμπτόμενη σύνθετη διατομή	71

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατηγορίες εκτοξευόμενου σκυροδέματος.....	23
Πίνακας 2: Ενδεικτικές ιδιότητες ινών	30
Πίνακας 3: Ενδεικτικές ιδιότητες εποξειδικών ρητινών και σύγκριση με σκυρόδεμα και χάλυβα	31
Πίνακας 4: Επιλογή Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων	53
Πίνακας 5: Επιλογή Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων αν δεν υπάρχουν σχέδια αρχικής μελέτης	54
Πίνακας 6: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού	55
Πίνακας 7: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού ανά κατηγορία σπουδαιότητας	55
Πίνακας 8: Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς για τη στάθμη επιτελεστικότητας B (Προστασία ζωής).....	61
Πίνακας 9: Λόγος q^*/q'	62
Πίνακας 10: Κριτήρια ελέγχου επιτελεστικότητας.....	73

1.Εισαγωγή

1.1 Βασικοί ορισμοί

Η γεωλογία του γεωγραφικού τόπου στον οποίο βρίσκεται η Ελλάδα, την καθιστά μία από τις έντονα σεισμογενείς χώρες. Μία από τις κύριες αρμοδιότητες ενός μελετητή μηχανικού είναι πρωτίστως η διαφύλαξη και η σταθεροποίηση των κατασκευών σε σχέσεις με τις οριζόντιες δράσεις. Η μακρά έκθεση της χώρας και των κατασκευών αντίστοιχα σε σεισμικές δονήσεις, σε συνδυασμό με την εξέλιξη των μέσων δόμησης και προφύλαξης άλλα και τους θεσμοθετημένους κανονισμούς, έχουν προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια και προφύλαξη συγκριτικά με το παρελθόν. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 70' και αρχές της δεκαετίας του 80', τα περισσότερα κτίρια οικοδομήθηκαν με τη χρήση οπλισμένου σκυροδέματος (Reinforced concrete). Από την ημέρα κατασκευής τους και για τα επόμενα χρόνια ύπαρξής τους, τα κτίρια αυτά βάλονται καθημερινά από φυσικές φθορές που προκαλούνται από ποικίλων ειδών αίτια, ανάμεσα στα οποία είναι και οι διαφορετικών βαθμών έντασης σεισμικές δονήσεις. Ανεξαρτήτως των υλικών κατασκευής, εννοώντας το υλικό και την ποιότητα τους, αλλά και ειδικότερα για τις κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα, οι οποίες είναι και αντικείμενο της παρούσας εργασίας, η συνεχής συντήρησή τους είναι η αναγκαία οδός για την διασφάλιση της ενίσχυσής τους, ώστε να είναι ικανά ακόμη και με το πέρασμα του χρόνου να επιτελούν τον αρχικό και πρωτεύοντα αντισεισμικό σκοπό τους.

Σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας θα παρουσιάσουμε τα στάδια που ακολουθούνται κατά τη μελέτη μίας υπάρχουσας κατασκευής. Είναι αναγκαίο όμως στο σημείο αυτό να αναφερθούμε στο πρωταρχικό και υψίστης σημασίας στάδιο της αξιολόγησης μίας υπάρχουσας κατασκευής. Αρμόδιος αξιολόγησης είναι ο μελετητής του έργου, ο οποίος προτού οργανώσει το πλάνο της ανακατασκευής και της συντήρησης υποχρεούται να αξιολογήσει μαζί με τον Κύριο του Έργου, την κάθε προτεινόμενη στρατηγική του, σε επίπεδο πρακτικότητας και σε σύμπνοια πάντα με την ισχύουσα νομοθεσία και τους επιδιωκόμενους στόχους που έχει θέσει ο Κύριος του Έργου. Κύριος σκοπός είναι πάντα η εφαρμογή μίας στρατηγικής η οποία θα αποτελεί την καλύτερη λύση. Για να είναι αυτό δυνατόν θα πρέπει να συμφωνηθεί η *στάθμη επιτελεστικότητας*, η οποία φανερώνει εάν η σεισμική δράση σχεδιασμού συμβαδίζει με την επιδιωκόμενη συμπεριφορά του κτιρίου. Η διαδικασία αυτή είναι μέρος της αξιολόγησης και εκεί αποφασίζεται εάν συνάδει ή όχι η επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας με την κατασκευή.

Αφού συμφωνηθεί η καταλληλότερη στρατηγική των επεμβάσεων, ακολουθούν ως βήματα η επιλογή ενός συστήματος επεμβάσεων για εφαρμογή και στη συνέχεια έρχεται η εφαρμογή της

προμελέτης. Και τα δύο αυτά βήματα εξαρτώνται από την εκάστοτε προεπιλεγμένη στρατηγική. Στο στάδιο της προμελέτης συζητούνται οι κατάλληλοι ανασχεδιασμοί για την κατασκευή. Η τελική μελέτη εμπεριέχει τον καταλληλότερο ανασχεδιασμό και τις συνολικές προτεινόμενες επεμβάσεις.

Στην πορεία της έρευνας θα αναφερθούμε σε ορισμούς όπως ο όρος «Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς», με τον οποίο δηλώνεται η ποσοτική εκτίμηση και η επάρκεια ενός κτιρίου σε μία συγκεκριμένη στάθμη σεισμικής έντασης. Είναι απαραίτητο στάδιο ενός επιτυχούς σχεδιασμού, διότι βάση αυτής ο μελετητής θα μπορεί να αντιληφθεί τα σημεία τα οποία επιδέχονται βελτίωση και τον βαθμό ενίσχυσής τους.

Ένας επόμενος όρος τον οποίο θα συναντήσουμε είναι η «βλάβη» η οποία διαφέρει από τον όρο «εκτενής βλάβη», τον οποίο επίσης θα συναντήσουμε. Ως «βλάβη» εκλαμβάνονται όλες οι αλλοιώσεις της γεωμετρίας, των μηχανικών χαρακτηριστικών και των τοιχοπληρώσεων. Ως «εμφανής βλάβη» νοείται κάθε αλλοίωση η οποία μπορεί να εντοπισθεί κατόπιν αυτοψίας.

Με τον όρο «Επισκευή» αναφερόμαστε σε όλες τις διαδικασίες επέμβασης σε μία κατασκευή η οποία έχει υποστεί βλάβες με σκοπό να την επαναφέρει στην πρωταρχική της μορφή.

Με τον όρο «Ενίσχυση» δηλώνεται η διαδικασία ισχυροποίησης της αρχικής κατασκευής ώστε να επιτευχθεί η ανθεκτικότητά της σε εξωτερικούς παράγοντες που είναι ικανοί να προκαλέσουν βλάβες, όπως οι σεισμικές δονήσεις, οι οποίες είναι και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Λόγω της προόδου που έχει διαγραφεί σε επίπεδο σεισμικών ενισχύσεων παρατηρείται πολλές φορές σε παλαιότερες κατασκευές η ανάγκη εφαρμογής σύγχρονων μεθόδων για την ενίσχυσή τους.

Ένας επόμενος όρος είναι η «Δομητική επέμβαση». Με τον όρο αυτό αποκαλούμε τη συνολικότερη εργασία που καταβάλλεται ώστε να τροποποιηθούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά μίας κατασκευής με στόχο την βελτιστοποίηση της απόκρισής του. Δομητικές επεμβάσεις μπορούν να είναι αλλαγές αλλά και οι προσθήκες που γίνονται στα γεωμετρικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων. Επίσης θα μπορούσε να είναι και κατεδάφιση ενός δομήματος και η εκ νέου ανέγερσή του. Σύμφωνα με τα παραπάνω «επέμβαση» μπορεί να είναι κάθε πιθανή «επισκευή» ή «παρέμβαση» στην εκάστοτε κατασκευή.

Ο τελευταίος όρος στον οποίο θα θέλαμε να αναφερθούμε είναι ο γενικός όρος «Μη-κανονικότητα σε κάτοψη». Χρησιμοποιείται για να δηλώσει τις ανομοιομορφίες που παρατηρούνται στη μόνωση ενός στατικού φορέα και επηρεάζουν τη λειτουργία του.



Εικόνα 1: Εμφανείς βλάβες σε υποστύλωμα

1.2 Ανάγκη θεσμοθέτησης Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Λαμβάνοντας υπόψιν το εύρος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές που αφορούν νέες κατασκευές, παρατηρούμε την έλλειψη υλικού για ζητήματα προσεισμικών και μετασεισμικών επεμβάσεων.

Αν και η Ελλάδα αποτελεί μία κατεξοχήν σεισμογενή χώρα, το ζήτημα των επεμβάσεων σε υπάρχουσες κατασκευές παρουσιάζεται αρκετά πολύπλοκο και επιβραδύνεται έτσι η θέσπιση ενός κανονιστικού πλαισίου. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. επιχειρεί να δώσει λύση σε αυτό το ζήτημα, βοηθώντας με τη δράση του τους μηχανικούς επισκευών και ενίσχυσης των δομημάτων, αλλά και τους φοιτητές ώστε να εφοδιαστούν με περισσότερες γνώσεις σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα.

1.3 Οι προ του 1984 κατασκευές

Η εμφάνιση του αντισεισμικού σχεδιασμού στα ελληνικά δεδομένα ήταν παράλληλη και ταυτόχρονη με την θέσπιση του πρώτου Αντισεισμικού Κανονισμού, το 1959. Στα χρόνια που είχαν προηγηθεί σε περιοχές όπου παρατηρούνταν ανάπτυξη όπως τα Επτάνησα, υπήρχαν κατασκευές οι οποίες έφεραν στοιχεία αντισεισμικής προστασίας, η οποία ήταν απόρροια κατεξοχήν εμπειρικής γνώσης. Το γεγονός της θέσπισης του κανονισμού το 1959 δεν διασφάλισε τον πλήρη έλεγχο δόμησης νέων κατασκευών με οπλισμένο σκυρόδεμα τα οποία θα ήταν ανθεκτικά σε πιθανές σεισμικές δονήσεις.

Απαιτούσε όμως τον σαφή υπολογισμόν και τη διαστασιολόγηση των δυνάμεων και των μαζών του δομήματος σε σχέση με τη σεισμικότητα που εμφάνιζε η περιοχή. Ο κανονισμός του 1959 περιείχε αυτούσιο τον κανονισμό του 1954 για διαστασιολόγηση, ο οποίος αποτελούσε μετάφραση του Γερμανικού νόμου διαστασιολόγησης του 1936, στον οποίο δεν είχαν περιληφθεί διατάξεις σχετικές με την τοπική πλαστιμότητα, παρά αναφερόταν μόνο σε κατασκευές με κατακόρυφα φορτία.

Η έλλειψη οριζόντιων δυνάμεων των κτιρίων που ήταν κατασκευασμένα με οπλισμένο σκυρόδεμα στο επίπεδο των δύο οριζόντιων διευθύνσεων, οφειλόταν στην αντίληψη που επικρατούσε για την ανάληψη μόνο κατακόρυφων φορτίων, η οποία ήταν κυρίαρχη στη μόρφωση του δομικού δομικού συστήματος. Αυτό που υπήρχε ήταν η όπλιση των πλακών στη μία από τις δύο οριζόντιες διευθύνσεις, οι οποίες στηρίζονταν σε δοκούς που ήταν παράλληλες προς την άλλη οριζόντια διεύθυνση. Από τα παραπάνω προκύπτει το ότι μόνο μία διεύθυνση είχε σαφές πλαισιακό σύστημα, ενώ στην άλλη τα υποστυλώματα λειτουργούσαν κυρίως ως κατακόρυφοι πρόβολοι. Αυτό που παρουσιαζόταν πολύ συχνά επίσης ήταν να καθορίζεται η θέση των δοκών και των υποστυλωμάτων από την αρχιτεκτονική μελέτη, επηρεάζοντας το δομικό σύστημα σε βαθμό όπου παρατηρούνταν η πλήρης απουσία πλήρων πλαισίων τη ίδια στιγμή που κυριαρχούσαν έμμεσες στηρίξεις δοκών πάνω σε άλλους δοκούς.

Το πρόβλημα που προκύπτει από τα παραπάνω δομικά συστήματα είναι η σεισμική τους συμπεριφορά, η οποία δεν εξασφαλίζεται μόνο από μία επαρκή μεταφορά των κατακόρυφων στοιχείων το έδαφος, αλλά χρίζονται ως αναγκαίες αντίστοιχες μαθηματικές προσομοιώσεις και αναλύσεις των κατασκευών στο χώρο με H/Y. Στις ελληνικές μελέτες που λάμβαναν χώρα εκείνη την περίοδο υπήρχε έλλειψη σε τεχνολογικά υπολογιστικά μέσα, γεγονός που οδήγησε σε προσεγγιστικούς τρόπους για τον υπολογισμό των σεισμικών εντάσεων που προκαλούνταν στα μέρη του δομικού συστήματος. Η μέθοδος αυτή είχε ως αποτέλεσμα την πραγμάτωση πλήθος λανθασμένων εκτιμήσεων σχετικά με το πως κατανέμεται η σεισμική τέμνουσα του κάθε ορόφου στα μέλη.

Η μεγάλη τοπική πλαστιμότητα βοηθάει την ανακατανομή της σεισμικής έντασης, μεταφέροντας την από τα σημεία τα οποία έχουν επηρεαστεί περισσότερο σε αυτά που έχουν δεχτεί τη λιγότερη ένταση. Αυτή ήταν μία παράμετρος που δεν υιοθετήθηκε στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα που κατασκευάστηκαν μετά τον κανονισμό του 1959, παρά μόνο εντοπίζεται η τοπική πλαστιμότητά τους να ισοδυναμεί με συντελεστή συμπεριφοράς 1.5 και 2.0. Συμπερασματικά τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα που κατασκευάστηκαν με τον κανονισμό του 1959 πιθανότατα να είναι σε μεγάλο βαθμό επιρρεπή στη σεισμική δραστηριότητα. Κτίρια τα οποία θα μπορούσαν να είναι ανθεκτικότερα είναι κατασκευές στις οποίες υπήρχε καλής ποιότητας τοιχοπληρώσεις, των οποίων η

διάταξη ήταν πυκνή με κανονική διάταξη στην κάτοψη, και στην οποία δεν θα παρουσιαζόντουσαν μεγάλα ανοίγματα.

1.4 Βασικές αδυναμίες παλαιών κατασκευών

Σύμφωνα με τα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα και λαμβάνοντας υπόψιν την απουσία τεχνολογικών μέσων και εννοιών όπως ανελαστική συμπεριφορά, πλαστιμότητα, ικανοτικός σχεδιασμός, σεισμικός κίνδυνος κατά την περίοδο που δομήθηκαν οι κατασκευές στις οποίες αναφερθήκαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ασφαλείς. Οι έννοιες αυτές πρωτοεμφανίζονται στην ελληνική βιβλιογραφία και αρχίζουν αποτελούν μέρος των μελετών και των κατασκευών αφού πρώτα συνέβησαν δύο μεγάλης έκτασης καταστροφικοί σεισμοί, το 1978 στη Θεσσαλονίκη και το 1981 στις Αλκυονίδες.

Καθότι ένα κτίσμα είναι το σύνολο των δομικών μελών που το συνθέτουν, είναι σαφής η άμεση εξάρτηση της γενικής συμπεριφοράς του από τη συνολική λειτουργία των μελών του. Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά που έπρεπε να φέρουν τα δομικά μέλη οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με παλιότερους κανονισμούς.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι οι συνδετήρες βρίσκονταν είτε αγκυρωμένοι ή και ανοιχτοί δημιουργώντας γωνία 90°, θέση η οποία δεν τους επέτρεπε να εκφράσουν το μεγαλύτερο ποσοστό της εφελκυστικής τους αντοχής. Δεν προτείνονται για την αντοχή τους και αστοχούν κατά τη διαδικασία του εγκιβωτισμού του σκυροδέματος. Σε επίπεδο διάτμησης οι αντοχές τους είναι περιορισμένες το ίδιο και η τοπική πλαστιμότητα. Επίσης οι λεπτομέρειες κατασκευαστικής όπλισης, ιδιαίτερα οι σχετικές με τον εγκάρσιο οπλισμό δεν ήταν αρκετές. Όπως προαναφέραμε το επίπεδο των ποιοτικών ελέγχων ήταν χαμηλό και ανεπαρκές και αυτό πολλές φορές είχε ως αποτέλεσμα το σκυρόδεμα να χαρακτηρίζεται από ανομοιομορφία και να μην έχει αντοχές. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό ήταν η χρήση λείου χαλύβδινου οπλισμού με περιορισμένο βαθμό αντοχής. Οι αγκυρώσεις του διαμήκους οπλισμού ήταν ελλειπείς και δεν ήταν αρκετά τα μήκη αλληλοεπικάλυψης. Στα σημεία σύνδεσης παρουσιάζονταν αδυναμίες εξαιτίας των μη επαρκώς οπλισμένων κόμβων δοκών και υποστυλωμάτων. Η διαστασιολόγηση ήταν προβληματική καθώς απουσίαζε ο ικανοτικός σχεδιασμός των δοκών και των υποστυλωμάτων σε κατάσταση κάμψης και διάτμησης. Τέλος παρατηρούμε την μη ύπαρξη περισφιγμένων κρυφουποστυλωμάτων στις άκρες των τοιχωμάτων.

Έχει παρατηρηθεί σε περιπτώσεις σεισμού, να προκαλούνται εναλλαγές στο πρόσημο φόρτισης των μελών όταν δεν υφίσταται βασική περίσφιξη (κάποιες φορές Φ6/20 ή Φ6/30), γεγονός το οποίο επηρεάζει την αντοχή και την παραμορφωσιμότητα των μελών. Η διαδικασία η οποία απαιτείται για τη μέτρηση της αντοχής δομικών στοιχείων, όπως επίσης και η διαδικασία μετατροπής τους,

χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα. Βασικός παράγοντας για την επιτέλεση των παραπάνω είναι η στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων (Σ.Α.Δ.), η οποία αφορά τα δεδομένα που έχει συλλέξει για το κτίριο ο μηχανικός. Τα επόμενα πιο σημαντικά στοιχεία είναι παροχή μίας ακριβούς παρομοίωσης του φορέα και ο ορισμός της κατάλληλης ανάλυσης και του αντίστοιχου κατάλληλου προγράμματος.



Εικόνα 2: Κτίριο υπό κατάρρευση μετά το σεισμό στην Κεφαλλονιά (Φεβρουάριος 2014)

1.5 Οι μετά το 1984 κατασκευές

Ένα από τα σημαντικότερα βήματα για την πρόοδο της αντισεισμικής προστασίας έγινε το 1984 με τις Πρόσθετες Διατάξεις, οι οποίες συμπλήρωσαν και εκσυγχρόνισαν ουσιαστικά τον υπάρχοντα Αντισεισμικό Κανονισμό. Οι Πρόσθετες Διατάξεις συνδυαστικά με την όλο και εκτενέστερη χρήση της τεχνολογίας και προγραμμάτων στατικής ανάλυσης, βοήθησαν να ξεπεραστούν οι προσεγγιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνταν κατά το παρελθόν. Οι Πολιτικοί Μηχανικοί αλλά και οι Έλληνες πολίτες φαίνεται να ήταν πλέον έτοιμοι να αντιληφθούν τη σημαντικότητα και την ύπαρξη μίας σωστής αντισεισμικής προστασίας των κτιρίων, για αυτό το λόγο και τα κτίρια με Οπλισμένο Σκυρόδεμα που ανεγέρθηκαν μετά το 1984 είναι αρκετά πιο ανθεκτικά.

Δέκα σχεδόν χρόνια μετά τις αναθεωρήσεις του 1984, το 1995, θα είναι η χρονιά όπου με νέες προσθήκες στον Αντισεισμικό Κανονισμό και στον Κανονισμό για τη Μελέτη και Κατασκευή έργων από Σκυρόδεμα επιτυγχάνεται ο πλήρης εκσυγχρονισμός και συμβαδίζουμε πλέον με τις διεθνείς υποδείξεις ασφάλειας, τις σχετικές με οικοδομήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος. Τα νέα μέτρα συνοδεύονταν από μία εμφανή αύξηση στην αξία των δομικών υλικών αλλά και όλου του τομέα, η

οποία βέβαια φαινόταν να συνάδει με την οικονομική πραγματικότητα της χώρας όπως αυτή είχε διαμορφωθεί εκείνα τα χρόνια.

1.6 Συμπέρασμα

Βάση των όσων παραθέσαμε στα προηγούμενα μέρη της εργασίας μας και παίρνοντας ως δεδομένο ότι τα κτίρια που δομήθηκαν πριν το 1984 είναι περισσότερα αριθμητικά από αυτά που χτίστηκαν τα επόμενα χρόνια, συμπεραίνουμε πως ο κίνδυνος για πιθανή καταστροφή από σεισμό είναι μεγάλος για το μεγαλύτερο αριθμό κτιρίων που υπάρχουν και κατοικούνται στον ελλαδικό χώρο. Το γεγονός αυτό έρχεται σε αντίφαση βέβαια με το γεγονός ότι η Αντισεισμική Τεχνολογία στην Ελλάδα επικεντρώνεται περισσότερο στις μελλοντικές κατασκευές και όχι τόσο στην ενδυνάμωση των παλαιότερων. Το φαινόμενο αυτό βέβαια επικρατεί σε παγκόσμια κλίμακα καθώς οι πρώτες δειλές αντισεισμικές διατάξεις άρχισαν τις δεκαετίες του 50' και του 60' για Ευρώπη και Αμερική, και στη συνέχεια εκσυγχρονίστηκαν τις δεκαετίες του 70' και του 80'. Βάση αυτής της λογικής, σε παγκόσμια κλίμακα, τα πιο παλιά κτίρια είναι πιο επιρρεπή σε περίπτωση σεισμού.

2. Μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης κατασκευών

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα ασχοληθούμε με παλαιότερες αλλά και νεότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται από τους μελετητές για την αντιμετώπιση επισκευής και ενίσχυσης κατασκευών. Κύρια μέθοδος από τις παλιότερες είναι αυτή που γίνεται με εκτοξευμένο σκυρόδεμα (gunite), ενώ από τις πιο σύγχρονες είναι αυτή που γίνεται με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP). Θα ασχοληθούμε επίσης και με την περίπτωση της χρήσης μεταλλικών στοιχείων στην κατασκευή.

2.2 Ενίσχυση με εκτοξευμένο σκυρόδεμα (gunite)

2.2.1 Γενικά

Μία από τις πιο διαδεδομένες και παλαιότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να προσφέρουν ενίσχυση σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η τοποθέτηση εκτοξευμένου σκυροδέματος στα υποστυλώματα. Το εκτοξευμένο σκυρόδεμα είναι ένα υλικό νεότερης τεχνολογίας και στην Ελλάδα άρχισε να χρησιμοποιείται μετά το 1978 όπου και συνέβησαν οι μεγάλοι σεισμοί στη Θεσσαλονίκη. Το χαρακτηριστικό του το οποίο το καθιστά τόσο διαδεδομένο είναι η ευπροσαρμοστικότητά του και η ευκολία που προσφέρει σε αυτόν που το διαχειρίζεται, καθώς μπορεί να διαστρωθεί παντού ανεξαρτήτως της κλίσης της επιφάνειας και χωρίς να χρησιμοποιηθούν για τη διάστρωσή του ξυλότυποι. Επιπλέον έχει θλιπτική αντοχή 70MPa, δεν διαβρώνεται εύκολα, όπως επίσης διακρίνεται για την επαρκή πρόσφυσή του με το σκυρόδεμα αλλά και με τον χάλυβα και τον βράχο. Η διαδικασία εφαρμογής εκτοξευμένου σκυροδέματος αν και είναι αποτελεσματική, χαρακτηρίζεται και ως μία διαδικασία η οποία απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα και την εκκένωση του κτιρίου που είναι υπό ανασκευή. Είναι επίσης αναγκαία η ανάληψη ενός τέτοιου έργου από ένα έμπειρο συνεργείο στη χρήση του συγκεκριμένου υλικού.

2.2.2 Σύγκριση συμβατού – εκτοξευμένου σκυροδέματος

Κατά τη χρήση του εκτοξευμένου σκυροδέματος έναντι της χρήσης του συμβατού σκυροδέματος παρατηρούνται τα εξής πλεονεκτήματα:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευκολότερα σε δύσκολα προσβάσιμες περιπτώσεις, διότι μπορεί να έχει την ικανότητα να μπορεί να καλύπτει λεπτά στρώματα και να καλύπτει επιφάνειες οι οποίες έχουν διαφορετικά πάχη.
- Η δύναμη με την οποία εκτοξεύεται από τον εγχυτήρα το βοηθάει να συμπυκνώνεται τη στιγμή που τοποθετείται.
- Δεν επηρεάζεται στην εφαρμογή του από την κλίση των επιφανειών.
- Φέρει υψηλή πυκνότητα και διαπερατότητα, χαρακτηριστικά που το τονίζουν την ανθεκτικότητα και την ομοιογένειά του.
- Με την τεχνική της εκτόξευσης μπορεί να εισέλθει με ευκολία σε δυσπρόσιτες θέσεις.



Εικόνα 3: Ενίσχυση υποστρώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα



Εικόνα 4: Όπλιση του μανδύα σκυροδέματος

2.2.3 Σύνθεση εκτοξευμένου σκυροδέματος

η σύνθεση του εκτοξευμένου σκυροδέματος είναι ο λόγος που το διακρίνει από το κοινό μπετόν. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του να αλλάζει η αναλογία των υλικών του από τη στιγμή την εκτόξευσής του μέχρι τη στιγμή της εγκατάστασής του. Ο λόγος που προκύπτει αυτή η διαφοροποίηση στην αναλογία του προκύπτει από τη διαδικασία εκτόξευσής του, και την αναπήδηση των υλικών. Μία σωστή μελέτη θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει και το ποσοστό των υλικών που ανακλώνται. Για τη σύνθεση εκτοξευμένου σκυροδέματος χρησιμοποιείται τσιμέντο, νερό και αδρανή. Εκτός αυτών μπορεί να έχει κι άλλα επιπλέον υλικά τα οποία βοηθούν στην ενδυνάμωση του ή επίσης μπορεί να είναι και ενισχυμένο με ίνες.

Τσιμέντο: Το κατάλληλο τσιμέντο για τη δημιουργία εκτοξευμένου σκυροδέματος είναι το τύπου Portland, το οποίο προτείνεται να είναι φρέσκο και να έχει φυλαχτεί σε ξηρό μέρος. Ως μέγιστη θερμοκρασία αποθήκευσης του έχουν οριστεί οι 70 °C. Βέβαια ο τύπος του τσιμέντου που θα χρησιμοποιηθεί για το μείγμα έχει να κάνει με το κατά πόσο είναι συμβατό με τους επιταχυντές που έχει το συνεργείο στη διάθεσή του.

Αδρανή: Τα λεπτόκοκκα αδρανή είναι αυτά που προτείνονται και θα πρέπει το μίγμα τους να ανήκει στις υποζώνες Δ και Ε στους πίνακες που εμφανίζονται οι κοκκομετρικές διαβαθμίσεις, με την Ε να θεωρείται ως προτιμότερη.

Νερό: Σημαντικό στοιχείο για το νερό που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο έλεγχος της καθαρότητας του από σάκχαρα, έλαια και σωματίδια, σε περίπτωση που δεν είμαστε σίγουροι για την ποιότητα του. Τα παραπάνω στοιχεία θα πρέπει να ανιχνεύονται έγκαιρα καθώς κατά την επαφή τους με το εκτοξευμένο σκυρόδεμα και με το χάλυβα μπορεί να αντιδράσουν. Σημαντική βοήθεια στις μετρήσεις αυτές προσφέρει ο τύπος N/T με τη χρήση του οποίου μπορεί να επιτευχθεί η ζητούμενη θλιπτική αντοχή και η ελαχιστοποίηση του βαθμού αναπήδησης. Ο βαθμός αυτός αλλάζει και έχει σχέση με τις προδιαγραφές του σκυροδέματος. Συνήθως κυμαίνεται από 0.4 έως 0.55. Στην περίπτωση υγρού σκυροδέματος χαμηλών προδιαγραφών ο λόγος N/T είναι $< 0,55$. Για μεσαίων προδιαγραφών είναι $< 0,50$, και για υψηλών προδιαγραφών είναι $< 0,46$.

Πρόσθετα υλικά: Είναι πολύ σημαντικό τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εκτοξευμένου σκυροδέματος να είναι ικανά να παρέχουν γρήγορη πήξη του υλικού αλλά και μία γρήγορη ανάπτυξη της αντοχής του, ώστε να μην προκαλείται καθυστέρηση στις εργασίες του εκάστοτε έργου. Τα καταλληλότερα πρόσθετα υλικά που πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές είναι τα εξής:

- ιπταμένη τέφρα,
- σκωρία υψικαμίνου,
- οξειδία του πυριτίου
- πρόσμικτα για τη μείωση/εξουδετέρωση της συστολής ξήρανσης
- θιξοτροπικά πρόσμικτα που αποτρέπουν το «σακούλιασμα».

Ίνες: Η χρήση ινών από χάλυβα, πολυμερές ή γυαλί στο εκτοξευμένο σκυρόδεμα βοηθούν α. στο βαθμό παραμόρφωσης του υλικού σε περίπτωση αστοχίας, β. στο περιορισμό της ρηγμάτωσης, γ. αυξάνουν σε κάποιον σημαντικό βαθμό την εκφυλιστική του αντοχή. Το μήκος των ινών είναι από 12 έως 50mm ενώ διαφοροποιούνται στο υλικό και τη μορφή.

Η κατάλληλη θερμοκρασία για το μίγμα είναι από 10 με 25 °C . Σε περιπτώσεις που παρατηρούνται άλλες θερμοκρασίες στο υλικό τότε προτείνεται να προβούμε σε θέρμανση ή σε ψύξη είτε των αδρανών που εμπεριέχονται στο μίγμα είτε του νερού.

2.2.4 Κατηγορίες εκτοξευμένου σκυροδέματος

Πίνακας 1: Κατηγορίες εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Κατηγορία αντοχής	Cs20	Cs25	Cs30	Cs35	Cs40	Cs45	Cs50	Cs55
Χαρακτηριστική αντοχή f_{ck} (Μρα) κύβου (15x15x15 cm)	20	25	30	35	40	45	50	55

2.2.5 Μέθοδοι ανάμιξης

Η παραγωγή εκτοξευμένου σκυροδέματος πραγματοποιείται είτε με την τεχνική της ξηρής μεθόδου, είτε με την τεχνική της υγρής μεθόδου.

2.2.5.1 Ξηρή μέθοδος

Η διαδικασία της ξηρής μεθόδου προβλέπει την ανάμιξη του τσιμέντου με τα αδρανή εντός μία μηχανής, ειδικευμένης να ασκεί πίεση στο μίγμα, σπρώχνοντάς το με ρεύμα πεπιεσμένου αέρα και σωληνώσεων προς ένα ακροφύσιο στο οποίο προθέεται νερό με ψεκασμό σε συνδυασμό με ένα κατάλληλο επιταχυντικό προσμικτικό υλικό. Το παραγόμενο μίγμα εκτοξεύεται με κατεύθυνση το σημείο της σκυροδέτησης με συνεχή πίεση.

2.2.5.2 Υγρή μέθοδος

Η υγρή μέθοδος πραγματοποιείται με μία ειδική μηχανή στην οποία τοποθετούνται και αναμειγνύονται το τσιμέντο, τα αδρανή και το νερό, η οποία τα μεταφέρει με τη βοήθεια είτε σωληνώσεων είτε πεπιεσμένου αέρα αλλά συνηθέστερη είναι η μεταφορά αυτών με άντληση προς ένα ακροφύσιο στο οποίο γίνεται προσθήκη επιταχυντικού προσμικτικού. Όπως και στη ξηρή μέθοδο, έτσι και στην υγρή, η εκτόξευση του μίγματος είναι συνεχής προς το σημείο της σκυροδέτησης. Εκτός αυτής, υπάρχουν κι άλλες υγροί μέθοδοι λιγότερο διαδεδομένες. Η μία είναι η μέθοδος θαλάμου αεροστροβίλου κατά την οποία συμβαίνει βίαιη ανάμιξη των υλικών, η δεύτερη είναι η μέθοδος κυλιόμενου τύπου, και τέλος η μέθοδος SEC.

2.2.6 Εκτόξευση σκυροδέματος

Κύριος στόχος είναι η επαρκής επικόλληση του υλικού στην επιφάνεια της βάσης και για αυτό το λόγο απαιτείται το τελικό μίγμα να διακρίνεται από μία συμπαγή και πυκνή δομή. Κατά την τροφοδοσία του υλικού είναι απαραίτητη η τήρηση στις αναλογίες των υλικών που συνθέτουν το

τελικό μίγμα ώστε να αποφευχθούν πιθανές εμφράξεις στον εξοπλισμό αλλά και για να επιτευχθεί σταθερότητα στη ροή του ακροφύσιου.

Σχετικά με τη θερμοκρασία που θα πρέπει να έχει το μίγμα πριν την εκτόξευση καταλληλότερη είναι από 5 έως 35 °C, και το εύρος της να κυμαίνεται από 10 και 25 °C.

Το ακροφύσιο θα πρέπει να έχει απόσταση μεταξύ 0.5-1m από την επιφάνεια που θέλουμε να τοποθετήσουμε το υλικό. Η μεγαλύτερη και η μικρότερη απόσταση είναι 1.5 και 0.5 m. Λαμβάνοντα υπόψιν την προβλεπόμενη αναπήδηση του υλικού, προτείνεται ως καταλληλότερη κατεύθυνση του ακροφυσίου η όσο το δυνατόν πιο κάθετη. Η δομή των στρώσεων οργανώνεται από τα κατώτερα προς τα ανώτερα επίπεδα και αρμοδιότητα του χειριστή είναι η συμπλήρωση του πάχους μίας στρώσης με συνεχόμενες κυκλικές κινήσεις του ακροφυσίου, και η αποφυγή κινήσεων μπρος-πίσω.

Σε περιπτώσεις που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί επιταχυντές πήξης, το πάχος των στρώσεων εκτοξευμένου σκυροδέματος συνιστάται να είναι για κάθε στρώση 10mm όταν αυτές είναι στρώσεις οροφής και στις οποίες περιλαμβάνονται οπλισμοί οι οποίοι καλύπτονται με την προσθήκη 10mm, ενώ όταν δεν περιλαμβάνονται οπλισμοί το μέγιστο είναι 30mm. Στην περίπτωση των κατακόρυφων στρώσεων είναι 20mm όταν περιλαμβάνονται οπλισμοί, ενώ όταν δεν περιλαμβάνονται είναι μέγιστο πάχος 50mm.

Μόνο όταν η στρώση που έχει εκτοξευθεί πρώτη αποκτήσει την επιδιωκόμενη αντοχή προβαίνουμε σε εκτόξευση της επόμενης. Η επαρκής χρονική απόσταση ανάμεσα στις δύο στρώσεις, σε συνθήκες θερμοκρασίας 20 °C και χωρίς τη χρήση επιταχυντών πήξης, είναι τρεις με πέντε ώρες.

Σε περίπτωση που έχουμε να διαχειριστούμε μία στρώση μεγαλύτερη των 150mm, η γωνία εκτόξευσης θα πρέπει να είναι κοντά στις 45° με στόχο να βοηθηθεί το υλικό κατά την αναπήδηση του να μπορέσει να κυλήσει προς τα έξω. Μείωση της απόστασης του ακροφυσίου από την επιφάνεια προβλέπεται όταν υπάρχει διάστρωση πλέγματος οπλισμών. Είναι αναγκαία η καθαρότητα της μπροστινής πλευράς της ράβδου σε περίπτωση που το σκυρόδεμα εκτοξεύεται προς τον οπλισμό για να υπάρχει ροή του υλικού προς τα πίσω και περιμετρικά της ράβδου, ώστε να δημιουργηθεί ένα σκληρό σκυρόδεμα από πίσω της. Κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης αρκετό υλικό αναπηδά προς άλλες κατευθύνσεις κι δεν προσκολλάται στην επιφάνεια της βάσης. Η ποσότητα αναπήδησης επηρεάζεται από το α. το πάχος της στρώσης, β. την κοκκομετρική κατανομή, γ. την κλίση και το χειρισμό του ακροφυσίου, δ. τον όγκο και την πίεση του αέρα, ε. της ιδιότητες της πρόσφυσης, στ. τις πρώιμες αντοχές, ζ. των τύπο των ινών σε περίπτωση που έχουν χρησιμοποιηθεί ίνες, η. τη μέθοδο της εκτόξευσης. Είναι ρητά απαγορευτική η επαναχρησιμοποίηση του υλικού της

αναπήδησης για εκ νέου παραγωγή όλων των τύπων σκυροδέματος και δεν προτείνεται η επικάλυψή του με εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Η απομάκρυνση των σωματιδίων που δεν προσκολλήθηκαν σωστά είναι αναγκαία για την ολοκλήρωση της διαμόρφωσης της τελικής επιφάνειας. Η διαδικασία αφαίρεσής τους γίνεται με τη χρήση μίας μαλακής βούρτσας δύο ώρες μετά την εκτόξευση.



Εικόνα 5: Όπλιση μανδύα σκυροδέματος σε δοκό

2.2.7 Έλεγχοι

Οι βασικοί τύποι ελέγχων που πραγματοποιούνται είναι τέσσερις. Είναι ο οπτικός έλεγχος, ο γεωμετρικός έλεγχος, ο μηχανικός έλεγχος, και ο εργαστηριακός έλεγχος. Ο οπτικός έλεγχος πραγματοποιείται τη στιγμή που γίνεται το έργο και αποσκοπεί στον εντοπισμό κακοτεχνιών που συνέβησαν κατά την εκτόξευση του σκυροδέματος. Ο γεωμετρικός έλεγχος γίνεται κι αυτός τη στιγμή που εξελίσσεται το έργο και έχει σκοπό να εντοπίσει τις γεωμετρικές αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό. Ο μηχανικός ή κρουστικός έλεγχος γίνεται όπως και οι προηγούμενοι κατά τη διάρκεια του έργου, με τη χρήση ενός σφυριού βάρους 1kg, με το οποίο δοκιμάζεται η στερεότητα και η συνοχή της επέμβασης. Ο τέταρτος έλεγχος όπως αναφέραμε είναι ο εργαστηριακός, τον οποίο τον διαχωρίζουμε σε δύο κατηγορίες, την κατηγορία δοκιμών E1 και την κατηγορία δοκιμών E2.

Κατά την κατηγορία δοκιμών E1:

- ελέγχονται τα κριτήρια συμμόρφωσης για την προβλεπόμενη θλιπτική αντοχή που φέρει το εκτοξευμένο σκυρόδεμα.
- Προσδιορίζεται το μέτρο ελαστικότητας της αντοχής σε κάμψη
- Προσδιορίζεται το μέτρο της δυσθραυστότητας
- Προσδιορίζεται το μέτρο της πυκνότητας
- Η αντίσταση σε παγετό
- Η διαπερατότητα

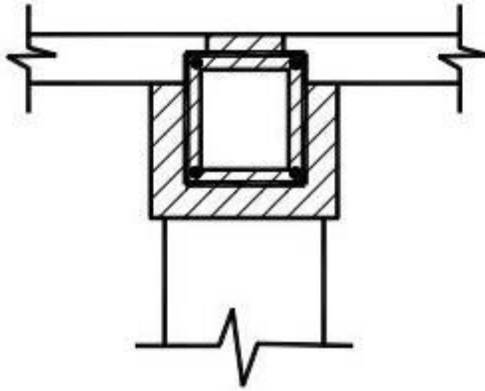
Κατά την κατηγορία δοκιμών E2:

- Γίνεται εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του εκτοξευμένου σκυροδέματος βάση της διάστρωσης και της συντήρησής του στις συνθήκες που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του έργου
- Πραγματοποιείται έλεγχος που αποσκοπεί στο να εξασφαλιστεί ικανού βαθμού συνάφεια μεταξύ του εκτοξευμένου σκυροδέματος και τη βάση της επιφάνειας

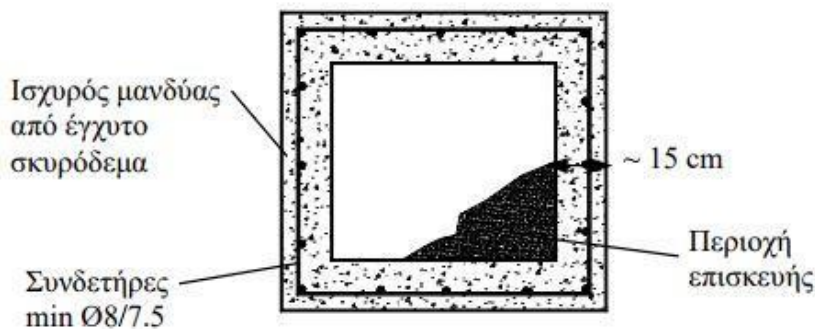
Με τους ελέγχους που αναφέραμε πολλές φορές αποκαλύπτονται κακοτεχνίες όπως είναι ο εγκλωβισμός ανακλωμένου υλικού, η συσσώρευση υπερψεκαζόμενου υλικού, η δημιουργία κενών, η ανεπαρκής επικάλυψη των ράβδων οπλισμού και η δημιουργία αδυνάμων περιοχών λόγω απόμιξης του σκυροδέματος.

2.2.8 Χρήσεις

Η εφαρμογή του εκτοξευμένου σκυροδέματος γίνεται συνήθως σε περιπτώσεις επισκευών κτιρίων στην περιοχή των μανδύων των δομικών στοιχείων όπως τα υποστυλώματα, οι δοκοί και οι πλάκες. Χρησιμοποιείται επίσης και για την ενίσχυση τοιχοποιιών και λιθοδομών. Μία άλλη εφαρμογή το είναι σε περιπτώσεις σταθεροποίησης πρανών και εκσκαφών, σε επισκευές που αφορούν έργα μεγάλου βεληνεκούς όπως σήραγγες, φράγματα από σκυρόδεμα, λιμενικά έργα γέφυρες κ.α. Τέλος, εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που έχουν προκληθεί βλάβες από πυρκαγιά. Όσα αναφέραμε ισχύουν και για κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα σε σεισμογενείς περιοχές με μεσαίας έκτασης ζημιές.



Εικόνα 6: Διατομή ενισχυμένης δοκού με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα



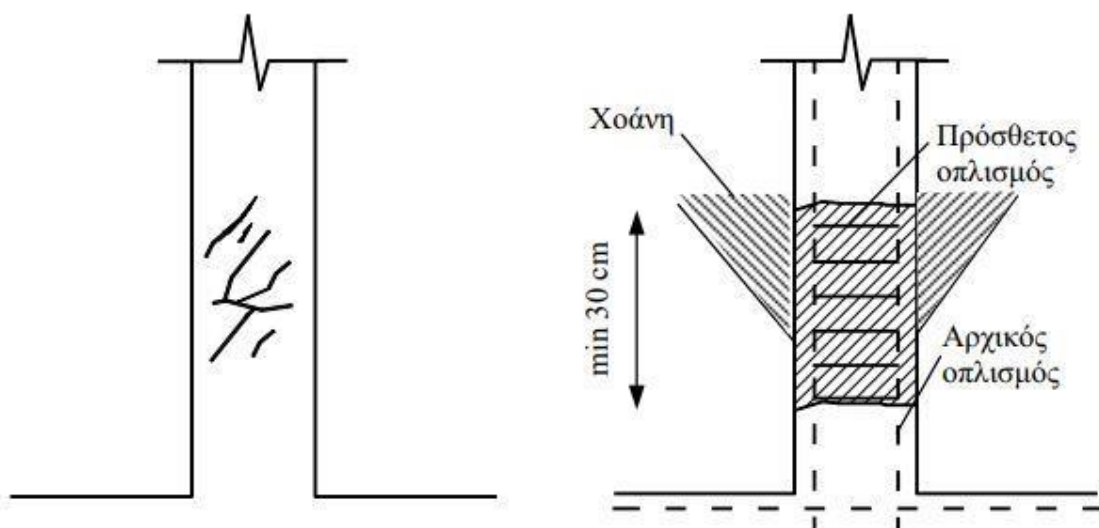
Εικόνα 7: Διατομή ενισχυμένου υποστυλώματος με μανδύα σκυροδέματος

2.2.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου

Στην μέθοδος εκτόξευσης με σκυρόδεμα εντοπίζονται αρκετά πλεονεκτήματα. Όπως προαναφέραμε, το υλικό αυτό μπορεί να εφαρμοστεί και να επικολληθεί σωστά ανεξαρτήτως της κλίσης και του μεγέθους της επιφάνειας. Σε σχέση με περιπτώσεις χρήσης ενός έγχυτου σκυροδέματος, κατά την εκτόξευση με σκυρόδεμα έχουμε παρόμοια μεν αποτελέσματα αλλά τα πάχη του μανδύα είναι μικρότερα. Η υψηλή πίεση που προσφέρεται από τη μέθοδο αυτή βοηθάει στην καλύτερη συνεργασία και πρόσφυση του ήδη εφαρμοσμένου σκυροδέματος με το νέο. Επειδή περιέχει χαμηλό συντελεστή νερού/τσιμέντου επιτυγχάνονται οι υψηλές αντοχές του. Ένα ακόμη πλεονέκτημα, είναι η εφαρμογή του χωρίς καλούπωμα. Για αυτό το λόγο και μπορεί να επιστρωθεί εύκολα και να επιπεδοποιηθεί, χαρίζοντας ένα επίπεδο τελικό αποτέλεσμα.

Σχετικά με τα μειονεκτήματα που έρχονται από την επιλογή αυτής της μεθόδου καταγράφεται η δυσκολία που παρουσιάζεται κατά την εφαρμογή του υλικού, διότι προϋποθέτει τη διατήρηση των πλακών και των δοκών, τοποθετήσεις οπλισμών επί το έργο, δύσκολες διαδικασίες σκυροδέτησης αλλά και πολλές φορές κρίνεται αναγκαία η αύξηση στις διαστάσεις των στοιχείων ενίσχυσης, διαδικασία η οποία πολλές φορές εμποδίζεται από πρακτικούς παράγοντες που έχουν να κάνουν με αρχιτεκτονικούς περιορισμούς κ.α

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κατασκευών μεταβάλλονται κατά τη διαδικασία διαφοροποίησης των διαστάσεων. Αυτό επηρεάζει και τον τρόπο που δέχεται η κατασκευή τη σεισμική ενέργεια, και την ίδια την κατανομή των μεγεθών της έντασης. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει να καταφεύγουμε σε μία προσεχτική μελέτη εάν θέλουμε να αλλάξουμε τις διαστάσεις των υποστυλωμάτων, διότι μία πιθανή κατά πολύ αυξημένη ένταση των ενισχυμένων στοιχείων πολλές φορές έχει ως αποτέλεσμα την αστοχία τους.



Εικόνα 8: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής

2.2.10 Συμπεράσματα

Όταν το πάχος του μανδύα δεν είναι μεγαλύτερο από τα 10cm, τότε η προτιμότερη τεχνική για να τον κατασκευάσουμε είναι το εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Όπως προαναφέραμε, δεν είναι ένα υλικό και μία τεχνική στην οποία είναι αναγκαία η χρήση καλουπώματος. Αυτό όμως δημιουργεί την ανάγκη να έχει η επιφάνεια του μανδύα κατακόρυφη κλίση. Σε αυτό βοηθάνε οι οδηγοί. Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία αυτής της μεθόδου είναι πρέπουσα συντήρησή των μανδύων αυτής της κατηγορίας, ακολουθώντας τις σχετικές διατάξεις που έχουν καταγραφεί στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

2.3 Ενίσχυση με Σύνθετα Υλικά (Ινοπλισμένα Πολυμερή- FRP)

Συζητώντας το ζήτημα των επεμβάσεων, διακρίνουμε πως το σημαντικότερο πρόβλημα βρίσκεται στη διαδικασία εφαρμογής τους. Μία ικανοποιητική λύση βρέθηκε με μία νέα τεχνική, στην οποία χρησιμοποιούνται σύνθετα υλικά τα οποία περιέχουν ένα συνδυασμό ινών όπως ίνες άνθρακα, γυαλιού, αραμιδίου, τοποθετημένες είτε μέσα σε μία μήτρα εποξειδικής ρητίνης για το σχηματισμό δύσκαμπτων ελασμάτων, είτε είναι πλεγμένες μέσα σε υφάσματα (Ινοπλισμένα Πολυμερή- FRP). Η ενίσχυση τύπου FRP μπορεί να εφαρμοσθεί σε διάφορων ειδών στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα όπως:

- Δοκοί
- πλακοδοκοί πλάκες
- υποστυλώματα
- τοιχία
- κομβίοι
- σε στοιχεία από τοιχοποιία
- σε στοιχεία από ξύλο

Σε επίπεδο χρήσης λειτουργούν ως τένοντες ή στοιχείο ενίσχυσης του σκυροδέματος κάποιες φορές μεμονωμένα, ενώ άλλες συνδυασμένα με προεντεταμένο χάλυβα ή χάλυβα οπλισμού. Προτείνονται ως ένας ισχυρός τρόπος ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος ή φέρουσας τοιχοποιίας επειδή μπορούν να προσκολληθούν σε εξωτερικές επιφάνειες δομικών μελών εξαιτίας των εποξειδικών ρητινών επικόλλησής τους μέσα στις οποίες βρίσκονται οι ίνες δεχόμενες εκφυλιστικές δυνάμεις.

2.3.1 Υλικά

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στα σύνθετα υλικά και τα συστατικά από τα οποία αποτελούνται ώστε να παρέχουν ένα ισχυρό σύστημα ενίσχυσης. Τα βασικότερα είναι α. οι ίνες σε πολυμερική μήτρα και β. η κόλλα εφαρμογής τους σε επιφάνειες σκυροδέματος ή τοιχοποιίας.

Ίνες: Οι πιο διαδομένες ίνες σε περιπτώσεις οικοδομικών και τεχνικών έργων είναι διαμέτρου 5-25μm. και συνήθως είναι ίνες γυαλιού, ίνες άνθρακα και ίνες αραμιδίου. Τις ίνες γυαλιού τις ξεχωρίζουμε 4 τύπους υαλονημάτων. Τύπου E, τύπου Z, τύπου AR και τύπου S η οποία υπερέχει σε αντοχή και ελαστικότητα. Η E έχει προσδίδει μείωση της αντοχής στο αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος, ενώ η AR έχει μεγάλη αντοχή.

Οι ίνες του άνθρακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μόνες τους είτε σε συνδυασμό με τις ίνες γυαλιού, προσφέροντας περισσότερη ακαμψία σε ένα δομικό μέλος. Υπάρχουν ανθρακονήματα τα οποία είναι προϊόν θερμικής κατεργασίας του πολυακρυλονιτριλίου, ενώ άλλα παράγονται από απόσταξη κάρβουνου.

Σχετικά με τις ίνες αραμιδίου υπάρχουν δύο ειδών. Αυτές που προέρχονται από αρωματικό πολυαμίδιο, και αυτές που προέρχονται από αρωματικό πολυαιθεραμίδιο. Προτιμώνται διότι ανταποκρίνονται με τον καλύτερο τρόπο σε κρουστικά φορτία.

Σε οικοδομικά και τεχνικά έργα ως μήτρες χρησιμοποιούνται δύο είδη πολυμερών, τα θερμοσκληρυνόμενα και τα θερμοπλαστικά. Στα πρώτα ανήκουν οι εποξειδικές ρητίνες, ο πολυεστέρας ή βινυλεστέρας. Από αυτά συχνότερη είναι η χρήση των εποξειδικών ρητινών λόγω των μηχανικών χαρακτηριστικών τους και της μεγάλης ανθεκτικότητας τους σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την κατασκευή. Τα τελευταία χρόνια γίνονται απόπειρες αντικατάστασης των πολυμερικών μητρών με άλλα υλικά τα οποία βασίζονται στο τσιμέντο.

Τον ρόλο της κόλλας κατέχει η εποξειδική ριτίνη από δύο συστατικά. Κατά την εφαρμογή της τοποθετείται ανάμεσα στο υπόστρωμα και το σύνθετο υλικό. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η μεταξύ τους μεταφορά τάσεων. Σε περίπτωση εφαρμογής της εποξειδικής ριτίνης σε κάποια κατασκευή θα πρέπει να έχει προηγηθεί ακριβής έρευνα για το χρόνο εργασιμότητας (pot life), για το χρόνο της εφαρμογής (open time), και για τη θερμοκρασία μετάπτωσης T_g (glass temperature).

Πίνακας 2: Ενδεικτικές ιδιότητες ινών

	Μέτρο ελαστικότητας (KN/mm ²)	Εφελκυστική αντοχή (N/mm ²)	Οριακή παραμόρφωση εφελκυστικής αστοχίας (%)
Άνθρακας			
Υψηλής αντοχής	215-235	3500-4800	1.4-2.0
Υπέρ-υψηλής αντοχής	215-235	3500-6000	1.5-2.3
Υψηλού μέτρου ελαστικότητας	500-700	2500-3100	0.5-0.9
Υπέρ-υψηλού μέτρου ελασ/τας		2100-2400	0.2-0.4
Γυαλί	70-75	1900-3000	3.0-4.5
	70-75	1900-3000	3.0-4.5
	85-90	3500-4800	4.5-5.5

E Z S			
Αραμίδιο Χαμηλού μέτρου ελαστικότητας (Κέβλαρ 29) Υψηλού μέτρου ελαστικότητας (Κέβλαρ 49, Twaron)	70-80 115-130	3500-4100 3500-4000	4.3-5.0 2.5-3.5

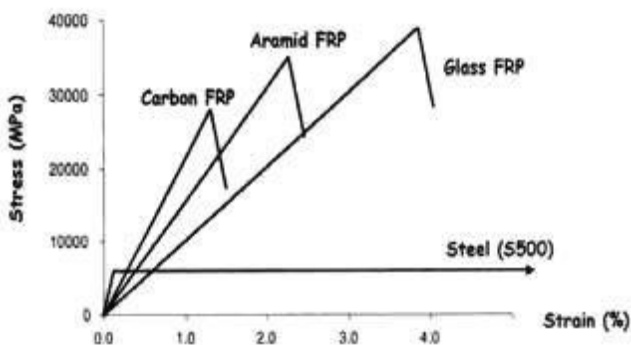
Πίνακας 3: Ενδεικτικές ιδιότητες εποξειδικών ρητινών και σύγκριση με σκυρόδεμα και χάλυβα

Ιδιότητα (σε 20°C)	Εποξειδική ρητίνη	Σκυρόδεμα	Χάλυβας
Πυκνότητα (kg/m ³)	1100-1700	2350	7800
Μέτρο ελαστικότητας (KN/mm ²)	0.5-20	20-50	205
Μέτρο διάτμησης (KN/mm ²)	0.2-8.0	8-21	80
Λόγος Poisson	0.3-0.4	0.2	0.3
Εφελκυστική αντοχή (N/mm ²)	9-30	1-4	200-600
Διατμητική αντοχή (N/mm ²)	10-30	2-5	150-400
Οριακή παραμόρφωση σε εφελκυσμό (%)	0.5-5	0.015	20-25
Ενεργεία θραύσης (Jm ⁻²) - κατά προσέγγιση	200-1000	100	10 ⁵ -10 ⁶
Συντελεστής θερμικής διαστολής (10 ⁻⁶ /°C)	25-100	11-13	10-15
Υδατοαπορροφητικότητα: 7ημ.-25°C (%κ.β)	0.1-3	5	0

Θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης (°C)	50-80	/	/
--------------------------------------	-------	---	---

2.3.3. Ιδιότητες

Τα σύνθετα υλικά προτιμώνται σε σχέση με τις υπόλοιπες συμβατικές μεθόδους ενίσχυσης. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε ένα συνδυασμό παραγόντων. Τα συνθετικά υλικά ως τρόπος ενίσχυσης φαίνονται ως ιδανικά εξαιτίας του χαμηλού τους βάρους και της αυξημένης εφελκυστικής αντοχής τους, μαζί με την ανθεκτικότητα που επιδεικνύουν σε διαβρωτικά περιβάλλοντα η οποία τους χαρίζει και μακρά διάρκεια ζωής. Διατίθενται και σε πολύ μεγάλα μήκη και κάμπτονται εύκολα. Με τη χρήση συνθετικών υλικών μπορεί να πραγματοποιηθεί η επισκευή στην κατασκευή ενδυναμώνοντας την αντοχή της και την παραμορφωσιμότητά της, χωρίς όμως να επηρεάζεται η γεωμετρία της.



Εικόνα 9: Σχέσεις τάσης-παραμόρφωσης σε εφελκυσμό, για σύνθετα υλικά και χάλυβα

Εταιρείες όπως η ISIS CANADA και ιδρύματα όπως το JCI (Japan Concrete Institute), επιδίδονται τα τελευταία χρόνια σε έρευνες σχετικές με τα FRP. Η ISIS CANCADA σε έρευνα πάνω στα FRP από ίνες γυαλιού (GFRP), μελέτησε συλλεγμένο δείγμα από γέφυρες του Καναδά και βρήκε ότι το υλικό δεν είχε υποστεί καμία διάβρωση ή χημική φθορά. Επίσης δε διαπιστώθηκε απώλεια υλικού ή λοιπές φθορές. Η ανθεκτικότητα που παρέχουν τα FRP και το χαμηλό τους κόστος στη συντήρηση τα φέρνει πρώτα στη λίστα των υλικών επιλογής για κατοικήσιμα κτίρια, αλλά και στις συντηρήσεις παλαιών μνημείων.

Το JCI αποπειράθηκε να σύνθεση ένα είδος ράβδων FRP το οποίο να είναι ανθεκτικό στη θερμότητα και να μπορεί να εφαρμοστεί σε στοιχεία σκυροδέματος. Τα αποτελέσματά τους υπήρξαν καινοτόμα, δείχνοντας πως η νέα γενιά ράβδων εμποτισμένες με PH ήταν ανθεκτικότερες από τις κοινές ράβδους. Μία δοκός σκυροδέματος στην οποία προστέθηκε FRP ινών άνθρακα, εμποτισμένη

με ΡΗ παρουσίασε καλύτερη συμπεριφορά κατά την έκθεσή της σε υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με δοκούς κατασκευασμένες από συμβατικά υλικά.

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματά τους, η χρήση των FRP έχει διάφορα εμπόδια. Αν και έχουν γίνει βήματα στις σχετικές έρευνες, υπάρχει έντονος προβληματισμός για την αντοχή τους υπό συνθήκες φωτιάς. Επίσης αν και ήδη παρατηρείται σταδιακή μείωση του κόστους, παραμένει ακόμη υψηλό. Η μέθοδος των FRP είναι αρκετά νέα και ένα σε ελληνικά δεδομένα ένα βασικό εμπόδιο που συναντάμε είναι η έλλειψη των κατάλληλων τεχνικών γνώσεων.



Εικόνα 10: Ενίσχυση φέροντα οργανισμού με FRP



Εικόνα 11: Α) Αστοχία υποστρώματος ενισχυμένου με FRP Β) Συμπεριφορά ενισχυμένου υποστρώματος με ανθρακουφάσματα σε συνθήκες φωτιάς

2.3.4 Συστήματα ενίσχυσης

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος. Ο ένας τύπος είναι η «Υγρή εφαρμογή» όπου η σταθεροποίηση της μήτρας πραγματοποιείται στο έργο. Διαδεδομένα συστήματα υγρής εφαρμογής είναι α. φύλλα φτιαγμένα από συνεχείς ίνες μίας διεύθυνσης, χωρίς μήτρα, β. υφάσματα φτιαγμένα από συνεχείς ίνες σε δύο κατευθύνσεις, χωρίς μήτρα, γ. φύλλα ή υφάσματα φτιαγμένα από συνεχείς ίνες σε τουλάχιστον δύο διευθύνσεις, τα οποία έχουν προεμποτιστεί σε ρητίνη σε μη σκληρυμένη μορφή, δ. φύλλα ή υφάσματα φτιαγμένα από συνεχείς ίνες μίας διεύθυνσης, τα οποία έχουν προεμποτιστεί με ρητίνη σε μη σκληρυμένη μορφή, ε. συνεχείς ίνες χωρίς μήτρα, σε μορφή νήματος του οποίου ο εμποτισμός με ρητίνη συμβαίνει κατά τη διάρκεια που τυλίγεται το υλικό στο δομικό μέλος που θέλουμε να ενισχύσουμε.

Ο δεύτερος τύπος είναι τα Προκατασκευασμένα υλικά στα οποία έχει προηγηθεί η σκλήρυνση της μήτρας. Στα διαδεδομένα προκατασκευασμένα υλικά ανήκουν τα προκατασκευασμένα ευθύγραμμα ελάσματα, τα οποία επικολλούνται με ρητίνη. Τα βρίσκουμε σε μορφή ρολών και συνήθως παράγονται με τη μέθοδο της εξέτασης, ενώ σπανιότερα με τη μέθοδο της στρωμάτωσης. Είναι τα πιο προτιμώμενα για εφαρμογές σε επίπεδες επιφάνειες. Επίσης υπάρχουν και οι προκατασκευασμένοι ράβδοι κυκλικής ή συνήθως ορθογωνικής διατομής, οι οποίες τις τοποθετούμε σε επιφανειακές εγκοπές τις οποίες έχουμε γεμίσει με ρητίνη ή πολυμερές κονίαμα. Τέλος υπάρχουν τα προκατασκευασμένα κελύφη, μανδύες ή γωνίες, τα οποία επικολλούνται μέσω ρητίνης.

2.3.5 Τεχνικές εφαρμογές

Οι βασικοί παράγοντες, βάση των οποίων επιλέγουμε τον τύπο, τη μορφή και τη μέθοδο εφαρμογής των σύνθετων υλικών, είναι η γεωμετρία και οι διαστάσεις των στοιχείων που χρειάζονται ενίσχυση,

το είδος της εντατικής τους καταπόνησης, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η κοστολόγηση της επέμβασης και σίγουρα η εμπειρία του μηχανικού και του τεχνικού προσωπικού.

Στην Ελλάδα η Βασική τεχνική και η πιο διαδεδομένη είναι η επικόλληση με το χέρι είτε υφασμάτων είτε προκατασκευασμένων στοιχείων, σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος ή τοιχοποιίας, μέσω εποξειδικών ρητινών.

Στις Ειδικές τεχνικές εντάσσονται η Αυτοματοποιημένη περιτύλιξη, Εφαρμογή με προένταση, Επιταχυμένη σκλήρυνση με θέρμανση, Προκατασκευασμένα στοιχεία, Εφαρμογή ράβδων εγκοπής, Μηχανική στερέωση ελασμάτων με αγκύρια, Πλέγματα συνεχών ινών σε ανόργανη μήτρα.

2.3.6 Προδιαγραφές-Κανονισμοί

2.3.6.1 Επικόλληση ελασμάτων/υφασμάτων

Στο πρότυπο του EN 1504-4:2004 και το Δελτίο της FIB (Federation International du Beton), ορίζονται οι απαιτήσεις για τα συγκολλητικά υλικά.

Αποδεκτό υλικό για την εξομάλυνση της επιφάνειας του υποστρώματος είναι τα μη συρρικνούμενα τσιμεντοειδή κονιάματα ή εποξειδικές πάστες, που έχουν συνάφεια και εφελκυστική αντοχή, η οποία θα πρέπει να ξεπερνάει την εφελκυστική αντοχή του υποστρώματος τουλάχιστον κατά το 50%. Ο παραγωγός των υλικών είναι υποχρεωμένος να τα συνοδεύει με φυλλάδια στα οποία να αναγράφονται αναλυτικά τα τεχνικά, και να έχουν την έγκριση της υπηρεσίας.

Αποδεκτά υλικά για την επικόλληση των ινοπλισμένων υφασμάτων προτείνεται να χρησιμοποιούνται εποξειδικές κόλλες χωρίς ανενεργούς διαλύτες που φέρουν τα εξής χαρακτηριστικά: α. εποξειδικές κόλλες δύο συστατικών (ρητίνη, σκληρυντής), β. κατά την ανάμειξη η αναλογία του όγκου σκληρυντή προς ρητίνη θα υπερβαίνει το 1:3, γ. Το μέτρο ελαστικότητας του σκληρυμένου μίγματος δε θα είναι μικρότερο από το 1/30 του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος, δ. Οι αντοχές της κόλλας σε θλίψη και εφελκυσμό θα είναι τουλάχιστον 50% μεγαλύτερες των αντιστοιχών αντοχών του σκυροδέματος.

Δε συνιστούνται προς χρήση τα ελάσματα από ανθρακονήματα υψηλού μέτρου ελαστικότητας, εξαιτίας της μικρής παραμορφωσιμότητά τους.

2.3.6.2. Προσωπικό-Εξοπλισμός

Τα έργα επισκευών και ενισχύσεων απαιτούν ένα άρτια εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, το οποίο επιλέγεται μετά από συστάσεις παλαιότερων εργοδοτών, που αποδεικνύουν την ικανότητα του. Στο στάδιο πριν την έναρξη των έργων πραγματοποιείται δοκιμαστική εφαρμογή, μέσω της οποίας η υπηρεσία βεβαιώνεται για την ικανότητα του συνεργείου, το οποίο φέρει όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό. Αρμόδιος υπεύθυνος για την επίβλεψη του έργου μπορεί να οριστεί ένας μηχανικός, ο οποίος έχει στο βιογραφικό του τουλάχιστον πέντε χρόνια εμπειρίας.



Εικόνα 12: Τοποθέτηση υφάσματος

2.3.6.3 Αποθήκευση/Προσωρινή Τοποθέτηση πριν την Εφαρμογή

Τα FRP είναι αρκετά ευαίσθητα και εύκολα μπορούν να επηρεαστούν και να εμφανίσουν φθορές στην επιφάνειά τους, ή να τους προξενήσουν τομές αιχμηρά αντικείμενα. Για το λόγο αυτό προτείνεται η ασφαλής φύλαξή τους με ειδικά καλύμματα μέχρι να χρησιμοποιηθούν. Θα πρέπει να μη βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους και να μην έρχονται σε επαφή με το έδαφος και πάντα να αποθηκεύονται και να χρησιμοποιούνται λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν.

2.3.7 Απαιτήσεις ποιοτικών ελέγχων και δοκιμών για την παραλαβή

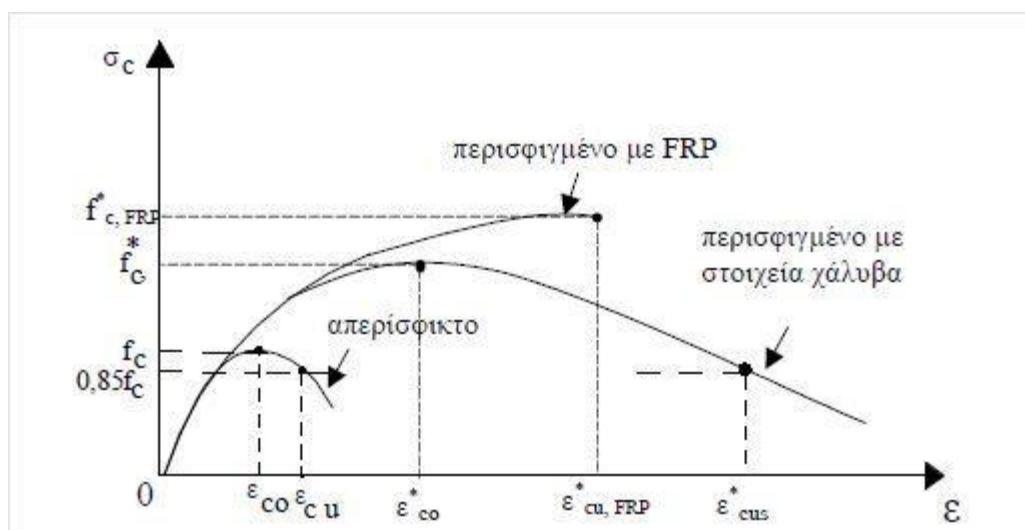
Απαιτούνται τρεις βασικοί έλεγχοι να πραγματοποιηθούν ώστε να διαπιστωθεί η σωστή εφαρμογή των οπλισμένων πολυμερών. Ο πρώτος είναι ο Οπτικός έλεγχος, με τον οποίο επιδιώκεται ο εντοπισμός κακοτεχνιών όπως εγκλωβισμός αέρα μεταξύ υφάσματος και υποστρώματος, ο ελλιπής εμποτισμός των υφασμάτων, ύπαρξη πτυχώσεων κ.α. Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος στην εφαρμογή των κανόνων έντεχνης εκτέλεσης της υγρασίας όσο κρατάει η διαδικασία της επικόλλησης. Σκοπός είναι ο έγκαιρος εντοπισμός πιθανών κακοτεχνιών, οι οποίες θα μπορούν να διορθωθούν τη σωστή χρονική στιγμή.

Ο δεύτερος βασικός έλεγχος είναι ο Μηχανικός ή Κρουστικός έλεγχος, ο οποίος γίνεται κατά τη διάρκεια ή κατά την ολοκλήρωση του έργου με τη χρήση σφυριού πλαστικής ή ελαστικής επαφής με στρογγυλεμένα άκρα, ώστε να αποφευχθεί πιθανός τραυματισμός του υφάσματος. Με το μηχανικό έλεγχο δοκιμάζεται η στερεότητα και η συνοχή των εργασιών επέμβασης. Ένα ο ήχος που θα παραχθεί είναι υπόκωφος, τότε υπάρχει πλημμελής συγκόλληση, εγκλωβισμός αέρα, και μη τήρηση των χρονικών ορίων της κόλλας.

Ο τρίτος βασικός έλεγχος είναι ο Έλεγχος πρόσφυσης, κατά τον οποίο γίνεται δοκιμή αποκόλλησης δείγματος, ώστε να ελεγχθεί η πρόσφυση των υφασμάτων επί του σκυροδέματος. Μία επιτυχής δοκιμή είναι όταν το δοκίμιο που ελέγχεται δεν παρουσιάζει αστοχία στην επιφάνεια υφάσματος και υποστρώματος ή τη διεπιφάνεια μεταξύ των υφασμάτων.

2.3.8 Συμπεράσματα

Αν και το κόστος των FRP συγκριτικά με τα υπόλοιπα υλικά για περιπτώσεις ενίσχυσης επέμβασης της αγοράς είναι υψηλό, τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το καθιστούν προτιμότερο. Υπάρχουν ακόμη αρκετά άλυτα ζητήματα και ένα ευρύ φάσμα παιδείας που πρέπει να καλυφθεί με περισσότερη έρευνα που θα βοηθήσουν την τεχνική των FRP να εξελιχθεί προσφέροντας πιο ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα.



Εικόνα 13: Σχέση τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος απερίσφικτου, περισφιγμένου με FRP ή με στοιχεία χάλυβα

2.4 Ενίσχυση κατασκευών με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας

2.4.1 Γενικά

Για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, η πιο αποτελεσματική και γνωστή τεχνική είναι η χρήση μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας σε προεπιλεγμένα φατνώματα

των φορέων της κατασκευής. Στην περίπτωση της Ελλάδας, η ανάγκη για ενίσχυση των υφιστάμενων κτιρίων της είναι υψίστης σημασίας καθώς αποτελεί μία σεισμογενή χώρα, στην οποία τα περισσότερα κτίσματα είναι κατασκευασμένα προ του αναθεωρημένου κανονισμού του 1984, εύκολα θα μπορούσαν να προκληθούν βλάβες έως και κατάρρευση. Ο μηχανικός συμβουλευμένος τον έλεγχο τρωτότητας προχωράει στην επιλογή της καταλληλότερης τεχνικής ενίσχυσης. Συγκριτικά με τα πλευρικά φορτία ένα αποτελεσματικότερο σύστημα είναι οι μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας ικανοποιώντας απαιτήσεις που έχουν να κάνουν με την αντοχή, τη πλαστιμότητα και τη δυσκαμψία, προσφέροντας ένα πολύ πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα στη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου.

2.4.2 Μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Ένα από τα χαρακτηριστικά του χάλυβα είναι η περιεκτικότητά του σε όλκιμα χαρακτηριστικά. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας είναι μεταλλικοί, ώστε να μπορούν να αναλάβουν μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις και να είναι ικανοί να απορροφήσουν μεγάλης έντασης σεισμική ενέργεια. Σε περίπτωση σεισμικών δυνάμεων, εάν υπάρχει προσθήκη συνδέσμων δυσκαμψίας, αναλαμβάνουν οι αξονικές δυνάμεις των συνδέσμων τη σεισμική δύναμη. Με την τοποθέτηση μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας σε μία κατασκευή που χρήζει ενίσχυσης, με τη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων αποτρέπεται η εμφάνιση ψαθυρής αστοχίας.



Εικόνα 14: Χρήση δικτυωτού χιαστί συνδέσμου σε πολυώροφο κτίριο

2.4.3 Κατηγορίες συνδέσμων δυσκαμψίας

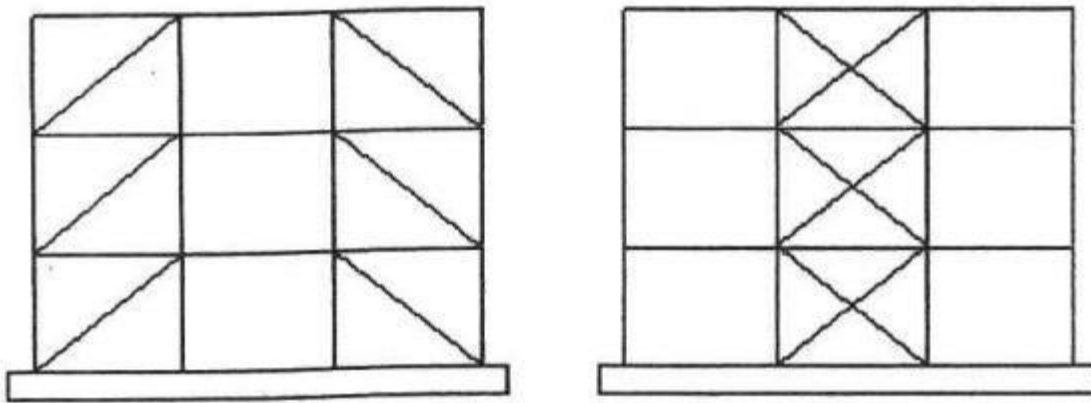
Τους συνδέσμους δυσκαμψίας μπορούμε να τους κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία τους κατατάσσουμε σε Κεντρικούς και Έκκεντρους, ανάλογα με το είδος της σύνδεσης των δικτυωτών συνδέσμων με την υφιστάμενη κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος. Στη δεύτερη κατηγορία, ανάλογα με το είδος της σύνδεσης των δικτυωτών συνδέσμων με την υφιστάμενη

κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος τους κατατάσσουμε σε Συνδέσμους με εξωτερική σύνδεση και συνδέσμους με εσωτερική σύνδεση, όπου εδώ ξεχωρίζουμε και τις υποκατηγορίες Άμεσης σύνδεσης και Έμμεσης σύνδεσης.

Στην περίπτωση ενός δικτυωτού συνδέσμου, ο οποίος μπορεί να είναι ταυτόχρονα και έκκεντρος, εσωτερικός και με άμεση σύνδεση με το υπάρχον πλαίσιο, τον κατατάσσουμε και στις δύο κατηγορίες.

Στη συνέχεια παραθέτουμε την περιγραφή των κατηγοριών που αναφέραμε.

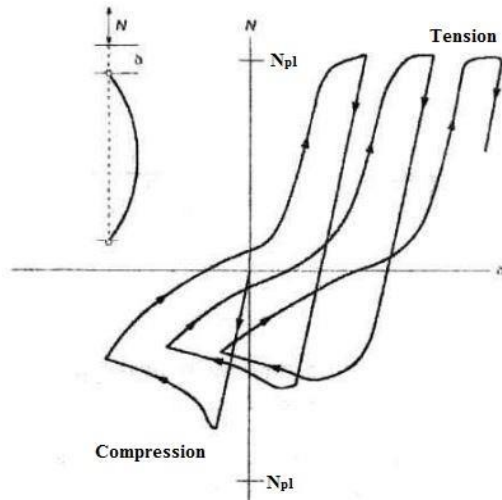
Κεντρικοί: η μορφή αυτή είναι η πιο συνηθισμένη σε πρακτικό επίπεδο. Οι απλοί και χιαστί διαγώνιοι (Τύπος / ή X), και οι σύνδεσμοι V, Λ ή K ανήκουν στην κατηγορία αυτή.



Εικόνα 15: Απλοί και Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε πλαισιωτούς φορείς

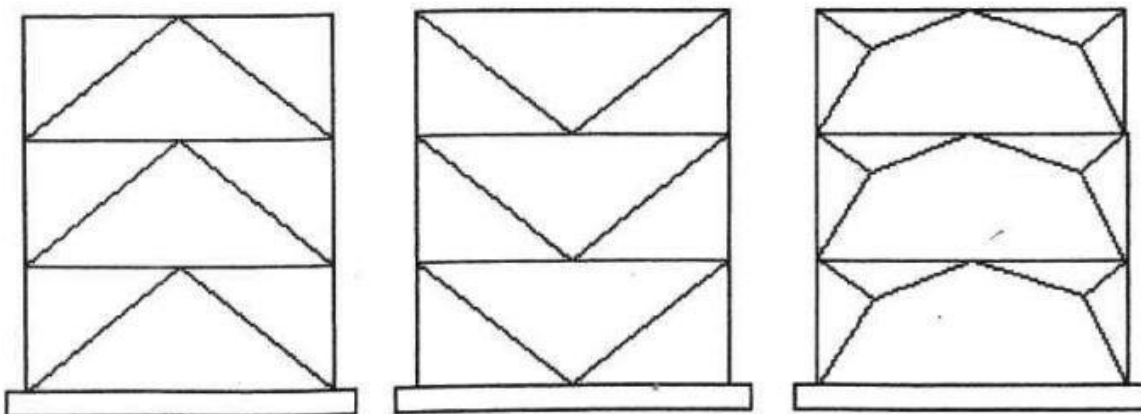
Οι σύνδεσμοι τύπου / ή X έχουν στοιχεία κατά τη διεύθυνση της μίας ή και των δύο διαγωνίων του φατνώματος. Αναλαμβάνουν τα πλευρικά φορτία, τα οποία έχουν μεταφερθεί μέσω των συνδέσμων και καταπονούν αξονικά τα διαγώνια μέλη. Το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος αναλαμβάνει τα κατακόρυφα φορτία. Κατά τη διαδικασία της διαστασιολόγησης μόνο οι εφελκόμενες διαγώνιοι θεωρείται ότι συνεισφέρουν στην ανάληψη των εναλλασόμενων σεισμικών δυνάμεων. Οι θλιβόμενες αγνοούνται. Με αυτόν τον τρόπο στην περίπτωση των χιαστί συνδέσμων τα εφελκόμενα και τα θλιβόμενα μέλη υπάρχουν στο ίδιο φάτνωμα. Σε άλλες περιπτώσεις τα εφελκόμενα και τα θλιβόμενα μέλη υπάρχουν σε ξεχωριστά φατνώματα. Πειράματα που μελετούν την απόκριση πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος ενισχυμένων με απλούς και χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας και μη ενισχυμένων σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση, έδειξαν πως όντως οι εφελκόμενες διαγώνιοι αναλαμβάνουν το πλευρικό φορτίο. Τη στιγμή που εφαρμόζεται το θλιπτικό φορτίο προκαλείται πλευρική παραμόρφωση των μελών και παρατηρείται ο σχηματισμός πλαστικής άρθρωσης στο μέσο του μήκους τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής του

στοιχείου σε κατάσταση θλίψης. Μετέπειτα, αρχίζει να δρα η εφελκυστική δύναμη, όπου το μέλος που τη δέχεται αναλαμβάνει το φορτίο και διαρρέει. Το θλιβόμενο μέλος λυγίζει.



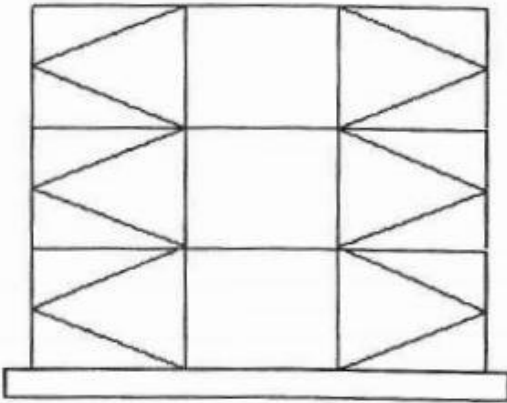
Εικόνα 16: Ελλειψοειδής βρόγχος υστέρησης του συνδέσμου δυσκαμψίας

Στην περίπτωση των συνδέσμων δυσκαμψίας V, Λ οι οριζόντιες δυνάμεις αναλαμβάνονται από τις θλιβόμενες και εφελκυσόμενες διαγώνιους, βοηθώντας με αυτό τον τρόπο και στην ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων, γεγονός που δεν συμβαίνει με τους χιαστί και τους απλούς συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι αυτής της μορφής έχουν δύο στοιχεία ανά φάτνωμα τα οποία συντρέχουν σε ένα κοινό σημείο της δοκού του πλαισίου. Το σημείο δε λαμβάνεται ως στήριξη διότι δεν παραβιάζει τη στατική συνέχεια του ζυγώματος. Όταν το σημείο σύνδεσης στο φάτνωμα βρίσκεται κάτω, τότε ονομάζεται V. Όταν το σημείο σύνδεσης στο φάτνωμα βρίσκεται πάνω ονομάζεται Λ. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνονται οι διαφορετικές διατάξεις των τύπων V και Λ.



Εικόνα 17: Σύνδεσμοι τύπου V ή Λ

Στην κατηγορία των δικτυωτών συνδέσμων ανήκει και ο σύνδεσμος της μορφής Κ.

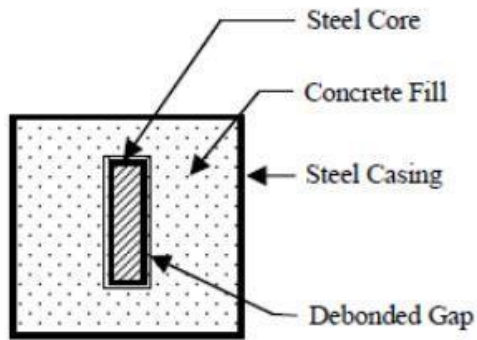


Εικόνα 18: Σύνδεσμοι τύπου Κ

Οι σύνδεσμοι τύπου Κ συνήθως προτείνεται να αποφεύγονται, εξαιτίας των προβλημάτων που εμφανίζει η χρήση τους σε επόμενο επίπεδο αλλά και η απαίτηση για συμμετοχή του υποστυλώματος στην ανάπτυξη του μηχανισμού διαρροής. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν περιοριστικά τη δυνατότητα πλαστικής συμπεριφοράς του συστήματος πλαίσιο-σύνδεσμοι δυσκαμψίας.

Το πρόβλημα του λυγισμού των θλιβόμενων μελών του συνδέσμου δυσκαμψίας αποπειράθηκε να λύσει η μέθοδος BRBF (Buckling Restrained Brace Frame-BRBF system). Είναι μία μέθοδος κατά την οποία γίνεται χρήση διαγώνιων σύμμικτων στοιχείων τα οποία παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στο λυγισμό. Αν και είναι γνωστοί από τις αρχές του αιώνα, έκανα την εμφάνισή τους το 1988 στην Ιαπωνία και μετέπειτα το 2000 στην Αμερική σε διάφορες κατασκευές παλιές και νέες, αλλά υπήρξαν και μέρος πειραμάτων του πανεπιστήμιου του Berkley. Η διαφορά των μεταλλικών συνδέσμων αυτών από τους υπόλοιπους είναι η μεγάλη τους πλαστιμότητα, η σκληρότητά τους και η συμπεριφορά τους.

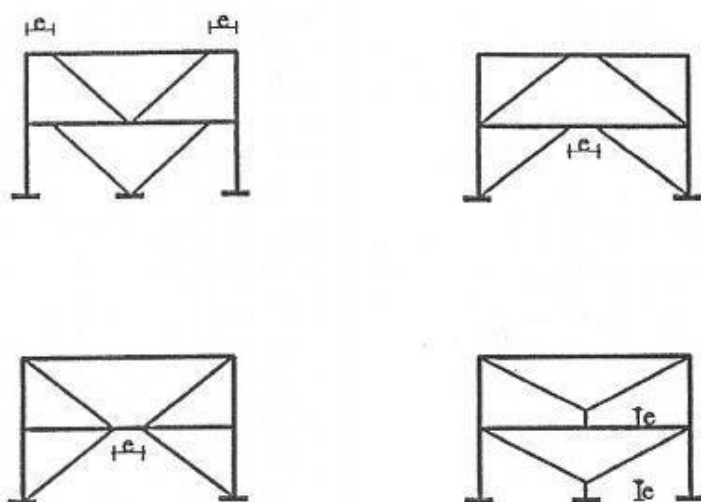
Περιγραφή του συστήματος BRBF: αποτελείται από ένα μεταλλικό πυρήνα ο οποίος περιβάλλεται από σκυρόδεμα. Ο ρόλος τους πυρήνα είναι να αντιστέκεται στις αξονικές τάσεις που δέχεται. Ο ρόλος του σκυροδέματος είναι να προφυλάσσει τον πυρήνα από πιθανό λυγισμό.



Εικόνα 19: Διατομή διαγωνίου μέλους BRBF συστήματος

Η χρήση του BRBF βοηθάει στην αντίσταση σε πλευρικές δυνάμεις και περιορίζει την αστοχία σε λογισμό στοιχείων τα οποία είναι εύκαμπτα στην κατασκευή. Οι κύκλοι υστέρησης του είναι πλήρεις και ισοροπημένοι και έχει σημαντική πλαστιμότητα. Καταπολεμά αποτελεσματικά την αστάθεια λόγω μεταλυστικών φορτίων που παρουσιάζουν τα συμβατικά συστήματα (Special Concentric Braced Frames), εξαιτίας της κοινής συμπεριφοράς που παρουσιάζει σε εφελκυστική και θλιπτική διαρροή. Ένα ακόμη προσόν του συστήματος αυτού είναι η ικανότητά πλαστικής παραμόρφωσης.

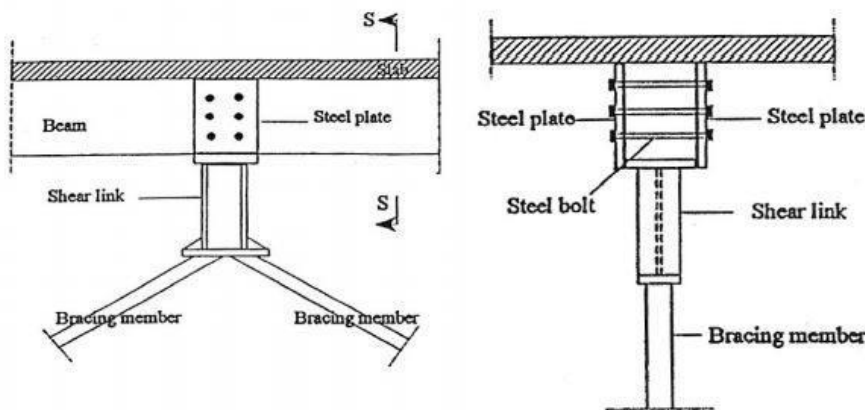
Έκκεντροι: στην περίπτωση των έκκεντρων συνδέσμων δυσκαμψίας έχουμε έκκεντρη σύνδεση ενός τουλάχιστον μέλους με το ζύγωμα με τον αντίστοιχο κόμβο του υποστυλώματος. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρατηρούμε τις αντίστοιχες διατάξεις:



Εικόνα 20: Έκκεντροι σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε πλαισιοτούς φορείς

Ως δοκό σύζευξης εννοούμε το κομμάτι της δοκού το οποίο αποτελεί την έκκεντρη σύζευξη, και στο οποίο σε περιπτώσεις κάμψης και διάτμησης προκαλείται καταπόνηση. Σκοπός του σχεδιασμού αυτού του στοιχείου είναι να φέρει πλαστική συμπεριφορά και διαρροή. Με τον τρόπο αυτό είναι ικανό να απορροφά ενέργεια αποτρέποντας έτσι το λυγισμό των μελών του συνδέσμου δυσκαμψίας. Εξαιτίας της μη ικανότητας της δοκού να λειτουργεί ως πλαστικός συνδετήριος σύνδεσμος, μας ενδιαφέρει περισσότερο η μορφή Υ και ανεστραμμένου Υ.

Όταν έχει τη μορφή Υ υπάρχει σύνδεση του μεταλλικού σκέλους στο μέσο της δοκού του φατνώματος. Του έχει δοθεί η ονομασία σεισμικός σύνδεσμος διότι είναι αυτός που αναλαμβάνει τις σεισμικές ενέργειες. Αυτό καθιστά την πλαστιμότητα ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για το σχεδιασμό του, ώστε να καταφέρει να φτάσει πρώτο στο σημείο διαρροής όταν υπάρχουν σεισμικές δυνάμεις, και να αφήσει τα δικτυωτά μέλη στην ελαστική περιοχή. Έτσι επιτυγχάνεται η αποφυγή πιθανής ψαθυρής αστοχίας τους λόγω λυγισμού. Για την εξασφάλιση καλύτερης μεταφοράς του σεισμικού φορτίου, είναι σημαντικό να δίνεται προσοχή στη σύνδεση του συνδέσμου αυτού με τη δοκό του πλαισίου.

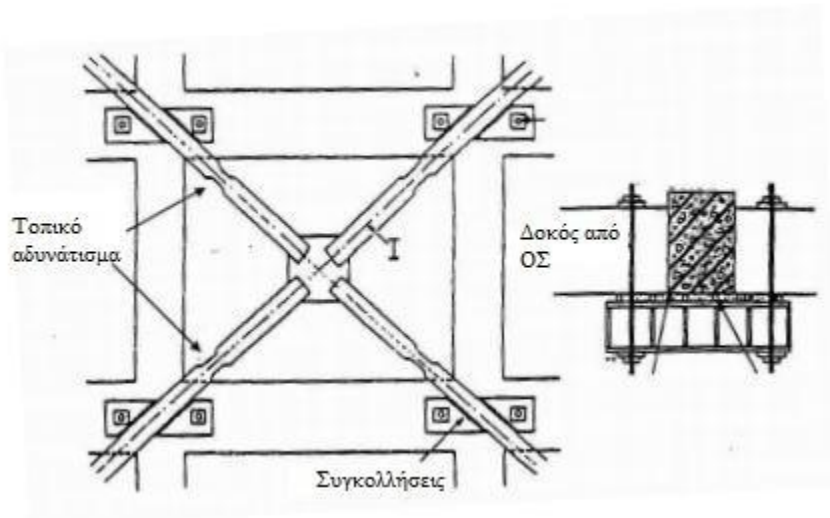


Εικόνα 21: Λεπτομέρεια σεισμικού συνδέσμου και τομή S-S

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που φέρουν οι έκκεντροι σύνδεσμοι είναι η αυξημένη δυσκαμψία όταν έχουμε κανονικά επίπεδα πλευρικής φόρτισης και αυξημένη πλαστιμότητα σε περίπτωση σεισμικού φορτίου. Αυτά τα χαρακτηριστικά του είναι ένας από τους καλύτερους συνδυασμούς για αντισεισμικό σχεδιασμό.

Σύνδεσμοι με εξωτερική σύνδεση: Οι σύνδεσμοι με εξωτερική σύνδεση είναι φτιαγμένοι κάποιες φορές από μεταλλικά δικτυώματα ή μεταλλικά πλαίσια, τα οποία τοποθετούνται συνδέονται σε όλο το κτίριο ως εξωτερική υποστήριξη είτε ως τοπικά εξωτερικά μεμονωμένων πλαισίων. Ενδείκνυται η χρήση τους σε περιπτώσεις όπου είτε λόγω αρχιτεκτονικής ή δομής του κτιρίου, δεν είναι δυνατή

έως και απαγορευτική η ενσωμάτωση μεταλλικού κτιρίου. Ένα τέτοιο παράδειγμα έχουμε όταν υπάρχει τοιχοποιία. Στο σχήμα που ακολουθεί παρατηρούμε αντίστοιχα σχέδια:



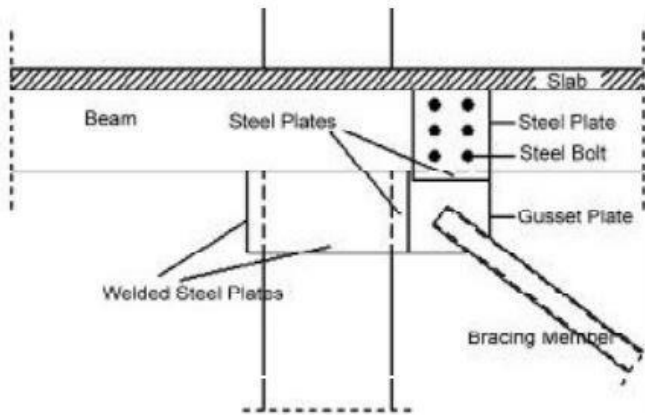
Εικόνα 22: Εξωτερικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας (αριστερά) και λεπτομέρεια σύνδεσης του συνδέσμου με το πλαίσιο (δεξιά)

Περιγράφοντας τη διαδικασία παρατηρούμε τη συγκόλληση της ράβδου σε ένα μεταλλικό έλασμα. Στη συνέχεια το μεταλλικό έλασμα, με τη βοήθεια προεντεταμένων κοχλιών και ρητίνης, συνδέεται στον κόμβο του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Έτσι επιτυγχάνεται η συνεργασία του συστήματος συνδέσμων με το υπάρχον πλαίσιο, αλλά και η συμμετοχή αυτού στην ανάληψη σεισμικών δυνάμεων. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα που έχει αυτή της μορφής η σύνδεση ειδικά σε περιπτώσεις εξωτερικής τοποθέτησής τους σε κτίριο, είναι ο μη παρεμποδισμός της λειτουργίας του κτιρίου. Εξαιτίας της εκκεντρής μεταφοράς των δράσεων από το πλαίσιο στους συνδέσμους, επιτυγχάνεται ο λυγισμός των διαγώνιων ράβδων, που καθορίζει την αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου. Το φαινόμενο αυτό αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή τοπικής μείωσης της διατομής, κοντά στις θέσεις των ενώσεων.

2β) Σύνδεσμοι με εσωτερική σύνδεση: στην περίπτωση αυτού του τρόπου σύνδεσης, παρατηρείται τοποθέτηση του συστήματος συνδέσμων στον κενό χώρο ανάμεσα από τη δοκό και τα υπόλοιπα υποστυλώματα στο πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος που υπάρχει. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ξεχωριστή σύνδεση κάθε πλαισίου από το εσωτερικό του μέρος με ένα σύνδεσμο δυσκαμψίας και έχουμε αποφυγή της μεταφοράς των δράσεων στους συνδέσμους με εκκεντρότητα. Η μέθοδος αυτή είναι εύκολη στην κατασκευή και έχει αρκετά χαμηλό κόστος. Οι συνδέσεις αυτής της μορφής διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες.

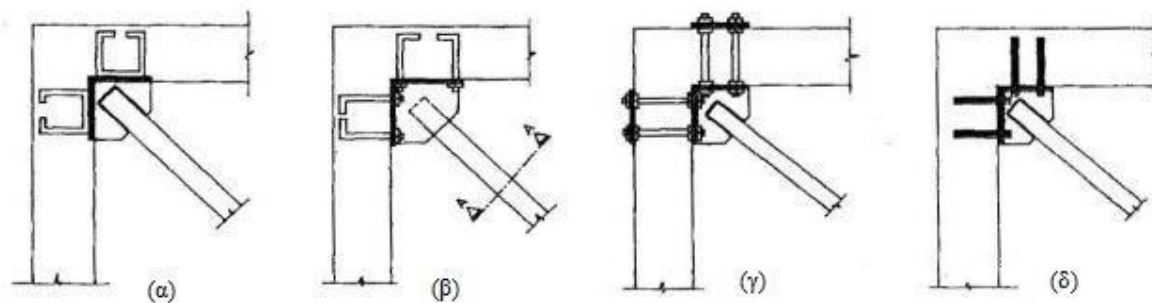
Εσωτερικοί σύνδεσμοι με άμεση σύνδεση: η σύνδεση πραγματοποιείται κατόπιν χρήσης κομβοελασμάτων στους κόμβους του πλαισίου. Στην αρχή έχουμε συγκόλληση ή κοχλίωση της

διαγώνιας ράβδου στο γωνιακό κομβόελασμα. Κατόπιν, έχουμε συγκόλληση ή κοχλίωση αυτής σε γωνιακά μεταλλικά ελάσματα, τα οποία βρίσκονται επικολλημένα ή αγκυρωμένα στον κόμβο δοκού υποστυλώματος του πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος. Σημαντικό γεγονός είναι ότι ενισχύεται ο κόμβος και έτσι είναι ικανός να δεχτεί τις σεισμικές δυνάμεις που προκαλούν μεταβολές.



Εικόνα 23: Γωνιακό επικολλητό κομβόελασμα

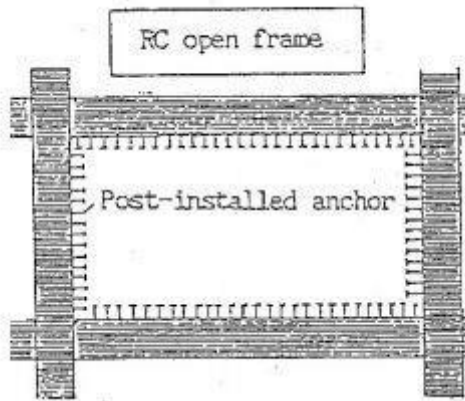
Στο σχήμα που παραθέτουμε στη συνέχεια, οι δύο πρώτοι τρόποι δείχνουν πλαίσια στα οποία δεν έχει γίνει σκυροδέτηση. Οι δύο επόμενοι δείχνουν σύνδεση σε πλαίσια που υπήρχαν.



Εικόνα 24: Μορφές σύνδεσης δικτυωτών συνδέσεων

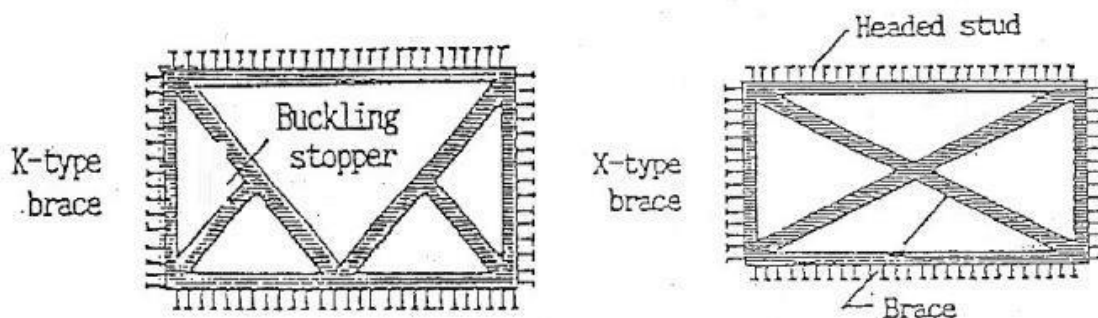
Εσωτερικοί σύνδεσμοι με έμμεση σύνδεση: σε αυτή τη μορφή σύνδεσης έχουμε την εισαγωγή χαλύβδινων προκατασκευασμένων πλαισίων στο φάτνωμα του πλαισίου το οποίο θέλουμε να ενισχύσουμε. Σε αυτά τα χαλύβδινα προκατασκευασμένα πλαίσια συνδέονται οι έκκεντροι ή κεντρικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας, όπως στην περίπτωση χρήσης κομβοελασμάτων. Παρατηρείται λοιπόν έμμεση μεταφορά των δυνάμεων από το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος πρώτα στο ενσωματωμένο μεταλλικό πλαίσιο και από εκεί στα δικτυωτά μέλη. Η έμμεση εσωτερική σύνδεση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τεχνικές. Η μία είναι η τεχνική διατμηματικής σύνδεσης των

μεταλλικών πλαισίων με τα στοιχεία του πλαισίου μέσω της χρήσης διατμητικών ηλών, οι οποίες αγκυρώνονται σε οπές που είναι τοποθετημένες σε διάφορες αποστάσεις στο σκυρόδεμα και περιέχουν εποξειδική ρητίνη. Τον ρόλο των σύμμικτων στοιχείων έχουν τα μεταλλικά πλαίσια και τα στοιχεία στην περίμετρο του υφιστάμενου φορέα, τα οποία βοηθούν στο να αναπτυχθούν αξονικές αλλά και διατμητικές και καμπτικές εντάσεις στο μεταλλικό πλαίσιο.



Εικόνα 25: Πλαίσιο με διατμητικούς συνδέσμους

Στην εφαρμογή της δεύτερης τεχνικής έχουμε τη χρήση προκατασκευασμένων πλαισίων με συγκολλημένους διατμητικούς συνδέσμους από την αρχή. Μία άλλη σειρά διατμητικών συνδέσμων αγκυρώνεται με εποξειδική ρητίνη περιμετρικά στα στοιχεία σκυροδέματος. Στο κενό ανάμεσα του εξωτερικού χαλύβδινου πλαισίου και του σκυροδέματος τοποθετείται με συρρικνωμένο κονίαμα υψηλής αντοχής. Με αυτή τη διαδικασία καταφέρνετε ένας ικανοποιητικός βαθμός διατμητικής σύνδεσης.



Εικόνα 26: Μεταλλικά προκατασκευασμένα κλειστά πλαίσια με συνδέσμους δυσκαμψίας

Στα μειονεκτήματα που έχει η μέθοδος της έμμεσης σύνδεσης σε σχέση με την άμεση σύνδεση, είναι σίγουρα το κόστος της έμμεσης σύνδεσης σε κατασκευαστικό επίπεδο, το οποίο είναι υψηλό. Επίσης

ένα ακόμη μειονέκτημα έχει να κάνει με το κατά πόσο επηρεάζει η διαφορετική δυναμική συμπεριφορά του μεταλλικού πλαισίου και το πλαίσιο σκυροδέματος.

2.4.4 Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Με τη χρήση συνδέσμων δυσκαμψίας τα πλεονεκτήματα είναι αρκετά και σημαντικά. α. Όταν ενισχύουμε μία κατασκευή με αυτή τη μέθοδο επιτυγχάνουμε ένα πολύ καλό επίπεδο συμπεριφοράς σε περίπτωση σεισμικών δυνάμεων. Αυτό συμβαίνει διότι έχουμε μεγάλη δυσκαμψία σε πιθανό σεισμό μικρής έντασης, αλλά την ίδια στιγμή έχουμε και μεγάλη πλαστιμότητα σε συνθήκες όπου υπάρχει έντονη εδαφική κίνηση. Έρευνες απέδειξαν πως ένα ενισχυμένο πλαίσιο έχει αποτελεσματικότερη σεισμική απόδοση σε σχέση με ένα μη ενισχυμένο. β. οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας βοηθούν τα επίπεδα αντοχής και δυσκαμψίας της κατασκευής. γ. με την προσθήκη των μεταλλικών συνδέσμων των οποίων το βάρος είναι μειωμένο, καταφέρνουμε προσθήκη μικρού κατακόρυφου φορτίου, δ. είναι εύκολη η επισκευή και η αντικατάσταση κάποιο μέλους κατόπιν αστοχίας, ε. θετικό το γεγονός της χρήσης μεταλλικών στοιχείων των οποίων οι ιδιότητες είναι ελεγχόμενες, στ. χαμηλότερο κόστος από άλλες μεθόδους ενίσχυσης, ζ. εύκολη και γρήγορη κατασκευή, η. δεν είναι αναγκαία η εκκένωση κτιρίων στα οποία θα γίνει ενίσχυση με μεταλλικούς συνδέσμους, θ. δεν υπάρχει παρέμβαση σε αρχιτεκτονικά στοιχεία της μορφής του κτιρίου, ι. είναι φτιαγμένα από ανακυκλώσιμο υλικό καθότι ο χάλυβας είναι 100% ανακυκλώσιμος, κ. αφήνει ελεύθερο το φυσικό αερισμό και το φυσικό φωτισμό των εσωτερικών χώρων του κτιρίου.

2.4.5. Μειονεκτήματα της μεθόδου

Συγκεκριμένα για τα ελληνικά δεδομένα, ένα βασικό πρόβλημα είναι η έλλειψη εξειδικευμένων συνεργείων, που πολλές φορές είναι η αιτία ύπαρξης αστοχιών κατά την εφαρμογή συνδέσμων δυσκαμψίας. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη σύνδεση του πλαισίου με τους συνδέσμους δυσκαμψίας για να μπορεί να είναι επιτυχής η μεταφορά των δυνάμεων ανάμεσα στα στοιχεία που προστίθενται επάνω σε αυτά που υπήρχαν ήδη. Με την προτίμηση σε στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, οδηγούμαστε σε άλλους τρόπους ενίσχυσης. Ένα σημαντικό προβληματικό σημείο βρίσκεται στη σύνδεση των κόμβων του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με τους μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας, εξαιτίας της ανεπάρκειας των πρώτων. Επίσης υπάρχει ένα ακόμη ζήτημα ανεπάρκειας και σχετίζεται με τη θεμελίωση. Μπορεί οι μεταλλικοί σύνδεσμοι να μην δημιουργούν πρόβλημα με το βάρος τους στην κατασκευή, αλλά κατόπιν της ενίσχυσης είναι αναγκαίο ο μηχανικός να εκτιμήσει την κατάσταση της θεμελίωσης.

2.4.6. Συμπεράσματα

Η ενίσχυση ενός υπάρχοντος κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με την προσθήκη μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας είναι ένας ικανοποιητικός τρόπος ως προς την ενδυνάμωση της κατασκευής σε επίπεδο ανοχής και δυσκαμψίας. Εξαρτάται από το είδος των συνδέσμων και η αύξηση της πλαστιμότητας. Με τη χρήση μεταλλικών συνδέσμων αυξάνουμε τη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής βελτιώνοντας την αντοχή του σε πλευρική φόρτιση.

Αυτός ο τρόπος ενίσχυσης δεν προϋποθέτει την παύση λειτουργίας του κτιρίου που βρίσκεται υπό ενίσχυση, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο αρκετά πρακτική σε αυτό το επίπεδο.

Είναι ευθύνη και αρμοδιότητα του μηχανικού να αποφασίσει κατόπιν εξέτασης, τους κατάλληλους τρόπους ενίσχυσης και να επιλέξει τον καταλληλότερο για την ενίσχυση ενός κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

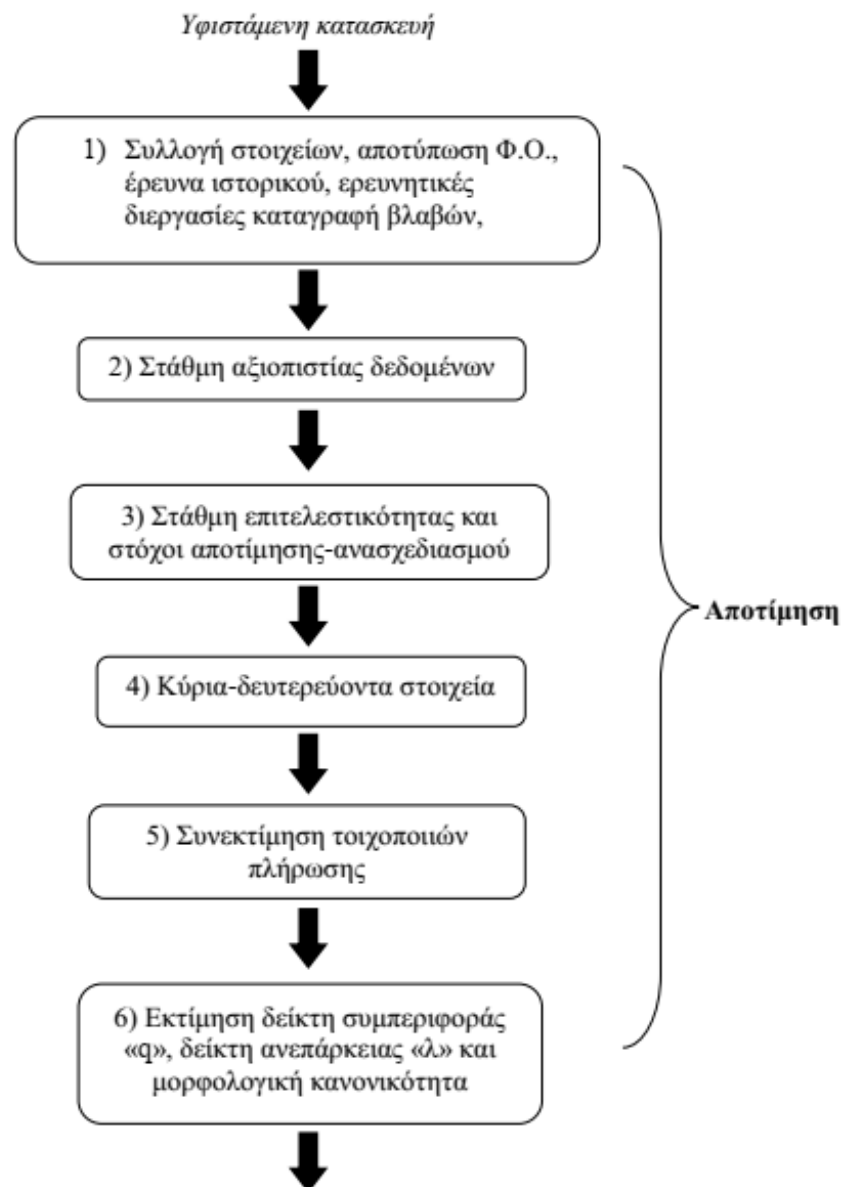
Καθοριστικής σημασίας παράγοντες για τη συμπεριφορά του ενισχυμένου κτιρίου προκύπτουν από τη διάταξη και τον αριθμό των δικτυωτών συνδέσμων που θα χρησιμοποιηθούν, από το εάν υπάρχουν ή όχι σύνδεσμοι καθ ύψος του κτιρίου, και αν υπάρχουν σύνδεσμοι και στους δύο διευθύνσεις.

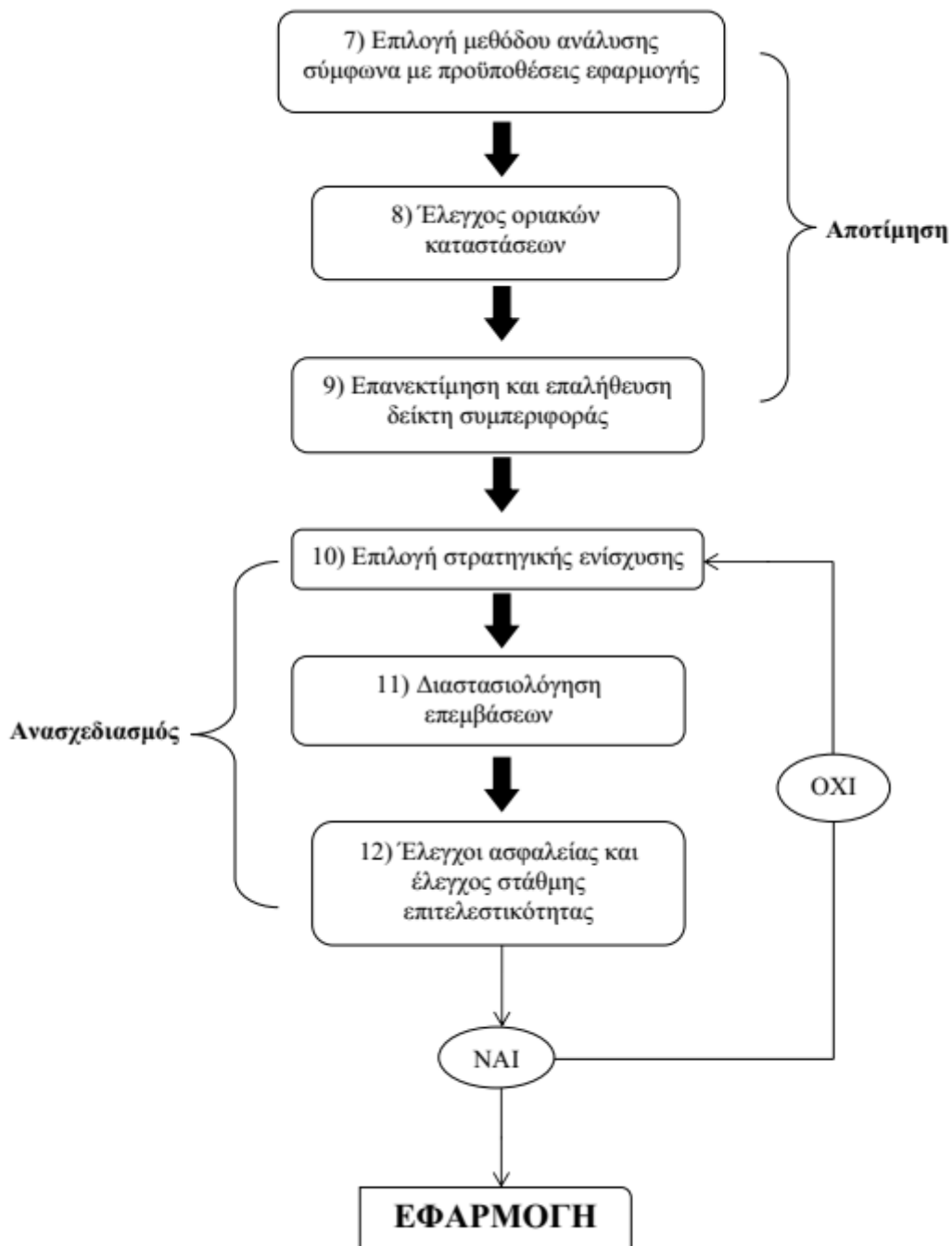
3 Ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις ΚΑΝ.ΕΠΕ.-Διάγραμμα ροής

3.1 Εισαγωγή

Στο σημείο αυτό της εργασίας θα συζητήσουμε τα βήματα που ακολουθούνται από τον μελετητή για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό μίας υπάρχουσας κατασκευής, καθώς και τον τρόπο που προσεγγίζονται αυτά σύμφωνα με τις κανονιστικές διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων που ισχύουν. Στη συνέχεια θα αποπειραθούμε να κάνουμε μία σύντομη σύγκριση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. με τον Ευρωκώδικα 8.

3.2. Διάγραμμα ροής μελέτης υφιστάμενης κατασκευής σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ.





3.2.1 Συλλογή στοιχείων, αποτύπωση Φ.Ο., έρευνα ιστορικού, ερευνητικές διεργασίες, καταγραφή βλαβών

Το πρώτο στάδιο των εργασιών αφορά την αποτίμηση των στοιχείων που έχουν συγκεντρωθεί. Τα στοιχεία αυτά είναι σημαντικό να διασταυρώνονται μεταξύ τους. Επίσης είναι αναγκαία η σύσταση των προγραμμάτων των επί τόπου εργασιών αλλά και των ερευνητικών. Η διαδικασία της εκτέλεσης θα πρέπει να παρακολουθείται από το μελετητή της αποτίμησης, εάν το υποδεικνύουν οι ανάγκες

της μελέτης. Τέλος είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνονται τα δεδομένα αυτά υπόψη κατά τη διαδικασία της αποτίμησης αλλά και κατά τη διαδικασία οργάνωσης των στρατηγικών παρέμβασης.

Στη διαδικασία αποτύπωσης του φέροντος οργανισμού (Φ.Ο) γίνεται χρήση των σχεδίων που συντέλεσαν την αρχική μελέτη, μόνο σε περίπτωση που εξακριβωθεί ότι είναι εφαρμοσμένα. Η αποτύπωση των τοίχων πλήρωσης κρίνεται αναγκαία.

Στο ιστορικό ενός δομήματος υπάρχουν πληροφορίες σχετικές με τις φάσεις της κατασκευής αλλά και πληροφορίες για μεταγενέστερες επεμβάσεις ή αλλαγές χρήσης και φορτίων. Επίσης καταγράφονται εκεί όλες οι βλάβες και οι φθορές που έχει υποστεί το κτίσμα και οι τρόποι που αντιμετωπίστηκαν. Τέλος καταγράφονται όλες οι έκτακτες δράσεις που έλαβαν χώρα όπως σεισμοί, φωτιά κλπ. Συνήθως ένα μακρύ ιστορικό παραπέμπει και σε υψηλότερο βαθμό σπουδαιότητας του αντικειμένου.

Ο ρόλος του μελετητή σε ένα έργο είναι πολλαπλός. Είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό και την επίβλεψη των ερευνητικών εργασιών, καθώς θα πρέπει να συντάξει την τεκμηρίωση και τις αιτιολογήσεις που θα αποτελέσουν βάση για την αποτίμηση της υπάρχουσας κατασκευής. Οι ερευνητικές εργασίες είναι σχετικές με την αποτύπωση αφανών στοιχείων. Μέσω διερευνητικών τομών ή με ενόργανες μεθόδους, γίνεται αναζήτηση στοιχείων σχετικών με τη θεμελίωση, τους οπλισμούς (διάταξη, λεπτομέρειες όπλισης), τοίχους πλήρωσης (και λεπτομέρειες δόμησής τους) και η παρουσία άλλων υλικών.

Επίσης ένα βασικό ζητούμενο είναι να βρεθούν τα χαρακτηριστικά των υλικών και να βρεθεί ο τρόπος δόμησης. Στην περίπτωση του σκυροδέματος τα χαρακτηριστικά που ζητούνται είναι η θλιπτική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας. Για το χάλυβα, ζητούμενα χαρακτηριστικά είναι το όριο διαρροής, η εφελκυστική αντοχή και η παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο. Το επόμενο ζητούμενο είναι η προσέγγιση του εδάφους θεμελίωσης. Είναι αναγκαίο να γίνει εκ νέου μία εδαφοτεχνική έρευνα, σε περίπτωση που υπάρχουν σημάδια τα οποία υποδεικνύουν κακή συμπεριφορά της θεμελίωσης. Τέλος θα πρέπει ο μελετητής να έχει πλήρη γνώση και να αξιολογήσει το φυσικού περιβάλλον, την ύπαρξη και την κατάσταση διπλανών κτιρίων ή πιθανών υπόγειων έργων, τη λειτουργία μηχανημάτων κλπ.

Στην περίπτωση που έχει παραχωρηθεί η εφαρμοσμένη μελέτη τότε θα πρέπει να γίνει δειγματοληπτικός έλεγχος ως επιβεβαίωση της εφαρμογής των σχεδίων. Στην περίπτωση των οπλισμών και για τις λεπτομέρειες όπλισης διεξάγονται το λιγότερο τρεις διερευνητικές τομές σε

κάθε κατηγορία εξεταζόμενου στοιχείου. Επίσης δίνεται προσοχή σε αγκυρώσεις/παραθέσεις των κρίσιμων περιοχών αλλά και στις λεπτομέρειες των συνδετήρων.

Στις περιπτώσεις των κτιρίων όπου είτε δεν υπάρχουν τα σχέδια είτε υπάρχουν αλλά διαπιστώνονται αποκλίσεις από αυτές που αναγράφονται στην εγκεκριμένη μελέτη είναι απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση ώστε ληφθούν αξιόπιστες πληροφορίες. Είναι ανέφικτος επίσης ο προσδιορισμός των οπλισμών σε όλες τις θέσεις. Επίσης επιλέγονται τα σημεία ελέγχου σε σχέση με τη σημασία του εκάστοτε στοιχείου στα πλαίσια της αντισεισμικής ικανότητας του κτιρίου. Είναι σημαντικό να υπάρχει γνώση των συνθηκών αλλά και των συνηθειών που υπήρχαν όταν κατασκευάστηκε το κτίριο, γεγονός που μπορεί να μειώσει τις διερευνητικές εργασίες αυξάνοντας την αξιοπιστία τους.

Ο εντοπισμός και η καταγραφή των βλαβών αποτελεί στοιχείο της αποτύπωσης του Φ.Ο. Με τον όρο «βλάβη» ονομάζουμε κάθε αλλοίωση ή απομείωση της γεωμετρίας ή των μηχανικών χαρακτηριστικών των στοιχείων του φέροντος οργανισμού ή των τοιχοπληρώσεων. Οι βλάβες οι οποίες μπορούν να εντοπισθούν κατά τη διάρκεια αυτοψιών είναι οι Εμφανείς βλάβες. Σε αυτή την περίπτωση το αποτέλεσμα ο απόφαση για ενίσχυση ή μη της κατασκευής εξαρτάται από το αποτέλεσμα της αποτίμησης σε αναλογία με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού. Εάν εντοπιστούν προϋπάρχουσες βλάβες, τότε σε πρώτο στάδιο γίνεται αποτίμηση του δομήματος όπως υφίσταται, συμπεριλαμβανομένων των βλαβών. Εξαρτάται από τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, εάν θα προκύψει από τα αποτελέσματα της αποτίμησης η απόφαση για επέμβαση ή όχι. Σε δεύτερο στάδιο, και εφόσον απαιτείται επέμβαση, γίνεται αποτίμηση της κατασκευής ως προς τη δομή του πριν την εμφάνιση των βλαβών. Σύμφωνα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, από τα αποτελέσματα της αποτίμησης θα προκύψει η απόφαση είτε για απλή επισκευή είτε για επισκευή και ενίσχυση.

3.2.2 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) εκφράζεται η επάρκεια πληροφοριών που αφορούν το υπάρχον κτίριο και είναι σχετικές με δράσεις και αντιστάσεις όπως όταν υπάρχει αβεβαιότητα στο πάχος πλάκας τότε έχει σχέση με τις αντιστάσεις. Η αβεβαιότητα σχετικά με το πάχος των επιστρώσεων είναι σχετική με τις δράσεις. Η Σ.Α.Δ. λειτουργεί συμβουλευτικά κατά τη διαδικασία της αποτίμησης και του ανασχεδιασμού, αλλά δεν είναι απαραίτητα ενιαία για όλη την κατασκευή. Κατά τη διαλογή των μεθόδων ανάλυσης προτείνεται η χρήση της δυσμενέστερης από τις άλλες Σ.Α.Δ.

Σύμφωνα με τη Σ.Α.Δ. γίνεται η επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ασφαλείας γ_f για κάποιες δράσεις με αβέβαιες τιμές, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους γ_{s,d}.. Επίσης γίνεται η επιλογή των κατάλληλων συντελεστών ασφαλείας γ_m για τα δεδομένα των υφισταμένων υλικών, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους γ_{r,d}. Τέλος γίνεται επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου για ανάλυση και επανέλεγχο.

Σε υφιστάμενα κτίρια, είναι πιθανό οι αριθμητικές τιμές των δεδομένων που μπαίνουν στην αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό, να έχουν σφάλματα πιο σημαντικά από ότι στις περιπτώσεις νεότερων κτιρίων.

Στη συνέχεια θα παραθέσουμε του τρόπους που επιλέγουμε τη Σ.Α.Δ.

α. Στην περίπτωση που υπάρχουν τα σχέδια της αρχικής μελέτης:

Πίνακας 4: Επιλογή Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων

Προέλευση δεδομένου	Είδος και γεωμετρία φορέα θεμελίωσης ή ανωδομής	Πάχη, βάρη κλπ. Τοιχοπληρώσεων, επιστρώσεων, επενδύσεων	Διάταξη και λεπτομέρειες όπλισης
1) Προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί χωρίς τροποποιήσεις	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ
2) Προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	ΥΨΗΛΗ	ΥΨΗΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ
3) Προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα της αρχικής μελέτης)	ΑΝΕΚΤΗ	ΑΝΕΚΤΗ	ΑΝΕΚΤΗ

Πίνακας 5: Επιλογή Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων αν δεν υπάρχουν σχέδια αρχικής μελέτης

Προέλευση δεδομένου	Είδος και γεωμετρία φορέα θεμελίωσης ή ανωδομής	Πάχη, βάρη κλπ. Τοιχοπληρώσεων, επιστρώσεων, επενδύσεων	Διάταξη και λεπτομέρειες όπλισης
4) Έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ
5) Έχει προσδιοριστεί με έμμεσο αλλά επαρκώς αξιόπιστο τρόπο	ΑΝΕΚΤΗ	ΑΝΕΚΤΗ	ΑΝΕΚΤΗ
6) Έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση του Μηχανικού	ΑΝΕΚΤΗ/ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΑΝΕΚΤΗ/ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΑΝΕΚΤΗ/ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ

Στο σημείο αυτό να αναφέρουμε και την ύπαρξη της «ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ» Σ.Α.Δ., που αφορά μόνο τα δευτερεύοντα στοιχεία.

3.2.3. Στάθμη επιτελεστικότητας και στόχοι αποτίμησης-ανασχεδιασμού

Στα πλαίσια κοινωνικοοικονομικών αναγκών, καθιερώνονται με νόμο οι «στάθμες επιτελεστικότητας» (επιθυμητές συμπεριφορές), με βάση αντίστοιχους σεισμό σχεδιασμού. Υπάρχουν τρεις καταστάσεις. Μία είναι η κατάσταση Άμεσης χρήσης μετά το σεισμό, όπου είναι αναμενόμενο να μη διακόπτεται καμία λειτουργία του δομήματος κατά τη διάρκεια και μετά το σεισμό σχεδιασμού. Πιθανότατα να υπάρχει παρουσία κάποιων αραιών τριχοειδών ρωγμών καμπτικού ύφους στο φέροντα οργανισμό. Μία επόμενη κατάσταση είναι η Προστασία ζωής, όπου στο σεισμό σχεδιασμού μπορεί να εμφανιστούν επισκευάσιμες βλάβες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, που δε θα έχει συμβεί όμως θάνατος ή τραυματισμός ατόμων από τις βλάβες και χωρίς να έχουν προκληθεί σοβαρές ζημιές στην οικοσκευή ή τα υλικά που ήταν αποθηκευμένα στο κτίριο. Η Τρίτη κατάσταση είναι η Οιονεί κατάρρευση, όπου κατά το σεισμό σχεδιασμού παρουσιάζονται μεγάλου εύρους βλάβες στον φέροντα οργανισμό, οποίος όμως είναι πιθανό να φέρει τα κατακόρυφα φορτία που προβλέπονταν, αλλά και χωρίς να παρέχει κάποιο άλλο περιθώριο ασφάλειας συγκριτικά με την ολική ή τη μερική κατάρρευση.

Στην περίπτωση που συνδυαστεί η στάθμη επιτελεστικότητας με μία σεισμική δράση, δεχόμενοι την πιθανότητα ύπαρξης «ανεκτής» υπέρβασης κατά τη διάρκεια της ζωής της κατασκευής, ακολουθεί η επιλογή των στόχων αποτίμησης ή ανασχεδιασμού.

Πίνακας 6: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεσματικότητας φέροντος οργανισμού		
	Άμεση χρήση μετά το σεισμό	Προστασία ζωής	Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Την ευθύνη της επιλογής του στόχου της αποτίμησης ή ανασχεδιασμού αναλαμβάνει ο κύριος του έργου, με όρο να είναι ίσος ή ψηλότερος από τον ελάχιστο ανεκτό στόχο που έχει οριστεί από τη Δημόσια Αρχή. Αυτός επιλέγεται σε σχέση με την κατηγορία σπουδαιότητας που ανήκει το κτίριο:

Πίνακας 7: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού ανά κατηγορία σπουδαιότητας

Κατηγορία σπουδαιότητας	Στόχοι
I	A1,A2,B1,B2,Γ1,Γ2
II	A1,A2,B1,B2,Γ1
III	A1,A2,B1
IV	A1,A2,B1

Τα κριτήρια που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία του ορισμού των στόχων είναι η κοινωνική σπουδαιότητα του κτιρίου και τα διαθέσιμα οικονομικά μέσα του οικονομικού συνόλου τη συγκεκριμένη περίοδο.

Οι στόχοι αφορούν μόνο το φέροντα οργανισμό, εννοώντας ο σύστημα ανάληψης κατακόρυφων φορτίων και όχι για το μη-φέροντα οργανισμό που απέχει από την ανάληψη κατακόρυφων φορτίων. Οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού είναι δυνατόν να διαφέρουν και πιθανότατα οι στόχοι ανασχεδιασμού να ξεπερνούν τους στόχους αποτίμησης.

3.2.4 Κύρια-Δευτερεύοντα στοιχεία

Κατά τη διαδικασία της αποτίμησης ή κατά τη διαδικασία του ανασχεδιασμού, ως κύρια χαρακτηρίζονται τα στοιχεία ή οι επιμέρους φορείς που βοηθούν στην αντοχή και στην ευστάθεια του κτιρίου όταν αυτό δέχεται σεισμικά φορτία. Τα υπόλοιπα στοιχεία ή φορείς χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα. Για τα δευτερεύοντα στοιχεία ισχύουν διαφορετικά κριτήρια επιτελεσματικότητας και επίσης μπορούν να διαφοροποιηθούν οι έλεγχοι ανάλογα την κατηγορία. Με αυτό τον τρόπο στα δευτερεύοντα στοιχεία επιτρέπονται μεγαλύτερες μετακινήσεις και βλάβες.

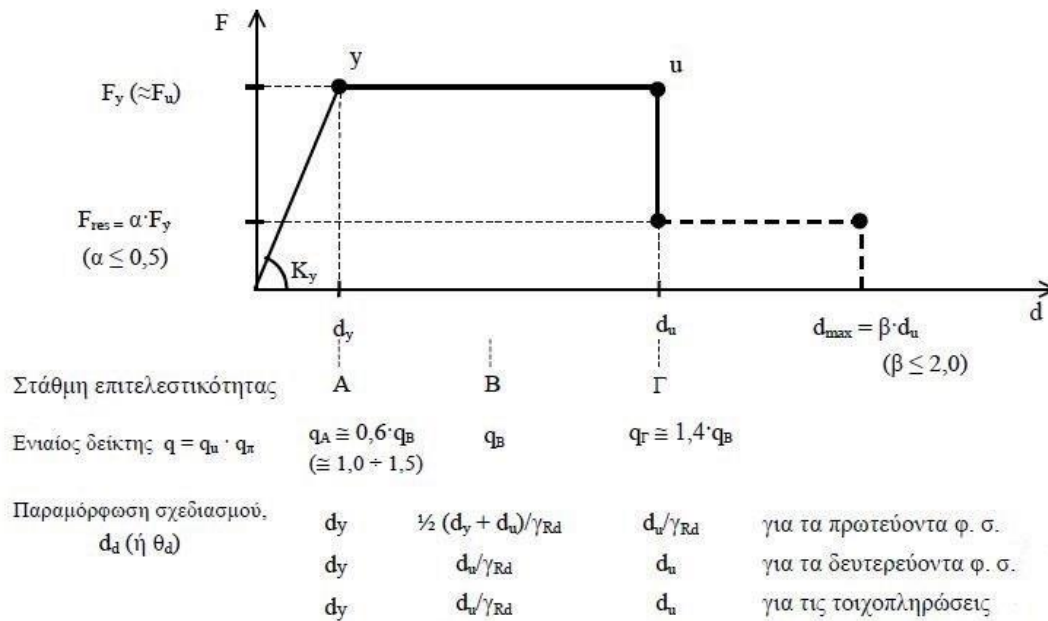
Εάν προβλέπεται ως στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού η άμεση χρήση μετά το σεισμό, απαγορεύεται η διάκριση σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα. Ακόμη αυτή η διάκριση δε ισχύει για τις τοιχοπληρώσεις.

Το σημείο όπου εντοπίζεται η διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες έχει να κάνει με τη σημαντικότητα ενός στοιχείου στη διαδικασία της αντίστασης σε κατάσταση κατάρρευσης. Βάση αυτή της λογικής τα δευτερεύοντα φορτία συμμετέχουν και στην ανάληψη κατακόρυφων φορτίων, αλλά δεν έχουν ικανό βαθμό συνεισφοράς σε κατάσταση σεισμού διότι έχουν χαμηλή δυσκαμψία, αντοχή ή πλαστιμότητα.

Ο παραπάνω διαχωρισμός είναι ιδιαίτερα κατατοπιστικός σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται η ύπαρξη μεμονωμένων στοιχείων που δεν πληρούν τα κριτήρια επιτελεσματικότητας. Το γεγονός αυτό βέβαια δε δηλώνει και αδυναμία του φορέα στο σύνολό του. Αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχει πιθανότητα χαρακτηρισμού στοιχείων ως δευτερεύοντα και ο έλεγχος επάρκειας από το φορέα να γίνει χωρίς αυτά.

Επίσης ο παραπάνω διαχωρισμός βοηθάει όταν στο ανασχεδιασμό ενός κτιρίου γίνεται χρήση νέων φορέων (τοιχώματα, δικτυώματα, πλαίσια). Σε αυτή την περίπτωση ο υφιστάμενος φορέας είναι δυνατόν να θεωρηθεί δευτερεύοντας.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα δευτερεύοντα στοιχεία συμβάλλουν μόνο μέχρι το 25% της δυσκαμψίας ενός ορόφου.



Εικόνα 27: Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (για τα επιμέρους στοιχεία ή για το δόμημα ως σύνολο)

Σύμφωνα με το διάγραμμα καταλαβαίνουμε ότι η οριακή παραμόρφωση σχεδιασμού (d_d) ακόμη και για τη στάθμη Γ, για τα πρωτεύοντα στοιχεία, είναι μικρότερη αυτής που αντιστοιχεί στην οιονείαστοχία (d_u). Ο βαθμός αξιοπιστίας δηλώνεται μέσω του γ_{Rd} και είναι αρκετά ικανοποιητικός.

Σχετικά με τα δευτερεύοντα στοιχεία, ο βαθμός βλάβης σε κατάσταση σεισμού δεχόμεστε να είναι μεγαλύτερος, ανάλογα και του αν πρόκειται για οριζόντια ή κατακόρυφα φέροντα στοιχεία, για τιμές που στη στάθμη Β διαμορφώνονται επίσης μέσω του γ_{Rd} .

Επιπλέον σχετικώς οριζόντια δευτερεύοντα στοιχεία μπορούν να μη συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα και στον έλεγχο στη στάθμη Β και ιδιαίτερα στη Γ, όταν γίνεται ανελαστικής ανάλυσης. Στη στάθμη επιτελεστικότητας Α, απαγορεύεται όπως ήδη αναφέραμε η διάκριση των φερόντων στοιχείων σε κύρια και δευτερεύοντα.

3.2.5 Συνεκτίμηση τοιχοποιιών πλήρωσης

Στην περίπτωση της συνεκτίμησης τοιχοποιιών πλήρωσης α. απαγορεύεται να συνυπολογίζονται στην ανάληψη μη σεισμικών φορτίων, β. συστήνεται να συνυπολογίζονται στην ανάληψη σεισμικών δράσεων, γ. υποχρεωτικός συνυπολογισμός τους στην ανάληψη σεισμικών δράσεων όταν αυτό σημαίνει επιβλαβή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό γενικά ή τοπικά. Εξαιρέση αποτελεί μόνο ένα κτίριο όταν έχει επαρκή τοιχώματα κατά ΕΚ8 ($\geq 50\%$ τέμνουσας βάσης), δ. όταν ο

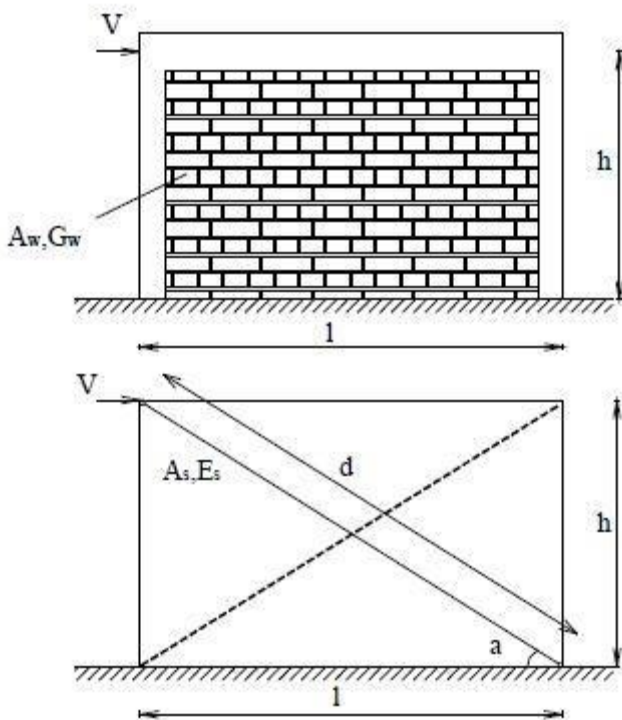
κανονισμός που υπάρχει δεν αναφέρεται σε τοιχοποιίες οι οποίες κατασκευάστηκαν ταυτόχρονα με το σκελετό.

Από τις παραπάνω υποχρεώσεις, εξαιρέσεις αποτελούν κτίρια των οποίων οι μελέτες και η κατασκευή έγιναν σύμφωνα με διατάξεις ΕΑΚ και ΕΚΟΣ 2000 και πιο πρόσφατων. Επίσης εξαίρεση αποτελούν κτίρια όπου η πρόσθετη πλευρική δυσκαμψία είναι μικρότερη του 25% της συνολικής πλευρικής δυσκαμψίας ενός τουλάχιστον ορόφου, εξαιτίας των τοιχοπληρώσεων.

Κριτήρια δυσμενούς επιρροής: Από τις τοιχοποιίες δεν προκαλείται αύξηση της τέμνουσας ενός το λιγότερο πρωτεύοντος κατακόρυφου στοιχείου. Επίσης δε γίνεται μετακίνηση ενός ορόφου σε ποσοστό που ξεπερνάει το 15%, σε οποιαδήποτε στάθμη του κτιρίου. Η ελαστική στατική ανάλυση είναι η κατάλληλη για εφαρμογή σε αυτόν τον έλεγχο και χωρίς προϋποθέσεις.

Οι υπάρχουσες τοιχοπληρώσεις, είναι συνήθεις και άοπλες, κυρίως με ψαθυρή συμπεριφορά που δε φέρει αξιοπιστία. Ο έλεγχος τους γίνεται σε όρους δυνάμεων και παραμορφώσεων. Μπορούν να ληφθούν υπόψη αποκλειστικά στις στάθμες επιτελεστικότητας Α ή Β. σχετικά με τη στάθμη Γ δεν υπάρχουν στο διάγραμμα και δεν υφίστανται έλεγχο. Για τη στάθμη επιλεκτικότητας Γ μπορούν να ληφθούν υπόψη μόνο οι προστιθέμενες οπλισμένες τοιχοπληρώσεις ή οι υπάρχουσες που έχουν ενισχυθεί. Ο έλεγχος σε όρους δυνάμεων και παραμορφώσεων γίνεται ανά περιπτώσεις.

Με δύο τρόπους μπορεί να γίνει η προσομοίωση τοιχοπληρώσεων. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω ισοδύναμης αμφιαρθρωτής θλιβόμενης διαγωνίου (κατά την εκάστοτε φορά του σεισμού εντός του πλαισίου) με συγκεκριμένο πλάτος b . Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω διατμητικού φατνώματος, ορθοτροπικού, με τέσσερις κόμβους-αρθρώσεις ως προς τους αντίστοιχους κόμβους του τοιχοπληρωμένου πλαισίου.



Εικόνα 28: Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων

Για να γίνει η αντιστοίχιση της δυστένειας (EA) διαγωνίου με τη δυσμνησία (GA) φατνώματος χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$E_s A_s = \frac{G_w A_w}{\cos^2 a \sin a}$$

Να επισημάνουμε ότι στη δυναμική ανάλυση είναι δυνατόν να δοθεί δυστένεια $E_s A_s / 2$ σε δύο διαγώνιους, όπου η μια είναι θλιβόμενη και η άλλη εφελκυσμένη. Το πλάτος της θλιβόμενης είναι ~15% του μήκους της διαγωνίου, η θλιπτική αντοχή είναι ίση με το 125% της κατακόρυφης θλιπτικής αντοχής τοιχοποιίας κατά ΕΚ6 και έχει μέτρο ελαστικότητας 600 φορές τη θλιπτική αντοχή για στάθμη «Προστασίας ζωής» και 900 φορές για «Άμεση χρήση».

Σχετικά με την επιρροή των ανοιγμάτων και την τοιχοπλήρωση, η τοιχοπλήρωση παραβλέπεται στην περίπτωση που υπάρχουν ανοίγματα στα άκρα των φατνώματος. Επίσης στην περίπτωση ύπαρξης ανοίγματος στο κέντρο με εμβαδόν <20% του αντίστοιχου φατνώματος, παραβλέπεται η επιρροή του. Αν το άνοιγμα είναι >50% του αντίστοιχου φατνώματος τότε η τοιχοπλήρωση παραβλέπεται. Για ενδιάμεσες διαστάσεις λαμβάνονται δύο θλιπτήρες, από τη γωνία ως το μέσο της απέναντι δοκού. Εάν υπάρχουν δύο μικρά γειτονικά ανοίγματα, λαμβάνονται ως ένα που τα περιβάλλει. Τέλος, παραβλέπεται η τοιχοπλήρωση που δεν έχει επαφή με υποστύλωμα στα δύο άκρα του φατνώματος.

Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. δεν γίνεται αναφορά σε φέρουσες τοιχοποιίες που η κατασκευή τους έγινε την ίδια στιγμή με το σκελετό. Αυτό που συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η σύνδεση των τοιχοποιιών με το σκελετό πρακτικώς μονολιθικά. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η συμμετοχή τους και στη διαδικασία ανάληψης μη σεισμικών ενεργειών.

Η ενσωμάτωση των τοιχοπληρώσεων στο υπολογιστικό μοντέλο μας παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά αφορά την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνονται οι λόγοι επάρκειας και προκύπτει μείωση ή μηδενική ανάγκη για ενισχύσεις σε κατασκευές οι οποίες ακόμη και με την απουσία τοιχοπληρώσεων χρειαζόντουσαν να ενισχυθεί ο φέροντας οργανισμός τους.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα από την ενσωμάτωση των τοιχοπληρώσεων είναι το άνοιγμα που προκύπτει σε επίπεδο επιλογών ενίσχυσης. Όταν ένα κτίριο δεν πληρεί τα κριτήρια επιτελεστικότητας, το να ενισχυθούν οι τοιχοπληρώσεις αντί να ενισχυθεί ο φέροντας οργανισμός, προσφέρει ένα πιο απλό και οικονομικό τρόπο ώστε να επιτευχθεί η γενικότερη αύξηση της αντοχής του κτιρίου.

Επίσης, στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγεται και η δυνατότητα εντοπισμού και αναγνώρισης με ρεαλιστικό τρόπο των μηχανισμών αστοχίας αλλά η δυνατότητα μίας πιο ρεαλιστικής και κοντά στην πραγματική εικόνα προσομοίωσης του κτιρίου. Αυτό συμβαίνει διότι είναι δυνατός ο έλεγχος του τρόπου που ρέουν οι δυνάμεις στο φορέα, αφού γίνεται προσομοίωση του συνόλου των στοιχείων που τον επηρεάζουν.

3.2.6.1 Δείκτης συμπεριφοράς q

Ο ενιαίος (καθολικός) δείκτης της συμπεριφοράς ενός δομήματος, προκύπτει από το γινόμενο του παράγοντος υπεραντοχής q_u και του παράγοντος πλαστιμότητας q_p .

Η τιμή αναφοράς q' (για στάθμη επιτελεστικότητας B) ενός κτιρίου, στη φάση αποτίμησής του, επιλέγεται σύμφωνα α. με την επάρκεια των Κανονισμών κατά την περίοδο μελέτης και κατασκευής του κτιρίου, β. με το εάν υπάρχουν σοβαρές βλάβες και φθορές, οι οποίες εμφανίζονται στα πρωτεύοντα δομικά στοιχεία, γ. με την κανονικότητα κατανομής των εντός ορόφου αλλά και κατ'όροφον υπεραντοχών (καθ' ύψος του δομήματος) και το βαθμό αποκλεισμού δημιουργίας «μαλακού» ορόφου, δ. από τα δομικά στοιχεία όπου πιθανόν είναι να κάνουν την εμφάνισή τους πλαστικές αρθρώσεις. Αυτό έχει να κάνει με την υπεραστικότητα και την κανονικότητα του δομήματος, ε. με την ιεράρχηση της εμφάνισης αστοχιών και το βαθμό αποκλεισμού τους στα πρωτεύοντα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και στους κόμβους, στ. από τους τρόπους αστοχίας

(πλάστιμοι ή ψαθυροί), ζ. από τη διαθέσιμη τοπική πλαστιμότητα που εμφανίζεται στις κρίσιμες περιοχές κάθε δομικού στοιχείου ξεχωριστά, η. από τη διαθεσιμότητα των επικουρικών και βοηθητικών μηχανισμών αντισεισμικής συμπεριφοράς.

Στην περίπτωση που δε δίνονται περισσότερα στοιχεία και ανάλογα πάντα με τη συνολική εικόνα των βλαβών και των τοιχοπληρώσεων στο κτίριο, μπορούν να ληφθούν ως μέγιστες οι τιμές που καταγράφονται στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 8: Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς για τη στάθμη επιτελεστικότητας B (Προστασία ζωής)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων		Δυσμενής (γενικώς) παρουσία τοιχοπληρώσεων	
	Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία	
	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
1995<...	3,0	2,3	2,3	1,7
1985<...<1995	2,3	1,7	1,7	1,3
...<1985	1,7	1,3	1,3	1,1

Οι τιμές του Πίνακα πολλαπλασιάζονται επί 2/3 αλλά πάντα είναι μεγαλύτερες του 1,0, στην περίπτωση των δομημάτων που είναι στρεπτικώς ευαίσθητα, όπως επίσης και για κτίρια τα οποία τουλάχιστον το 50% της συνολικής μάζας τοποθετείται στο ανώτερο 1/3 του ύψους (ανεστραμμένα εκκρεμή).

Στον επόμενο πίνακα που ακολουθεί, παρατίθενται οι διαφοροποιημένες τιμές q^* σε συνάρτηση με την τιμή αναφοράς q' που ισχύει για στάθμη επιτελεστικότητας B και αντιστοιχεί στις προβλέψεις και διατάξεις του ΕΚ8-1. Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από τη στάθμη επιτελεστικότητας για περιπτώσεις είτε αποτίμησης είτε ανασχεδιασμού του φέροντος οργανισμού της κατασκευής.

Πίνακας 9: Λόγος q^*/q'

Στάθμη επιτελεστικότητας		
Άμεση χρήση μετά το σεισμό (Α)	Προστασία ζωής (Β)	Αποφυγή κατάρρευσης (Γ)
0,6 πάντως δε ($1,0 < q^* < 1,5$)	1,0	1,4

Ενδέχεται διαφοροποίηση των τιμών για τις στάθμες Α ή Γ, ανάλογα με τη συνολική συμπεριφορά του κτιρίου. Βάση αυτής της παραμέτρου, οι τιμές 0,6 (Α) ή 1,4 (Γ) δύναται να κυμανθούν από 0,4 έως 0,8 ή από 1,2 έως 1,6 για πιο πλαστικά ή πιο ψαθυρά συστήματα.

Πώς θα πρέπει να λαμβάνεται σε περίπτωση ανασχεδιασμού ο συντελεστής q' :

α. στην περίπτωση νέου σκελετού είτε για αναβάθμισή είτε για τροποποίηση των υπαρχόντων στοιχείων, και στην περίπτωση νέων φορέων, ικανών και επαρκών, ο $q'(B)$ λαμβάνεται όπως ο q κατά τις διατάξεις του ΕΚ8-1

β. όταν υπάρχει η κατάσταση εκτεταμένων αλλά όχι δραστικών παρεμβάσεων θεωρούνται κατάλληλες τιμές μεγαλύτερες $q'(B)$ σε σχέση με αυτές της αποτίμησης.

Σε όλες τις περιπτώσεις βέβαια είναι αναγκαίο να λαμβάνεται υπόψη η κατάλληλη τιμή του κρίσιμου ποσοστού (ιξώδους) απόσβεσης «ξ», για το υλικό των πρωτεύοντων στοιχείων, μέσω του διορθωτικού συντελεστή απόσβεσης «η» (ή κατά ΕΚ8-1).

Στα πλαίσια του κανονισμού που είναι σε ισχύ και με επιδίωξη να εκτιμηθούν και οι επιμέρους δείκτες που συντελούν στη διαμόρφωση του q , ο όροφος με τη μεγαλύτερη κρισιμότητα σε σχέση με την καταπόνηση που δέχονται τα πρωτεύοντα στοιχεία του τις περισσότερες φορές είναι το ισόγειο.

3.2.6.2 Δείκτης ανεπάρκειας «λ»

Μία προκαταρκτική ελαστική ανάλυση του κτιρίου κρίνεται αναγκαία ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός του μεγέθους και η ο τρόπος κατανομής των απαιτήσεων ανελαστικής συμπεριφοράς στα πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία του φορέα ανάληψης των σεισμικών δράσεων. Επιτυγχάνεται για κάθε στοιχείο του να υπολογιστούν οι λόγοι («δείκτες ανεπάρκειας») $\lambda = S_E/R_m$ όπου S_E είναι το εντατικό μέγεθος (ροπή) λόγω των δράσεων του σεισμικού συνδυασμού, όπου η σεισμική δράση λαμβάνεται χωρίς μείωση ($q=1$), ενώ R_m είναι η αντίστοιχη διαθέσιμη αντίσταση του στοιχείου, όπου έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τις μέσες τιμές αντοχής των υλικών.

Για κάθε πρωτεύον φέρον στοιχείο θα πρέπει να γίνεται και ο αντίστοιχος υπολογισμός των όρων. Ως κρίσιμος λόγος λ για τον όροφο θα είναι ο μεγαλύτερος λόγος λ για ένα επιμέρους στοιχείο σε έναν όροφο (το πλέον υπερκαταπονούμενο).

Μία πρώτη άποψη για την αντίσταση της κατασκευής σε κατάσταση σεισμού μας δίνουν οι δείκτες ανεπάρκειας. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον ορισμό της κανονικότητας. Οι δοκοί δεν είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό του κρίσιμου λόγου ορόφου, μόνο εάν είναι δοκοί πλαισίων σε αποκλειστικά πλαισιακά συστήματα.

3.2.6.3 Μορφολογική κανονικότητα

Μία κατασκευή λαμβάνεται ως μορφολογική κανονική όταν συμμορφώνεται με τις συνθήκες που αναγράφονται στον ΕΚ8-1. Στην περίπτωση των υφιστάμενων κτιρίων είναι δυνατόν να ικανοποιούνται εναλλακτικά συνθήκες όπου κανέναν επιμέρους φορέα ανάληψης σεισμικών δράσεων δε διακόπτεται καθ' ύψος ούτε συνεχίζει σε διαφορετικό φάτνωμα. Κανέναν επιμέρους φορέα ανάληψης σεισμικών δράσεων δε συνεχίζει στο γειτονικό όροφο σε έκτος επίπεδου εσοχή. Δεν περιλαμβάνεται στο κτίριο όροφος του οποίου ο μέσος δείκτης ανεπάρκειας λ_k δεν υπερβαίνει το 150% του μέσου δείκτη ανεπάρκειας ενός γειτονικού (υποκειμένου ή υπερκειμένου) ορόφου, όπου:

$$\lambda_k = \frac{\sum_1^n \lambda_i V_{si}}{\sum_1^n V_{si}}$$

Στη σχέση αυτή, λ_i είναι ο δείκτης ανεπάρκειας για το κύριο στοιχείο i του ορόφου, V_{si} είναι η αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα (από ελαστική ανάλυση για $q=1$), και n ο αριθμός των κύριων στοιχείων του ορόφου 'k'. Τέλος το κτίριο δεν περιλαμβάνει όροφο του οποίου, για μια δεδομένη

διεύθυνση της σεισμικής δράσης, το πηλίκο του λόγου λ στοιχείου που βρίσκεται στη μια πλευρά του ορόφου, προς τον αντίστοιχο λόγο στοιχείου που βρίσκεται σε οποιαδήποτε άλλη πλευρά (του ορόφου) υπερβαίνει το 1,5. Ο κανόνας αυτός αφορά ορόφους των οποίων το υπερκείμενο διάφραγμα δεν είναι ευπαράμορφο εντός του επιπέδου του. Ένας τέτοιος όροφος ονομάζεται στρεπτικώς ασθενής όροφος.



Εικόνα 29: Παραδείγματα μη-κανονικότητας καθ' ύψος. Διακοπή φορέα καθ' ύψος (αριστερά), έκτος επιπέδου εσοχή (δεξιά).

3.2.7 Επιλογή μεθόδου ανάλυσης σύμφωνα με προϋποθέσεις εφαρμογής

Σχετικά με τις ελαστικές μεθόδους δεν υπάρχουν προϋποθέσεις εφαρμογής που να έχουν σχέση με τη στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων.

Ελαστική στατική ανάλυση (μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης κατά ΕΚ8-1): Για στάθμη επιτελεστικότητας Α, είναι δυνατή η εφαρμογή χωρίς παραπάνω προϋποθέσεις. Για στάθμες Β ή Γ η εφαρμογή της επιτρέπεται όταν ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες: α. Για όλα τα στοιχεία προκύπτει $\lambda \leq 2,5$ ή για ένα ή περισσότερα από αυτά προκύπτει $\lambda > 2,5$, β. Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου T_0 είναι μικρότερη του $4 \cdot T_C$ ή 2 sec., γ. Ο λόγος της οριζόντιας διάστασης σε έναν όροφο προς την αντίστοιχη διάσταση σε έναν γειτονικό όροφο δεν υπερβαίνει το 1,5 (εξαιρούνται τελευταίος όροφος και προσαρτήματα), δ. δεν παρατηρείται ιδιαίτερη ασυμμετρία στην κατανομή της δυσκαμψίας σε κάτοψη, ανεξαρτήτως ορόφου, ε. το κτίριο σε καθ' ύψος τομή δεν παρουσιάζει ασύμμετρη κατανομή της μάζας ή της δυσκαμψίας, ζ. το κτίριο διαθέτει σύστημα ανάληψης σεισμικών δράσεων σε δύο περίπου καθετές μεταξύ τους διευθύνσεις.

Σε περίπτωση που δεν εντοπίζονται σοβαρές βλάβες είναι θεμιτή η χρήση της μεθόδου για σκοπούς αποτίμησης. Όταν συμβαίνει αυτό οι συντελεστές ασφαλείας προσομοιώματος γ_{sd} αυξάνονται κατά 0,15. Πλεονεκτήματα που φέρει αυτή η μέθοδος είναι η απλότητα που την χαρακτηρίζει και η εποπτικότητα.

Η Ελαστική δυναμική ανάλυση (ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης κατά ΕΚ8-1) τίθεται σε εφαρμογή για κτίρια της Ελλάδος, όταν βρίσκεται σε ισχύ η προϋπόθεση που σημειώνουμε παρακάτω. Δεν είναι αναγκαία για στάθμη επιτελεστικότητας A:

Για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει $\lambda \leq 2,5$.

Ανεξάρτητα από αυτή, και εφόσον δεν παρατηρούνται σοβαρές βλάβες, είναι θεμιτή η χρήση της μεθόδου για σκοπούς αποτίμησης. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει αύξηση στους συντελεστές προσομοιώματος γ_{sd} κατά 0,15.

Μία ακόμη μέθοδος είναι η Ανελαστική στατική ανάλυση (μέθοδος έλεγχου των μετακινήσεων-ανάλυση Pushover). Προτείνεται με την εφαρμογή της ανελαστικής στατικής μεθόδου η διασφάλιση τουλάχιστον μίας «ικανοποιητικής Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων». Για να επιλεγθεί η εφαρμογή αυτής της μεθόδου θα πρέπει τα εν λόγω κτίρια να μην έχουν σημαντική επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών. Στην περίπτωση που είναι σημαντική η επιρροή, μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή αλλά μόνο με τη συνοδεία μιας συμπληρωματικής δυναμικής ανάλυσης, με την παράλληλη αύξηση 25% των τιμών παραμέτρων έλεγχου και στις δύο μεθόδους.

Προχωράμε στην μέθοδο της ανελαστικής δυναμικής ανάλυσης (ανάλυση χρονιστορίας). Στην περίπτωση που εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή, προτείνεται να έχει διασφαλιστεί «Ικανοποιητική» Σ.Α.Δ. Ως περαιτέρω προϋπόθεση εφαρμογής της είναι η ύπαρξη ενός εξειδικευμένου πολιτικού μηχανικού με πλούσια εμπειρία. Προτείνεται να συμβαίνει παράλληλα με μία ανελαστική στατική ανάλυση.

Επόμενες μέθοδοι στις οποίες θα αναφερθούμε είναι οι Εμπειρικές μέθοδοι. Για να επιλεγθούν θα πρέπει είτε η αποτίμηση έχει να κάνει με ένα μεγάλο αριθμό κατασκευών, όπου είναι πρωτεύον να φανεί εάν υπάρχει ανάγκη για προσεισμική ενίσχυση, είτε η κατασκευή που είναι για αποτίμηση δεν είναι μεγάλης σημασίας κτίριο. Οι εμπειρικές μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν μόνο εάν υπάρχουν σχετικές ειδικές διατάξεις, που να τις έχει εκδώσει η Δημόσια Αρχή.

Τέλος υπάρχει η Προσεγγιστική ανάλυση που βοηθάει σε σκοπούς αποτίμησης. Είναι δυνατόν να επιλεγθεί η μέθοδος αυτή στην περίπτωση που έχει επιλεγθεί ως στάθμη επιτελεστικότητας η

«Προστασία ζωής» ή η «Αποφυγή κατάρρευσης». Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος αυτή όταν δεν παρατηρούνται βλάβες ή κακοτεχνίες στο κτίριο. Αυτή η κατάσταση αντιμετωπίζεται με μία προσεγγιστική αναλυτική εκτίμηση της έντασης σε κρίσιμα στοιχεία του φορέα, και δεν είναι αναγκαίο να γίνει λεπτομερής ανάλυση προσομοιώματος του συνόλου της κατασκευής.

3.2.8 Έλεγχος οριακών καταστάσεων

Για να γίνει ο έλεγχος των οριακών καταστάσεων πρέπει να υπολογισθούν οι διαθέσιμες αντιστάσεις των κρίσιμων περιοχών όλων των δομικών στοιχείων, που θα στηρίζονται σε ορθολογικά προσομοιώματα αποδεκτά και για τις τρεις διαφορετικές στάθμες της επιτελεστικότητας. Οι συντελεστές ασφαλείας θα συμπεριλαμβάνουν:

α. τις γεωμετρικές αβεβαιότητες

β. το σκεδασμό των ιδιοτήτων των υλικών

γ. τις διατιθέμενες πληροφορίες για το έργο

δ. τις πιθανές αβεβαιότητες που προκύπτουν από τη φύση των εργασιών και των δυσκολιών ενός αποτελεσματικού ποιοτικού ελέγχου.

Για πρόσθετες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων αντίστασης ενισχυμένων κρίσιμων περιοχών χρησιμοποιούνται μειωτικοί συντελεστές γ_{rd} .

Αυτό που καλείται να αποδείξει ο έλεγχος ασφαλείας είναι ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο μέγεθος, εντατικό ή παραμορφωσιακό, είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα, σε κατάλληλη διατομή ή μέλος ή τμήμα ή σύνολο του δομήματος.

Η γενική ανίσωση ασφαλείας είναι η εξής:

$$Sd = \gamma_{sd} * S(S_k, \gamma_f) < 1/\gamma_{rd} * R(R_k/\gamma_m) = R_d \quad (3.3)$$

όπου: S_k : Βλέπε ισχύοντες Κανονισμούς και διαφοροποιήσεις ειδικώς για τις σεισμικές δράσεις.

R_k : Διαφοροποιήσεις, για υλικά υφιστάμενα ή προστιθέμενα ή αναλόγως έλεγχου/αστοχίας.

γ_f : Βλέπε ισχύοντες Κανονισμούς και διαφοροποιήσεις σε λίγες εξαιρετικές περιπτώσεις.

γ_m : Διαφοροποιήσεις όπως R_k .

γ_{sd} : Αυξημένες αβεβαιότητες προσομοιωμάτων για τις συνέπειες των δράσεων.

γ_{rd} : Αυξημένες αβεβαιότητες για τις κάθε είδους αντιστάσεις

Εάν στα αποτελέσματα υπάρξει δυσαναλογία στις διαφοροποιήσεις τότε είναι απαραίτητη μία ανάλυση ευαισθησίας και παραμετρική διερεύνηση.

Ο έλεγχος ασφαλείας γίνεται γενικώς σε ορούς δυνάμεων, κατά τους ισχύοντες Κανονισμούς, στην περίπτωση των γραμμικών, ελαστικών μεθόδων ανάλυσης. Η εφαρμογή των μη-γραμμικών, ανελαστικών μεθόδων ανάλυσης γίνεται κυρίως για στόχο επιτελεσματικότητας Β ή Γ. Ο έλεγχος ασφαλείας δε, γίνεται σε ορούς δυνάμεων-μετακινήσεων, με σύγκριση των απαιτήσεων του φάσματος του σεισμού έναντι της μέγιστης διαθέσιμης και στοχευόμενης απόκρισης της «κορυφής» του δομήματος. Στην περίπτωση που η συμπεριφορά των δομικών στοιχείων είναι οιονεί ψαθυρή, ο έλεγχος θα γίνει σε ορούς δυνάμεων, με κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας. Αν η συμπεριφορά είναι οιονεί πλάστιμη, ο έλεγχος πραγματοποιείται σε ορούς παραμορφώσεων, επίσης με κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας.

Στους ελέγχους ασφαλείας ανάλογα με τη στάθμη επιτελεσματικότητας θα λαμβάνονται:

- Άμεση χρήση (DL): $\theta_d = \theta_y$
- Προστασία ζωής (SD): $\theta_d = 1/\gamma_{rd} * (\theta_y + \theta_u)/2$ για πρωτεύοντα στοιχεία και $\theta_d = \theta_u/\gamma_{rd}$ για δευτερεύοντα στοιχεία ή Τοιχοπληρώσεις.
- Οιονεί κατάρρευση (NC): $\theta_d = \theta_u/\gamma_{rd}$

3.2.9 Επανεκτίμηση και επαλήθευση δείκτη συμπεριφοράς

Αφού τελειώσουν οι έλεγχοι είναι απαραίτητη η προσεγγιστική επανεκτίμηση του προεπιλεγμένου δείκτη συμπεριφοράς για το επισκευασμένο-ενισχυμένο κτίριο. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα κριτήρια που συμβάλλουν στην ικανότητα καλύτερης κατανάλωσης ενέργειας. Ένα τέτοιο κριτήριο είναι η σειρά που εμφανίστηκαν αστοχίες οριζοντίων έναντι κατακόρυφων δομικών στοιχείων, όπως επίσης και ο τύπος της αστοχίας στις κρίσιμες περιοχές του κάθε δομικού στοιχείου. Επίσης στα κριτήρια συγκαταλέγεται και η τοπική διαθέσιμη πλαστιμότητα κρίσιμων περιοχών και οι διαθέσιμοι δευτερογενείς μηχανισμοί αντιστάσεων μετά από μεγάλες

σχετικές μετακινήσεις. Τέλος είναι οι πιθανές συνέπειες της ψαθυρότητας περιορισμένου αριθμού δομικών στοιχείων επί της πλαστιμότητας του συνολικού δομήματος.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι καθίσταται δύσκολη η εκτίμηση ενός συνολικού διαθέσιμου δείκτη συμπεριφοράς καθότι στα υφιστάμενα κτίρια δεν έχουν εφαρμοστεί οι ίδιες απαιτήσεις που εφαρμόζονται στις νέες κατασκευές, όπως οι απαιτήσεις ικανοτικού σχεδιασμού, περιορισμού αξονικής δύναμης, τοπικής περίσφιγξης. Η επανεκτίμηση του κτιρίου βεβαία δεν είναι αναγκαία εφόσον οι τιμές του δείκτη συμπεριφοράς λαμβάνονται τόσο κατά την αποτίμηση όσο και κατά τον ανασχεδιασμό.

3.2.10 Επιλογή στρατηγικής ενίσχυσης

Μετά το πέρας της αποτίμησης του κτιρίου, ακολουθεί το στάδιο λήψης αποφάσεων επέμβασης. Βασικοί στόχοι είναι να ικανοποιηθούν οι κύριες απαιτήσεις του αντισεισμικού σχεδιασμού, δηλαδή τεχνικής φύσεως ζητήματα, επίσης στόχος σημαντικός είναι και η προσπάθεια μείωσης του κόστους, όπως και η εξυπηρέτηση κοινωνικών αναγκών, δηλαδή ζητήματα διοικητικής φύσεως. Για τους λόγους αυτούς, καταφεύγουμε σε στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα, διοικητικού χαρακτήρα και σε συνδυασμό αυτών.

Στις στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα ανήκουν η αύξηση της αντοχής του κτιρίου, η αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου, η αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης των μελών, η διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών και η μείωση των σεισμικών απαιτήσεων (π.χ. σεισμική μόνωση).

Στις στρατηγικές διοικητικού χαρακτήρα ανήκουν ο περιορισμός ή αλλαγή της χρήσης του κτιρίου, η μερική ή ολική καθαίρεση, η μονολιθική μεταφορά της κατασκευής σε άλλη θέση και η απόφαση για «καμία επέμβαση». Σε αυτή την περίπτωση πιθανόν να γίνει αποδεκτή και μια μείωση της απομένουσας διάρκειας ζωής της κατασκευής υπό τον όρο ότι η μετά ταύτα κατεδάφιση του κτιρίου είναι εγγυημένη.

Στο παρελθόν οι περισσότεροι μηχανικοί προέβαιναν στην υιοθέτηση ενίσχυσης με στόχο να ανταποκρίνεται στις υποδείξεις του ισχύοντος κανονισμού. Αυτή η στρατηγική έπαιρνε τη μορφή επεμβάσεων με σκοπό η ενισχυμένη κατασκευή να φέρει με ασφάλεια ένα μέρος από το ποσοστό των σεισμικών φορτίων που προβλέπονταν από τον κανονισμό σχετικά με τις νέες κατασκευές. Θα μπορούσαμε να πούμε πως αυτή η οπτική δεν εντάσσεται στις στρατηγικές αλλά στις λειτουργεί ως κριτήριο σχεδιασμού, το οποίο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με μία από τις στρατηγικές στις οποίες αναφερθήκαμε.

Η διαδικασία επιλογής των τύπων δομητικής επέμβασης θα καθορίζεται από κριτήρια σχετικά με το κόστος, με τη διαθεσιμότητα των μέσων που χρειάζονται, βάση κοινωνικών αναγκών κ.α. και θα πρέπει να γίνεται συνεκτίμηση της οικονομικής αξίας του δομήματος στην κατάσταση που είχε πριν τις επεμβάσεις αλλά και μετά.

Ένα τέτοιο κριτήριο μπορεί να αποτελεί το γενικό κόστος του κτιρίου, εννοώντας το αρχικό κόστος αλλά και το μελλοντικό, σε συνδυασμό πάντα με το εάν είναι ένα σπουδαίο κτίριο και με την ηλικία του. Κριτήριο αποτελεί και η διαθέσιμη ποιότητα εργασίας και η διαθεσιμότητα του καταλληλότερου ποιοτικού ελέγχου. Σημαντικό κριτήριο επίσης είναι και η χρήση του κτιρίου, η αισθητική του, η διατήρηση της αρχιτεκτονικής ταυτότητας των ιστορικών κτιρίων και η συνεκτίμηση του βαθμού αντιστρεψιμότητας των επεμβάσεων. Τέλος, κριτήριο αποτελεί σίγουρα και η διάρκεια που θα έχουν οι εργασίες μέχρι να ολοκληρωθούν.

Ακόμη, στην επιλογή του είδους της τεχνικής, της έκτασης και του επείγοντος της επέμβασης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο τεχνικά κριτήρια που έχουν σχέση με την υποφαινόμενη κατάσταση του κτιρίου, αλλά και με την επιδίωξη για τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα ενέργειας μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Ένα από τα τεχνικά κριτήρια αφορά όλα τα εντοπισμένα σοβαρά σφάλματα τα οποία θα πρέπει να αντικατασταθούν με τον καταλληλότερο τρόπο. Επίσης σε περιπτώσεις κτιρίων όπου από άποψη κατανομής της υπεραντοχής κριθούν μη-κανονικά, θα πρέπει να βελτιωθεί στο μέγιστο η δομική τους κανονικότητα. Ακόμη είναι αναγκαίο μετά την επέμβαση να έχουν ικανοποιηθεί όλες οι απαιτήσεις αντίστασης κρίσιμων περιοχών των πρωτευόντων στοιχείων. Βασικό κριτήριο είναι και ανθεκτικότητα που φαίνεται να έχουν τα νέα και τα αρχικά στοιχεία, όπως επίσης κριτήριο αποτελεί και το ενδεχόμενο επιτάχυνσης της φθοράς τους όταν θα έρθουν σε επαφή. Τέλος, ένα τεχνικό κριτήριο αφορά την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας στις κρίσιμες περιοχές, η οποία θα πρέπει να αποτελεί επιδίωξη.

Τα παραπάνω κριτήρια σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της αποτίμησης του κτιρίου, οδηγούν στην επιλογή των κατάλληλων τύπων επέμβασης, έχοντας πάντα κατά νου τις συνέπειες των επεμβάσεων στις θεμελιώσεις. Αυτή η επιλογή είναι κομμάτι μίας στρατηγικής ενίσχυσης, που αποβλέπει στη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς της κατασκευής. Στη συνέχεια θα παραθέσουμε κάποιους τύπους επεμβάσεων οι οποίοι συνδέονται με στρατηγικές ενίσχυσης τεχνικού χαρακτήρα, και θα συζητήσουμε τι καταφέρνουμε με την επιλογή του καθενός.

Ένας τύπος επέμβασης είναι η επιλεκτική ή συνολική ενίσχυση των δομικών στοιχείων ή προσθήκη νέων στοιχείων τα οποία αναλαμβάνουν μέρος ή το σύνολο των σεισμικών δράσεων. Αυτό συμβαίνει επειδή αυξάνεται η αντοχή και η δυσκαμψία. Σε αυτόν τον τύπο επέμβασης είναι

σημαντικό να γίνει ένας πολύ προσεκτικός σχεδιασμός θεμελίωσης, εξαιτίας της αύξησης της μάζας της κατασκευής αλλά και των σεισμικών φορτίων. Ένα άλλος τύπος επέμβασης είναι η βελτίωση της περίσφιγξης των υφισταμένων μελών με συνδετήρες, μεταλλικές πλάκες ή ινοπλισμένα πολυμερή. Με τον τρόπο αυτό ενδυναμώνεται η παραμορφωτική ικανότητα. Πολλές φορές χρειάζεται να γίνει άρση των χαρακτηριστικών που συνεπάγονται δυσμενή σεισμική συμπεριφορά. Αυτό αποσκοπεί στη διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών. Ένας ακόμη τρόπος είναι να μειωθεί η μάζα της κατασκευής είναι η τροποποίηση του δομητικού συστήματος, έτσι ώστε βοηθηθεί προς το καλύτερο η ιδιοπερίοδος της κατασκευής. Έτσι είναι δυνατή η μείωση των σεισμικών δονήσεων.

Εκτός από τις τεχνικές στρατηγικές υπάρχουν και πολλές διαχειριστικές στρατηγικές που περιλαμβάνουν θέματα όπως είναι αποφάσεις που αφορούν την εκκένωση ή μη των κτιρίων μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών. Η απόφαση που έχουν να κάνουν με την επικινδυνότητα ή να αλλάξει χρήση το κτίριο με αποτέλεσμα να είναι αποδεκτή η διακινδύνευση. Ακόμη μία απόφαση θα μπορούσε να αφορά την κατεδάφιση ή μη ενός κτιρίου και την αντικατάστασή του με άλλο. Αποφάσεις για τη χρονική διάρκεια των επεμβάσεων και τέλος αποφάσεις που αφορούν το ζήτημα της προτίμησης επεμβάσεων στον εξωτερικό χώρο του κτιρίου ή στον εσωτερικό χώρο.

Ο σημαντικός ρόλος των διαχειριστικών στρατηγικών πολλές φορές δεν πείθει τους μηχανικούς, οι οποίοι τείνουν να μην τις εντάσσουν στις αρμοδιότητές τους. Η επίδρασή τους σε εφαρμοσιμότητα και στο κόστος της προτεινόμενης τεχνικής στρατηγικής των επεμβάσεων δεν είναι αμελητέα, καθώς αποτελούν σημαντικό παράγοντα μαζί με τις αποφάσεις τεχνικής φύσης για την λήψη της καλύτερης λύσης για μία κατασκευή. Βάση αυτών οι διαχειριστικές στρατηγικές θα πρέπει να συνεκτιμώνται από το Μηχανικό και να επισημαίνονται στον Κύριο του Έργου, ώστε να καταλήξουν στην καλύτερη και αρμοδιότερη στρατηγική επεμβάσεων.

Εάν υπάρχει το ενδεχόμενο να με τον επιλεγμένο συνδυασμένο στόχο ανασχεδιασμού, να υπάρξουν προβλήματα είτε στους ενοίκους είτε στα αποθηκευμένα αγαθά εξαιτίας της σεισμικής συμπεριφοράς των μη-φερόντων στοιχείων, τότε είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για την επισκευή ή την ενίσχυση αυτών των στοιχείων. Ακόμη είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές συνέπειες επισκευών-ενισχύσεων των μη-φερόντων πάνω στον κύριο οργανισμό. Είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες των δομητικών επεμβάσεων που είναι σχετικές με την τοπική και τη συνολική απορροφητική ικανότητα σεισμικής δράσης του κτιρίου.

3.2.11 Διαστασιολόγηση επεμβάσεων

Ο ρόλος κάθε επέμβασης που συμβαίνει σε μία υπάρχουσα κατασκευή με βλάβες ή χωρίς, έχει ως σκοπό να εξυπηρετήσει το πλάνο του ανασχεδιασμού και πραγματώνεται με την προσθήκη νέων υλικών και στοιχείων στα ήδη υπάρχοντα. Η προσθήκη αυτή βοηθά στην αποκατάσταση της ιωνούς μονολιθικής συνεργασίας ανάμεσα στα νέα και τα παλιά υλικά. Υπάρχει το ενδεχόμενο να μην είναι ολοκληρωμένη εξαιτίας των πιθανότατα ανεπαίσθητων μετακινήσεων στις διεπιφάνειες επαφής. Οι συνδέσεις παλαιών και νέων υλικών πρέπει να ελέγχονται με αποτέλεσμα στη διεπιφάνεια να ισχύει η σχέση:

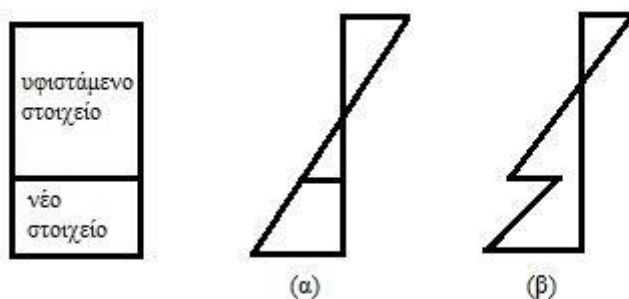
$$R_{id} \geq S_{id}$$

όπου:

- R_{id} : η αντίσταση της υπόψη σύνδεσης στη σχετική διεπιφάνεια, η οποία αντιστοιχεί σε ένα μέγεθος μέγιστης ανεκτής σχετικής μετακίνησης.

- S_{id} : η αντίστοιχη δύναμη που δρα στην υπόψη διεπιφάνεια, όπως υπολογίζεται από τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού τα οποία δρουν στην περιοχή.

Σε περιπτώσεις όπου δε υπάρχουν αξιόπιστες μέθοδοι που να μπορούν να προβλέψουν τη σχετική ολίσθηση στην διεπιφάνεια, είναι δυνατό να γίνει χρήση μιας προσεγγιστικής μεθόδου μονολιθικής συμπεριφοράς, με τον όρο ότι το εντατικό μέγεθος δράσης θα λαμβάνεται ίσο με S_{id}/k όπου k ο αντίστοιχος συντελεστής μονολιθικότητας.



Εικόνα 30: Κατανομή παραμορφώσεων σε καμπτόμενη συνθέτη διατομή

(α) με μονολιθική συμπεριφορά

(β) με ολίσθηση στη διεπιφάνεια

Ο έλεγχος των επιστρατευμένων αντιστάσεων των επιμέρους τμημάτων του συνόλου των διεπιφανειών των σύνθετων στοιχείων μετά την επέμβαση, γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί από τον αρμόδιο Κανονισμό για κάθε στοιχείο, πάντα λαμβάνοντας υπόψη τις κινήσεις στις διεπιφάνειες. Επίσης, οι αβεβαιότητες που προκαλούνται από τις αντιστάσεις κατά τη διαστασιολόγηση των στοιχείων μετά την επέμβαση, λαμβάνονται υπόψη μέσω ειδικών συντελεστών ασφαλείας γ_{rd} , όταν είναι αναγκαίο. Ακόμη είναι σημαντικό να εμφανίζεται πρώτα η αστοχία του ενισχυμένου στοιχείου και έπειτα να εμφανίζονται η αστοχίες των διεπιφανειών των παλιών και των νέων υλικών. Για αυτό το λόγο, ο έλεγχος αντοχής της διεπιφάνειας θα πραγματοποιείται για εντατικά μεγέθη επαυξημένα κατά συντελεστή $\gamma_{sd} = 1,35$.

Για να βρεθεί η αντίσταση της διεπιφάνειας σε θλίψη γίνεται εξέταση της θλιπτικής αντοχής του πιο αδύναμου υλικού. Για να βρεθεί ο εφελκυσμός γίνεται έλεγχος της εφελκυστικής αντοχής αποκόλλησης του σκυροδέματος προς το πρόσθετο υλικό υπό ορισμένες συνθήκες. Για την αντίσταση της διεπιφάνειας σε διάτμηση θα πρέπει να υπολογιστούν οι αντιστάσεις συνοχής σκυροδέματος προς σκυρόδεμα, ρητίνης, τριβής σκυροδέματος προς σκυρόδεμα, αλλά και οι αντιστάσεις βλήτρων και συνδέσμων ανάμεσα σε παλιούς και νέους οπλισμούς.

Έχουμε έξι κατηγορίες επεμβάσεων: α. Είναι οι επεμβάσεις σε κρίσιμες περιοχές ραβδόμορφων δομικών στοιχείων, β. Επεμβάσεις σε κόμβους πλαισίων, γ. Επεμβάσεις σε τοιχώματα, δ. Εμφάνιση πλαισίων, ε. Προσθήκη νέων παράπλευρων τοιχωμάτων, στ. Επεμβάσεις σε στοιχεία θεμελίωσης.

3.2.1.2 Έλεγχοι ασφαλείας και έλεγχος στάθμης επιτελεστικότητας

Τα κριτήρια ελέγχου της ανίσωσης ασφαλείας, κατά την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό, σε όρους εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών, επιλέγονται σύμφωνα με τη μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε και τον αναμενόμενο τρόπο αστοχίας. Για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας γίνονται αυτά γίνονται ανεξάρτητα.

Η γενική ανίσωση ασφαλείας είναι:

$$S_d < R_d \rightarrow \gamma_{sd} S(S_k \gamma_f) < 1/\gamma_{rd} R(R_k/\gamma_m)$$

Στον πίνακα που ακολουθεί υπάρχει η λογική των ελέγχων ασφαλείας ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας, τον τρόπο αστοχίας και τη χρησιμοποιούμενη ανάλυση:

Πίνακας 10: Κριτήρια ελέγχου επιτελεστικότητας

Κριτήρια ελέγχου επιτελεστικότητας					
	Άμεση χρήση	Προστασία ζωής		Μη-κατάρρευση	
		Ανελαστική ανάλυση	Ελαστική ανάλυση	Ανελαστική ανάλυση	Ελαστική ανάλυση
Πλάστιμα πρωτεύοντα	$\gamma_{sd}S_d \leq R_d$ $\gamma_{sd}\theta_{sd} \leq \theta_y$	$\gamma_{sd}\theta_{sd} \leq (\theta_y + \theta_u)/2\gamma_{rd}$	$\gamma_{sd}S_d/m \leq R_m$ $m = (\theta_y + \theta_u)/2\gamma_{rd}\theta_y$	$\gamma_{sd}\theta_{sd} \leq \theta_u/\gamma_{rd}$	$\gamma_{sd}S_d/m \leq R_m$ $m = (\theta_u/\gamma_{rd})/\theta_y$
Πλάστιμα δευτερεύοντα		$\gamma_{sd}\theta_{sd} \leq \theta_u/\gamma_{rd}$	$\gamma_{sd}S_d/m \leq R_d$ $m = (\theta_u/\gamma_{rd})/\theta_y$	$\gamma_{sd}\theta_{sd} \leq \theta_u$	$\gamma_{sd}S_d/m \leq R_m$ $m = \theta_u/\theta_y$
Τοιχοπληρώσεις	$\gamma_{sd}S_d \leq R_d$ $\gamma_{sd}\gamma_E \leq \gamma_y$	$\gamma_{sd}\gamma_E \leq \gamma_u/1.3$	$\gamma_{sd}S_d/m \leq R_m$ $m = (\gamma_u/1.3)/\gamma_y$	$(\gamma_{sd}\gamma_E \leq \gamma_u)$	$\gamma_{sd}S_d/m \leq R_m$ $m = \gamma_u/\gamma_y$
Ψαθυρά πρωτεύοντα	$\gamma_{sd}S_d \leq V_{Rd}$		$\gamma_{rd}V_{cd} \leq V_{rd}$		$\gamma_{sd}S_d \leq V_{Rd}$
Ψαθυρά δευτερεύοντα			$V_{cd} \leq V_{rd}$		$V_{cd} \leq V_{rd}$

4.Συμπεράσματα

Αξίζει να σημειωθούν ορισμένα ουσιώδη σημεία που αφορούν στην εφαρμογή της στατικής ανελαστικής μεθόδου και τις σχετικές διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017 και που παρουσιάζονται ακολούθως:

–Κατά την εφαρμογή της στατικής ανελαστικής μεθόδου σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, απαιτείται πρωταρχικά ο προσδιορισμός της συμπεριφοράς των επιμέρους στοιχείων του φορέα και η συνακόλουθη διάκρισή τους σε πλάστιμα και ψαθυρά. Ο διαχωρισμός αυτός των στοιχείων αποτελεί καθοριστικής σημασίας παράγοντα, καθώς επηρεάζει τόσο την μορφή του ελέγχου των κριτηρίων επιτελεστικότητας (έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων ή σε όρους δυνάμεων) όσο και τη διαδικασία υπολογισμού των μεγεθών που περιγράφουν την ανελαστική συμπεριφορά των στοιχείων. Στο σημείο αυτό τονίζεται και ο συντηρητικός χαρακτήρας του Κανονισμού Επεμβάσεων, καθώς η διάκριση των στοιχείων σε πλάστιμα και ψαθυρά γίνεται βάσει τριών διαφορετικών παραμέτρων, εκ των οποίων εκείνη που δεσπόζει είναι η αναμενόμενη μορφή αστοχίας (καμπτική η διατμητική). Έτσι, ακόμη και αν για ένα στοιχείο προκύψει ότι αναμένεται να αστοχήσει από κάμψη υπό τη σεισμική δράση σχεδιασμού, είναι δυνατόν τα δύο άλλα κριτήρια να το χαρακτηρίσουν ως οιονεί ψαθυρό, αφαιρώντας του τη δυνατότητα ανάπτυξης οποιουδήποτε βαθμού βλάβης.

–Ο συντελεστής ασφαλείας έναντι αβεβαιοτήτων των προσομοιωμάτων (γ_{Rd}) λαμβάνει την τιμή 1.80 για την περίπτωση των πλάστιμων στοιχείων του φορέα. Η προσέγγιση αυτή κρίνεται πολύ συντηρητική και καθιστά τους ελέγχους αρκετά αυστηρούς, καθώς επιτρέπει πρακτικά μέγιστη εξάντληση της διαθέσιμης πλαστικότητας ίση σχεδόν με το 50%.

–Η Ανελαστική Στατική Ανάλυση είναι πολύ ευαίσθητη σε παραμέτρους όπως π.χ. ο οπλισμός και η διαθέσιμη πλαστική παραμόρφωση, έστω και λίγων διατομών. Μία μικρή μεταβολή ενός από τους παραπάνω παράγοντες μπορεί να οδηγήσει σε αξιοσημείωτη μεταβολή των καμπυλών αντίστασης ή ακόμη και σε αριθμητικές αστάθειες, που καθιστούν την εφαρμογή της μεθόδου αδύνατη.–Η Ανελαστική Στατική Μέθοδος Ανάλυσης μπορεί να καταδείξει φαινόμενα καθοριστικής σημασίας για την συμπεριφορά ενός δομήματος, καθώς εξετάζει βήμα προς βήμα την απόκριση από την οποία αυτό κυριαρχείται, αναδεικνύει την ιεραρχημένη αστοχία των δομικών του στοιχείων, αποκαλύπτοντας τις ευπαθείς περιοχές του κτιρίου, και ανακατανέμει την ένταση όποτε απαιτείται με στόχο τον ακριβή υπολογισμό της τελικής εντατικής και παραμορφωσιακής κατάστασης. –Η πρόβλεψη του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για ανάλυση με δύο τουλάχιστον διαφορετικές κατανομές φορτίων, σε συνδυασμό με τις διατάξεις περί στρέψης και χωρικής επαλληλίας, οδηγούν σε μεγάλη διόγκωση των απαιτούμενων υπολογισμών και καθιστούν την Ανελαστική Στατική Ανάλυση μία ιδιαιτέρως χρονοβόρα διαδικασία.

Βιβλιογραφία

1. Ο.Α.Σ.Π. (2006). «Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος» (ΕΚΩΣ 2000). Αθήνα.
2. Ο.Α.Σ.Π. (2012). «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), Τελικό Εναρμονισμένο Κείμενο». Αθήνα.
3. Ο.Α.Σ.Π. (2000). «Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός» (ΕΑΚ 2000). Αθήνα.
4. European Committee for Standardization (2003). “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Strengthening and repair of buildings”. EN 1998-3:2003
5. European Committee for Standardization (2004). “Eurocode 2: Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings”. EN 1992-1-1.
6. Δρίτσος Σ. (2012). «Αποτίμηση και Επεμβάσεις σε Υφιστάμενες Κατασκευές με βάση τον Ευρωκώδικα 8 και τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.». Ημερίδα «Κανονισμός Επεμβάσεων», Αθήνα.
7. Δρίτσος Σ. (2015). «Ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος» Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πάτρα.
8. Καρύδης Γ. «Δομητικές Επεμβάσεις Ενισχύσεων με Ινώδη Σύγχρονα Υλικά». Sika Carbodur. Αθήνα.
9. Κοσμόπουλος Α. (2005). «Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και ενίσχυση μη- κανονικών σε κάτοψη κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος». Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πάτρα.
10. LH Λογισμική (2013). «Fespa 10-Ευρωκώδικες-Καν.επε., Το επίσημο εγχειρίδιο αναφοράς». Αθήνα.
11. LH Λογισμική (2013). «Pushover-Θεωρητικά στοιχεία». Αθήνα.
12. Σπυράκος Κ. (2004). «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». Εκδ. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Αθήνα.
13. Τάσιος Θ. Π. (2012). «Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Αθήνα.
14. Τριανταφύλλου Α. (2006). «Ενισχύσεις Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος και Φέρουσας Τοιχοποιίας με Σύνθετα Υλικά». Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πάτρα.

15. Τσάμπρας Γ. (2009). «Επισκευές Υφιστάμενων Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα με Μεταλλικούς Συνδέσμους Δυσκαμψίας». 15ο Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών Πανεπιστημίου Πατρών. Πάτρα.
16. Φαρδής Μ. Ν. (2012). «Κανονισμός Επεμβάσεων σε Υφιστάμενα Δομήματα». Σεμινάριο ΤΕΕ, ΟΑΣΠ, ΣΠΜΕ. Αθήνα.
17. <http://www.epidomos.gr/gunite.php?id=47&lang=&p>