

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

« ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΕ  
ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ »



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΤΑΤΣΗ ΣΟΦΙΑ

Α.Μ. 5135

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΚΥΡΙΑΖΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΤΩΝΙΟΣ



DIPLOMA THESIS:

« BUILDING REPAIRING AND STRENGTHENING METHODS OF REINFORCED CONCRETE  
UNDER SEISMIC DAMAGE »



STUDENT

**ΤΑΤΣΗ ΣΟΦΙΑ**

**Registration  
Number: 5135**

SUPERVISOR

**ΚΥΡΙΑΖΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΤΩΝΙΟΣ**

ATHENS JANUARY 2024

**Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή :**

( Ονοματεπώνυμο ), ( βαθμίδα )	( Ονοματεπώνυμο ), ( βαθμίδα )	( Ονοματεπώνυμο ), ( βαθμίδα )
ΚΥΡΙΑΖΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ  ( Υπογραφή )	ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΣ ΚΟΚΚΙΝΟΣ  ( Υπογραφή )	ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  ( Υπογραφή )

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Τάτση Σοφία του Βασιλείου , με αριθμό μητρώου 5135 φοιτήτρια του ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία . Επίσης , οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων , ιδεών ή λέξεων , είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες , αναφέρονται στο σύνολό του , με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς , τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο . Επίσης , βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου , όσο και του Ιδρύματος .

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου . »

Η Δηλούσα

ΤΑΤΣΗ ΣΟΦΙΑ



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Αντώνιο Κυριαζοπουλο, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εξαδέλφη μου, Τζούμα Λαμπρινή, που με την επιμονή και την υπομονή της μου προσέφερε το απαραίτητο κουράγιο για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Εισαγωγή .....	1
Δόμηση Χώρας.....	1
Σεισμός.....	1
Κατηγορίες σεισμών .....	2
Αιτίες σεισμών .....	3
Εκτίμηση φαινομένου.....	5
Αποτίμηση φαινομένου.....	6
Σεισμικός κίνδυνος .....	7
Παράγοντες που επηρεάζουν τον R .....	8
Επίδραση σεισμού σε κατασκευές από σκυρόδεμα.....	8
Συμπεριφορά κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	8
Τήρηση παραμέτρων στο σεισμικό σχεδιασμό :.....	9
Αντισεισμικός Κανονισμός.....	10
Βλάβες από σεισμό.....	10
Συμπεράσματα .....	15
Ενέργειες μετά το σεισμικό φαινόμενο .....	15
Έλεγχος .....	15
Μεθοδολογία εκπόνησης μελέτης .....	16
Μέθοδοι επισκευών .....	18
1 . Έγχυτο συμβατικό σκυρόδεμα .....	19
2 . Έγχυτο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής & σταθερού όγκου.....	20
3 . Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ( gunite ).....	21
4. Τσιμεντενέσεις ή τσιμεντοκονιάματα .....	22
5 . Εποξειδικές ρητίνες , εποξειδικά κονιάματα και ρητινοσκυροδέματα.....	23
6 . Ενίσχυση οπλισμών με ηλεκτροσυγκόλληση νέων .....	24
7 . Επικόλληση ελασμάτων σε σκυρόδεμα ( beton plaque ).....	25
8. Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μορφοσίδηρο.....	27
9. Επισκευή με σύνθετα υλικά από ίνες υάλου υψηλής αντοχής.....	27
10 . Επισκευή με ανθρακοελάσματα.....	30
11. Επισκευή με χαλυβδοελάσματα.....	31
12 . Συνδυασμός μεθόδων .....	32
Πρόληψη.....	33
Κατάσταση κτηρίων .....	33
Γιατί είναι απαραίτητος ο έλεγχος της Στατικής Επάρκειας .....	33
Ποιος ο ρόλος της Ηλεκτρονικής Ταυτότητας του Κτηρίου .....	33
Οι απαιτήσεις της Ελληνικής Νομοθεσίας .....	34

## Τάση Σοφία

Πως διενεργείται ο έλεγχος στατικής επάρκειας.....	36
Μη καταστροφικοί έλεγχοι υψηλής τεχνολογίας σε σκυρόδεμα & χάλυβα οπλισμού .....	37
Ενισχύσεις.....	39
Ανάγκη επεμβάσεων .....	39
Μελέτη επεμβάσεων .....	40
Τεχνικές ενίσχυσης .....	40
1. Εμφάτνωση πλαισίων.....	40
2. Κατασκευή μεταλλικών συνδέσμων.....	41
3. Κατασκευή μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος .....	43
4. Προσθήκη μανδύων από FRP ( ινοπλισμένα πολυμερή ) .....	44
Επιλογή μεθόδου ενίσχυσης .....	45
Σεισμική μόνωση .....	46
Πλεονεκτήματα σεισμικής μόνωσης .....	46
Περιγραφή διαδικασίας εφαρμογής σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενα κτήρια .....	46
Προϋποθέσεις εφαρμογής σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενα κτήρια .....	51
Αναφορές σε υφιστάμενα κτήρια του εξωτερικού που εφαρμόστηκε σεισμική μόνωση . .....	51
Αποκατάσταση και δομική ενίσχυση με καινοτόμες τεχνολογίες .....	53
Ύφασμα από περλιτικό γαλβανισμένο χάλυβα.....	53
Γεωκονιάματα.....	54
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	54
ΣΥΝΤΗΡΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗΣ – ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	54
Ενδείξεις βλαβών.....	54
Περιοδικές επιθεωρήσεις (Ενδεικτικές) .....	55
Εξελίξεις στα επισκευαστικά υλικά και τις τεχνικές.....	55
Πηγές .....	56

## Εισαγωγή

### Δόμηση Χώρας

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο που τους τελευταίους αιώνες παρόλη την ανάπτυξη και την τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της κατασκευής κτηρίων μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές στις κατασκευές μέχρι και ολική κατάρρευσή τους .

Δυστυχώς δεν υπάρχει αξιόπιστη μέθοδος έγκαιρης πρόβλεψης των σεισμικών φαινομένων και αν υπάρξει εκτίμηση για επικείμενο σεισμό δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί η ένταση του φαινομένου ώστε να ληφθούν μέτρα για το μετριασμό των επιπτώσεων .

Στις σύγχρονες πόλεις όπου επικρατεί η φιλοσοφία της συγκέντρωσης πληθυσμού , πυκνή δόμηση και μεγάλα κτήρια , τέτοια φαινόμενα πλήττουν άμεσα και τις τοπικές οικονομίες . Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη της κατανόησης του σεισμού και για αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί ένας κλάδος στη μηχανική που μελετάει τους τρόπους της ενίσχυσης των κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά και τις μεθόδους επισκευής αυτών .

### Σεισμός

Ο σεισμός χαρακτηρίζεται ως φυσικό φαινόμενο , που προκαλείται Από τη διοχέτευση μηχανικής ενέργειας, έχοντας ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σεισμικών κυμάτων. Εν συνεχεία , τα κύματα μεταφέρουν τη σεισμική ενέργεια ,προκαλώντας ανατάραξη και ταλάντωση του εδάφους . Όταν η μετακίνηση των λιθοσφαιρικών πετρωμάτων είναι μεγάλη και ο σεισμός που λαμβάνει χώρα είναι υποθαλάσσιος, έχουμε τη δημιουργία του λεγομένου τσουνάμι .

Επίσης, μπορεί ο σεισμός να προκληθεί από ανθρώπινο παράγοντα, (π.χ. μια έκρηξη). Γενικά , η λέξη "σεισμός" μπορεί να περιγράψει κάθε σεισμικό γεγονός , είτε αυτό οφείλεται σε αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, είτε σε φυσικό φαινόμενο , ικανό να δημιουργήσει σεισμικά κύματα τα οποία εξαπλώνονται εσωτερικά στη γη.



## Κατηγορίες σεισμών

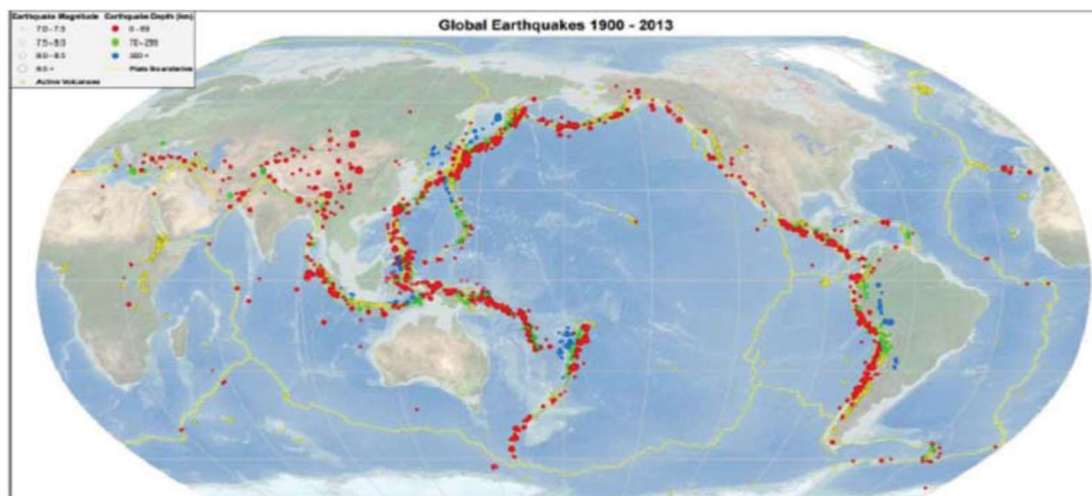
Οι σεισμοί μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες :

1. **Ηφαιστειογενείς σεισμοί** : είναι εδαφικές δονήσεις που είτε προηγούνται είτε συνοδεύουν τις ηφαιστειακές εκρήξεις . Συγκαταλέγονται στο 7% του συνόλου των επιφανειακών σεισμών .
2. **Τεκτονικοί σεισμοί** : είναι εδαφικές δονήσεις που προκαλούνται από βίαιη διάρρηξη πετρωμάτων γης , ως συνέπεια δράσης τεκτονικών δυνάμεων συμπίεσης και εφελκυσμού. Αποτελούν τους πιο συνηθισμένους σεισμούς , με δεδομένο ότι το 90% στους επιφανειακούς σεισμούς και όλοι οι πλουτώνιοι είναι τεκτονικοί σεισμοί .
3. **Εγκατακρημνισιογενείς σεισμοί** : αποτελούν εδαφικές δονήσεις οφειλόμενες σε καταπτώσεις οροφών φυσικών εγκοίλων και σπηλαίων . Παρουσιάζουν συνήθως μικρό μέγεθος και απαρτίζουν μόνο το 3% των επιφανειακών σεισμών .

Οι Σεισμοί δημιουργούνται μόνο εντός της λιθόσφαιρας και οι εστίες σεισμών φθάνουν περίπου ως 700 χιλιόμετρα βάθος . Το μέγιστο εστιακό βάθος ενός σεισμού που έχει υπολογιστεί αποτελεί τα 720 χιλιόμετρα. Αναλόγως του εστιακού τους βάθους οι σεισμοί κατηγοριοποιούνται σε:

- Επιφανειακούς σεισμούς, με εστιακό βάθος μικρότερο από τα 60 χιλιόμετρα
- Σεισμούς ενδιάμεσου βάθους, με εστιακό βάθος μεταξύ 60 - 300 χιλιόμετρα
- Σεισμούς μεγάλου βάθους με εστιακό βάθος μεγαλύτερο από 300 χιλιόμετρα.

Οι σεισμοί ενδιάμεσου και μεγάλου βάθους αποκαλούνται και πλουτώνιοι σεισμοί



Σεισμικές ζώνες ανά κατηγορία βάθους . Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι επιφανειακοί σεισμοί, με πράσινο οι ενδιάμεσοι και με μπλε οι σεισμοί μεγάλου βάθους .

Πρόσβαση από τον ιστοχώρο : <http://earthquake.usgs.gov>

## Αιτίες σεισμών

Ο φλοιός, ο μανδύας και ο πυρήνας είναι τα 3 διαφορετικά στρώματα από τα οποία αποτελείται η Γη. Το πάχος ανέρχεται περίπου σε 6.370 χιλιόμετρα. Ο φλοιός είναι το εξωτερικό, στερεό περίβλημα της Γης και χωρίζεται σε δύο είδη: ωκεάνιο και

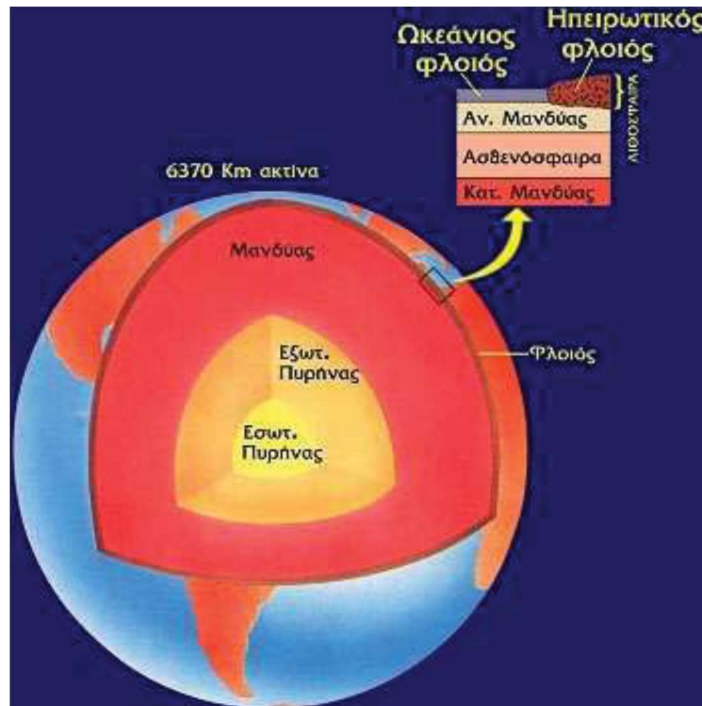
ηπειρωτικό. Το ωκεάνιο είναι 7 χιλιομέτρων πάχους, το ηπειρωτικό περίπου 35 χιλιομέτρων, που μπορεί κάτω από οροσειρές να φτάνει τα 60 με 70 χιλιόμετρα. Το

αμέσως επόμενο στρώμα που είναι ο μανδύας μπορεί να φτάνει βάθος έως και 2.900

χιλιόμετρα. Το οριακό στρώμα μεταξύ φλοιού και μανδύα ονομάζεται « ασυνέχεια Mohorovičić ».

Η Λιθόσφαιρα είναι ένα δύσκαμπτο στρώμα, με πάχος περίπου 80 χιλιομέτρων, αποτελούμενη από στερεό φλοιό καθώς και από ένα μέρος του ανώτερου μανδύα. Ασθενόσφαιρα ονομάζεται το τμήμα του μανδύα που βρίσκεται κάτω από τη λιθόσφαιρα. Ο πυρήνας βρίσκεται κάτω από τον μανδύα, φτάνει έως το κέντρο της

Γης και διακρίνεται σε εξωτερικό (υγρή/ρευστή κατάσταση) και σε εσωτερικό στερεή κατάσταση.

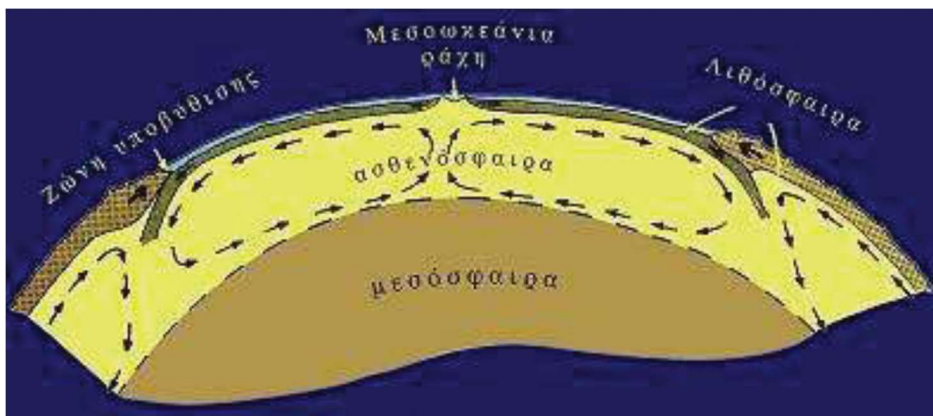


Γεωλογική σύσταση της Γης

Η Αφρικανική , η Ευρασιατική , η Ινδο-Αυστραλιανή , η Ανταρκτική , η πλάκα του

Ειρηνικού , η Βορειο-Αμερικανική , η Νοτιο-Αμερικανική , είναι οι επτά μεγάλες πλάκες που ανήκουν στη Λιθόσφαιρα της Γης (υπάρχουν και κάποιες μικρότερες). Οι εν λόγω πλάκες μετακινούνται προς διάφορες διευθύνσεις .

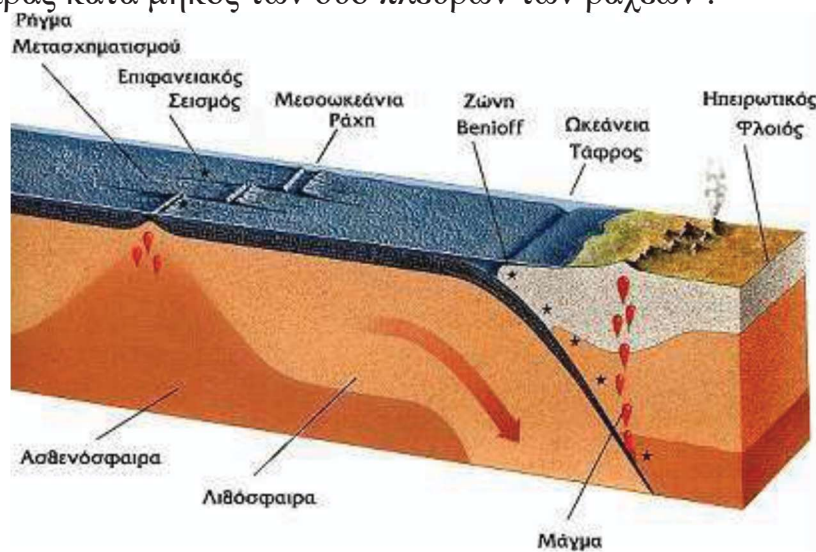
Οι λιθοσφαιρικές πλάκες ολισθαίνουν πάνω σε παχύρευστο υλικό (μανδυακό) , εκτελώντας μεταξύ τους σχετικές κινήσεις . Η αιτία κινήσεων τους μπορεί να είναι οι εφαπτομενικές οριζόντιες κινήσεις που ασκούνται στον πυθμένα εξαιτίας των θερμικών ρευμάτων μεταφοράς , που δημιουργούνται στο μανδύα της ασθενόσφαιρας .



Γεωλογική σύσταση φλοιού και ανώτερου μανδύα

Πρόσβαση από τον ιστοχώρο : <http://ekfe.kas.sch.gr/im>

Οι λιθοσφαιρικές πλάκες αλλού συγκλίνουν , αλλού αποκλίνουν , ενώ αλλού κινούνται παράλληλα σε σχέση με τις διπλανές . Σε περιοχές που αποκλίνουν οι λιθοσφαιρικές πλάκες (μεσοωκεάνιες ράχες) θερμό υλικό από την ασθενόσφαιρα βγαίνει στην επιφάνεια , ψύχεται , στερεοποιείται και οδηγεί έτσι στη δημιουργία νέας λιθόσφαιρας κατά μήκος των δύο πλευρών των ράχων .



Γέννηση ενός σεισμού.

Στις περιοχές που οι πλάκες ολισθαίνουν οριζόντια , η κίνηση γίνεται κατά μήκος κατακόρυφων ρηγμάτων μετασχηματισμού. Όταν συγκλίνουν οι πλάκες , η πιο πυκνή βυθίζεται κάτω από την άλλη , έως ότου η πρώτη λειώσει μέσα στο μανδυακό θερμό υλικό, καταστρέφοντας λιθοσφαιρικό υλικό . Στις μεσοωκεάνιες ράχεις για να δημιουργηθεί νέος ωκεάνιος φλοιός , καταστρέφεται αντίστοιχη ποσότητα σε περιοχές σύγκλισης πλακών , επομένως η συνολική επιφάνεια της Γης χαρακτηρίζεται ως « σταθερή ».

Η παραμόρφωση στις παρυφές , είναι αποτέλεσμα των σχετικών κινήσεων των λιθοσφαιρικών πλακών γι' αυτό και παρατηρείται δυναμική ενέργεια στα πετρώματα που βρίσκονται κοντά στις περιοχές αυτές. αναπτύσσοντας μεγάλες αυξανόμενες τάσεις . Αν υπερβούν οι τάσεις τα όρια αντοχής του λιθοσφαιρικού υλικού, τότε στο σημείο επέρχεται θραύση, ενώ ταυτοχρόνως υλοποιείται μια απότομα σχετική κίνηση των δύο τμημάτων που έχουν προκύψει, κατά μία επιφάνεια , μέχρι να ισορροπηθούν . Η επιφάνεια αυτή είναι το σεισμικό ρήγμα . Τη χρονική αυτή στιγμή γεννιέται ένας σεισμός .

## Εκτίμηση φαινομένου

Για να εκτιμήσουμε τα αποτελέσματα των δονήσεων , θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στοιχεία, ως κοινή βάση σύγκρισης: 1ο στοιχείο: εστία του σεισμού (η υπόγεια θέση που γεννιέται ένας σεισμός) . 2ο στοιχείο : το επίκεντρο του σεισμού (η περιοχή δηλαδή της επιφάνειας της Γης που βρίσκεται κάθετα πάνω από την εστία) Ενσυνεχεία : διάκριση σεισμικών κυμάτων, αποτελέσματα σεισμών ( καταστροφές , πλημμύρες , πυρκαγιές , ανθρώπινα θύματα ) . Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι διαφορετικά λόγω των συνθηκών (αντοχή υπεδάφους , κατασκευή σπιτιών , πυκνότητα πληθυσμού , τοπική ώρα , συνήθειες πληθυσμού) .

Ο σεισμός δημιουργεί ενέργεια , διαδίδοντας την με σεισμικά κύματα , τα οποία μέσω μέτρησης τους , εκτιμάται η ταυτότητα του σεισμικού γεγονότος . Τα σεισμικά κύματα διαχωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες , με κύριες τα κύματα χώρου και τα επιφανειακά κύματα .

Χαμηλότερη συχνότητα από τα κύματα χώρου , έχουν τα επιφανειακά κύματα , οπότε και είναι ευδιάκριτα στο σειсмоγράφημα . Παρ' όλο που καταφθάνουν ύστερα από τα κύματα χώρου , καθίστανται υπεύθυνα για τις ζημιές και τις καταστροφές των σεισμών , που όμως σε βαθύτερους σεισμούς είναι μειωμένες .

Η καταγραφή των σεισμών γίνεται από ένα σειсмоγραφικό δίκτυο και η μέτρηση της μετακίνησης του εδάφους στον τόπο γίνεται από τον εκάστοτε σεισμικό σταθμό . Η δόνηση του εδάφους γίνεται σε ένα σεισμό , εξαιτίας της ολίσθησης βράχων που απελευθερώνουν ενέργεια . Η δόνηση αυτή , ωθεί πλαϊνό τμήμα του εδάφους , αναγκάζοντας το να δονηθεί και κατ' αυτό τον τρόπο διαδίδεται η ενέργεια του σεισμικού κύματος .

## Αποτίμηση φαινομένου

Η καταστροφικότητα ενός σεισμού σχετίζεται πιο πολύ με την ένταση και λιγότερο με το μέγεθος, εξαρτώμενο από διάφορα φυσικά αλλά και τεχνητά πλαίσια, όπως είναι τα εξής:

- Το βάθος της σεισμικής εστίας.
- Η σεισμική επιτάχυνση.
- Η χρονική διάρκεια ενός σεισμού.
- Το έδαφος θεμελίωσης.

Για την αποτίμηση του σεισμικού φαινομένου αναπτύχθηκαν οι όροι του μεγέθους και της έντασης ενός σεισμού.

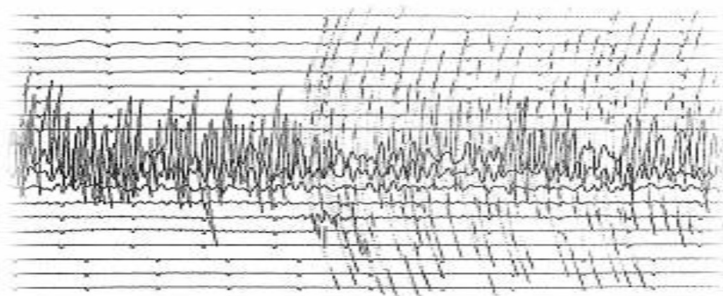
### α) Μέγεθος σεισμού

Η ποσότητα που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ενέργειας ενός σεισμού, είναι το μέγεθος του σεισμού που βασίζεται στη μέτρηση των πλατών των σεισμικών κυμάτων τα οποία καταγράφονται από τα σεισμολογικά όργανα. Διαπιστώνουμε ότι κάθε κέντρο, για τον ίδιο σεισμό, ανακοινώνει διαφορετικό μέγεθος. Το πιο κοινό μέτρο είναι το μέγεθος  $M$  και οπουδήποτε να είμαστε, είναι πάντα ο ίδιος αριθμός, αφού είναι μέτρο μεγέθους της πηγής ενός σεισμού. Η κλίμακα **Richter** μετρά τη μεγαλύτερη διαταραχή-κίνηση στην καταγραφή, αλλά υπάρχουν και άλλες κλίμακες μεγέθους που μετρούν διαφορετικά μέρη του σεισμού.

Μια αύξηση του μεγέθους κατά ένα (για παράδειγμα, από 3.5 σε 4.5) αναπαριστά μια δεκαπλάσια αύξηση στο πλάτος του κύματος σε ένα σειсмоγράφο ή περίπου μια αύξηση περίπου κατά 25 φορές. Ένας σεισμός μεγέθους 6.5 ελευθερώνει πάνω από 700 φορές (25 επί 25) την ενέργεια ενός σεισμού 3,5.



1 Σειсмоγράφος



2 Σειсмоγράφημα

## β) Ένταση σεισμού

Η ένταση ενός σεισμού μας φανερώνει τις συνέπειες του σε διάφορες θέσεις . Εξαρτάται από το μέγεθος του σεισμού , την απόσταση από το επίκεντρο του σεισμού αλλά και τη γεωλογική μορφολογία .

Οι κλίμακες έντασης , (Mercalli και Rossi-Forel) , υπολογίζουν ποσοτικά τη σεισμική αναταραχή σε μια ιδιαίτερη θέση , που σημαίνει πως αναλόγως την τοποθεσία θα μεταβάλλεται και η ένταση ενός σεισμού . Αξιοσημείωτο είναι ότι για κάθε τύπο σεισμικού κύματος και συγκεκριμένης συχνότητας , είναι έγκυρο κάθε μέγεθος .

Με την εμφάνιση ενός σεισμού οι υποβληθήσες πληροφορίες για επεξεργασία βασίζονται σε υποσύνολο σεισμικών σταθμών , κυρίως σε έναν μεγάλο σεισμό . Αυτό συμβαίνει για να ληφθούν άμεσα πληροφορίες , χωρίς την αναμονή των πληροφοριών όλων των σταθμών (θα πραγματοποιηθεί αργότερα αυτό) .Έτσι, το αρχικό ανακοινωθέν μέγεθος βασίζεται συνήθως σε μικρότερο αριθμό καταγραφών από το σειсмоγραφικό δίκτυο . Εν συνεχεία προστίθενται στοιχεία , πραγματοποιείται καινούρια επεξεργασία , οπότε και γίνεται με ακρίβεια το κέντρο και το μέγεθος .

Συχνά, αναφέρονται για έναν σεισμό διάφορα , ελαφρώς διαφορετικά , μεγέθη . Αυτό συμβαίνει επειδή η σχέση μεταξύ των σεισμικών μετρήσεων και του μεγέθους είναι σύνθετη και διαφορετικές διαδικασίες θα δώσουν συχνά ελαφρώς διαφορετικά μεγέθη για τον ίδιο σεισμό .

Το πόσο καταστροφικός είναι ένας σεισμός εξαρτάται από διάφορους σημαντικούς παράγοντες όπως η γεωμορφολογία , το εστιακό βάθος, οι κατασκευές , η επίκεντρη απόσταση .

## Σεισμικός κίνδυνος

Ο σεισμικός κίνδυνος « R » , εξαρτάται από την σεισμική επικινδυνότητα μιας περιοχής, δηλαδή από την αναμενόμενη ένταση της σεισμικής κίνησης στην περιοχή

αυτή και από την τρωτότητα των κατασκευών ως μέτρο των ιδιοτήτων των κατασκευών (όπως είναι οι γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής, ποιότητα κατασκευών

κ.α.) . Ο σεισμικός κίνδυνος εκτιμάται από τις αρνητικές συνέπειες στις τεχνικές κατασκευές , νεκρούς ή τραυματίες και γενικότερα στα κοινωνικο-οικονομικά και πολιτισμικά χαρακτηριστικά .

Για να μελετηθεί ο σεισμικός κίνδυνος θα πρέπει να γνωρίζουμε τη συχνότητα επαναλήψεων τηςμαχέντασης 'I' του σεισμού καθώς και τη χωρική της κατανομή.

Μελετώντας τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις , πληροφορούμαστε για τις επιδράσεις σεισμών στις τεχνικές κατασκευές κι έτσι εφαρμόζεται αυτή η εμπειρία για την κατασκευή ασφαλέστερων κτιρίων.

## **Παράγοντες που επηρεάζουν τον R**

Για να αντιμετωπιστεί ο σεισμικός κίνδυνος απαιτείται μακροχρόνιος σχεδιασμός για την κάλυψη μελλοντικών αναγκών , καθώς και η εφαρμογή των μέτρων απαιτεί διάρκεια και αποτελεσματικότητα . Για το λόγο αυτό , θα πρέπει να τεθεί ως προτεραιότητα η περιφερειακή αντισεισμική πολιτική με υλοποιήσιμους στόχους λαμβάνοντας υπόψη την επιστημονική γνώση . Για το σκοπό αυτό τίθενται οι παρακάτω στόχοι :

Ο χωροταξικός σχεδιασμός , ο εμπλουτισμός και προσαρμογή με τα σύγχρονα σεισμολογικά δεδομένα του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού , η εξασφάλιση της εφαρμογής των μέτρων και ρυθμίσεων των κατασκευών , ο συνεχής έλεγχος των ήδη υπάρχοντων υποδομών, σχολείων, νοσοκομείων κτλ. , η προαγωγή μηχανισμών για άμεση επέμβαση και αποκατάσταση και οι συνεχόμενες εκπαιδεύσεις και ενημερώσεις για την αντισεισμική συνείδηση σε ατομικό επίπεδο .

Σημαντική πρόοδος σημειώνεται στις καινούριες κτιριακές κατασκευές , για την αντιμετώπιση σεισμικών κινδύνων , ενώ για πιο παλιά κτίρια προβλέπονται τα εξής :

- 1) Προσεισμικός έλεγχος των δημόσιων κτιρίων με απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ .
- 2) Παροχή οδηγιών και συστάσεις για επισκευή ή και ενίσχυση των κτιρίων .

## **Επίδραση σεισμού σε κατασκευές από σκυρόδεμα**

### **Συμπεριφορά κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Η πλειοψηφία των υπάρχοντων κτηρίων σε σεισμικές περιοχές , είναι κατασκευασμένα από Οπλισμένο σκυρόδεμα , και αυτό γιατί με την κατάλληλη σχεδίαση και κατασκευή το οπλισμένο σκυρόδεμα ανταπεξέρχεται καλύτερα σε σχέση με άλλο τύπου υλικού . Πετυχαίνει ουσιαστική σκληρότητα , οπότε παρατηρείται ελάχιστη σεισμική παραμόρφωση και άρα μειώνονται οι μη δομικές ζημιές . Χρησιμοποιείται σε Ελλάδα και Τουρκία , αφού είναι εύκολα διαθέσιμο και οικονομικό .

Ο φέρον μηχανισμός θα πρέπει να είναι σωστά επιλεγμένος , αφού είναι σημαντικός για σωστή επίδοση σε οποιοδήποτε φορτίο . Κτιριακές κατασκευές με

απλή , συμπαγής διαρρύθμιση εδραιώνουν μία συνεχή και περιττή πλευρική δύναμη , που αντιστεκόμενη στις τάσεις του συστήματος , γίνονται θεμιτές . Αντίθετα , σύνθετοι δομικοί μηχανισμοί που είναι ασαφείς στην ανάλυση ή βασίζονται σε ικανούς τρόπους μη πλευρικών φορτίων , δύνανται να οδηγήσουν σε αβέβαιες και μη θεμιτές δομικές συμπεριφορές .

### **Τήρηση παραμέτρων στο σεισμικό σχεδιασμό :**

- α. Συνοχή . Ο εφοδιασμός προς τα θεμέλια συνεχούς πορείας φορτίων , είναι ένα απαραίτητο στοιχείο οποιουδήποτε μηχανισμού πλευρικής στήριξης . Αναπτυσσόμενα μηχανικά φορτία πρέπει να μεταβιβάζονται από τα αντιδρώντα στοιχεία , στα διαφράγματα του πατώματος , στα υποστυλώματα , στα θεμέλια και από εκεί στο έδαφος . Η αδυναμία παροχής αντοχής και σκληρότητας από μεμονωμένα μέλη του συστήματος , ή ανεπάρκεια σύνδεσης μεμονωμένων στοιχείων μαζί , μπορεί να οδηγήσει σε ολική κατάρρευση του συστήματος .
- β. Κανονικότητα . Οι γενικότερες απότομες αλλαγές στην αντοχή , στη μάζα οριζοντίως ή καθέτως σε ένα κτήριο μπορεί να οδηγήσει σε διαμοιρασμό των πλευρικών φορτίων και παραμορφώσεις σε δομές .
- γ. Ακαμψία . Ο έλεγχος της πλευρικής κλίσης σε κεντρικό σημείο σε καθένα στοιχείο , είναι το σημείο εστίασης των περισσότερων . Η υπερβάλλουσα κλίση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την διαστρέβλωση , οπότε και ζημιά στα δομικά και μη δομικά συστατικά . Το επισκευαστικό κόστος θεωρείται το πρωταρχικό μέτρο επιτυχίας ενός διασωθέν κτιρίου , οπότε ο έλεγχος ζημίας είναι ουσιαστικός . Είναι αρκετά σημαντικός ο έλεγχος ζημίας στα μη δομικά συστατικά , αφού συμπεριλαμβάνουν την πλειοψηφία της συνολικής αξίας του κτιρίου , καθώς και επειδή η αστοχία των μη δομικών στοιχείων είναι δυνατόν να προκαλέσει τραυματισμό ή θάνατο . Ο έλεγχος της κλίσης είναι εξίσου σημαντικός αφού το κάθε όγκιμο στοιχείο του δομικού συστήματος , δύναται να ζημιωθεί από την υπερβολική διαστρέβλωση . Εάν ένα δομικό σύστημα είναι υπερβολικά εύκαμπτο , και ιδιαίτερα εάν αυτό είναι επίσης ογκώδες , η κατάρρευση μπορεί να εμφανιστεί λόγω p-d των αποτελεσμάτων .
- δ. Μάζα . Αυξήσεις των πλευρικών αδρανών δυνάμεων , μειωμένη ολκιμότητα κάθετου φορτίου, καθώς και αύξουσα ροπή προς την κατάρρευση λόγω p-d των αποτελεσμάτων , μπορεί να οδηγήσει η υπερβολική μάζα . Γι' αυτούς τους λόγους θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα ελαφρύ σύστημα , χωρίς να σημαίνει ότι τα αδρανή ελαφριά χρησιμοποιούνται για όλα τα σκυροδέματα , εφόσον και αυτά είναι δυνατό να εμφανίσουν πιο χαμηλή απόδοση από ότι τα σκυροδέματα κανονικού βάρους .
- ε. Πλεονασμός . Ο πλεονασμός σε ένα δομικό σύστημα μπορεί να επιτρέψει σε περίπτωση αποτυχίας των βασικών στοιχείων , την κατανομή των εσωτερικών δυνάμεων . Ο πλεονασμός σε συνδυασμό με την επάρκεια της δύναμης , την



ακαμψία και τη συνοχή , δύναται να μετριάσει στις λεπτομέρειες ολκιμότητας την ανάγκη των υπερβολών .

## Αντισεισμικός Κανονισμός

Ο Αντισεισμικός Κανονισμός , παρέχει οδηγίες και καθορίζει τις ελάχιστες κατασκευαστικές απαιτήσεις . (...Ο πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ) έγινε νόμος το 1959 και αναθεωρήθηκε το 1984 όπου συμπληρώθηκε με πρόσθετα άρθρα, η αποκλειστική εφαρμογή των οποίων άρχισε το 1985 . Ο Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΝΕΑΚ) , ψηφίστηκε από την Βουλή το 1992 και εφαρμόστηκε τέσσερα χρόνια μετά, το 1996 . Αναθεωρήθηκε ως προς το τεχνικό μέρος του το 2000 , ενώ προτείνει την χρήση ενός τύπου για τον υπολογισμό των σεισμικών δυνάμεων.

Από τότε μέχρι σήμερα, στο αρχικό κείμενο του ΕΑΚ - 2000 έχουν γίνει τροποποιήσεις, συμπληρώσεις και διευκρινήσεις που κρίθηκαν αναγκαίες.

Το 2003 συμπεριλήφθηκε στον Κανονισμό ο Νέος Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας. Στο Χάρτη αυτό υπάρχουν 3 Ζώνες Σεισμικής Επικινδυνότητας σε αντίθεση με τον προηγούμενό του που υπήρχαν 4 .

Ο τύπος είναι :

$$R(T)=a \cdot i \cdot \beta(T) / q \cdot \eta \cdot \theta$$

Όπου : T = ιδιοπερίοδος της τεχνικής κατασκευής

Η εδαφική επιτάχυνση 'α' καθορίζεται βάσει 1) της κατηγορίας της ζώνης που βρίσκεται η τεχνική κατασκευή (I, II ή III) και 2) της περιόδου επανάληψης  $T_m$  . (Πανάγου , 2008).

Οι τιμές του παράγοντα 'i' κυμαίνονται από 0,85 έως 1,30 , αναλόγως τον κίνδυνο ή τη σπουδαιότητα της κατασκευής , σε περίπτωση που καταστραφεί .

Ο υπολογισμός του παράγοντα φάσματος 'β(T)', γίνεται με τη χρήση σχέσεων , παίρνοντας διάφορες τιμές εξαρτώμενες από το έδαφος θεμελίωσης

Οι τιμές του παράγοντα ποιότητας 'q', κυμαίνονται από 1εως 4 και καθορίζονται βάσει ποιότητας των κατασκευαστικών υλικών .

Αναφορικά με τον παράγοντα απόσβεσης 'η', δίνεται με τη χρήση μαθηματικού Τύπου .

Ο παράγοντας θεμελίωσης 'θ', κυμαίνεται από 0.8 εως 1, εξαρτώμενος από το βάθος και τη δυσκαμψία της θεμελίωσης (ΕΑΚ, 2000)\_\_\_

## Βλάβες από σεισμό

### 1. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΑΠΟ ΣΥΝΑΦΕΙΑ

Οι τάσεις συνάφειας που δρουν κατά μήκος των νευροχαλύβων δημιουργούν περιμετρικές εφελκυστικές τάσεις στο γύρω σκυρόδεμα . Σε μέλη με έντονες

μεταβολές ροπών κατά το μήκος τους λόγω σεισμικών δράσεων μπορούν να υπάρχουν υψηλές τάσεις συνάφειας . Εάν οι διαμήκεις οπλισμοί μιας δοκού ή ενός υποστυλώματος δεν περιβάλλονται από πυκνούς συνδετήρες ή εγκάρσιους συνδέσμους , μπορούν να δημιουργηθούν ρωγμές διάσπασης κατά μήκος των ράβδων, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται νευροχάλυβες μεγάλης διαμέτρου, ή όταν το πάχος της επικάλυψης είναι μικρό . Αυτές οι ρωγμές διάσπασης μπορεί να οδηγήσουν σε αποφλοιώση του σκυροδέματος επικάλυψης (Φωτ.1) και σε μείωση της συνάφειας , των διαμήκων και εγκάρσιων οπλισμών. Εάν στη ζώνη αποφλοιώσης βρίσκονται τα άκρα συνδετήρων τότε υπάρχει κίνδυνος να ανοίξει ο συνδετήρας και να χαθεί η περίσφιγξη , όπως περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω . Επομένως έχουμε εξασθένηση του υποστυλώματος και αυξημένες πιθανότητες δημιουργίας περαιτέρω αστοχιών κατά τη διάρκεια του σεισμού . Τα παραπάνω φαινόμενα επιδεινώνονται στην περίπτωση που προϋπάρχει διάβρωση του οπλισμού .



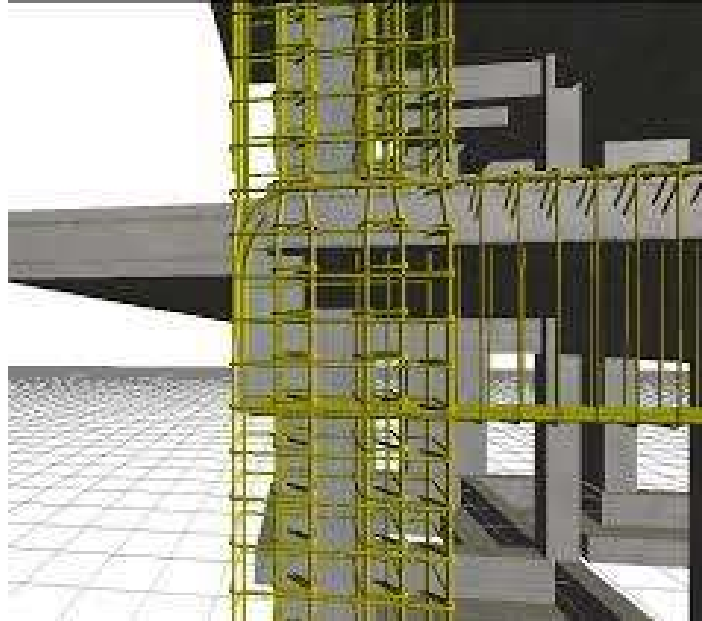
## 2. ΑΣΤΟΧΙΑ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΔΙΑΜΗΚΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Ο διαμήκης οπλισμός ακραίων δοκών πρέπει να αγκυρωθεί μέσα στον κόμβο δοκού – υποστυλώματος . Σε πολλές περιπτώσεις το πλάτος του υποστυλώματος δεν επαρκεί για αυτή την αγκύρωση ακόμα και εάν χρησιμοποιηθεί άγκιστρο στο άκρο της ράβδου . Συνήθης περίπτωση ανεπαρκούς αγκύρωσης είναι οι κάτω ράβδοι δοκών που αγκυρώνονται σε μικρό βάθος μέσα στον κόμβο. Όταν το μήκος αγκύρωσης δεν επαρκεί οι ράβδοι ολισθαίνουν και δημιουργείται ρωγμή κάθετα προς τη διεύθυνση ολίσθησης .

Σε ακραίους κόμβους υποστυλωμάτων οι διαμήκεις οπλισμοί αγκυρώνονται μέσα στον κόμβο . Σε παλαιότερες κατασκευές δεν τοποθετούνταν συνδετήρες μέσα στον κόμβο , οπότε οι οπλισμοί του υποστυλώματος αγκυρώνονταν σε ουσιαστικά

άοπλο σκυρόδεμα . Υπό τη δράση κυκλικών ανελαστικών φορτο-αποφορτίσεων αναπτύσσονται τάσεις διαρρήξεως στις ζώνες αγκύρωσης οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν διάρρηξη του απερίσφιγκτου σκυροδέματος του κόμβου .

Όλοι οι σύγχρονοι κανονισμοί απαιτούν την τοποθέτηση εγκάρσιων οπλισμών στις περιοχές των αγκυρώσεων και στους κόμβους συνήθως επαρκεί ο εγκάρσιος οπλισμός που πρέπει να υπάρχει και εξυπηρετεί άλλο σκοπό (π.χ. οπλισμός διάτμησης) .



### 3. ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

Η πιο ψαθυρή μορφή αστοχίας μελών είναι από διάτμηση και συμβαίνει στις θέσεις μέγιστης διάτμησης, δηλαδή στα άκρα των στοιχείων. Ένα ψαθυρό μέλος αστοχεί απότομα μόλις αναλάβει τη μέγιστη έντασή του, δηλαδή χωρίς προειδοποίηση της επικείμενης αστοχίας. Ειδικά για τα υποστυλώματα μια ψαθυρή αστοχία μπορεί να οδηγήσει σε τοπική απώλεια ευστάθειας και στη συνέχεια σε πλήρη κατάρρευση ενός κτιρίου χωρίς να δοθεί ο χρόνος για την εκκένωσή του.

Επομένως υπάρχει αυξημένος κίνδυνος απώλειας ζωής και αυξημένο οικονομικό κόστος.

Διατμητικές αστοχίες στα υποστυλώματα εμφανίζονται στις περιοχές μέγιστης διάτμησης , δηλαδή στα άκρα τους (κρίσιμες περιοχές).

Διατμητική αστοχία σε ένα υποστυλώμα μπορεί να εμφανισθεί στο πάνω ή στο κάτω άκρο ή λιγότερο συχνά και στα δύο άκρα .



Οι διατμητικές αστοχίες οφείλονται σε ανεπάρκεια των συνδετήρων / εγκάρσιων συνδέσμων σε μέγεθος διαμέτρου, πυκνότητα και αντοχή . Το σκυρόδεμα και οι συνδετήρες σε αυτές τις περιπτώσεις δεν επαρκούν για να αναλάβουν τις μεγάλες διατμητικές δυνάμεις από το σεισμό στα άκρα των υποστυλωμάτων και αυτό οδηγεί σε διαγώνια εφελκυστική αστοχία του σκυροδέματος . Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις έχουμε και θραύση συνδετήρων .

Για να αποφευχθεί ο λυγισμός των κατακόρυφων οπλισμών λόγω θλίψης από την εναλλασσόμενη ένταση του σεισμού απαιτείται από τους σημερινούς κανονισμούς οι οπλισμοί αυτοί να συγκρατούνται από πυκνούς συνδετήρες ή εγκάρσιους συνδέσμους κατάλληλης διαμέτρου και να διατάσσονται κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής έτσι ώστε η απόστασή τους να μην ξεπερνά τα 200 mm . Τέτοιες απαιτήσεις δεν υπήρχαν στους παλαιότερους κανονισμούς και είναι ένας από τους κύριους λόγους αστοχιών υποστυλωμάτων σε διάτμηση .

Τα άκρα των συνδετήρων πρέπει να αγκυρώνονται στον πυρήνα της διατομής καμπτόμενα κατά  $135^\circ$  τουλάχιστον ή να συγκολλούνται μεταξύ τους . Στις παλαιότερες κατασκευές η κάμψη των άκρων γινόταν κατά  $90^\circ$  , δηλαδή μέσα στην επικάλυψη των οπλισμών , οπότε κατά την αποφλοίωση αυτής , που είναι σύνηθες φαινόμενο στα αρχικά στάδια του σεισμού , μειώνεται δραστικά η περίσφιξη των συνδετήρων .

Η σωστή κατασκευή και τοποθέτηση πυκνών συνδετήρων , κατάλληλης διαμέτρου και αντοχής , συνεισφέρει στην εξασφάλιση επαρκούς διατμητικής αντοχής , στην περίσφιξη του σκυροδέματος για να εξασφαλισθεί ικανοποιητική πλαστιμότητα , στην αποτροπή λυγισμού των διαμήκων ράβδων και στη βελτίωση της αγκύρωσής τους .

Σε πολλές κατασκευές χρησιμοποιούνται τοιχοποιίες μεταξύ υποστυλωμάτων από το επίπεδο της πλάκας του ορόφου μέχρι το κάτω μέρος του παραθύρου, αφήνοντας έτσι ένα σχετικά μικρό τμήμα του υποστυλώματος στο πάνω μέρος του ελεύθερο . Η διατμητική δύναμη που αναλαμβάνει το υποστυλώμα με ουσιαστικά μικρότερο ύψος είναι μεγαλύτερη από αυτή που θα αναλάμβανε το αντίστοιχο υποστυλώμα με πλήρες ύψος . Εάν αυτό δεν ληφθεί υπόψη στους υπολογισμούς ,

και δεν τοποθετηθούν πολλοί και πυκνοί συνδετήρες , μπορεί να δημιουργηθεί διατμητική αστοχία στο «κοντό υποστυλώμα» που σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί σε πλήρη αστοχία και κατάρρευση της κατασκευής .

Τα τοιχώματα είναι πιο ευάλωτα σε διατμητική αστοχία από τα υποστυλώματα , διότι αναλαμβάνουν ανάλογα με την ακαμψία τους αυξημένο ποσοστό της συνολικής τέμνουσας ορόφου.

Στους παλαιότερους κανονισμούς δεν προβλεπόταν ουσιαστικά ιδιαίτερη όπλιση των τοιχωμάτων σε σχέση με τα υποστυλώματα και για το λόγο αυτό τοιχώματα παλαιότερων κατασκευών αστοχούν σε διάτμηση με μεγάλες παραμορφώσεις . Στους σύγχρονους κανονισμούς προβλέπονται , εκτός των συνήθων οπλισμών κορμού, κρίσιμες περιοχές στο πάνω και κάτω άκρο με πολλούς και πυκνούς συνδετήρες , και στο δεξιό και αριστερό άκρο διαμόρφωση και όπλιση σαν περισφιγμένα υποστυλώματα .

#### 4. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΟΜΒΩΝ

Οι κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων δεν προβλεπόταν κατά τους παλαιότερους κανονισμούς να ελέγχονται για διατμητικές τάσεις και δεν τοποθετούνταν συνδετήρες μέσα σε αυτούς . Για το λόγο αυτό σε εξωτερικούς κόμβους , όπου η δοκός και τα υποστυλώματα που συντρέχουν σε αυτούς δεν παρουσιάζουν αστοχία , μπορεί να εμφανιστεί διαγώνια εφελκυστική αστοχία . Αυτή η διαγώνια ρηγμάτωση , λόγω της απουσίας συνδετήρων, είναι ψαθυρής μορφής και μειώνει την ακαμψία της κατασκευής . Το εύρος της ρηγμάτωσης και οι επιπτώσεις της βλάβης του κόμβου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και σε μερικές περιπτώσεις μειώνεται πολύ η ακαμψία του κόμβου ή χάνεται η στήριξη της δοκού στο υποστυλώμα και ακολουθεί κατάρρευση της κατασκευής.

Σε όλους τους σύγχρονους κανονισμούς απαιτείται οι συνδετήρες που τοποθετούνται στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων πάνω και κάτω από τον κόμβο να συνεχίζονται και μέσα σε αυτόν.

#### 5. ΑΛΛΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Η τοποθέτηση υδρορροών εντός των υποστυλωμάτων απαγορεύεται διότι μπορεί να προκληθεί τοπική αστοχία και να μην μπορούν να λειτουργήσουν οι συνδετήρες δημιουργώντας περίσφιγξη.

Όταν κατασκευάζονται κτίρια σε επαφή , ή πολύ κοντά μεταξύ τους, μπορεί να προκληθεί αστοχία από εμβολισμό. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν οι πλάκες των δύο γειτονικών κτιρίων δεν είναι στο ίδιο ύψος και η πάνω πλάκα του χαμηλότερου κτιρίου εμβολίζει τα υποστυλώματα του γειτονικού κτιρίου .

Σε κτίρια με εκτεταμένη κάτοψη , όπου επιλέγεται η χρήση αρμών διαστολής για περιορισμό των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων από συστολή ξηράνσεως και

θερμοκρασιακές μεταβολές , χρειάζεται ειδική διαμόρφωση και όπλιση των αρμών αυτών ώστε τα μέλη που συντρέχουν σε αυτούς να μην κινδυνεύουν να χάσουν τη στήριξή τους όταν δημιουργηθεί μεγάλο άνοιγμα των αρμών από τις οριζόντιες σεισμικές μετακινήσεις .

## **Συμπεράσματα**

Από τις παρατηρήσεις βλαβών σε κτίρια από το σεισμό της Αθήνας του 1999 επιβεβαιώθηκε η σημασία που έχει η διαστασιολόγηση των μελών της κατασκευής και οι λεπτομέρειες όπλισης ώστε σε μεγάλο σεισμό τα μέλη και οι συνδέσεις τους να μπορούν να αναλάβουν μεγάλες μετελαστικές παραμορφώσεις χωρίς σημαντική μείωση της αντοχής τους, οι ψαθυρές αστοχίες (από διάτμηση , αγκύρωση) να μην προηγούνται των πλαστικών αστοχιών (από κάμψη) και να αποφεύγονται βλάβες στα κατακόρυφα στοιχεία και στους κόμβους .

Πολύπλοκοι φέροντες οργανισμοί που εισάγουν αβεβαιότητες στην ανάλυση και τη διαστασιολόγηση ή που δεν επιτρέπουν ανακατανομές της εντάσεως μπορεί να οδηγήσουν σε απρόβλεπτη και μη επιθυμητή συμπεριφορά .

Εκτός όμως από τη γενικότερη συμπεριφορά του κτιρίου έχει παρατηρηθεί ότι ο σωστός σχεδιασμός αντισεισμικών κατασκευών βασίζεται στην πλαστιμότητα των επιμέρους μελών του φορέα τα οποία πρέπει να επιτρέπουν την ανακατανομή της εντάσεως και κατά συνέπεια την μείωση των εσωτερικών εντάσεων και την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας . Παρατηρήσεις έχουν αποδείξει την σημασία που έχουν αφενός μεν η διαστασιολόγηση των μελών της κατασκευής ώστε να εξασφαλίζεται ανελαστική συμπεριφορά σε ορισμένες επιθυμητές θέσεις της κατασκευής , αφ' ετέρου δε οι λεπτομέρειες όπλισης των μελών ώστε να εξασφαλίζεται επαρκώς η πλαστιμότητα στις θέσεις αυτές όπου δημιουργούνται πλαστικές αρθρώσεις .

## **Ενέργειες μετά το σεισμικό φαινόμενο**

### **Έλεγχος**

Μετά από μια σεισμική δόνηση σημαντικό για ένα κτίριο είναι η αποτίμηση των ζημιών.

Κάθε κτίριο θα πρέπει να εξεταστεί με κριτήρια τεχνικά, οικονομικά και κοινωνικά για να αποφασιστεί αν συμφέρει να επισκευαστεί ή να ανακατασκευαστεί. Θα πρέπει να επιδιώκεται όχι μόνο η αποκατάσταση των ζημιών αλλά και η αποκατάσταση του βαθμού αντισεισμικής ασφάλειας που είχε πριν το σεισμό ή ακόμα και η αύξηση της ασφάλειας αυτής αν κριθεί ότι η οικοδομή δεν ήταν ασφαλής προ του σεισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση

της ικανότητας του κτιρίου να απορροφήσει τη σεισμική ενέργεια και να την καταναείμει στο φέροντα οργανισμό του.

Στα βασικά κριτήρια μιας μελέτης εκτιμάται :

- Το κόστος της επισκευής
- Το κόστος της αντικατάστασης
- Τα εκτιμώμενα χρόνια ζωής του κτιρίου
- Η ηλικία του κτιρίου
- Οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες

Γίνεται δεκτό , σαν κριτήριο , ότι το κόστος επισκευής πρέπει να είναι μικρότερο από το 80% της απομένουσας αξίας του κτιρίου . Η απομένουσα αξία του κτιρίου υπολογίζεται από το κόστος αντικαταστάσεως , μειωμένο αναλογικά κατά τα χρόνια της ζωής του , σε σχέση προς την κατ' εκτίμηση συνολική διάρκεια ζωής .

Δηλαδή το κριτήριο εκφράζεται ως εξής:

$$K_e \leq 0,80 \times K_a \times [(E\zeta - H\lambda) / E\zeta] / E\zeta$$

Το κριτήριο αυτό είναι συμβουλευτικό , γιατί υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την τελική απόφαση , και συγκεκριμένα :

- ❖ Η σημασία που έχει το κτίριο για την ζωή της πόλεως , εν σχέση με το χρόνο που χρειάζεται η επισκευή ή η ανακατασκευή (π.χ. δημόσια κτίρια, νοσοκομεία, αεροστάθμη κ.λπ.).
- ❖ Κοινωνικοί , πολιτιστικοί , και αισθητικοί λόγοι .
- ❖ Βελτίωση της πολεοδομίας της πόλεως κ.λπ.

Στην εκτίμηση του οικονομικού κριτηρίου του κόστους επισκευής (Κε) υπεισέρχονται τα εκτιμώμενα χρόνια ζωής του κτιρίου (Εζ) .

Η διάρκεια αυτή καθορίζεται συμβατικά σε 100 χρόνια για οικοδομές Κατοικιών . Για κτίρια ειδικών χρήσεων, ή και για οποιοδήποτε κτίρια σε ειδικές περιοχές , η συμβατική κατ' εκτίμηση διάρκεια ζωής των κτιρίων θα καθορίζεται με υπουργικές αποφάσεις .

Με βάση τα ανωτέρω κριτήρια , ο μελετητής κρίνει αν τα κτίριο είναι επισκευάσιμο ή κατεδαφιστέο .

Όταν αποφασισθεί ότι το κτίριο είναι επισκευάσιμο ο μελετητής προβαίνει στη συντάξει της μελέτης .

## Μεθοδολογία εκπόνησης μελέτης

Η μελέτη επισκευής του κτιρίου με σοβαρές ζημιές από σεισμό , πρέπει πάντοτε να βασίζεται στον έλεγχο της αντισεισμικής συμπεριφοράς του και την εξακρίβωση των αιτιών από τα οποία προκλήθηκαν οι αστοχίες .

Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται λεπτομερώς τα επόμενα στοιχεία : η τοπογραφία του γηπέδου , η σύσταση , η ομοιογένεια και η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους , η τυχόν ύπαρξη αγωγών αποχετεύσεως ή άλλων και η θέση τους σε σχέση με το κτίριο . Επίσης εξετάζεται η συμφωνία της μελέτης με την κατασκευή , η τυχόν υπερφόρτιση του κτιρίου , η σωστή γεωμετρική θέση των στοιχείων του φέροντος οργανισμού ( αν τα υποστυλώματα είναι κατακόρυφα κ.λπ.) , και η ποιότητα των υλικών και της κατασκευής .

❖ Αρχικά γίνεται η εξέταση του υπάρχοντος δομήματος .

Εδώ περιλαμβάνεται η αυτοψία, ο έλεγχος αν τηρήθηκε η αρχική μελέτη (εφόσον υπάρχει διαθέσιμη) και η αποτύπωση των βλαβών (φέροντος οργανισμού και τοίχων πληρώσεως) . Με βάση τα αποτελέσματα της αυτοψίας κατατάσσονται οι βλάβες σε γενικού ή τοπικού χαρακτήρα , σύμφωνα με το άρθρο 1ο της με αριθμό 5172/AZ5β, από 18/10/99, απόφασης του υφυπουργού ΠΕΧΩΔΕ .

Εάν οι βλάβες είναι τοπικού χαρακτήρα, δεν είναι υποχρεωτική η εκπόνηση μελέτης για το σύνολο του Φ.Ο. του δομήματος . Ωστόσο , επειδή ένα κτήριο με εκτεταμένες βλάβες σε δοκούς και πλάκες , τελείως αποδιοργανωμένους τοίχους πληρώσεως με χιαστί διαμπερείς ρωγμές , συν τριχοειδείς ρωγμές στο 30% των κατακόρυφων στοιχείων του ανά όροφο , θεωρείται ότι έχει βλάβες τοπικού χαρακτήρα , καλό είναι ο μελετητής να προβαίνει στη μελέτη για το σύνολο του Φ.Ο. σε κάθε περίπτωση που το κρίνει απαραίτητο , ύστερα από τη σύμφωνη γνώμη του ιδιοκτήτη .

Εξάλλου , κάτι τέτοιο θα γίνει ούτως ή άλλως στην περίπτωση ενίσχυσης του κτηρίου . Κατά την κρίση του μελετητή , μπορεί να απαιτηθούν επίσης , στο στάδιο αυτό ή σε επόμενο , εργαστηριακοί έλεγχοι , τόσο για τα υλικά κατασκευής , όσο και για το έδαφος θεμελίωσης .

❖ Γίνεται ανάλυση του δομήματος ως έχει χωρίς ενισχύσεις .

Η ανάλυση αυτή γίνεται υποχρεωτικά όπου υπάρχουν βλάβες γενικού χαρακτήρα ενώ συνίσταται και για σοβαρές βλάβες τοπικού χαρακτήρα , κάτι που είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό του αίτιου της βλάβης και που υπενθυμίζεται ότι είναι υποχρεωτικό . Ο κακός σχεδιασμός , η κακοτεχνία και η υπέρβαση του σεισμικού φορτιού σχεδιασμού είναι κάποια από τα αίτια ή ακόμα και ο συνδυασμός αυτών . Η ανάλυση μετά το σεισμό του δομήματος , ακόμα και σε περίπτωση βλαβών τοπικού χαρακτήρα είναι χρήσιμη ως προς την επιλογή τοπικής αντικατάστασης .

❖ Γίνεται ανάλυση του δομήματος με ενισχύσεις .

Γίνεται υποχρεωτικά όπου υπάρχουν βλάβες γενικού χαρακτήρα ενώ συνίσταται και για σοβαρές βλάβες τοπικού χαρακτήρα . Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής γίνεται τόσο η διαστασιολόγηση των ενισχύσεων όσο και ο έλεγχος της συνεργασίας παλαιού και νέου υλικού . Οι ενισχύσεις πρέπει να



διαθέτουν την απαιτούμενη πλαστικότητα , βάση της οποίας γίνεται η διαστασιολόγηση του κτιρίου . Αν οι έλεγχοι δεν πληρούνται εξετάζεται άλλη εναλλακτική λύση , οπότε η ανάλυση και οι έλεγχοι επαναλαμβάνονται .

❖ Υπολογισμός του κόστους επεμβάσεων .

Γίνεται αναλυτικός υπολογισμός κόστους υλικών και εκτέλεσης εργασιών για κάθε διαφορετική περίπτωση αποκατάστασης της βλάβης του φορέα ή ενίσχυσής του .

❖ Μελέτη εφαρμογής .

Μετά την οριστική απόφαση για το είδος της επισκευής ή της ενίσχυσης οριστικοποιείται η στατική μελέτη και συντάσσονται σχέδια γενικά και λεπτομερειών και η τεχνική περιγραφή με τις προδιαγραφές των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν και τη μεθοδολογία εφαρμογής τους .

## **Μέθοδοι επισκευών**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να επισκευαστεί ένα κτίριο από σεισμό, κάποιοι είναι πατροπαράδοτοι κάποιοι είναι πιο σύγχρονοι με νέα υλικά και μεθόδους. Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί έγκειται στον συνυπολογισμό του κόστους και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της εκάστοτε περίπτωσης, από τον μηχανικό - μελετητή του έργου.

Οι κυριότερες μέθοδοι οι οποίες είναι γενικά αποδέκτες για να επισκευή από σεισμούς είναι :

1. Έγχυτο συμβατικό σκυρόδεμα
2. Έγχυτο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής & σταθερού όγκου
3. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ( gunite )
4. Τσιμεντενέσεις ή τσιμεντοκονιάματα
5. Εποξειδικές ρητίνες , εποξειδικά κονιάματα και ρητινοσκυροδέματα
6. Ενίσχυση οπλισμών με ηλεκτροσυγκόλληση νέων
7. Επικόλληση ελασμάτων σε σκυρόδεμα ( beton plaque )
8. Ενίσχυση υποστρωμάτων με μορφοσίδηρο
9. Επισκευή με σύνθετα υλικά
10. Επισκευή με ανθρακοελάσματα
11. Επισκευή με χαλυβδοελάσματα
12. Συνδυασμός μεθόδων

## 1 . Έγχυτο συμβατικό σκυρόδεμα

Το Έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται για επισκευές σε περιπτώσεις που μπορούν να χωρέσουν σχετικά χονδρά αδρανή και σε επιφάνειες όπου μπορεί να σταθεί το επιτόπου χυνόμενο σκυρόδεμα π.χ. στο επάνω πέλμα πλακών ή δοκών ή μέσα σε τύπους για να αποτελέσει μανδύα υποστρωμάτων ή παρειών δοκών ή και για να καλύψει τον τυχόν πρόσθετο οπλισμό ενίσχυσης . Αντίθετα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάτω πέλματα πλακών ή δοκών. Η χρήση του απαιτεί επιμελημένη προετοιμασία και προσεκτική εκτέλεση της σκυροδέτησης .

Οι κυριότερες απαιτήσεις για το έγχυτο σκυρόδεμα στις επισκευές είναι επιμελημένη προετοιμασία και προσεκτική εκτέλεση της σκυροδέτησης , δηλαδή :

- Αποκάλυψη των υπαρχόντων οπλισμών.
- Αφαίρεση του σαθρού σκυροδέματος και διαμόρφωση φαλεών και κοιλοτήτων για τον καλύτερο εγκιβωτισμό του νέου έγχυτου σκυροδέματος.
- Εκτράχυνση του παλαιού σκυροδέματος με εργαλεία ή με αμμοβολή.
- Έκπλυση με άφθονο νερό υπό πίεση και διαβροχή του παλαιού σκυροδέματος επί τριήμερο μέχρι κορεσμού μέχρι της προηγούμενης της διαστρώσεως. (βλέπε και 2.5.3).
- Διάστρωση του νέου σκυροδέματος μετά από δύγρανση του παλαιού.

Η μέγιστη διάσταση κόκκου των αδρανών του έγχυτου σκυροδέματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1/5 της μικρότερης ελεύθερης διάστασης του χώρου που σκυροδετείται .

Το διαστρωνόμενο έγχυτο σκυρόδεμα πρέπει να έχει την κατάλληλη ρευστότητα για τον καλό εγκιβωτισμό και την καλή πρόσφυση με το παλαιό σκυρόδεμα και τους οπλισμούς.

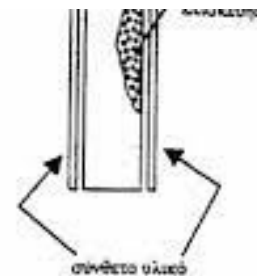
Πρέπει οπωσδήποτε να χρησιμοποιηθεί δονητής κατά τη διάστρωση .

Χρειάζεται να διατηρείται συνεχώς υγρή η επιφάνεια της σκυροδετησεως κατά την πρώτη εβδομάδα της σκλήρυνσης .

Η αντοχή του νέου σκυροδέματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αντοχή του παλαιού κατά 5 MPa .

Στη διεπιφάνεια παλαιού και νέου σκυροδέματος για μεγαλύτερη διασφάλιση συνεργασίας τοποθετείται , κατά την κρίση του μελετητή , ειδική ρητίνη .

- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος, όσο είναι δυνατή.
- Αντικατάσταση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος όπου έχει καθαρευθεί, με έγχυτο σκυρόδεμα ή με έτοιμο κονίαμα σε σακιά.
- Τοποθέτηση στρώσεων σύνθετου υλικού στις δύο παρειές του τοιχείου.



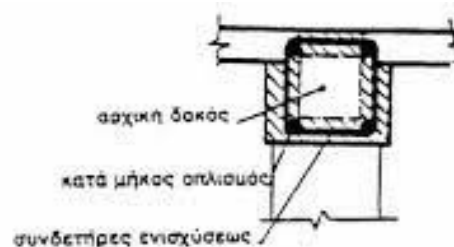


Αποκατάσταση δοκού με έγχυτο σκυρόδεμα

## 2 . Έγχυτο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής & σταθερού όγκου

Για την κατασκευή μανδύων από σκυρόδεμα χρησιμοποιείται «ειδικό τσιμεντοκονίαμα» το οποίο είναι μίγμα τσιμέντου, λεπτόκοκκης άμμου, υπερρυστοποιητών και διογκωτικών σε κατάλληλες αναλογίες. Το τσιμεντοκονίαμα είναι πολύ ρευστό, αποκτά σε πολύ μικρό χρόνο μεγάλες αντοχές και συγχρόνως, σε αντίθεση με το συμβατικό σκυρόδεμα, δεν υφίσταται συστολές ξήρανσης.

- Τοποθέτηση ξυλοτύπων ή δομικού πλέγματος
- Κατασκευή μανδύα με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα



### 3 . Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ( guniting )

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει περισσότερες δυνατότητες χρησιμοποίησης σε επισκευές, γιατί διαστρώνεται σε επιφάνειες οποιαδήποτε κλίσης ακόμη και σε επιφάνειες οροφών, χωρίς τη χρήση ξυλότυπων. Χρειάζεται όμως το συνεργείο να έχει πλήρη γνώση και εμπειρία της τεχνικής της διάστρωσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και τα κατάλληλα υλικά και μηχανήματα .

Η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος συνδυάζεται συνήθως με την ενίσχυση με νέους οπλισμούς και με τη στερέωση λεπτού δομικού πλέγματος εξωτερικώς για τη συγκράτηση του, ιδίως σε στρώσεις μεγάλου πάχους.

Και στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρειάζεται επιμελημένη προετοιμασία και προσεκτική εκτέλεση, όπως καθορίζεται από αντίστοιχους κανονισμούς (π.χ. DIN18551, ACI επιτροπή 506) . Στάδια εφαρμογής εκτοξευόμενου σκυροδέματος περιλαμβάνουν :

- Αποκάλυψη των υπαρχόντων οπλισμών τουλάχιστον όσο χρειάζεται για να συγκολληθούν νέοι , με χρήση κατάλληλων παρεμβλημάτων , όπου απαιτείται .
- Αφαίρεση του σαθρού σκυροδέματος και διαμόρφωση φωλεών και κοιλοτήτων, για τον καλύτερο εγκιβωτισμό του εκτοξευόμενου σκυροδέματος .
- Εκτράχυνση του παλαιού σκυροδέματος με εργαλεία λιθοξόων ή με αμμοβολή .
- Έκπλυση με άφθονο νερό υπό πίεση και στέγνωμα ώστε να μην μείνει νερό στην επιφάνεια.
- Τοποθέτηση ειδικής ρητίνης σε ειδικές περιπτώσεις.
- Θα χρησιμοποιούνται αδρανή με εξαιρετικώς καλή κοκκομετρική σύνθεση, μέγιστη διάμετρος της τάξης των 15mm (βλέπε 3.2.3).

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει μεγάλη συνδετική δύναμη (μικρός χρόνος διαβροχής) , μεγάλη πυκνότητα, μεγάλη αντοχή (μικρή ποσότητα νερού) , μεγάλη συνάφεια με τη σκυροδετούμενη επιφάνεια και μεγάλη ικανότητα διεισδύσεως στις μικροανωμαλίες (μικρές διαστάσεις κόκκων αδρανών).

Η εμπειρία του χειριστού της μονάδας διαστρώσεως του εκτοξευόμενου σκυροδέματος πρέπει να προκύπτει από πιστοποιητικά εργασίας σε οργανισμούς ή εργοληπτικές εταιρείες που έχουν εκτελέσει αξιολογικά έργα με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα .

Ο χειριστής πρέπει να είναι σε θέση να ρυθμίζει ανάλογα με την περίπτωση τις παραμέτρους της εκτοξεύσεως, δηλαδή την ποσότητα του νερού, την ταχύτητα εξόδου του υγρού μείγματος, την απόσταση από την σκυροδετούμενη επιφάνεια, τη γωνία προσπτώσεως στο ελάχιστο του υλικού που αναπηδά, την κατεύθυνση σκυροδετήσεως κλπ.

Μετά την εκτόξευση, και επί μία εβδομάδα, πρέπει να διατηρείται συνεχώς υγρή η επιφάνεια του εκτοξευθέντος σκυροδέματος για τον πρόσθετο λόγο ότι, λόγω λεπτών αδρανών έχουμε μεγάλη διαστολή ξηράνσεως και επομένως μεγαλύτερο κίνδυνο ρηγματώσεως.



*Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε δοκό που ενισχύθηκε ο οπλισμός της με προσθήκη πλέγματος εξωτερικά*

#### **4. Τσιμεντενέσεις ή τσιμεντοκονιάματα**

Οι τσιμεντενέσεις εφαρμόζονται για επισκευές ρωγμών ανοίγματος λίγων χιλιοστών σε τοιχοποιίες ή σκυρόδεμα . Ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται σε φέρουσες τοιχοποιίες από λιθοδομές μεγάλου πάχους . Τα τσιμεντοκονιάματα εφαρμόζονται σε μεγαλύτερες ρωγμές μέχρι πάχους 10mm .



*2 Τσιμεντενέσεις*

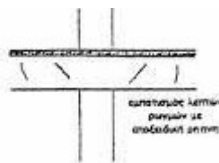


3 Ρητινενέσεις

## 5 . Εποξειδικές ρητίνες , εποξειδικά κονιάματα και ρητινοσκυροδέματα

Οι ρητίνες, και ιδιαίτερα ο πιο συνηθισμένος τύπος τους οι εποξειδικές , χρησιμοποιούνται συνήθως ως υλικό πλήρωσης ρωγμών σκυροδέματος ή τοιχοποιίας ή για επικολλήσεις λεπτών μεταλλικών φύλλων και σύνθετων υλικών επί των επιφανειών του σκυροδέματος . Οι εποξειδικές ρητίνες αυτούσιες στη ρευστή τους κατάσταση χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση ρωγμών πλάτους από 0.1mm έως 3mm . Τα εποξειδικά κονιάματα χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση ρωγμών όταν αυτές έχουν πλάτος μεγαλύτερο των 3 mm . Στα ρητινοσκυροδέματα το τσιμέντο έχει υποκατασταθεί από ρητίνη . Χρησιμοποιούνται συνήθως προς συμπλήρωση τεμαχίων σκυροδέματος που έχουν αποσπασθεί .

- Απλή ρηγμάτωση
- Συγκόλληση των ρωγμών με χρήση εποξειδικής ρητίνης.



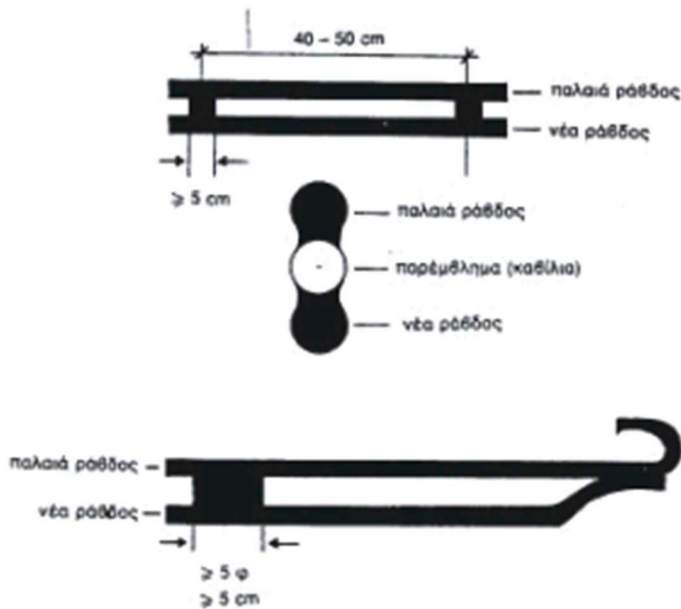
Εφαρμογές εποξειδικής ρητίνης

## 6 . Ενίσχυση οπλισμών με ηλεκτροσυγκόλληση νέων

Οι νέες ράβδοι οπλισμού προτιμότερο να είναι από χάλυβα S220 , S400s ή S500s , χωρίς να αποκλείονται και οι ράβδοι από S400 ή S500 , εάν ο ηλεκτροσυγκολλητής είναι έμπειρος και όπου αυτό επιτρέπεται από τους κανονισμούς .

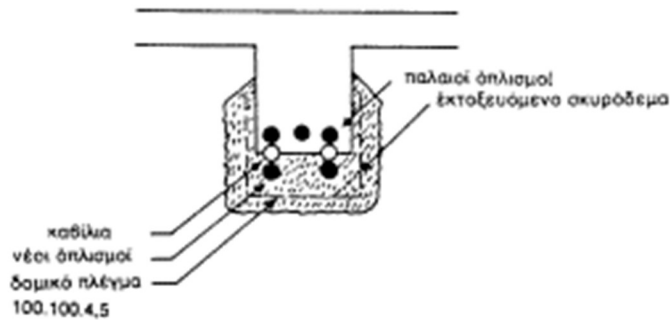
Οι νέες ράβδοι συγκολλούνται επάνω στις παλιές με ηλεκτροσυγκόλληση και με τη βοήθεια παρεμβλημάτων της ίδιας διαμέτρου και μήκους τουλάχιστον  $5\Phi^3$  5 cm για άκαμπτους συνδέσμους και  $10\Phi^3$  5 cm για εύκαμπτους συνδέσμους . Στις θέσεις τελειώματος οι νέες ράβδοι συγκολλούνται απευθείας επάνω στις παλιές με ελαφρά ανάκαμψη .

Η ραφή θα θεωρείται επαρκής όταν για μήκος ραφής  $10\Phi$  απαιτείται όγκος ηλεκτροδίου ίσος τουλάχιστον με  $1\Phi^3$ .



Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μικρή, ώστε να εκλύεται μικρή ποσότητα θερμότητας .

Οι ηλεκτροσυγκολλητές πρέπει να έχουν την αντίστοιχη άδεια ασκήσεως επαγγέλματος του Υπουργείου Βιομηχανίας .



Με τη συγκόλληση νέων ράβδων οπλισμού συνδυάζεται κατά κανόνα η χρήση του εκτοξευομένου σκυροδέματος , χωρίς να αποκλείεται και το έγχυτο .

Το ελαφρό δομικό πλέγμα 100x100x4,5 χρησιμεύει για τη συγκράτηση του εκτοξευομένου σκυροδέματος, καθώς και για την αποφυγή πρόωρης ρηγμάτωσής του .



4 Ενίσχυση υποστυλώματος με μανδύα



- 2 Ενίσχυση δοκού με μανδύα

## 7 . Επικόλληση ελασμάτων σε σκυρόδεμα ( beton plaque )

Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξαιρετικές περιπτώσεις όταν δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε άλλη μέθοδο , π.χ. όταν είναι τελείως απαγορευτική η αύξηση των διαστάσεων μιας δοκού , ή όταν η ενίσχυση ή η αποκατάσταση γίνεται εντελώς τοπικά .

Για τα ελάσματα προτιμάται ο ανοξείδωτος χάλυβας . Πρέπει να είναι λεπτά (συνήθως 1 ως 1,5 mm) , για να μην έχουν τάση αποκολλήσεως και επίσης να είναι εύκαμπτα ώστε να κολλήσουν καλά και να συνεργαστούν με την παλαιά δοκό .

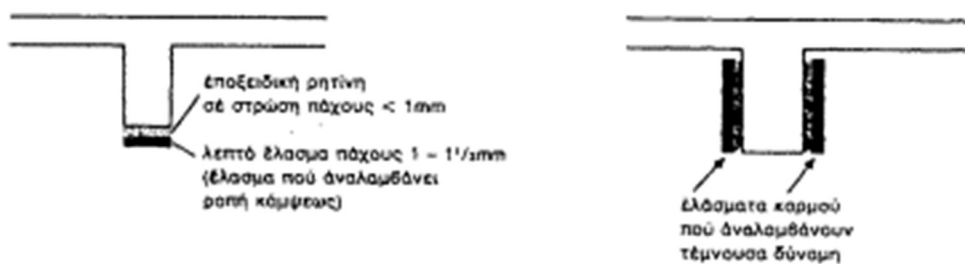
Τα ελάσματα τα συγκολλούμε στο εφελκόμενο πέλμα των δοκών , ώστε να αναλάβουν ροπές κάμψεως ή στις κατακόρυφες παρειές των δοκών , ώστε να αναλάβουν διατμητικές δυνάμεις, είτε στο πέλμα και στις παρειές συγχρόνως .



Προ της συγκολλήσεως πρέπει να γίνει :

- Εξομάλυνση της επιφάνειας του σκυροδέματος που θα έρθει σε επαφή με το συγκολλητικό μέσο .
- Πλύσιμο με νερό υπό πίεση και στέγνωμα .
- Εκτράχυνση της εσωτερικής επιφάνειας των ελασμάτων με αμμοβολή .
- Επάλειψη της επιφάνειας του σκυροδέματος με στρώση εποξειδικής ρητίνης κατάλληλου ιξώδους και λεπτού πάχους (της τάξης του 1 mm) .

Ακολούθως εφαρμόζεται το λεπτό έλασμα που συμπιέζεται ομοιόμορφα επί 24 ώρες τουλάχιστον με χρήση σφικτήρων .



Αν απαιτείται από τους υπολογισμούς μπορεί να επικολληθεί και ένα δεύτερο λεπτό έλασμα επάνω στο πρώτο μετά τη σκλήρυνση της πρώτης στρώσεως της εποξειδικής ρητίνης . Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να εκτραχυνθούν και οι δύο επιφάνειες του πρώτου ελάσματος και η εσωτερική επιφάνεια του δεύτερου ελάσματος , το οποίο θα συμπιεστεί και πάλι με κατάλληλο τρόπο επάνω στη δοκό επί 24 ώρες τουλάχιστον .



Ενίσχυση υποστηλώματος με λάμες

## 8. Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μορφοσίδηρο

Μια τέτοια ενίσχυση συνεπάγεται σημαντική αύξηση της ακαμψίας του υποστυλώματος . Πρέπει επομένως να ληφθεί υπόψη η επίπτωση της στην αντισεισμική συμπεριφορά του όλου κτιρίου .

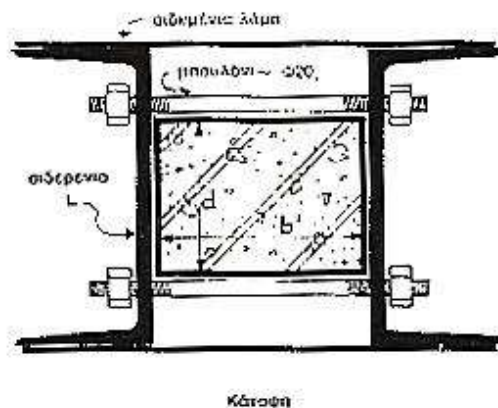
Τοποθετούνται δύο διατομές μορφής [ εκατέρωθεν του υποστυλώματος που πρέπει να σφηνωθούν στο δάπεδο και στην οροφή .

Πριν από την τοποθέτηση γίνεται αφαίρεση του σοβά ή άλλων επικαλύψεων του σκυροδέματος και λείανση της επιφάνειας του υποστυλώματος που θα έρθει σε επαφή με το μορφοσίδηρο .

Το ύψος  $h$  των σιδηρών διατομών πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το πλάτος  $d$  της διατομής του υποστυλώματος , ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος για την τοποθέτηση δύο μπουλονιών .

Τα ζεύγη των μπουλονιών τοποθετούνται ανά 30 cm το πολύ και σφίγγονται ώστε να δημιουργείται ισχυρή τριβή μεταξύ των σιδηρών ελασμάτων και του σκυροδέματος .

Ο κορμός των διατομών [ πρέπει να είναι αρκετά παχύς ώστε να εξασφαλίζεται η επιπεδότητά του και μετά το σφίξιμο .



5 Στο σχήμα φαίνονται σιδερένιες λάμες οι οποίες συγκολλούνται επάνω στα πέλματα των διατομών [ μετά το σφίξιμο των μπουλονιών και παίζουν ρόλο συνδετήρων.

Το σύνολο μπορεί να σκυροδετηθεί οπότε θα αποτελέσει μια σύμμεικτη διατομή .

## 9. Επισκευή με σύνθετα υλικά από ίνες υάλου υψηλής αντοχής

Τα σύνθετα υλικά αποτελούνται από ίνες υάλου ή άνθρακα υψηλής αντοχής «συρραμμένες ή πλεγμένες» σε μορφή «υφάσματος» . Τα «υφάσματα» ινών , αφού

εμποτιστούν με ειδικές εποξειδικές ρητίνες , σχηματίζουν ένα σύνθετο υλικό υψηλής αντοχής το οποίο επικολλάται στις κατάλληλα προετοιμασμένες επιφάνειες του δομικού στοιχείου αποτελώντας μόνιμη επένδυση και ενίσχυσή του . Η χρήση των σύνθετων υλικών μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη των ενισχύσεων με μεταλλικά ελάσματα .

Επισκευή με σύνθετα υλικά εφαρμόζεται σε:

**Υποστυλώματα – Τοιχεία :** Για την αποκατάσταση των βλαβών και την ενίσχυση υποστυλωμάτων και τοιχείων (αύξηση διατμητικής και καμπτικής αντοχής , αύξηση φέρουσας ικανότητας αξονικού φορτίου , αύξηση πλαστιμότητας) συνιστάται χρήση σύνθετων υλικών από ίνες υάλου .



*Εφαρμογή ανθρακούφασματος σε υποστήλωμα*

**Πλάκες – Δοκοί :** Για την αποκατάσταση των βλαβών και την ενίσχυση πλακών και δοκών (αύξηση καμπτικής αντοχής) θα γίνεται χρήση σύνθετων υλικών από ίνες υάλου ή άνθρακα .



*Τοποθέτηση ανθρακοϋφάσματος δε δοκούς για αποκατάσταση συνδετήριου οπλισμού & σε πλάκες με βλάβες οπλισμού και στους δύο άξονες*

**Κόμβοι :** Για την αποκατάσταση των βλαβών και την ενίσχυση κόμβων δοκών – υποστυλωμάτων (αύξηση διατμητικής αντοχής) θα γίνεται χρήση σύνθετων υλικών από ίνες υάλου ή άνθρακα .

**Φέρουσες Τοιχοποιίες :** Για την αποκατάσταση των βλαβών και την ενίσχυση φέρουσων τοιχοποιιών από πлинθοδομή ή λιθοδομή (αύξηση διατμητικής και καμπτικής αντοχής) θα γίνεται χρήση σύνθετων υλικών από ίνες υάλου ή άνθρακα.

**Τοιχοποιίες Πλήρωσης :** Για την αποκατάσταση των βλαβών τοιχοποιιών πλήρωσης (αύξηση διατμητικής και καμπτικής αντοχής) θα γίνεται χρήση σύνθετων υλικών από ίνες υάλου ή άνθρακα .



*Αποκατάσταση τοιχοποιίας με ίνες υάλου*

## 10 . Επισκευή με ανθρακοελάσματα

Η τοποθέτηση υψηλών αντοχών ελασμάτων από ίνες άνθρακα γίνεται μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό και η εργασία πραγματοποιείται σε τρεις φάσεις .

### 1. Προετοιμασία υποστρώματος .

Το υπόστρωμα εφαρμογής θα είναι απαλλαγμένο από επιχρίσματα , λάδια , σκόνες , σαθρά υλικά , αποφλοιωμένο σκυρόδεμα . Η προετοιμασία του θα πραγματοποιηθεί με τρίψιμο, με χρήση μηχανικών τριβείων . Τυχόν υπολείμματα σκόνης στην επιφάνεια εφαρμογής θα αφαιρεθούν , είτε με φύσημα με πεπιεσμένο αέρα, είτε με αναρρόφηση . Σε περίπτωση που απαιτηθούν τοπικές επισκευές (αποκατάσταση ανισοσταθμιών, πλήρωση κενών από εγκλωβισμένες φυσαλίδες αέρα) , αυτές θα πραγματοποιηθούν με τριών συστατικών , θιξοτροπική , εποξειδική ρητίνη . Η υγρασία του υποστρώματος πριν την εφαρμογή , δε θα υπερβαίνει το 4%.

### 2. Προετοιμασία συγκολλητικής ρητίνης .

Για την επικόλληση των ελασμάτων στην επιφάνεια εφαρμογής , θα χρησιμοποιηθεί τριών συστατικών , θιξοτροπική , εποξειδική ρητίνη συγκόλλησης . Το υλικό θα συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του προτύπου EN 1504-4 (Προϊόντα και συστήματα δομικής συγκόλλησης σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος) και θα φέρει σήμανση CE . Τα δύο συστατικά (A+B , βάση + σκληρυντής) της εποξειδικής ρητίνης θα αναμιχθούν με τη χρήση αργόστροφου μηχανικού αναδευτήρα μέχρι την παραγωγή ενός ομοιογενούς μίγματος (διάρκεια ~2-3 λεπτά). Η ανάδευση θα πραγματοποιηθεί στο δοχείο του συστατικού A (βάση) , στο οποίο θα εισαχθεί το σύνολο του συστατικού B (σκληρυντής) . Στη συνέχεια θα εισαχθεί το συστατικό Γ (filler) και θα συνεχιστεί η ανάδευση μέχρι την παραγωγή ενός ομοιογενούς μίγματος χωρίς συσσωματώματα .

### 3. Επικόλληση ελάσματος .

Το έλασμα θα κοπεί στα επιθυμητά μήκη εφαρμογής πριν την έναρξη των εργασιών δομικής ενίσχυσης είτε επί τόπου στο έργο . Η κοπή των ελασμάτων θα πραγματοποιηθεί με τροχό και θα ακολουθήσει ο καθαρισμός τους με διαλύτη για την απομάκρυνση τυχόν σκόνης ή λαδιών . Αφού τα ελάσματα στεγνώσουν πλήρως (ο διαλύτης έχει πλήρως εξατμιστεί) , ακολουθεί η εφαρμογή ρητίνης επικόλλησης στη μια πλευρά των ελασμάτων με τρόπο τέτοιο ώστε το πάχος της ρητίνης να είναι περίπου 1 mm κοντά στις ακμές του ελάσματος και 2 mm στο κέντρο του . Συστήνεται η χρήση ειδικά διαμορφωμένης σπάτουλας για αυτή την εργασία . Αμέσως μετά θα ακολουθήσει η εφαρμογή μια πολύ λεπτής στρώσης εποξειδικής ρητίνης (scratch coat) επί της ήδη προετοιμασμένης επιφάνειας εφαρμογής . Συστήνεται η σήμανση της επιφάνειας τοποθέτησης (π.χ. με ταινίες) τόσο για την

γεωμετρική ακρίβεια της τοποθέτησης των ελασμάτων όσο και για τον εύκολο καθαρισμό της εποξειδικής ρητίνης περιμετρικά αυτών . Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί η τοποθέτηση των ελασμάτων με ταυτόχρονη πίεσή τους σε όλη την επιφάνεια με ρολό πίεσης από σκληρό καουτσούκ , έτσι ώστε να απομακρυνθεί τυχόν εγκλωβισμένος αέρας και να επιτευχθεί η μονολιθικότητα της επέμβασης . Η περίσσεια της εποξειδικής ρητίνης που θα εξέρθει από τις ακμές του ελάσματος θα αφαιρεθεί και θα απορριφθεί . Ιδιαίτερη σημασία θα δοθεί στο ότι οι παραπάνω εργασίες θα πραγματοποιηθούν εντός του χρόνου εργασιμότητας της εποξειδικής ρητίνης , όπως ορίζεται στο τεχνικό της φυλλάδιο . Τα ελάσματα θα προστατευτούν από απευθείας έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία . Για εφαρμογή τελικών προστατευτικών επιστρώσεων θα προηγηθεί ο καθαρισμός των ελασμάτων από την εξωτερική πλευρά με χρήση διαλύτη . Η εφαρμογή των τελικών επιστρώσεων θα πραγματοποιηθεί επί στεγνής επιφάνειας ελάσματος (πλήρης εξάτμιση του διαλύτη) .



1 Εφαρμογή ανθρακοελασμάτων σε πλάκα

2 Εφαρμογή ανθρακοελασμάτων σε δοκό

## 11. Επισκευή με χαλυβδοελάσματα

Η συγκόλληση μεταλλικών στοιχείων από μορφοχάλυβα ή ελάσματα προσδίδει ιδιαίτερη αντοχή στα δομικά στοιχεία . Η εφαρμογή τους γίνεται με χρήση εποξειδικής ρητίνης δύο συστατικών μεταξύ της επιφάνειας σκυροδέματος η οποία θα έχει πρώτα προετοιμαστεί κατάλληλα με λείανση , καθαρισμό , επιπέδωση και των μεταλλικών ελασμάτων .

Σε ειδικές συνθήκες που εφαρμόζονται συγκολλήσεις των μεταλλικών ελασμάτων η εφαρμογή της εποξειδικής ρητίνης γίνεται με εισπίεση μετά τη τοποθέτηση και στερέωση των ελασμάτων προκειμένου να μη γίνει πυράκτωση της ρητίνης .



*Προετοιμασία επιφανειών που θα δεχτούν ελάσματα*



*1 Εφαρμογή χαλυβδοελασμάτων σε δοκό*



*- 2 Εφαρμογή χαλυβδοελασμάτων σε πλάκα*

## **12 . Συνδυασμός μεθόδων**

Ο μηχανικός που εκπονεί τη στατική μελέτη του κτηρίου που έχει πληγεί από σεισμό θα ορίσει με ποια ή ποιες μεθόδους θα επισκευαστούν τα πληγέντα στοιχεία . Πολλές φορές θα γίνει η επισκευή με συνδυασμό των μεθόδων που έχουμε αναφέρει πιο πάνω ή και με κάποιες άλλες μεθόδους . Ο τρόπος ή οι τρόποι επισκευής του κτηρίου προτείνονται από το μελετητή αφού έχει λάβει υπ' όψη του τις μορφές και την έκταση των βλαβών αλλά συνυπολογίζεται και το κόστος καθώς και η ευκολία της επισκευής .

## **Πρόληψη**

### **Κατάσταση κτηρίων**

Το 70% των κτηρίων της χώρας μας έχει χτιστεί χωρίς αντισεισμικό κανονισμό ή με παλαιότερους κανονισμούς, ανεπαρκείς για τα σημερινά δεδομένα . Εκτός αυτού ένα μεγάλο ποσοστό κτηρίων, ιδίως στις κεντρικές περιοχές των αστικών κέντρων , βρίσκονται στα όρια ζωής του σκυροδέματος που είναι για σεισμικό γεγονός τα 50 χρόνια . Γίνεται επομένως κατανοητό ότι η στατική επάρκεια έναντι σεισμού ενός μεγάλου αριθμού κτηρίων είναι αβέβαιη . Κι όμως , στην Ελλάδα σπαταλούνται κονδύλια με το «Εξοικονομώ» , καθώς επίσης γίνονται συνεχώς ανακαινίσεις παλιών κτιρίων και τακτοποιούνται αυθαίρετα , τα οποία από στατικής άποψης είναι προβληματικά και στο μέλλον μπορεί να κριθούν ακατάλληλα . Το κράτος δεν έχει το δικαίωμα να επέμβει στην ιδιοκτησία του καθενός και να επιβάλλει , χωρίς μάλιστα να μπορεί να πληρώσει, την στατική αναβάθμιση των κτιρίων . Οφείλει , όμως , να προσανατολίσει τον πολίτη , να τον ευαισθητοποιήσει και να του δώσει τα κατάλληλα θεσμικά εργαλεία . Επίσης ο πολίτης θα πρέπει να γνωρίζει ότι , όταν θέλει να ανακαινίσει ένα κτίριο ή να αλλάξει την χρήση του ή ακόμα και να αγοράσει ένα ακίνητο , θα πρέπει να συμβουλευτεί τον αρμόδιο μηχανικό , που θα κάνει τον τεχνικό έλεγχο και θα του προτείνει τις απαραίτητες λύσεις .

### **Γιατί είναι απαραίτητος ο έλεγχος της Στατικής Επάρκειας**

Κάθε ιδιώτης – ιδιοκτήτης ατομικά οφείλει να γνωρίζει τη στατική επάρκεια των κατασκευών που χρησιμοποιεί για να στεγάσει τις δραστηριότητες του , τόσο τις οικογενειακές , όσο και τις επαγγελματικές . Η γνώση αυτή και ο βαθμός διακινδύνευσης είναι απαραίτητα στοιχεία για τον προγραμματισμό τόσο τον οικογενειακό, όσο και τον επαγγελματικό .

### **Ποιος ο ρόλος της Ηλεκτρονικής Ταυτότητας του Κτηρίου**

Η ενεργοποίηση του θεσμού της ταυτότητας του κτηρίου , από 1η Απριλίου του 2022 , δίνει τη λύση του αναγκαίου προσεισμικού ελέγχου δομικής τρωτότητας των ιδιωτικών κτιρίων . Με την ηλεκτρονική ταυτότητα του κτηρίου η πολιτεία και οι ιδιοκτήτες ακινήτων αποκτούν την πραγματική και ρεαλιστική εικόνα της



κατάστασης των οικοδομών , ώστε σε βάθος χρόνου να ελεγχθούν τα κτίρια , δίνοντας προτεραιότητα σε όσα έχουν χτιστεί προ του 1985 .

Ο έλεγχος στατικής επάρκειας ενός κτηρίου είναι μια πολυπαραμετρική εκτίμηση , που έχει σαν στόχο τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητάς του , με βάση την πραγματική υφιστάμενη κατάστασή του , λαμβάνοντας υπόψη και τυχόν βλάβες του από ένα πρόσφατο ή παλαιότερο σεισμό . Ο έλεγχος αυτός είναι απαραίτητος για το προσδιορισμό του τύπου και του βαθμού επέμβασης σε ένα υφιστάμενο κτίσμα και τον προσδιορισμό της προσφορότερης μεθοδολογίας αποκατάστασης των βλαβών για την επαναφορά του κτιρίου στην πριν από το φαινόμενο κατάσταση ή για την ταυτόχρονη αντισεισμική του αναβάθμιση . Επίσης πραγματοποιείται και προσεισμικά στην περίπτωση προσθηκών ή αλλαγής χρήσης ή μετά από απαίτηση του κυρίου του έργου για την αντισεισμική θωράκιση σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις .

Ενώ η έννοια της στατικής επάρκειας διαχωρίζει τα κτήρια σε επαρκή και μη επαρκή , από άποψη ικανότητας να φέρουν τα φορτία για τη χρήση τους , σε περιοχές με σεισμική δραστηριότητα, όπως η χώρα μας, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η έννοια της **δομικής τρωτότητας , της συμπεριφοράς δηλαδή ενός κτηρίου σε περίπτωση σεισμού** . Η δομική τρωτότητα ενός κτηρίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και παίζει ρόλο τόσο στην ασφάλεια των χρηστών του , όσο και – άμεσα – στο κόστος συντήρησής του ή επισκευής του σε περίπτωση σεισμού . Με άλλα λόγια , η δομική τρωτότητα ενός κτηρίου είναι κάτι που αφορά άμεσα τόσο τους ιδιοκτήτες, όσο και τους χρήστες του, αναφορικά με την ασφάλεια αλλά και με την οικονομική αξία του ίδιου του κτηρίου .

## Οι απαιτήσεις της Ελληνικής Νομοθεσίας

Ωστόσο ο έλεγχος στατικής επάρκειας έχει πρόσφατα αναδειχθεί σε αναγκαιότητα για πολλά κτήρια της χώρας μας, από την ισχύ του Ν. 4495/2017 (“Έλεγχος και προστασία του Δομημένου Περιβάλλοντος και άλλες διατάξεις”) και μετά. Σύμφωνα με το εδάφιο η΄ του άρθρου 99 του Ν.4495/17, κάθε δήλωση αυθαιρέτου απαιτείται να συνοδεύεται από μελέτη στατικής επάρκειας . Το ίδιο ισχύει ακόμα και για τα ακίνητα που έχουν υπαχθεί στον Ν.4178/13 αλλά με βάση το ΔΕΔΟΤΑ κατατάσσονται σε κατηγορία “Υ”, δηλαδή Υψηλής προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου . Από την υποχρέωση της διεκπεραίωσης εκτίμησης στατικής επάρκειας , απαλλάσσονται υπό όρους κάποιες συγκεκριμένες κατηγορίες αυθαιρέτων αλλαγών και κατασκευών, που αναφέρονται στο Νόμο .

Για τις περισσότερες όμως περιπτώσεις αυθαιρέτων που εντάσσονται στο νόμο στο πλαίσιο τακτοποίησης – νομιμοποίησης, απαιτείται έλεγχος στατικής επάρκειας της υφιστάμενης δομής . Η εκτίμηση θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και

τις όποιες αυθαίρετες αλλαγές έχουν λάβει χώρα, είτε πρόκειται για επεκτάσεις, είτε για κάποιου είδους τροποποιήσεις της φέρουσας δομής, είτε και για αλλαγές χρήσης των χώρων.

Οι Κανονισμοί που χρησιμοποιούνται στις εκτιμήσεις στατικής επάρκειας, καθορίζονται στην Υπουργική Απόφαση του 2016 με αριθμό ΔΝΣγ/34033Π.Ε./ΦΝ 275 “Τροποποίηση Κανονισμών που αφορούν ειδικές περιπτώσεις επεμβάσεων σε υπάρχοντα κτίρια” του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών.

Έτσι, το κανονιστικό πλαίσιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκπόνηση της εκτίμησης στατικής επάρκειας, η οποία θα συνοδεύεται πάντα από σχετική τεχνική έκθεση, είναι :

- Είτε ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα ή οι Ευρωκώδικες για τις λοιπές κατασκευές.
- Είτε οι κανονισμοί που ίσχυαν κατά τον χρόνο έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου ή της κατασκευής του φέροντος οργανισμού του.

Να σημειωθεί ότι με τη χρήση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. έχουμε περισσότερες πιθανότητες να έχουμε στατική επάρκεια. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. όμως εφαρμόζεται στο σύνολό του μόνο σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΟΚ/19409/1507/11.05.2018, η εκτίμηση στατικής επάρκειας πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- A. Έκθεση συλλογής στοιχείων και πληροφοριών κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. για Ο/Σ, κατά Ευρωκώδικες για λοιπούς φορείς.
- B. Έκθεση αποτύπωσης – τεκμηρίωσης κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. για Ο/Σ, κατά Ευρωκώδικες για λοιπούς φορείς.
- C. Γενικά σχέδια αποτύπωσης του φέροντος οργανισμού και παρουσίασης ενδεχόμενων βλαβών κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. για Ο/Σ, κατά Ευρωκώδικες για λοιπούς φορείς.
- D. Έκθεση αποτίμησης φέρουσας ικανότητας είτε με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. είτε σύμφωνα με τους κανονισμούς που ίσχυαν κατά το χρόνο έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτηρίου ή της κατασκευής του φέροντος οργανισμού του, από την οποία προκύπτει είτε στατική επάρκεια του κτηρίου είτε ανεπάρκεια. Το συμπέρασμα κοινοποιείται υποχρεωτικά στον αιτούντα την υπαγωγή και συνοδεύει τη βεβαίωση του μηχανικού σε κάθε δικαιοπραξία και συμπληρώνεται στο πληροφοριακό σύστημα υπαγωγής των αυθαιρέτων.

Τεύχη υπολογισμών, αναλύσεων και ελέγχων κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. για Ο/Σ, κατά Ευρωκώδικες για λοιπούς φορείς.

## **Πως διενεργείται ο έλεγχος στατικής επάρκειας**

Υπάρχει μία σειρά ενεργειών που αποτελούν τη διαδικασία που ονομάζεται **έλεγχος στατικής επάρκειας** , συγκεκριμένα :

- Αποτύπωση φέροντα οργανισμού – στατική αποτύπωση με χρήση εξοπλισμού Υπερήχων και Μαγνητικών Πεδίων.
- Σύνταξη ιστορικού του δομήματος
- Καταγραφή βλαβών
- Εντοπισμό οπλισμού με κατάλληλα μέσα
- Λήψη δειγμάτων – δοκιμίων με κατάλληλα μέσα και πλήθος που προβλέπεται από τον Κανονισμό Επεμβάσεων, εφ' όσον πρόκειται για κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Στατική υπολογιστική ανάλυση – υπολογισμός και τεκμηρίωση στατικής επάρκειας, βάσει του κανονισμού που θα ληφθεί υπόψη ,

Ιδιαίτερα για την αποτύπωση του φέροντα οργανισμού , υπάρχει **τελευταίας τεχνολογίας εξοπλισμός μη καταστροφικού ελέγχου** , με **συστήματα σάρωσης που πραγματοποιούν ανίχνευση του οπλισμού και των δομικών στοιχείων** , χωρίς να πραγματοποιείται παρέμβαση ή τοπική καταστροφή στο σκυρόδεμα. Με αυτό τον τρόπο υλοποιείται με ακρίβεια η στατική αποτύπωση και η δημιουργία του στατικού μοντέλου του κτηρίου, το οποίο επιλύεται στη συνέχεια με κατάλληλο λογισμικό , προς εύρεση της στατικής επάρκειας ή μη του κτηρίου .



*Αποτύπωση οπλισμού υποστυλώματος όπως αποτυπώθηκε μετά από έλεγχο*

## **Μη καταστροφικοί έλεγχοι υψηλής τεχνολογίας σε σκυρόδεμα & χάλυβα οπλισμού**

### **A. Μη Καταστροφικοί έλεγχοι στο σκυρόδεμα**

- **Μέθοδος ταχύτητας υπερηχητικού παλμού / Ultrasonic Pulse Velocity test (UPV):** Βασίζεται στη διάδοση τασικών κυμάτων στο σκυρόδεμα. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση του πάχους , καθώς και την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού . **Το μέγιστο βάθος μέτρησης μπορεί να φτάσει τα 15 m, ανάλογα με την ποιότητα του υλικού .**
- **Υπέρυθρη Θερμογραφία :** Η κάμερα υπέρυθρης θερμογραφίας είναι ικανή να «δει» και να μετρήσει την υπέρυθρη θερμογραφία που ακτινοβολούν οι επιφάνειες διαφορετικής θερμοκρασίας και είναι αόρατες στο ανθρώπινο μάτι . Μεταξύ άλλων , χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό διαρροών , υγρασίας , θερμικών γεφυρών αποκολλήσεων και κενών στην επιφάνεια και το εσωτερικό του δομικού .

- **Κρουσίμετρο** : Το κρουσίμετρο βασίζεται αναπήδηση μιας μεταλλικής μάζας , έπειτα από κρούση πάνω στην επιφάνεια του εξεταζομένου υλικού, ώστε να εκτιμηθεί η αντοχή και η ομοιογένειά του.
- **Εξόλκευση ήλου** : Εκτιμάται η αντοχή του υλικού από την δύναμη από την δύναμη που απαιτείται για την εξόλκευση ήλου , ο οποίος προηγουμένως είχε διεισδύσει μέσω εκτόξευσής του στο υλικό .
- **Διαλύματα φαινολοφθαλείνης** : Το φαινόμενο της ενανθράκωσης αποτελεί μια αντίδραση η οποία διαλύει το στρώμα οξειδίου του άνθρακα, το οποίο προστατεύει τον χάλυβα οπλισμού από διάβρωση . Η ενανθράκωση εντοπίζεται με χρήση του σπρέυ διαλύματος φαινολοφθαλείνης .



Σύγχρονοι σαρωτές για τον έλεγχο στατικών φορέων

## **B. Μη καταστροφικοί έλεγχοι Υψηλής Τεχνολογίας στον χάλυβα οπλισμού:**

- **Μαγνητικοί σαρωτές** : Η λειτουργία των μαγνητικών σαρωτών βασίζεται στην αλληλεπίδραση του χάλυβα οπλισμού με ένα χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των ράβδων οπλισμού . **Το μέγιστο βάθος μέτρησης είναι τα 40 cm .**
- **Σαρωτές Υπερήχων** : Η λειτουργία των σαρωτών υπερήχων βασίζεται στην τεχνολογία των πομπών και δεκτών υπερηχητικών κυμάτων. Χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό των ράβδων οπλισμού . **Το μέγιστο βάθος μέτρησης είναι τα 10 cm.**
- **Δοκιμή ρευμάτων Eddy** : Εντοπίζονται οι ασυνέχειες και επιφανειακές ρωγμές του χάλυβα και εκτιμάται η σκληρότητά του , μέσω των μεταβολών που υφίσταται το διοχετευόμενο σε αυτό ηλεκτρικό ρεύμα .

- **Ανάλυση Παλμικής Απόκρισης** : Ο χάλυβας εκτίθεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα και με τη μέθοδο της Ανάλυσης Ηλεκτρικής Παλμικής Απόκρισης αντλούνται πληροφορίες για την διάβρωση του χάλυβα οπλισμού και την ηλεκτρική αντίσταση του σκυροδέματος . **Μετρήσεις μπορούν να διεξαχθούν για βάθη από 1 έως 9 cm.**
- **Δοκιμή σκληρότητας αναπήδησης Leeb** : Μία πρότυπη μάζα προσκρούει με δεδομένη ενέργεια στο χάλυβα . Η σκληρότητα του χάλυβα υπολογίζεται από την απώλεια ενέργειας μετά την κρούση .
- **Μέθοδος UCI (Ultrasonic Contact Impedance)** : Η μέθοδος αυτή εκτελείται με την επαφή μιας ταλαντούμενης μάζας με τον χάλυβα οπλισμού, ώστε να εκτιμηθεί η επιφανειακή σκληρότητά του .
- **Μέθοδος Wenner** : Στην μέθοδο αυτή εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα σε δύο θέσεις στην επιφάνεια του σκυροδέματος . Η απόκριση μιας διαβρωμένης ράβδου είναι διαφορετική συγκριτικά με μια μη-διαβρωμένη , με αποτέλεσμα να εκτιμάται ο βαθμός και ρυθμός διάβρωσης των ράβδων οπλισμού .

Αν από τους ελέγχους προκύπτει ανεπάρκεια και απαίτηση στατικής ενίσχυσης , τότε θα πρέπει να εκπονηθεί μελέτη .

## Ενισχύσεις

### **Ανάγκη επεμβάσεων**

Η Αντισεισμική Τεχνολογία έχει προοδεύσει τα τελευταία χρόνια , εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την κατασκευή νέων κτηρίων με υψηλές αντοχές στα φυσικά φαινόμενα και με γνώμονα πάντα την προστασία της ανθρώπινης ζωής . Ωστόσο , μεγάλο μέρος των υφιστάμενων κατασκευών έχει υλοποιηθεί σε εποχές που οι γνώσεις σχετικά με την αντισεισμική τεχνολογία ήταν περιορισμένες . Ως αποτέλεσμα , μεγάλο ποσοστό των κατασκευών αυτών δεν πληροί τα κριτήρια αντισεισμικής συμπεριφοράς και είναι ευάλωτες με κυριότερη παθολογία τη μικρή αντοχή σε σεισμικές δράσεις , τη μειωμένη ακαμψία ή πλαστιμότητα και την παρουσία μηχανισμού μαλακού ορόφου – πιλοτή .

Επιπλέον , τυχόν παρεμβάσεις σε υφιστάμενα κτήρια , όπως προσθήκες ορόφων , αλλαγές χρήσης , αλλαγές γεωμετρίας κ.α. , απαιτούν το στατικό έλεγχο του φορέα .

Κατά τη μελέτη αποτίμησης που προηγείται της μελέτης ενίσχυσης , προκύπτει συμπέρασμα για την συμπεριφορά του υφιστάμενου φορέα στις δράσεις σχεδιασμού (σεισμός, άνεμος, χιόνι, κ.α.). Στην περίπτωση που η συμπεριφορά του φορέα κρίνεται ανεπαρκής βάσει των ισχύοντων κανονισμών και διατάξεων ,

εκπονείται μελέτη στατικής ενίσχυσης με στόχο την αποκατάσταση του φορέα και την ενδυνάμωσή του για την ασφαλή λειτουργία του .

Οι στρατηγικές των επεμβάσεων και η μελέτη στατικής ενίσχυσης προκύπτουν βάσει του Ευρωκώδικα 8 και του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

## **Μελέτη επεμβάσεων**

Αφού ολοκληρωθούν οι έλεγχοι στατικής επάρκειας η διαδικασία μελέτης που ακολουθείται σε τέτοιες περιπτώσεις περιλαμβάνει ως πρώτο βήμα την τεκμηρίωση και την αποτύπωση όλων των απαραίτητων δεδομένων τα οποία μοντελοποιούνται με κατάλληλο τρόπο σε ειδικό λογισμικό στατικών μελέτων και εν συνεχεία μετά την εκτέλεση των αναλύσεων γίνεται η αποτίμηση της αντοχής του φορέα έναντι σεισμικών φορτίσεων .

Ανάλογα με τα αποτελέσματα της αποτίμησης ακολουθεί η πρόταση αποκατάστασης ή και ενίσχυσης του φορέα . Η πρότασή αυτή προσομοιώνεται στο πρόγραμμα μελέτης και ελέγχεται η αναβαθμισμένη πλέον κατάσταση του φέροντος οργανισμού ως προς την απαιτούμενη αντοχή .

Έτσι προκύπτει η οριστική μελέτη εφαρμογής στατικής ενίσχυσης , όπου αναφέρονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και σημεία επέμβασης , οι μέθοδοι ενίσχυσης και τα χαρακτηριστικά των εξειδικευμένων υλικών που θα εφαρμοστούν .

## **Τεχνικές ενίσχυσης**

Διάφορες τεχνικές στρατηγικές ενίσχυσης χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη για την αντισεισμική ενίσχυση μίας κατασκευής . Ειδικότερα όσον αφορά τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα , θα διακρίνονται τέσσερις κύριες μέθοδοι επέμβασης , ανάλογα με το είδος των πρόσθετων στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε κάθε μέθοδο . Εξάλλου , ένα πλήθος από εναλλακτικές στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια κάθε μίας από αυτές τις μεθόδους . Οι μέθοδοι αυτές περιγράφονται στη συνέχεια .

### **1. Εμφάτνωση πλαισίων**

Η ενίσχυση της κατασκευής ως σύνολο πραγματοποιείται με την προσθήκη νέων στοιχείων όπως , εμφάτνωση πλαισίων με οπλισμένο σκυρόδεμα , κατασκευή δικτυωτών μεταλλικών συστημάτων , κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων σε

συνέχεια και σύνδεση με υπάρχοντα υποστυλώματα, προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων .

Η προσθήκη φατνώματος οπλισμένου σκυροδέματος, αποτελεί μια συχνά χρησιμοποιούμενη και αποτελεσματική μέθοδο για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας . Όμως , ακόμα και οι πιο σύγχρονοι κανονισμοί όπως ο Ευρωκώδικας 8 Μέρος 1-3 (EN1998-1-3), δεν αναφέρονται καθόλου στην προσθήκη εμφανιζόμενων τοιχωμάτων , ενώ ο Κανονισμός Επεμβάσεων [Καν.Επε. (2010)] αναφέρεται στην διαστασιολόγηση αυτών σε όρους δυνάμεων , χωρίς να προσδιορίζει μεθόδους υπολογισμού των χαρακτηριστικών τους παραμορφώσεων [Στρεπέλιας (2012)].



Οπλισμός φατνώματος

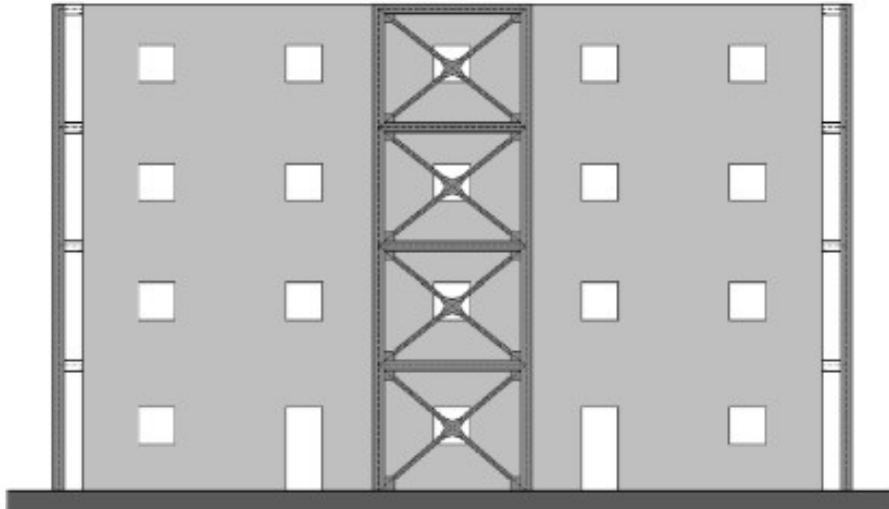
## 2. Κατασκευή μεταλλικών συνδέσμων

Η προσθήκη νέων μελών αποτελεί μία οικονομική αλλά και αποδοτική μέθοδο ενίσχυσης δοκών από οπλισμένο σκυρόδεμα . Ανάλογα με την αντοχή της υπερκείμενης πλάκας , τα πρόσθετα μέλη μπορούν να τοποθετηθούν είτε μεταξύ των υφιστάμενων δοκών είτε σε επαφή με τις πλευρικές παρειές τους . Το προφανές πλεονέκτημα της τοποθέτησης των μελών στο μεσοδιάστημα μεταξύ των δοκών είναι η μείωση του ανοίγματος της πλάκας στο μισό , οπότε αυτόματα αυξάνεται σημαντικά η φέρουσα ικανότητα τόσο της πλάκας όσο και του συστήματος των δοκών . Από την άλλη μεριά, τοποθετώντας τις νέες δοκούς στις παρειές των υφιστάμενων και εξασφαλίζοντας ότι θα λειτουργήσουν μαζί για την παραλαβή των φορτίων, δημιουργείται μία νέα σύνθετη διατομή με αυξημένη αντοχή σε σχέση με την αρχική .

Συνήθως είναι ευκολότερο και ταχύτερο τα πρόσθετα μέλη να είναι από δομικό χάλυβα αντί για σκυρόδεμα . Η χρήση νέων στοιχείων από δομικό χάλυβα



παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα . Αντίθετα η κατασκευή νέων δοκών από σκυρόδεμα απαιτεί κατασκευή ξυλότυπου και υποστύλωση , ενώ η σκυροδέτησή τους είναι δύσκολη λόγω της ύπαρξης της υφιστάμενης πλάκας . Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητα των πρόσθετων μεταλλικών δοκών , πρέπει να ικανοποιείται το συμβιβαστό των παραμορφώσεων στη διεπιφάνεια τους με τις ενισχυόμενες δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα .



*Δικτυωτός χιαστί σύνδεσμος [Formiasano et al (2020)]*



*Όπλιση με χιαστί συνδέσμους*

### 3. Κατασκευή μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος

Η τεχνική της αύξησης των διαστάσεων της διατομής με κατασκευή μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί τη συνηθέστερη μέθοδο ενίσχυσης υφιστάμενων υποστυλωμάτων που εμφανίζουν ανεπάρκεια όσον αφορά στην αντοχή, τη δυσκαμψία και την πλαστιμότητά τους.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι αφενός δεν μεταβάλλεται η αρχιτεκτονική όψη της ενισχυμένης κατασκευής με την προσθήκη νέων υλικών και αφετέρου αυξάνεται ο βαθμός πυροπροστασίας. Επιπλέον, η κατασκευή μανδύα που περικλείει το υφιστάμενο στοιχείο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της λυγηρότητας καθώς και την αύξηση της δυσκαμψίας της διατομής. Δεδομένου ότι η ενισχυμένη διατομή είναι σε θέση να παραλάβει μόνο τα πρόσθετα φορτία που θα ασκηθούν σε αυτή, η τεχνική της αύξησης της διατομής δεν αποτελεί λύση για την περίπτωση που το υποσύλωμα έχει ήδη υπερβεί τη φέρουσα ικανότητά του λόγω των υφιστάμενων φορτίων, εκτός αν της κατασκευής του μανδύα προηγηθεί αποφόρτιση του στοιχείου που πρόκειται να ενισχυθεί.



*Τοποθέτηση οπλισμού μανδύα σε υποσύλωμα*



*Λεπτομέρεια όπλισης μανδύα στην περιοχή κόμβου δοκού – υποστύλωματος*

#### **4. Προσθήκη μανδυών από FRP ( ινοπλισμένα πολυμερή )**

Τα FRP (ινοπλισμένα πολυμερή) είναι σύνθετα υλικά τα οποία δημιουργούνται από μια δέσμη ινών υψηλής αντοχής και μέτρου ελαστικότητας συγκολλημένες σε μια σκληρυμένη μήτρα ρητίνης . Τα σύνθετα ενισχυμένα με ίνες πολυμερές (FRP) προσφέρουν έναν μοναδικό συνδυασμό υψηλής αναλογίας αντοχής / δυσκαμψίας προς βάρος και ευελιξίας στην κατασκευή σε σύγκριση με τα συμβατικά δομικά υλικά .

Η μήτρα ρητίνης είναι υλικό πολυμερούς φύσεως ενώ ως ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως ίνες γυαλιού (GFRP) , αραμιδίου (AFRP) και άνθρακα (CFRP) , μεταξύ των οποίων τα GFRP και AFRP είναι ευαίσθητα στο αλκαλικό περιβάλλον εντός σκυροδέματος λόγω της μειωμένης ανθεκτικότητας τους σε αλκαλικό περιβάλλον , ενώ το CFRP είναι ακόμη πολύ ακριβό για συνήθεις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος .

Πιο πρόσφατα, έχουν εισαχθεί ράβδοι πολυμερούς ενισχυμένου με ίνες βασάλτη (BFRP) για να παρέχουν έναν εναλλακτικό τύπο ενισχυτικού υλικού , το οποίο έχει σχετικά χαμηλότερο κόστος με υψηλή προσβασιμότητα και εξαιρετική

αντίσταση σε όξινο περιβάλλον , τη διάβρωση οπλισμού , την υψηλή θερμοκρασία , κύκλους ψύξης – απόψυξης – κατάψυξης .

Επιπρόσθετα, το BFRP βρέθηκε να αποδίδει καλύτερα από τα GFRP και AFRP σε αλκαλικό περιβάλλον . Ως εκ τούτου , το BFRP έχει θεωρηθεί πολλά υποσχόμενο αντικατάσταση με συμβατικές ράβδους ενίσχυσης FRP.

Τα FRP μπορεί να έχουν τη μορφή ταινιών , πάνελ , ράβδων, καλωδίων και τενόντων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οπλισμός κάμψης , διάτμησης , για την τοπική ενίσχυση δομικών στοιχείων , για προένταση φορέων , ή και για την εξ' ολοκλήρου μόρφωση δομικών

μελών όπως δοκοί και επιφανειακά στοιχεία , π.χ. , καταστρώματα γεφυρών . Πρέπει πάντως να επισημανθεί ότι αυτού του είδους οι επεμβάσεις αλλάζουν ριζικά το αρχικό στατικό σύστημα της κατασκευής και γι' αυτό θα πρέπει να αποφασίζονται με σύνεση . Απαιτείται πλέον ένας εξολοκλήρου νέος σχεδιασμός της κατασκευής που πιθανότατα θα απαιτήσει εκτεταμένες επεμβάσεις σε πολλές περιοχές της κατασκευής , όπως π.χ. στη θεμελίωση .

Έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όσο μειώνεται η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος φαίνεται να έχει καλύτερη συμπεριφορά στην ενίσχυση με τη χρήση FRP .

## Επιλογή μεθόδου ενίσχυσης

Θα μπορούσε κανείς, ανάλογα με τον κύριο επιδιωκόμενο στόχο , να ταξινομήσει τις μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης των κατασκευών ως εξής :

α) Αν ο κύριος επιδιωκόμενος στόχος είναι η αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής , τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φορέα, ακολουθεί η μέθοδος της προσθήκης δικτυωτών συστημάτων και στην συνέχεια έπεται η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων κατ' επέκταση υφισταμένων υποστυλωμάτων της κατασκευής .

β) Αν ο κύριος επιδιωκόμενος στόχος είναι η αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής, τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η κατασκευή μανδύων σε ένα πλήθος επιλεγμένων υποστυλωμάτων της κατασκευής , και ακολουθεί η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων .

γ) Αν ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η σύγχρονη αύξηση αντοχής , δυσκαμψίας και πλαστιμότητας της κατασκευής τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε από τις μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης που ήδη έχουν αναφερθεί και η επιλογή της ειδικότερης τεχνικής θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη τον επιθυμητό βαθμό αύξησης του μεγέθους καθενός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά .

Στην περίπτωση που οι απαιτούμενες αυξήσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές και για τα τρία χαρακτηριστικά , η λύση πιθανότητα θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει και την προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων . Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι συχνά

είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός μεθόδων ή επί μέρους τεχνικών έτσι ώστε να προκύψει η βέλτιστη τεχνοοικονομική λύση .

## **Σεισμική μόνωση**

### **Πλεονεκτήματα σεισμικής μόνωσης**

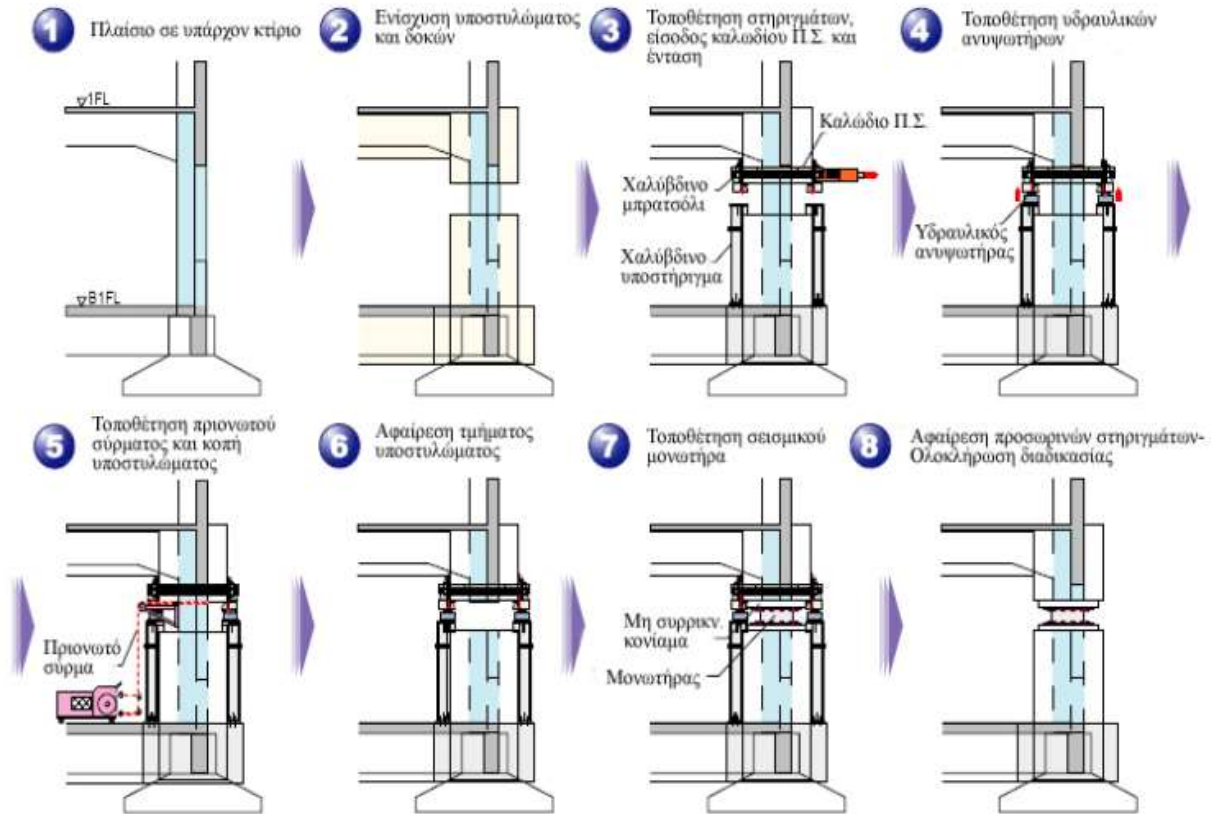
Στόχος του σύγχρονου αντισεισμικού σχεδιασμού είναι η ανάπτυξη αξιόπιστου μηχανισμού απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας , που μπορεί να επιτευχθεί με μια σειρά διατάξεων . Οι διατάξεις αυτές μπορούν να εφαρμοστούν στις νέες κατασκευές , ενώ εκείνες που είχαν σχεδιαστεί παλαιότερα , οπότε και η συμπεριφορά τους δεν είναι ικανοποιητική στις σημερινές απαιτήσεις .

Προκειμένου να αναβαθμιστούν οι παλαιές κατασκευές , σύμφωνα με τα σημερινά επίπεδα ασφαλείας , θα πρέπει να εφαρμοστούν κλασικές μέθοδοι ενίσχυσης (πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος , τοιχώματα κτλ) , για να επιτύχουμε έναν ελαστοπλαστικό μηχανισμό απορρόφησης ενέργειας . Επίσης η χρήση σεισμικής μόνωσης είναι μια άλλη μέθοδος αντισεισμικής προστασίας , η οποία απομονώνει όσο είναι εφικτό την κατασκευή από την κίνηση του εδάφους .

Η κύρια διαφορά με τις σύνηθες μεθόδους ενίσχυσης είναι ότι γίνεται εφαρμογή σε μία στάθμη της κατασκευής, η οποία μπορεί να είναι στη θεμελίωση ή σε ενδιάμεσο επίπεδο , γι' αυτό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ιστορικά κτήρια-μνημεία , όπου θα πρέπει να μείνει αναλλοίωτη η εμφάνιση τους για χρόνια . Ομοίως τα σχολεία , νοσοκομεία, πυροσβεστική , αστυνομία και πολλά άλλα κτήρια που συνδράμουν στη δημόσια ασφάλεια , που δε θα πρέπει να σταματήσουν τη λειτουργία τους ύστερα από έναν ισχυρό σεισμό . Ο χρόνος τοποθέτησης της σεισμικής μόνωσης είναι σχετικά μικρός , περίπου το μισό χρονικό διάστημα σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους , όπως επίσης και το κόστος , που είναι πολύ λιγότερο , κατά περίπου 2/3.

### **Περιγραφή διαδικασίας εφαρμογής σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενα κτήρια**

Μολονότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε κάθε κτήριο , στον εξοπλισμό καθώς και τους πόρους , γενικά μπορούμε να πούμε πως η βασική διαδικασία είναι κοινή . Κατ' αρχήν γίνεται μία ενίσχυση των δοκών και υποστυλωμάτων στο επίπεδο μόνωσης , δηλαδή στον όροφο εγκατάστασης και τον υποκείμενο όροφο , αν αυτό κριθεί αναγκαίο . Εν συνεχεία γίνεται τοποθέτηση στηριγμάτων γύρω από το υποστύλωμα και αποκόπτεται μέρος του , για τη δημιουργία χώρου για το μονωτήρα . Μετά γίνεται τοποθέτηση του μονωτήρα με ασφαλή ενσωμάτωση του .



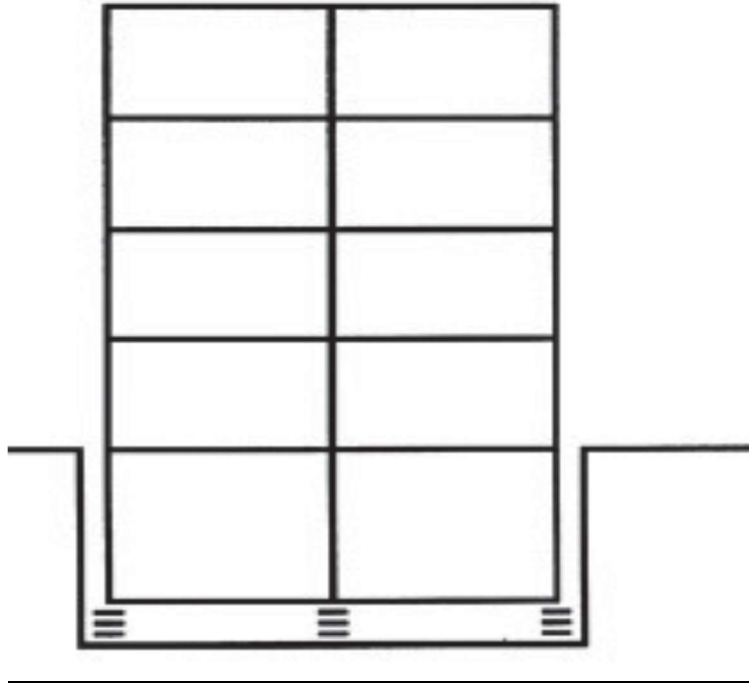
Διαδικασία τεχνικής σύνδεσης στηριγμάτων σε υπάρχοντα υποστυλώματα μέσω δυνάμεων τριβής, χρησιμοποιώντας καλώδια προεντεταμένου σκυροδέματος.

Πρόσβαση από τον ιστοχώρο :

<https://images.app.goo.gl/N9sVbyX7MR83hqMS9>

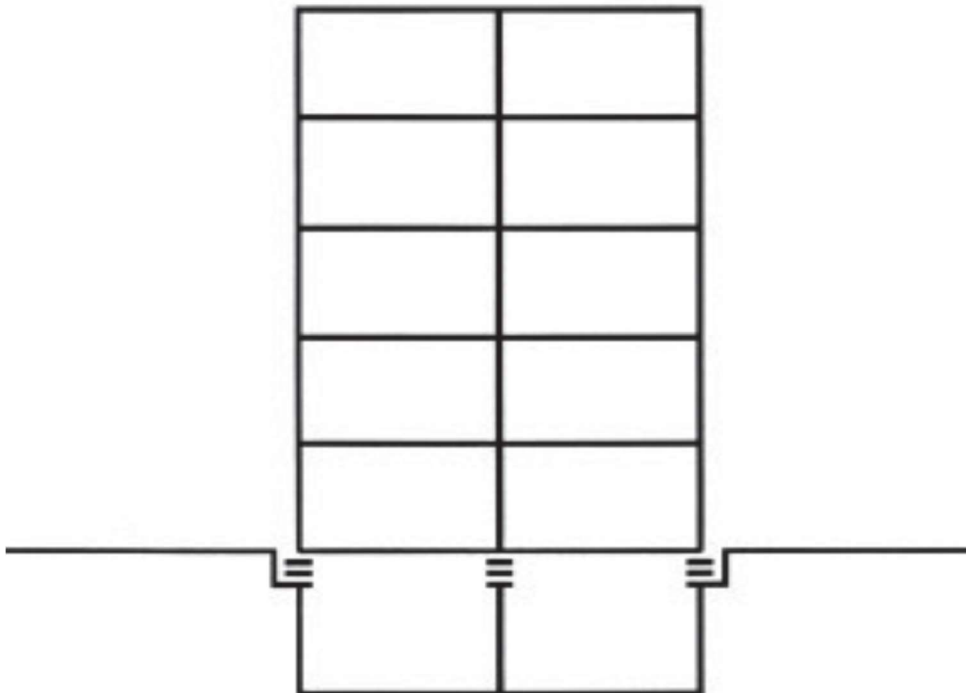
Η επιλογή κατάλληλου μονωτήρα χρήζει λεπτομερής μελέτης χαρακτηριστικών του κτηρίου, των απαιτήσεων απόδοσης, του κόστους κατασκευής και μακροπρόθεσμης συντήρησης.

Οι μονωτήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε ποικίλα επίπεδα: στη βάση ή στην κορυφή του υπογείου υπόγειο, στη βάση ή κρυφή του 1ου ορόφου. Ειδική περίπτωση αποτελεί η τοποθέτηση μόνωσης σε ανώτερο πάτωμα με στόχο την προσθήκη ορόφου.



*Τοποθέτηση στη βάση του υπογείου*

- Πλεονεκτήματα : Δεν απαιτούνται ειδικές διατάξεις για σκάλες & ανελκυστήρα  
Δεν απαιτούνται ειδικές διατάξεις για μη φέροντες τοίχους  
Η βάση των υποστυλωμάτων μπορεί να συνδεθεί με διάφραγμα στο επίπεδο της μόνωσης .  
Εύκολη ενσωμάτωση εφεδρικού συστήματος για κατακόρυφα φορτία .
- Μειονεκτήματα : Πρόσθετο κόστος εκτός κι αν το υπόγειο απαιτείται για άλλους σκοπούς .  
Απαιτεί ξεχωριστό τοίχο αντιστήριξης .



*Τοποθέτηση στην κορυφή του υπογείου*

## Τάση Σοφία

Πλεονεκτήματα : Δεν απαιτείται υπόγειο

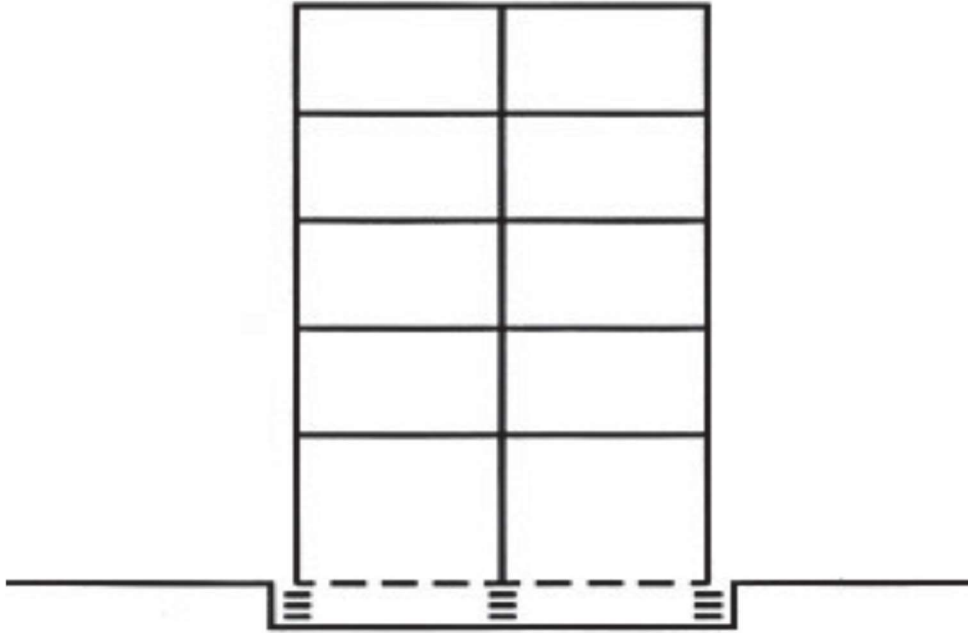
Ελάχιστο πρόσθετο κατασκευαστικό κόστος

Η βάση των υποστυλωμάτων μπορεί να συνδεθεί με διάφραγμα στο επίπεδο της μόνωσης .

Το εφεδρικό σύστημα για τα κατακόρυφα φορτία παρέχεται από τα υποστυλώματα .

Μειονεκτήματα : Μπορεί να χρειαστεί προβολοδομημένο φρεάτιο ανελκυστήρα κάτω από το πρώτο πάτωμα .

Απαιτεί ειδική μεταχείριση εσωτερικής σκάλας κάτω από το πρώτο πάτωμα .



*Τοποθέτηση στη βάση του πρώτου πατώματος*

Πλεονεκτήματα : Ελάχιστο πρόσθετο κατασκευαστικό κόστος

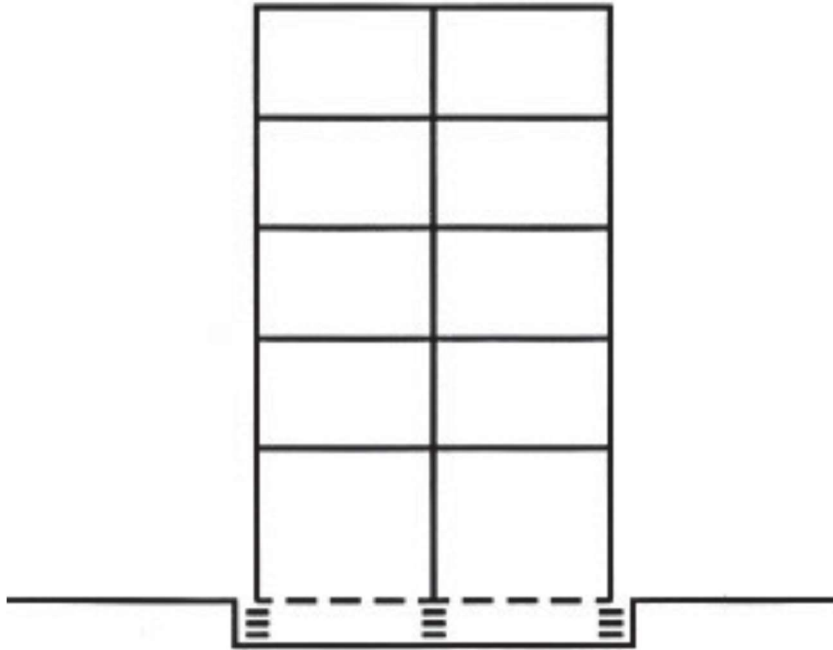
Εύκολος διαχωρισμός στο επίπεδο της μόνωσης

Η βάση των υποστυλωμάτων μπορεί να συνδεθεί με διάφραγμα στο επίπεδο της μόνωσης .

Εύκολη ενσωμάτωση εφεδρικού συστήματος για κατακόρυφα φορτία .

Μειονεκτήματα : Μπορεί να απαιτηθεί όρυγμα – πρόβολος .





*Τοποθέτηση στην κορυφή του πρώτου πατώματος*

- Πλεονεκτήματα :** Ελάχιστο πρόσθετο κατασκευαστικό κόστος  
Οικονομικό αν το πρώτο επίπεδο είναι για πάρκινγκ  
Το εφεδρικό σύστημα για τα κατακόρυφα φορτία παρέχεται από τα υποστυλώματα
- Μειονεκτήματα :** Ειδικές διατάξεις για σκάλες & ανελκυστήρα .  
Ειδικές διατάξεις μη φερόντων τοίχων .  
Ειδικές διατάξεις για κατακόρυφες υπηρεσίες , κατακόρυφα φορτία .

Θα πρέπει να ανφερθούμε ειδικά στη μόνωση βάσης του υπογείου , εξαιτίας απαίτησης τοίχων αντιστήριξης και διαμόρφωσης κατασκευαστικού κενού , ώστε να είναι ισχυρές οι πλευρικές παραμορφώσεις .

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής μιας νέας τεχνικής είναι αυτό της Ιαπωνίας στην πόλη Κοφου , όπου μονώνεται με μεταφορά φορτίου υποστηλώματος , διαμέσου των δυνάμεων τριβής ανάμεσα σε προσωρινά στηρίγματα και στο υπάρχον υποστύλωμα , που αναπτύσσονται με προένταση . Πριν να ξεκινήσει η νέα μέθοδος προηγήθηκαν πειράματα σε πραγματική κλίμακα , προκειμένου να ελεγχθεί η ασφάλεια και η υψηλή απόδοση του συστήματος στήριξης .

Αναφορικά με τις σκάλες και τους ανελκυστήρες για εφαρμογή μόνωσης σε υπάρχον κτίριο , απαιτούνται ειδικές κατασκευαστικές διατάξεις όπως υποθεμελίωση του σκελετού της σκάλας και των τοιχωμάτων του ανελκυστήρα και τοποθέτηση ολισθαινόντων εφεδράνων ανάμεσα στη βάση και τη νέα θεμελίωση .

## **Προϋποθέσεις εφαρμογής σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενα κτήρια**

Είναι μια σύνθετη διαδικασία η μόνωση σε υφιστάμενες κατασκευές , οι οποίες χωρίζονται σε τρία τμήματα :

- κατασκευή πάνω από το επίπεδο μόνωσης ,
- σύστημα μόνωσης
- και τη θεμελίωση .

Η ενίσχυση θα πρέπει να γίνει ξεχωριστά για το καθένα από αυτά , για την επίτευξη υψηλής απόδοσης . Από μηχανικής άποψης , το σύστημα μόνωσης πρέπει να έχει τρεις θεμελιώδεις μηχανικές ιδιότητες :

- ✓ οριζόντια ευκαμψία , που αυξάνει την ιδιοπερίοδο και μειώνει τη μεταφορά της σεισμικής ενέργειας στην ανωδομή (με εξαίρεση πολύ μαλακά εδάφη) ,
- ✓ απόσβεση ενέργειας , ώστε να μειωθούν οι μετακινήσεις
- ✓ επαρκή δυσκαμψία στις μικρές μετατοπίσεις , ώστε το κτίριο να παραμένει άκαμπτο σε ανεμοπιέσεις και μικρούς σεισμούς .

Στα ψηλά και εύκαμπτα κτήρια δεν μπορεί να εφαρμοστεί η σεισμική μόνωση βάσης διότι στη διάρκεια ενός σεισμού θα πρέπει να έχουν συμπεριφορά στέρεου , άκαμπτου σώματος .

Ακόμη θα πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι η μόνωση δεν εξαφανίζει τις σεισμικές δυνάμεις , αλλά τις ελλατώνει , οπότε η αντοχή μιας κατασκευής θα πρέπει να επαρκεί για να αμυνθεί στις μειωμένες δυνάμεις . Σε περίπτωση που η αντοχή είναι υπερμετρα χαμηλή , θα πρέπει να μελετηθεί άλλη μέθοδος ενίσχυσης .

## **Αναφορές σε υφιστάμενα κτήρια του εξωτερικού που εφαρμόστηκε σεισμική μόνωση .**

Το πρώτο υφιστάμενο κτίριο στον κόσμο που ενισχύθηκε με σεισμική μόνωση βρίσκεται στο Salt Lake City (City and County Building) . Κατασκευάστηκε το 1893 και ενισχύθηκε το 1989 με 208 ελαστικά εφέδρανα με πυρήνα μολύβδου και 239 ελαστομεταλλικά .



*City and County Building*

Χρησιμοποιήθηκαν ειδικές διατάξεις για την τοποθέτησή τους κάτω από τους φέροντες τοίχους .

Αυτή τη στιγμή το μεγαλύτερο στον κόσμο ενισχυμένο με μόνωση κτήριο είναι το δημαρχείο του San Francisco , που είναι ένα μνημειακό πενταόροφο κτήριο . Η ενίσχυση περιλάμβανε την τοποθέτηση πάνω από 500 ελαστομεταλλικών εφεδράνων με πυρήνα μολύβδου ακριβώς πάνω από τη θεμελίωση και στη βάση των υποστυλωμάτων και των εξωτερικών φερόντων τοίχων . Η διαδικασία τελείωσε το 1998 .



*Δημαρχείο του San Francisco*

Εφαρμογή σε υφιστάμενο κτίριο έγινε και στα κεντρικά γραφεία της ΑΤΗΚ (Αρχής Τηλεπικοινωνιών Κύπρου) . Το κτίριο αποτελείται από 6 επιμέρους στατικά ανεξάρτητα τμήματα , διαχωριζόμενα μεταξύ τους με αρμούς . Το σύνολο των 6 τμημάτων διαμορφώνει σε κάτοψη ένα 6πλευρο σε κάθε κορυφή του οποίου βρίσκεται ο πυρήνας του κλιμακοστασίου και του ανελκυστήρα κάθε τμήματος . Το κτίριο αναπτύσσεται σε 6 επίπεδα (1 υπόγειο , ισόγειο και 4 ορόφους ) .

Με βάση την αδυναμία επίλυσης του προβλήματος της ανεπάρκειας του φορέα κυρίως λόγω της μεγάλης διαφοράς μεταξύ των φορτίων σχεδιασμού και ανασχεδιασμού διερευνήθηκε και τελικά επιλέχθηκε η περίπτωση της σεισμικής μόνωσης . Μετά από ελέγχους στο σύνολο των διατομών του φορέα διαπιστώθηκε ότι : οι υπερβάσεις σε οπλισμό περιορίζονται σημαντικά και καλύπτονται από τον οπλισμό των μανδύων που κατασκευάζονται , η θεμελίωση ανακουφίζεται σημαντικά ώστε να μην απαιτούνται γενικευμένες παρεμβάσεις και οι σχετικές μετατοπίσεις στην ανωδομή είναι σχεδόν μηδενικές αφού το κτίριο μετατοπίζεται σαν στερεό σώμα . Η εφαρμογή έγινε στο επίπεδο του ισογείου και χρησιμοποιήθηκαν FPS εφέδρανα . Με μόνωση ενισχύθηκαν επίσης τα αεροδρόμια της Αττάλειας και την Κωνσταντινούπολης στην Τουρκία .

### **Αποκατάσταση και δομική ενίσχυση με καινοτόμες τεχνολογίες**

Υπάρχουν ένα πλήθος καινοτόμων υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντισεισμική προστασία των κτηρίων τα οποία έχουν διεθνής πιστοποιήσεις και προσφέρουν μοναδικά πλεονεκτήματα χάρη στην ευκολία εφαρμογής τους .

### **Ύφασμα από περλιτικό γαλβανισμένο χάλυβα**

Αποτελεί ένα καινοτόμο δομητικό σύστημα ενίσχυσης χαμηλού πάχους , με ευρύ πεδίο εφαρμογής και μηχανικά πλεονεκτήματα . Τα συστήματα είναι μοναδικά εξαιτίας της απλότητάς τους στην εφαρμογή και των μηχανικών τους ιδιοτήτων , οι οποίες έχουν επικυρωθεί πειραματικά . Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των συστημάτων είναι πιστοποιημένα και η αντοχή και η ανθεκτικότητά τους είναι ανώτερες από αυτές των υφασμάτων από ίνες άνθρακα , υάλου ή αραμιδίου . Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των χαλυβδούφασμάτων έναντι των ανθρακούφασμάτων είναι το χαμηλότερο μέτρο ελαστικότητας , τόσο του συστήματος , όσο και των ξηρών ινών . Η ιδιότητα αυτή αυξάνει την παραμορφωσιμότητα του συστήματος ενίσχυσης λόγω της υψηλότερης ολκιμότητας του χάλυβα .

Παρέχεται ευκολία αγκύρωσης στα άκρα των δομικών στοιχείων και στη δυνατότητα κατασκευής μιας συνεχούς αγκύρωσης, χωρίς την ανάγκη χρήσης κορδονιών από ίνες άνθρακα ή υάλου . Τα χαλυβρούφασματα υπερτερούν στα κρίσιμα σημεία ( ακμές ) των ενισχυμένων διατομών , στα οποία υστερούν τα παραδοσιακά υφάσματα από ίνες άνθρακα ή ίνες υάλου .

## **Γεωκονιάματα**

Πρόκειται για οικολογικά κονιάματα ορυκτής προέλευσης τα οποία παθητικοποιούν τον υφιστάμενο οπλισμό , αποκαθιστούν και προστατεύουν . Δεν συρρικνώνονται ώστε να προκληθούν ρωγμές και εξασφαλίζουν υψηλή αντοχή και ανθεκτικότητα στο χρόνο . Έχουν εργασιμότητα που προσφέρει ευκολία στη χρήση , λεπτή κοκκομετρία και άριστη ρευστότητα . Συνδυάζονται ιδανικά με χαλυβδοϋφάσματα και δημιουργούν ένα σύστημα ενίσχυσης χαμηλού πάχους που δημιουργεί μονολιθική σύνδεση με την αρχική κατασκευή . Προκειμένου να ενισχυθεί η ευκολία εφαρμογής τους και η προσαρμοστικότητά τους στις ανάγκες ή τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε έργου είναι δυνατό να ρυθμιστεί ο χρόνος πήξης διατηρώντας παράλληλα αμετάβλητες την εργασιμότητα και τις μηχανικές ιδιότητες του προϊόντος .

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

### **ΣΥΝΤΗΡΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗΣ – ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

Οι κατασκευές πρέπει να συντηρούνται με ευθύνη του κυρίου του έργου και την συμβολή του μηχανικού έτσι ώστε να εξασφαλίζεται στο χρόνο λειτουργίας του δομήματος η αντοχή και η λειτουργικότητα για την οποία μελετήθηκαν.

Για ενημέρωση εκείνων που χρησιμοποιούν ένα έργο μπορεί να είναι σκόπιμο να τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις των κτιρίων ή άλλων κατασκευών πινακίδες, οι οποίες να δείχνουν τα μέγιστα επιτρεπόμενα φορτία (ή και άλλες δράσεις) . Πρέπει να επισύρεται η προσοχή εκείνων που χρησιμοποιούν ένα έργο στις καταστάσεις οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε απαράδεκτους κινδύνους κατά την διάρκεια χρήσης του.

### **Ενδείξεις βλαβών**

Αλλαγές χρώματος , διάρρηξη - εκτίναξη του σκυροδέματος , διαρροές , σκουριά , ρωγμές ή υπερβολικές παραμορφώσεις , ρηγματωμένα πρίσματα σε υποστυλώματα λόγω ενανθράκωσης σκυροδέματος μπορούν να είναι ενδείξεις σοβαρής βλάβης .

Αν υπάρχουν υπόνοιες σοβαρής βλάβης , είναι αναγκαία η συνδρομή εμπειρογνώμονα για να αναλυθεί η αιτία , να αποτιμηθούν οι βλάβες και να δοθούν οδηγίες για την επέμβαση , αν χρειάζεται .

## **Περιοδικές επιθεωρήσεις (Ενδεικτικές)**

Η μεγάλη ευαισθησία των διεπιφανειών που δημιουργούνται με την επισκευή – ενίσχυση , καθώς και η χρήση μη συμβατικών υλικών , απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή ως προς τις συνθήκες των έργων επέμβασης κατά τη διάρκεια ζωής τους , έτσι διενεργούνται περιοδικές επιθεωρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα . Οι επιθεωρήσεις έχουν σκοπό να ανιχνεύσουν την ενδεχόμενη εμφάνιση φθορών και βλαβών κατά τη διάρκεια ζωής του έργου , ιδιαίτερα στις θέσεις των επισκευών – ενισχύσεων . Έργα μεγάλης σημασίας που βρίσκονται σε ειδικό περιβάλλον , πρέπει να επιθεωρούνται τακτικότερα , και αν είναι απαραίτητο με ειδικά όργανα ελέγχου που θα έχουν ενσωματωθεί κατά τις εργασίες επισκευής – ενίσχυσης .

Στις συνήθεις περιπτώσεις (μέση διαβρωτικότητα περιβάλλοντος και μέση χρήση) , κατάλληλα χρονικά διαστήματα μεταξύ επιθεωρήσεων είναι :

- Για κατοικίες : 10 έτη
- Για βιομηχανικά ή βιοτεχνικά κτίρια : 5 – 10 έτη

## **Εξελίξεις στα επισκευαστικά υλικά και τις τεχνικές.**

Ο μηχανικός πρέπει διαρκώς να ενημερώνεται για τα νέα υλικά τις τεχνικές ελέγχου και επεμβάσεων ώστε να αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τα προβλήματα των κατασκευών .

## Πηγές

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ροβήλος Αθανάσιος, Μετασεισμικός Έλεγχος σε Κτίρια- Σεισμική Παθολογία Κτιρίων- Οδηγίες και Μέθοδοι Επισκευών Κτιρίων με Βλάβες από Σεισμό, Αθήνα 2001
- [2] Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Πάτρα 2002
- [3] ΚΑΝ.ΕΠΕ. - ΚΑΝονισμός ΕΠΕμβάσεων, Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα, 2012
- [4] Ιστοσελίδα <https://oasp.gr/kanonismoi/kanonismos-epembaseon>
- [5] Τσιούλου Θ. Ουρανία, Πειραματική Μελέτη και Αναλυτική Εκτίμηση της Συμπεριφοράς Δοκών Οπλισμένου Σκυροδέματος Ενισχυμένων με Νέες Στρώσεις Σκυροδέματος, Πάτρα 2010
- [6] Σ. Η. Δρίτσος, Καμπτική Ενίσχυση Δοκού με Πρόσθετη Στρώση Σκυροδέματος (αριθμητική εφαρμογή)
- [7] Ιστοσελίδες  
[www.oasp.gr](http://www.oasp.gr)  
<https://www.e-nomothesia.gr/>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)  
[www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr)  
<http://www.yas.gr>  
<https://www.gein.noa.gr/>  
[https://www.google.gr/search?q=http%3A%2F%2Flee.civil.ntua.gr%2Fpdf%2Fdimosiefseis%2Fvivlia%2Fantiseismikes\\_kataskeves.pdf%2C&sca\\_esv=588456036&source=hp&ei=A8lwZZaJC4bgxc8P6-6LgAw&iflsig=AO6bgOgAAAAAZXDxEyJkpYe8cADeJFKzqWYkRK86iKr5&ved=0ahUKEwjWltO5w\\_uCAxUGcPEDHWv3AsAQ4dUDCAo&uact=5&oq=http%3A%2F%2Flee.civil.ntua.gr%2Fpdf%2Fdimosiefseis%2Fvivlia%2Fantiseismikes\\_kataskeves.pdf%2C&gs\\_lp=Egdnd3Mtd2l6Ik5odHRwOi8vbGVlLnNpdmlsLm50dWEuZ3lvcGRmL2RpbW9zaWVmc2Vpcy92aXZsaWEvYW50aXNlaXNtaWtlc19rYXRhc2tldmVzLnBkZixlhxVQ-wVY-wVwAXgAkAEAmAEAoAEAggEAuAEDyAEA-AEC-AEBqAIA&sclient=gws-wiz](https://www.google.gr/search?q=http%3A%2F%2Flee.civil.ntua.gr%2Fpdf%2Fdimosiefseis%2Fvivlia%2Fantiseismikes_kataskeves.pdf%2C&sca_esv=588456036&source=hp&ei=A8lwZZaJC4bgxc8P6-6LgAw&iflsig=AO6bgOgAAAAAZXDxEyJkpYe8cADeJFKzqWYkRK86iKr5&ved=0ahUKEwjWltO5w_uCAxUGcPEDHWv3AsAQ4dUDCAo&uact=5&oq=http%3A%2F%2Flee.civil.ntua.gr%2Fpdf%2Fdimosiefseis%2Fvivlia%2Fantiseismikes_kataskeves.pdf%2C&gs_lp=Egdnd3Mtd2l6Ik5odHRwOi8vbGVlLnNpdmlsLm50dWEuZ3lvcGRmL2RpbW9zaWVmc2Vpcy92aXZsaWEvYW50aXNlaXNtaWtlc19rYXRhc2tldmVzLnBkZixlhxVQ-wVY-wVwAXgAkAEAmAEAoAEAggEAuAEDyAEA-AEC-AEBqAIA&sclient=gws-wiz)  
[http://lee.civil.ntua.gr/pdf/dimosiefseis/vivlia/antiseismikes\\_kataskeves.pdf](http://lee.civil.ntua.gr/pdf/dimosiefseis/vivlia/antiseismikes_kataskeves.pdf)  
[http://lee.civil.ntua.gr/antiseismikes\\_kataskeves.html](http://lee.civil.ntua.gr/antiseismikes_kataskeves.html)  
[http://lee.civil.ntua.gr/aidika\\_themata.html](http://lee.civil.ntua.gr/aidika_themata.html)