



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ  
ΑΤΤΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΩΝ  
ΕΡΓΩΝ

### **Πτυχιακή Εργασία**

<<ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ  
ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ –ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ  
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ>>

<<REPAIRS AND REINFORCEMENT OF STRUCTURAL ELEMENTS  
IN BUILDINGS WITH EARTHQUAKE DAMAGE-METHODOLOGY-  
FINANCIAL VALUATION>>

*Αναστασία*

*Ιγγλέζου Α.Μ*

*47548*



*Επόπτης: Δόκτωρ Κυριαζόπουλος Αντώνιος*

Αθήνα, 2021

Τίτλος  
Διπλωματικής Εργασίας:

## ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ –ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι  
Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή:

**Αντώνιος Κυριαζόπουλος**  
Καθηγητής  
Επιβλέπων

**Τριαντ.-Φίλης Κόκκινος**  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Μέλος

**Νικόλαος Πνευματικός**  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Μέλος

Απρίλιος 2021, ΑΙΓΑΛΕΩ

## 1.1 ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογράφουσα **Ιγγλέζου Αναστασία**, με αριθμό μητρώου 47548 φοιτητήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας με τίτλο **ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ**

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 τους, 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 μένα 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



Ιγγλέζου Αναστασία

Όνομα Πατρός : Αργύριος

# Περιεχόμενα

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

- ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ
- ΣΕΙΣΜΟΙ
- ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΙΣΜΩΝ
- ΡΗΓΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ
- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΣΕΙΣΜΩΝ
- ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ
- ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

## ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
- ΟΡΙΣΜΟΣ
- ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ
- ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ,ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ
- ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ
- ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ
- ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
- ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- ΤΕΧΝΟΓΝΩΣΙΑ -ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΤΑ ΣΗΜΕΡΙΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ-  
ΑΣΦΑΛΕΣΤΕΡΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναλυτική αναφορά στις επιπτώσεις και ενισχύσεις δομικών στοιχείων σε κτίρια με βλάβες λόγω σεισμών. Ανάλυση μεθοδολογίας και οικονομική αποτίμηση . Αρχικά γίνεται αναφορά στην γενεσιουργό αιτία της πρόκλησης των ανωτέρω βλαβών που είναι οι σεισμοί. Επιγραμματικά αναφέρεται η Ελλάδα ως σειсмоγενής χώρα τα υπάρχοντα ρήγματα στον ελλαδικό χώρο και γίνεται ιστορική αναδρομή. Γίνεται αναφορά στην δομή της γης ,τι είναι σεισμός ,πως δημιουργείται ,ποια τα χαρακτηριστικά του, μέθοδοι πρόβλεψης αυτών ,μέθοδοι μέτρησης τους και σεισμική επικινδυνότητα. στην συνέχεια γίνεται μνεία για την τρωτότητα των κατασκευών ,ορισμός, μέθοδοι υπολογισμού αυτής. Έχοντας πάντα ως γνώμονα την γενική εικόνα ενός κτιρίου ερευνώνται οι παράγοντες που επηρέασαν την συγκεκριμένη κατασκευή μετά την σεισμική δόνηση. Παράγοντες όπως η θέση του κτιρίου όσον αφορά το υπέδαφος ,το οικοδομικό τετράγωνο και την σχέση του με παρακείμενα οικοδομήματα . Γίνεται έλεγχος κατασκευαστικών αστοχιών σε βάσεις ,υποστυλώματα ,εύκαμπτα ισόγεια ,τυχόν ασύμμετρες διατάξεις και ακαμψία σε μια κάτοψη, προηγούμενες προσθήκες και επεμβάσεις . Μετά από ενδελεχή έλεγχο και επισταμένη έρευνα εντοπίζονται οι υπάρχουσες βλάβες σε δομικά στοιχεία αλλά και σε μη δομικά στοιχεία και αναλύονται οι βλάβες μια προς μια και όλες μαζί. Γίνεται αναλυτική αναφορά στις μεθόδους πρόληψης ,επέμβασης και επισκευής των βλαβών αφού προηγουμένως έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι προτεινόμενες επεμβάσεις βάσει της σημερινής τεχνογνωσίας και τεχνολογίας. Η ασφάλεια του κτιρίου και των ενοίκων του πάντα προέχει και η οικονομική αποτίμηση έπεται και λαμβάνει την μορφή της άκρως απαραίτητης και πάντα αυξανόμενης για καλύτερα αποτελέσματα. Τέλος υπάρχει αναφορά στον τρόπο που το ανθρώπινο γένος συνεχώς εξελίσσεται και ανακαλύπτει νέους τρόπους αντιμετώπισης των σεισμών και των καταστροφών που επιφέρουν, ώστε να δημιουργούνται κατασκευές ασφαλέστερες και αντισεισμικές.

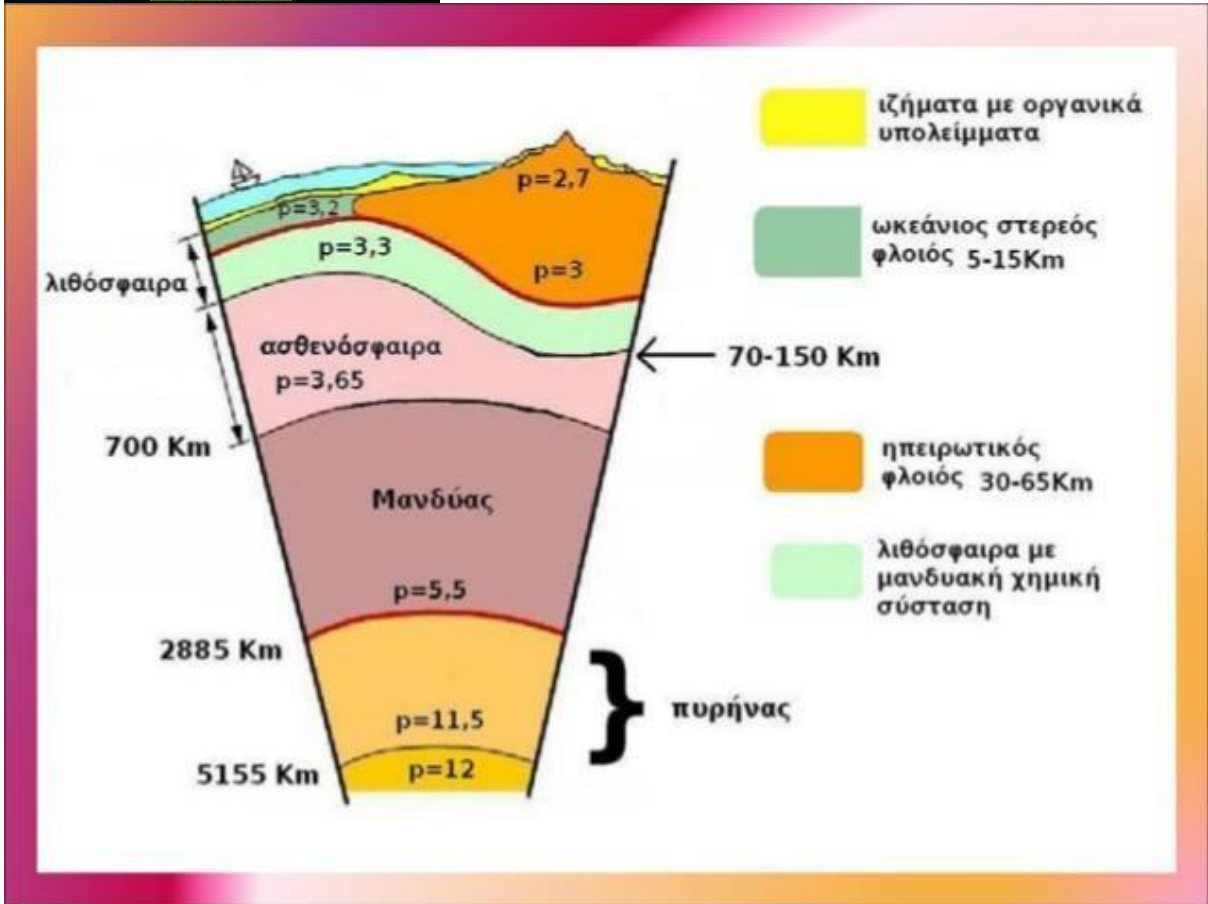
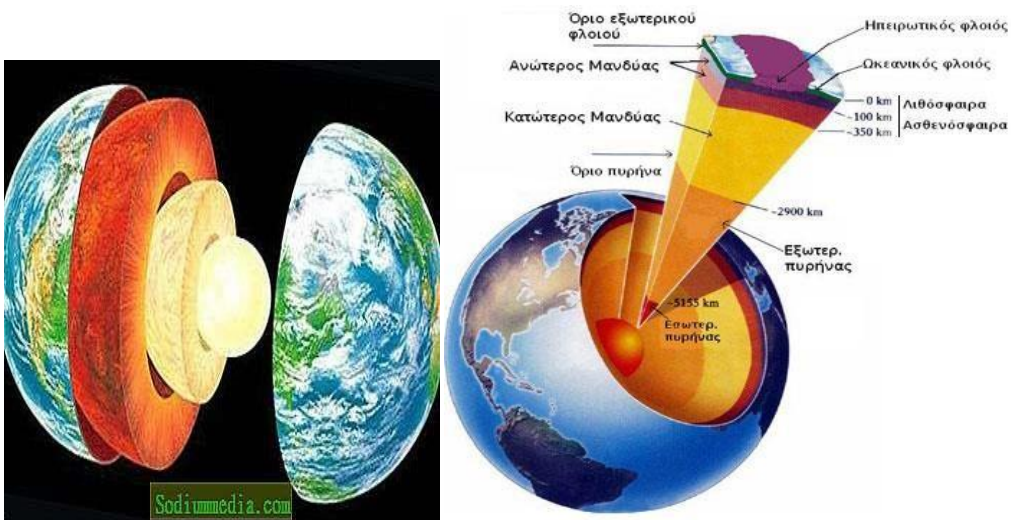
## Summary

In this thesis, a detailed reference is made on the effects and reinforcement of structural elements in buildings damaged by earthquakes. Methodology analysis and economic evaluation. Initially, reference is made to the root cause of the above damage, which is earthquakes. Briefly, Greece is mentioned as an earthquake-prone country, the existing faults in Greece and a historical review is given. There is a reference to the structure of earth, what an earthquake is, how it is created, what its characteristics are, methods of their predictions, methods of their measurement and seismic risk, then the vulnerability of structures is mentioned, definition, methods of its calculation. Always keeping in mind the general image of a building, the factors that influenced the concrete structure after the earthquake. Factors such as the position of the building in relation to the subsoil, the building block and its relationship with adjacent buildings. A check is made of structural failures in foundation, columns, flexible floors, any asymmetrical arrangements and stiffness in a floor plan, previous additions and interventions. After a thorough inspection and a thorough investigation, existing damages in structural and non-structural elements are identified and the damages are analyzed one by one and all together. There is a detailed reference to the methods of prevention, intervention and repair of the damages after having taken into account all the proposed interventions based on current know-how and technology. The safety of the building and its occupants always comes first and the economic valuation follows and takes the form of the highly necessary and always increasing for better results. Finally, there is a reference to the way in which the human race is constantly evolving and discovering new ways of dealing with earthquakes and the disasters they cause, in order to create safer and more earthquake-resistant structures.

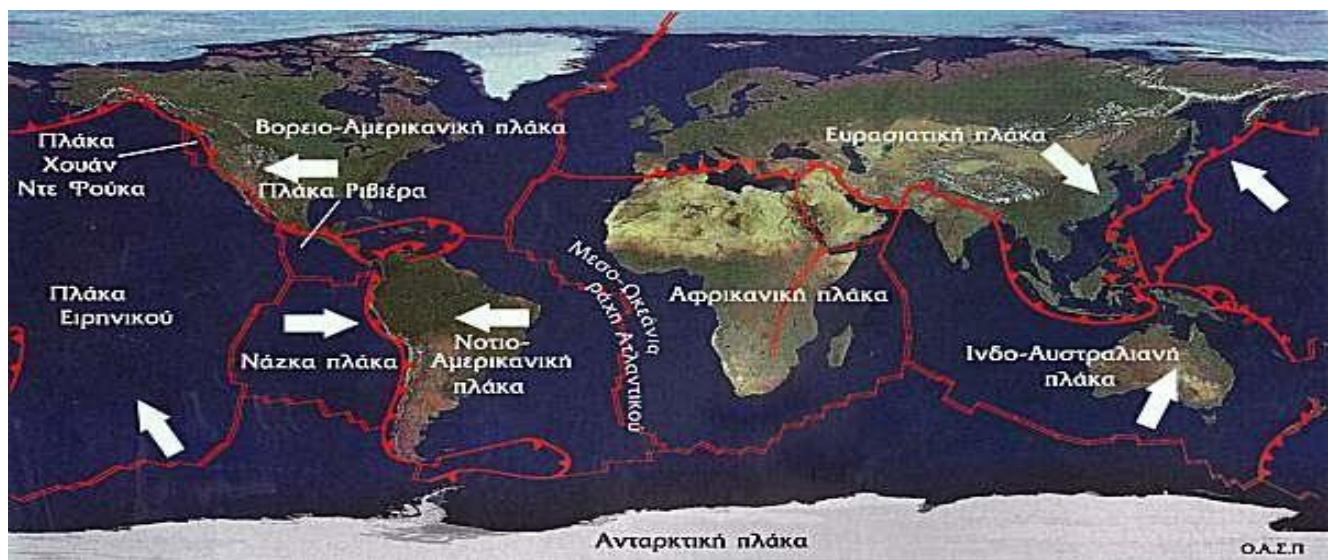
# ΚΕΦ 1°

## ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

Ξεκινώντας από το κέντρο της γη υπάρχει ο πυρήνας ο οποίος είναι σε υγρή ή ρευστή κατάσταση και αποτελεί το πρώτο στρώμα της γης. Ο πυρήνας επικαλύπτεται από τον μανδύα το δεύτερο στρώμα της γης και τέλος πάνω από τον μανδύα υπάρχει ο φλοιός της γης που αποτελεί το τρίτο και τελευταίο στρώμα και είναι η εξωτερική στοιβάδα της γης. Έχουμε δυο είδη φλοιού τον ηπειρωτικό και τον ωκεάνιο. Τα τρία αυτά στρώματα διαφέρουν ως προς την πυκνότητα και την σύσταση και έχουν συνολικό πάχος 6.371 χιλιόμετρα



Το εξωτερικό δύσκαμπτο περίβλημα της γης ονομάζεται λιθόσφαιρα και έχει μεγάλη διατμητική αντοχή. Η λιθόσφαιρα έχει 7 μεγάλες πλάκες (αφρικανική ,ανταρκτική, ινδοαυστραλιανή, ευρασιατική , βορειοαμερικανική, νοτιοαμερικανική, και πλάκα του ειρηνικού) και άλλες μικρότερες που πραγματοποιούν μεταξύ τους σχετικές κινήσεις(ολισθαίνουν). Αυτές οι πλάκες λέγονται λιθόσφαιρες. Κάτω από τη λιθόσφαιρα υπάρχει η ασθενοφόρα η οποία λειτουργεί σαν λιπαντικό στρώμα και επειδή το υλικό της είναι θερμό και αλλάζει μορφή επιτρέπει στις λιθόσφαιρες πλάκες να κινούνται είτε παράλληλα-εφαπτομενικά είτε να αποκλίνουν είτε να συγκλείνουν .



## ΣΕΙΣΜΟΣ

### ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΕΙΣΜΩΝ

Όταν διαταράσσεται η μηχανική ισορροπία των πετρωμάτων και έχουμε συσσώρευση δυναμικής ενέργειας σε περιοχές της λιθόσφαιρας με αποτέλεσμα τη θραύση των πετρωμάτων έχουμε εδαφική δόνηση δηλαδή **σεισμό**. Ένας σεισμός έχει επίκεντρο μέγεθος και ένταση. Από εκεί που ξεκινάνε τα σεισμικά κύματα είναι η πηγή του σεισμού δηλαδή η εστία του και πάνω από αυτήν κατακόρυφα στην επιφάνεια της γης βρίσκεται **το επίκεντρο** του σεισμού. Εκεί ακριβώς έχει γίνει διάρρηξη ρήγματος. Η απελευθέρωση ποσότητας ενέργειας από σεισμό ονομάζεται μέγεθος και είναι μοναδική για κάθε σεισμό και ο υπολογισμός τους γίνεται με μαθηματικό τύπο. Το ποσό καταστροφικός είναι ένας σεισμός μας το δείχνει η **ένταση** που μετριέται σε βαθμούς .

### ΡΗΓΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Η Ελλάδα είναι η πρώτη σεισμογενής χώρα της Ευρώπης και η 6<sup>η</sup> σε όλο τον κόσμο και υπάρχουν εκατοντάδες ενεργά ρήγματα στην Ελλάδα ένα από αυτά είναι :



Το ρήγμα των σερβικών – ρηξιγενής ζώνη Αλιάκμονα



### **ΕΙΔΗ ΣΕΙΣΜΩΝ -ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ**

Οι σεισμοί διακρίνονται σε:

- Τεκτονικοί
- Ηφαιστειακοί
- Εγκατακρημισιγενείς
- Κρυογενείς
- Τεχνητοί

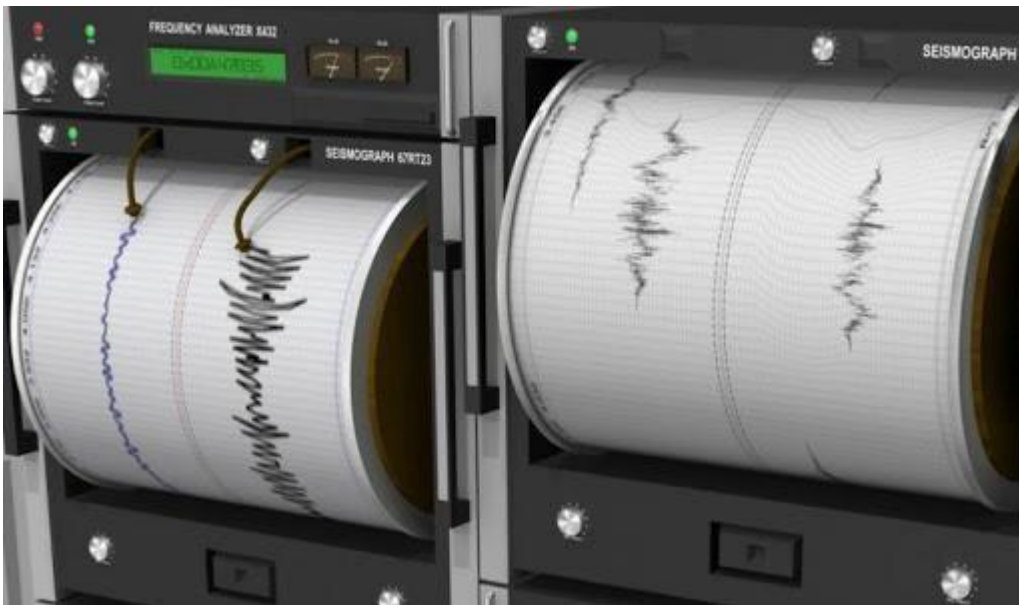
Για την μέτρηση μιας σεισμικής δόνησης χρησιμοποιούνται κυρίως δύο κλίμακες:

- Κλίμακα Ρίχτερ
- Κλίμακα Μερκαλι

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ**

Οι σεισμολόγοι δεν μπορούν να προβλέψουν επακριβώς την τέλεση ενός σεισμού. Όμως με έρευνα και παρατήρηση μπορούν, παρακολουθώντας συγκεκριμένες περιοχές με πλούσια σεισμική δραστηριότητα να προβλέψουν μεγάλους σεισμούς καταγράφοντας την προσεισμική δραστηριότητα και αυτό λίγες μέρες νωρίτερα του σεισμού ή και σε βάθος χρόνου. Όμως γενικά τα φυσικά φαινόμενα είναι απρόβλεπτα. Για την πρόβλεψη των σεισμών χρησιμοποιούνται ειδικά σεισμογραφικά όργανα όπως σεισμοσκόπια ,σεισμογράφοι ,σεισμόμετρα και επιταχυνσιογράφοι.

# ΣΕΙΣΜΟΣΚΟΠΙΟ



## **ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Ο μεγαλύτερος σεισμός, που έχει καταγραφεί στην Ελλάδα είχε μέγεθος περίπου 8,5 R στις 21 Ιουλίου του 365 μ.Χ. στη δυτική Κρήτη. Ίδιος σεισμός έγινε στις 8 Αυγούστου του 1303, στην ανατολική πλευρά της Κρήτης.

Στις 12 Οκτωβρίου του 1856 με επίκεντρο στη θαλάσσια περιοχή ανάμεσα στην Κρήτη και τη Ρόδο έγινε σεισμός μεγέθους 8,2 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ. Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα είχαμε πλούσια σεισμική δραστηριότητα καθώς κατεγράφησαν σεισμοί το 1903 στα Κύθηρα 7,2 ρίχτερ και το 1926 τη Ρόδο 8 ρίχτερ. Ο φονικότερος σεισμός συνέβη το 1953 στον νησιωτικό σύμπλεγμα Κεφαλονιά-Ζάκυνθο-Ιθάκη με μέγεθος 7,2 ρίχτερ που είχε καταστροφικές συνέπειες.

## **ΚΕΦ 2<sup>ο</sup>**

### **ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ**

### **ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

### **ΟΡΙΣΜΟΣ**

Για να κατασκευάσουμε ένα κτίριο σε μια περιοχή, εκτός των άλλων, πρέπει να υπολογίσουμε και την σεισμική δραστηριότητα της περιοχής και αναλόγως τα κτίρια να κατασκευάζονται σύμφωνα με τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό χαμηλού επίπεδου, μέσου επίπεδου υψηλού επίπεδου. Στα ήδη υπάρχοντα κτίρια πρέπει να υπολογίσουμε την τρωτότητα τους δηλαδή να προσδιορίσουμε με ποιοτικό και ποσοτικό τρόπο τα τρωτά τους σημεία και το κατά πόσο αποκρίνεται και με ποιο τρόπο η εκάστοτε κατασκευή στις σεισμικές κινήσεις. Αυτό σίγουρα αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα με πολλές μεταβλητές και αβεβαιότητες. Είναι φανερό ότι μεγάλο ρόλο στις κατασκευές παίζουν τα υλικά κατασκευής και τα διάφορα σχήματα στην κάτοψη τους και στην όψη τους.

Ευνόητο είναι για την τρωτότητα των κτιρίων να λάβουμε πληροφόρηση από την επιστημονική κοινότητα και άλλους φορείς που έχουν ασχοληθεί με το συγκεκριμένο θέμα.

Βασικές μέθοδοι υπολογισμού τρωτότητας σήμερα είναι οι κάτωθι:

- Ημιεμπειρική μέθοδος Είναι η μέθοδος που συσχετίζει στατιστικά τις βλάβες και την σεισμική συμπεριφορά, κατά την διάρκεια παρελθόντων σεισμών, με τα δομικά στοιχειώδη χαρακτηριστικά των κατασκευών.
- Αναλυτική μέθοδος. Είναι η μέθοδος που κατά την ανάλυση της κατασκευής συμπεραίνουμε κατ'επίληψη το κατά πόσο αναμένεται να αντέξει όταν λάβει χώρα ένας σεισμός.

## **ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ**

Σε περιοχές όπου έχουμε έντονη σεισμική δραστηριότητα εφαρμόζουμε ημιεμπειρικές μεθόδους . σε αυτές υπάρχει συμπλήρωση ενός ειδικού έντυπου που μας παρέχει στοιχεία και πληροφορίες τις οποίες αξιολογούμε και καταλήγουμε σε συμπεράσματα σύμφωνα με τα όποια κατατάσσουμε τις κατασκευές αναλόγως την τρωτότητα τους και την επικινδυνότητα τους. Η μέθοδος έχει αξιόπιστα αποτελέσματα για την γεωγραφική περιοχή για την οποία εφαρμόστηκε. Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα είναι η ταχεία διαδικασία αποτίμησης πλήθους αριθμού κτιρίων από κρατικές υπηρεσίες ή άλλους φορείς με αποτέλεσμα μιας πλήρους εικόνας της τρωτότητας των κατασκευών για την περιοχή ευθύνης των. Τα κτίρια ο τύπος τους η δόμηση τους τα σεισμικά φαινόμενα τα υλικά κατασκευής που επηρεάζουν τις κατασκευές διαφέρουν από χώρα σε χώρα γιατί και κάποια κράτη εφαρμόζουν δική τους ημιεμπειρική μέθοδο όπως:

Η μέθοδος αμερικανικής FEMA είναι μια ημιεμπειρική μέθοδος που υπάρχουν τέσσερα στάδια τρωτότητας κτιρίων

1.κατάταξη κτιρίου

2.καθορισμός αρνητικών στοιχείων

κτιρίου 3.καθορισμός αντισεισμικού

σχεδιασμού 4.τελική βαθμολογία

Η μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε 70.000 κτίρια των ηνωμένων πολιτειών κυρίως δημόσια κτίρια και υψηλής σπουδαιότητας. Η μεθοδολογία έχει αναβαθμιστεί με την έκδοση του έτους 2001

- Οι νεοζηλανδέζικες μέθοδοι NZSEE

Στην NZSEE έχουν αναπτυχθεί δυο μέθοδοι αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας των υφιστάμενων κατασκευών . Α) της ταχείας αποτίμησης έτος 1996 και

B) της αρχικής αποτίμησης έτος 2000

- Η ιαπωνική μέθοδος JBDPA

Στην JBDPA έχουμε τρία στάδια έλεγχου

A)Έλεγχος της διατρητικής αντοχής των υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων

B) υπολογισμός της πλαστικότητας των υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων διάτμησης. Οι δοκοί θεωρούνται άκαμπτοι. Για κατασκευές με αδύναμα υποστυλώματα και ισχυρά δοκάρια δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Γ ) περιλαμβάνει όλους τους πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας όπως αστοχία δοκών και στροφή των άκαμπτων τοιχωμάτων διάτμησης λόγω της αστοχίας της θεμελίωσης.

- Η ιταλική μέθοδος GNDT

Το GNDT έχει αναπτύξει δύο ξεχωριστές τεχνικές για την προσεισμική βαθμολόγηση των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και από τοιχοποιία. Για την τεχνική των κτιρίων από

τοιχοποιία είναι καλύτερα τεκμηριωμένα από αυτήν την τεχνική των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

#### ➤ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑ ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ 2001

Στην χώρα μας τον προσεισμικό έλεγχο και τον καθορισμό της σεισμικής τρωτότητας των κτιρίων έχει αναλάβει η επιστημονική ομάδα ΟΑΣΠ και έχει εφαρμόσει ένα κανονιστικό πλαίσιο που έχει τρία στάδια ελέγχου:

- Πρωτοβάθμιος έλεγχος (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος –ΤΟΕ) – εκτιμά τάχιστα την σεισμική ικανότητα στα δημόσια και κοινωφελής χρήσης κτίρια.
- Δευτεροβάθμιος έλεγχος – για τα κτίρια που κριθήκαν ανεπαρκή στον πρωτοβάθμιο έλεγχο γίνεται μια κατά προσέγγιση αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας βασιζόμενη σε πιο αναλυτικούς υπολογισμούς
- Τριτοβάθμιος έλεγχος - σε συνέχεια του δευτεροβαθμίου ελέγχου καταγράφεται αναλυτικός πίνακας της σεισμικής ικανότητας των κρινόμενων ως ανεπαρκή κτιρίων

Ο πρωτοβάθμιος έλεγχος (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος –ΤΟΕ ) βασίζεται, για δημόσια και κοινωφελούς χρήσης κτίρια, στο εγχειρίδιο FEMA 154 ΤΟΥ 1988 όπου συλλέγονται πληροφορίες για τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε κτιρίου. Στην συνέχεια σε πέντε ενότητες καταγράφονται κατά σειρά

Α) γενικά χαρακτηριστικά

κτιρίου Β) τεχνικά

χαρακτηριστικά κτιρίου

Γ)σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία της περιοχής

Δ) κατάταξη κτιρίου σε 13 δομικούς τύπους σύμφωνα με την μέθοδο και αφορά το υλικό κατασκευής, το είδος δομικού συστήματος, το είδος κατασκευής και το κανονιστικό πλαίσιο σχεδιασμού του κτιρίου και

Ε)τέλος καταγράφονται τα τρωτά σημεία του κτιρίου έναντι σεισμικού κινδύνου. Μετά τα ανωτέρω το κτίριο κατατάσσεται σε έναν από τους 13 δομικούς τύπους και βαθμολογείται-αξιολογείται για την σεισμική του τρωτότητα. Η αρχική του βαθμολογία μειώνεται ανάλογα με τα τρωτά του στοιχεία

#### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ, ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ**

Για να βελτιώσουμε την σεισμική συμπεριφορά μιας κατασκευής και να μειώσουμε την σεισμική διακινδύνευση της εφαρμόζουμε τακτικές καθαρά τεχνικές η διαχειριστικής φύσης. Στην πρώτη περίπτωση αυξάνουμε την αντοχή και την δυσκαμψία του κτιρίου, αυξάνουμε την ικανότητα παραμόρφωσης και μειώνουμε την σεισμική απαίτηση. Στην δεύτερη

περίπτωση γίνεται πιθανή

αλλαγή χρήσης, η εφαρμόζουμε προοδευτικά επεμβάσεις και λαμβάνουμε προσωρινά μέτρα ενίσχυσης.

Στις τεχνικές στρατηγικές σήμερα το βασικό κριτήριο επιλογής των επεμβάσεων είναι να περιορίσουμε τις βλάβες που υφίστανται τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα στοιχεία σε ανεκτά επίπεδα για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας. Πρωτεύοντα είναι τα στοιχεία και οι φορείς που συμβάλλουν ουσιαστικά στην αντοχή του κτιρίου έναντι κατάρρευσης υπό σεισμική δράση, λόγω κίνησης του εδάφους σε οποιαδήποτε διεύθυνση (π.χ. υποστυλώματα, τοιχώματα, κτλ).

Στις διαχειριστικές στρατηγικές περιλαμβάνονται θέματα όπως:

A) να παρθεί απόφαση ποτέ θα γίνουν οι επεμβάσεις όταν το κτίριο χρησιμοποιείται, η να εκκενωθεί μέχρι να ολοκληρωθούν οι επεμβάσεις.

B) να γίνει αλλαγή χρήσης της κατασκευής και να γίνει αποδεκτή η σεισμική διακινδύνευση, η να γίνει αποδεκτή η υπάρχουσα σεισμική διακινδύνευση και να μην γίνουν επεμβάσεις.

Γ) να γίνει κατεδάφιση του κτιρίου και να ανοικοδομηθεί νέο κτίριο.

Δ) οι επεμβάσεις που θα προταθούν να υλοποιηθούν προοδευτικά με αρκετό χρονικό διάστημα υλοποίησης ή να παρθούν μέτρα ενίσχυσης μέχρι να αντικατασταθεί η κατασκευή

Ε) να γίνουν οι επεμβάσεις εξωτερικά του κτιρίου για να μην ενοχληθούν οι ένοικοι ή οι επεμβάσεις να γίνουν εσωτερικά του κτιρίου για να παραμείνει η όψη του κτιρίου αναλλοίωτη

Για τον ανασχεδιασμό μιας υπάρχουσας κατασκευής είναι αναγκαία:

A) Η αποτίμηση : εξετάζεται η υπάρχουσα κατάσταση , η τεκμηρίωση του υφιστάμενου φορέα και η αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας της κατασκευής. Περιλαμβάνεται η αποτύπωση του φέροντα οργανισμού, η καταγραφή των βλαβών, καθώς και η εκτίμηση των συντοκικών συνθηκών, των κατακόρυφων φορτίων και των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών της κατασκευής. Γίνεται ανάλυση, που αποτιμά τη σεισμική της ικανότητα. Αποφασίζεται αν υπάρχει ανάγκη για ενίσχυση της κατασκευής . Προαπαιτείται επιλογή της «στάθμης επιλεκτικότητας» δηλαδή της επιθυμητής συμπεριφοράς της κατασκευής, σε συνάρτηση με τον σεισμό σχεδιασμού, που μπορεί να εκφραστεί μέσω της πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής της κατασκευής που θεωρείται 50 έτη αφού ληφθέν υπόψη η προστασία και η ζωή των ένοικων.

B) Η λήψη της απόφασης για:

- Επισκευή της κατασκευής (αν υπάρχουν βλάβες) ή καμία επέμβαση.
- Ενίσχυση της κατασκευής.
- Κατεδάφιση της κατασκευής και ανέγερση νέας. Όταν λέμε επισκευή εννοούμε επέμβαση σε μια κατασκευή με βλάβες και αποκατάσταση των βλαβών και επαναφορά της κατασκευής στην

πρότερα αρχική κατάσταση της. ενώ ως ενίσχυση ορίζεται η διαδικασία επέμβασης, σε μία κατασκευή, με ή χωρίς βλάβες, η οποία επαυξάνει τη φέρουσα ικανότητα του φορέα σε επίπεδο υψηλότερο από αυτό του αρχικού του σχεδιασμού. Αν τελικά επιλέξουμε την ενίσχυση έχουμε δυο



τρόπους να δράσουμε , είτε να ενισχύσουμε την κατασκευή στο σύνολο της ώστε να μειώσουμε την ένταση στα αδύναμα στοιχεία της σε επίπεδα χαμηλότερα από τα ανεκτά όρια ικανότητας τους, είτε να ενισχύσουμε τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής δίδοντας τους επιπρόσθετη ικανότητα σε αντοχή και πλαστικότητα ή και άλλα χαρακτηριστικά που λείπουν σε μεμονωμένα στοιχεία. Πάντως σε κατασκευές με εκτεταμένες και βαριές βλάβες από έναν ισχυρό σεισμό, η επέμβαση πρέπει να στοχεύει στην ενίσχυση συνολικά της κατασκευής.

Γ) Σχεδιασμός της λύσης που επελέγη το οποίο περιλαμβάνει την διαστασιολόγηση των μελών του επισκευασμένου/ενισχυμένου φορέα, την τεχνική περιγραφή των προβλεπόμενων εργασιών και το κόστος της λύσης.

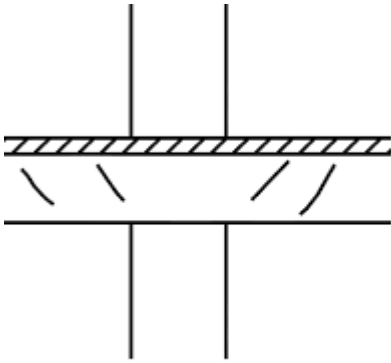
## **ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ**

Στην παρούσα ενότητα επιθυμώ να αναφέρω κατά γράμμα τις μεθόδους επισκευών-ενισχύσεων όλων των κατωτέρω βλαβών που προήλθαν από ισχυρό σεισμό καθώς ως μελλοντικός πολιτικός μηχανικός θα επιλέγω λύσεις αποκατάστασης βλαβών που έχουν εφαρμοσθεί και έχουν εν τη πράξει αποδειχθεί ότι εφαρμόστηκαν και έφεραν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Βεβαίως με την εξέλιξη της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας εάν υπάρξουν πιο εξελιγμένες μέθοδοι που θα έχουν δοκιμασθεί και θα έχουν εγκριθεί από την επιστημονική κοινότητα βεβαίως και θα τύχουν της προτίμησης μου μέχρι τότε όμως ισχύουν οι παρακάτω μέθοδοι.

## **ΕΠΙΣΚΕΥΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ**

Οι δοκοί είναι τα δομικά στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα που αποτελούν συνηθισμένο αντικείμενο επέμβασης, είτε λόγω βλαβών που έχουν υποστεί είτε λόγω πρόσθετων φορτίων που καλούνται να παραλάβουν. Η επέμβαση είναι δυνατό να περιλαμβάνει μόνο την επισκευή των υφιστάμενων βλαβών, όπου αυτές υπάρχουν, ή επιπλέον την ενίσχυση της δοκού, δηλαδή την περαιτέρω βελτίωση των ιδιοτήτων της. Σε περίπτωση σεισμικής καταπόνησης, οι βλάβες επικεντρώνονται κατά κανόνα στην περιοχή του κόμβου δοκού και υποστυλώματος. Κατά συνέπεια, στις περιπτώσεις αυτές η επέμβαση στις βλαμμένες δοκούς αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου σχεδίου επεμβάσεων που μπορεί να περιλαμβάνει τους κόμβους καθώς και τα κατακόρυφα στοιχεία που συντρέχουν σε αυτούς. Η διαδικασία επισκευής μίας δοκού έχει ως στόχο την αποκατάσταση των χαρακτηριστικών που είχε πριν υποστεί τις βλάβες όσον αφορά τόσο στην αντοχή όσο και στη δυσκαμψία της. Όπως προαναφέρθηκε, η επιλογή της μεθόδου επισκευής εξαρτάται από το βαθμό της βλάβης που έχει υποστεί η δοκός. Στην περίπτωση ελαφρών βλαβών, η επισκευή της δοκού γίνεται με συγκόλληση των ρωγμών με εποξική ρητίνη . Εάν επιπλέον της ρηγμάτωσης παρατηρείται επιφανειακή αποφλοίωση του σκυροδέματος χωρίς όμως αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της διατομής του πυρήνα, ο φλοιός αποκαθίσταται με χρήση επισκευαστικού κονιάματος. Το κονίαμα που επιλέγεται έχει συνήθως ως βάση κάποιο είδος ρητίνης, εκτός εάν το βάθος της αποφλοίωσης είναι μεγαλύτερο, οπότε προτιμώνται μη

συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο.

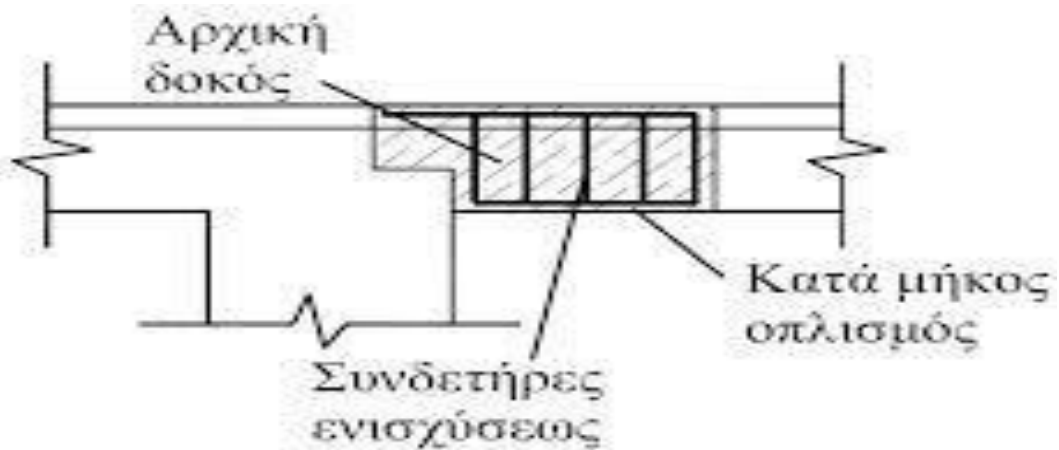


*Ρητινενέσεις για συγκόλληση ρωγμών σε δοκό.*



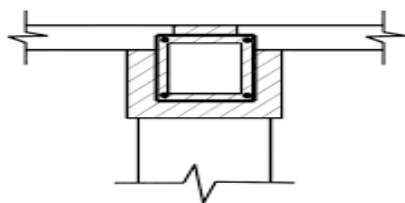
Εάν η δοκός έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση, η διαδικασία που υιοθετείται για την επισκευή της περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- (Α) Υποστύλωση της δοκού.
- (Β) Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- (Γ) Τοποθέτηση στην εξωτερική παρειά της δοκού ελαφρού δομικού πλέγματος (Δ) Διάστρωση εκτοξευόμενου ή έγχυτου σκυροδέματος

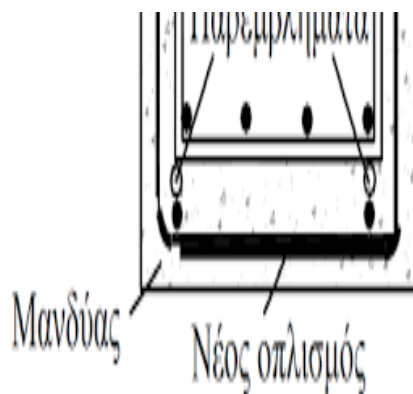


*Σχήμα 4.2.: Επισκευή δοκού με ελαφρύ δομικό πλέγμα.*

Εναλλακτικά, αντί για την επισκευή του βλαμμένου στοιχείου με τοποθέτηση πλέγματος, συχνά επιλέγεται η ταυτόχρονη ενίσχυση της δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Πριν την κατασκευή του μανδύα, απαιτείται θραύση της πλάκας στην περιοχή που θα τοποθετηθεί ο μανδύας και εκτράχυνση της εξωτερικής επιφάνειας της δοκού που θα συνδεθεί με αυτόν. Στη συνέχεια τοποθετούνται κατά μήκος οπλισμοί και συνδετήρες όπως φαίνεται στην εικόνα (4.3). Για την κατασκευή του μανδύα χρησιμοποιείται έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.



*Σχήμα 4.3.: Επισκευή δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.*



*Σχήμα 4.4.: Μανδύας για επισκευή δοκού σε κάμψη.*

Εάν οι βλάβες της δοκού οφείλονται σε κάμψη, πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος για τη δημιουργία του μανδύα, γίνεται αποκάλυψη του υπάρχοντος οπλισμού της δοκού σε ορισμένες θέσεις και συγκόλληση νέου οπλισμού κάμψης πάνω στον παλιό μέσω παρεμβλημάτων (εικόνα 4.4). Η σύνδεση του μανδύα με την υφιστάμενη διατομή από σκυρόδεμα γίνεται είτε με

συνδετήρες, οι οποίοι αγκυρώνονται σε οριζόντιες οπές που διανοίγονται στον κορμό της δοκού

που ενισχύεται (εικόνα 4.4), είτε με χημικώς πακτωμένα βλήτρα. Όταν η ενίσχυση της δοκού συνοδεύεται από αύξηση του πάχους της υπερκείμενης πλάκας, οι συνδετήρες για τη σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου περικλείουν ολόκληρη την ενισχυόμενη δοκό.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συνήθως στην κατασκευή του μανδύα, είναι η συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος. Για το λόγο αυτό συνιστάται να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή να αντικαθίσταται το τσιμέντο από μη συρρικνούμενη κονία, ενώ οι κόκκοι του αδρανούς πρέπει να είναι μικρότεροι ή ίσοι με τους κόκκους του υπάρχοντος σκυροδέματος. Όταν εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκους, όσο και του εγκάρσιου οπλισμού, η τεχνική που εφαρμόζεται είναι η εξής:

(Α) Υποσύλωση της δοκού.

(Β) Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος σε ολόκληρο το βλαμμένο τμήμα της δοκού και προσεκτικός καθαρισμός της εναπομένουσας διατομής.

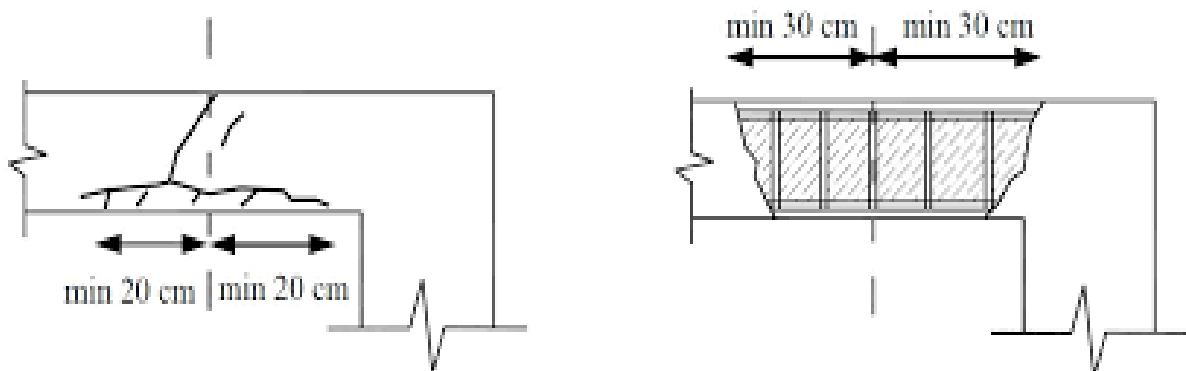
(Γ) Έλεγχος του υπάρχοντος διαμήκους οπλισμού και ενίσχυση αυτού εάν απαιτείται με ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων.

(Δ) Απομάκρυνση των διαρρηγμένων και τοποθέτηση νέων πυκνών

συνδετήρων). (Ε) Διαμόρφωση των παρειών του παλαιού σκυροδέματος.

(ΣΤ) Τοποθέτηση ξυλότυπου.

(Ζ) Σκυροδέτηση του καθιερωθέντος τμήματος με άγδυτο σκυρόδεμα ή διάστρωση εγκιβωτισμένου σκυροδέματος (pre-packed concrete)



## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ

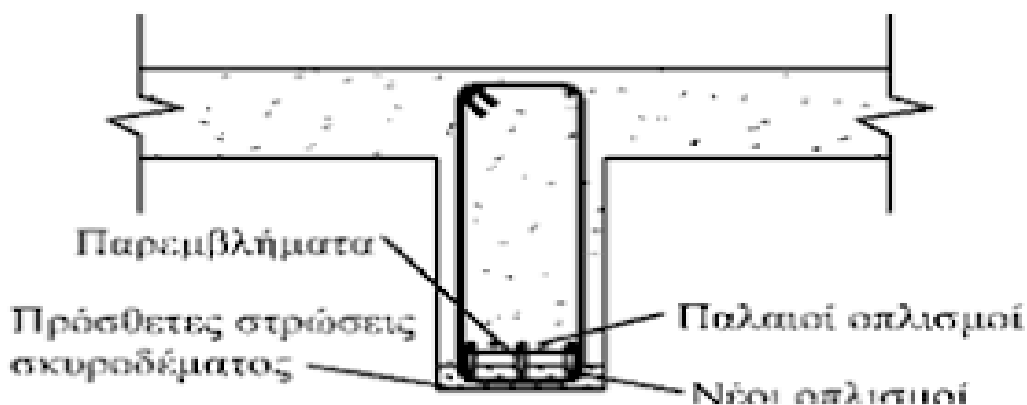
Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ενίσχυσης μίας δοκού εξαρτάται άμεσα από τον επιδιωκόμενο στόχο. Κατά κανόνα, μεταξύ του συνόλου των δοκών της κατασκευής που ανασχεδιάζεται,

ενισχύονται αυτές που εμφανίζουν ανεπαρκή καμπτική ή/και διατμητική αντοχή με βάση τις

απαιτήσεις και τα κριτήρια σχεδιασμού της επιλεγείσας στάθμης επιλεκτικότητας. Επίσης, ένας άλλος συνήθης λόγος ενίσχυσης είναι η αύξηση των φορτίων που καλείται να παραλάβει η υπόψη δοκός λόγω αλλαγής χρήσης του κτιρίου

#### **(Α) Ενίσχυση σε Κάμψη με Πρόσθετες Στρώσεις Σκυροδέματος**

Όταν η αντοχή μίας δοκού σε κάμψη δεν πληρεί τα κριτήρια σχεδιασμού, είναι δυνατή η ενίσχυση του εφελκόμενου πέλματος με νέους διαμήκεις οπλισμούς που καλύπτονται από εκτοξευόμενο σκυροδέμα σε όλο το πλάτος της δοκού. Το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι της τάξης των 7 - 10 cm. Στη λιγότερο συνηθισμένη περίπτωση ενίσχυσης του θλιβόμενου πέλματος δεν είναι απαραίτητη η χρήση νέου οπλισμού, ενώ αντί για εκτοξευόμενο σκυροδέμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άγδυτο. Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να γίνεται αποφόρτιση της ενισχυόμενης δοκού στο μέγιστο δυνατό βαθμό.



Όπως και στην περίπτωση της κατασκευής μανδύα, η σύνδεση του υπάρχοντος με το νέο οπλισμό γίνεται μέσω παρεμβλημάτων. Ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των οπλισμών, τα παρεμβλήματα μπορούν να είναι καβίλιες ή αναρτήρες. Εναλλακτικά, όταν το πάχος της νέας στρώσης

σκυροδέματος είναι μεγάλο, η σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου μπορεί να γίνει με μονότμητα ή δίτμητα βλήτρα. Το πλεονέκτημα της χρήσης βλήτρων είναι ότι με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι αρνητικές συνέπειες της ηλεκτροσυγκόλλησης στις ιδιότητες του χάλυβα. Σε κάθε περίπτωση, η επιφάνεια του πέλματος που ενισχύεται πρέπει να έχει προηγουμένως εκτραχυνθεί έως ότου

αποκαλυφθούν τα αδρανή. Η εκτράχυνση γίνεται με υδροβολή ή κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό. Η προσεκτική προετοιμασία της διεπιφάνειας για τη σύνδεση παλαιού και νέου στοιχείου είναι ιδιαίτερα κρίσιμη προκειμένου να αποφευχθεί η αποκόλληση των πρόσθετων στρώσεων

σκυροδέματος όταν η ενισχυμένη δοκός κληθεί να παραλάβει τα επιπλέον φορτία. Παρόλο που η μέθοδος της ενίσχυσης δοκών με προσθήκη στρώσεων σκυροδέματος έχει εξαιρετικά ευρεία

εφαρμογή, εξακολουθεί να παρουσιάζει μειονεκτήματα. Το κυριότερο από αυτά είναι ότι το νέο σκυροδέμα, είτε άγδυτο είτε εκτοξευόμενο, υπόκειται σε συστολή ξηράνσεως έως ότου αναλάβει πλήρως την αντοχή του, ενώ αντίθετα οι διαστάσεις του αρχικού στοιχείου παραμένουν πρακτικά

αμετάβλητες. Επειδή όμως τα δύο στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους και συμπεριφέρονται ως ενιαία διατομή, η συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος παρεμποδίζεται, οπότε



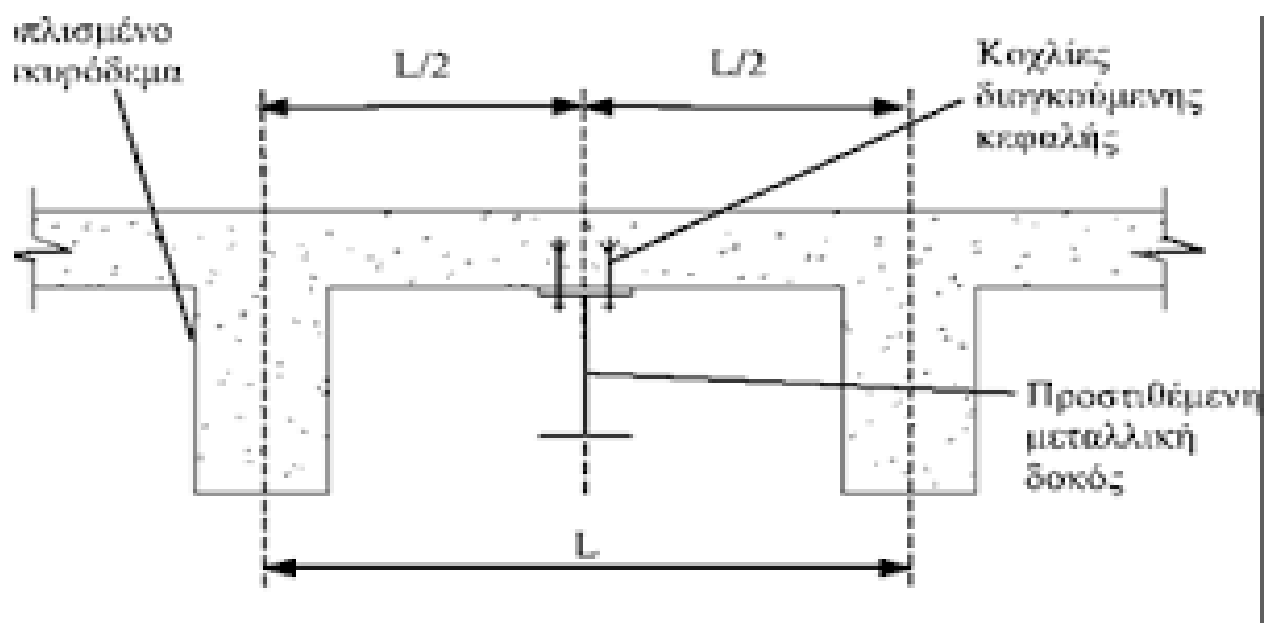
αναπτύσσονται

εφελκυστικές τάσεις. Εάν οι τάσεις αυτές είναι σημαντικές μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τη ρηγμάτωση του προστιθέμενου στοιχείου ή την αποκόλλησή του από την υφιστάμενη διατομή. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, όπως και στην περίπτωση της κατασκευής μανδύα, συνιστάται να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή να αντικαθίσταται το τσιμέντο

από μη συρρικνούμενη κονία. Ένα άλλο πιθανό πρόβλημα που σχετίζεται με την αύξηση της διατομής με προσθήκη σκυροδέματος είναι η διάβρωση του νέου οπλισμού και των βλήτρων που βρίσκονται σε επαφή με το παλιό σκυρόδεμα λόγω ηλεκτροχημικής διάβρωσης του σκυροδέματος αυτού.

### (B) Ενίσχυση με Προσθήκη Νέων Μεταλλικών Μελών

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. Σύμφωνα με την παθητική προσέγγιση που αναφέρθηκε παραπάνω, οι νέες δοκοί παραλαμβάνουν μόνο τα πρόσθετα φορτία ενώ η υπάρχουσα πλάκα και οι δοκοί εξακολουθούν να φέρουν το ίδιο βάρος τους. Με βάση την ενεργητική προσέγγιση, απαιτείται ανύψωση με γρύλους της πλάκας και των δοκών έτσι ώστε να αναιρεθούν οι παραμορφώσεις που οφείλονται στα φορτία βαρύτητας πριν την τοποθέτηση των νέων μελών. Η διαδικασία αυτή είναι επίπονη και συχνά με μικρή ωφέλεια. 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 διεπιφάνειά τους με τις ενισχυόμενες δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η προσθήκη μεταλλικών διατομών U σε κάθε πλευρά μιας υφιστάμενης δοκού αποτελεί μία ακόμα πρακτική για την ενίσχυση δοκών από οπλισμένο σκυρόδεμα.

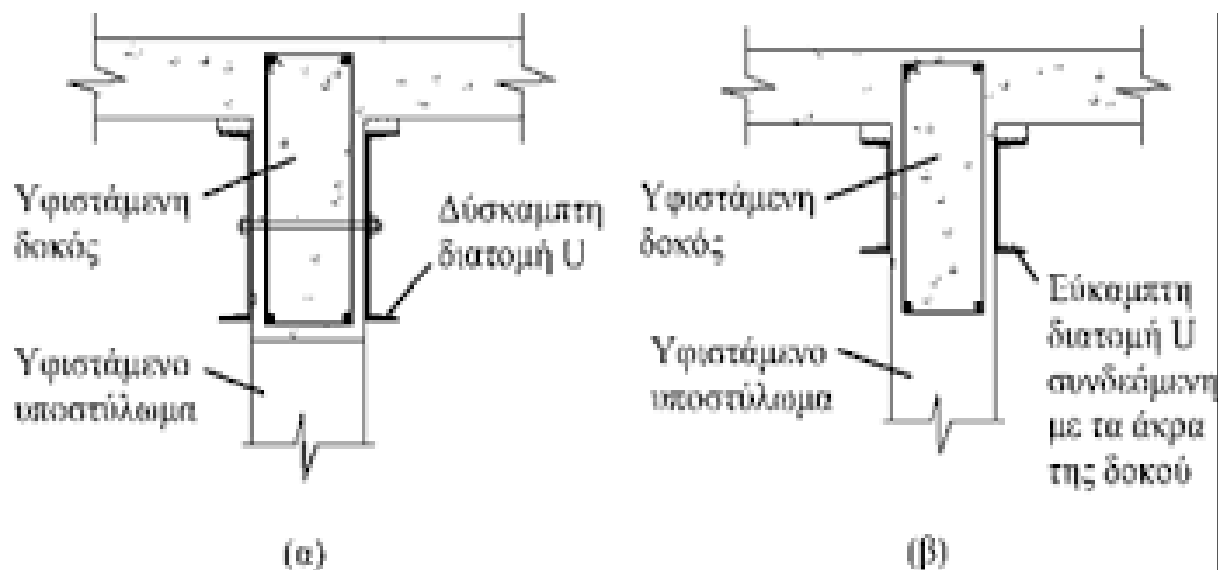
Για να συμμετέχουν εξίσου στην παραλαβή των φορτίων, οι τρεις δοκοί συνιστάται να συνδέονται μεταξύ τους με αγκύρια που διαπερνούν το σώμα της δοκού από σκυρόδεμα και κοχλιώνονται στις ακραίες μεταλλικές δοκούς. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών ενίσχυσης, η επιφάνεια της πλάκας πάνω από την υπόψη δοκό πρέπει να εκκενώνεται έτσι ώστε να απομακρύνονται τα κινητά φορτία από τη δοκό. Σύμφωνα με αυτή, εύκαμπτες μεταλλικές διατομές U τοποθετούνται στις δύο παρειές της δοκού που ενισχύεται, αλλά συνδέονται με αυτή μόνο στα άκρα τους. Ο σκοπός της

σύνδεσης τους κατ' αυτό τον τρόπο είναι η ανακούφιση της υφιστάμενης δοκού από μέρος των φορτίων που της ασκούνται μέσω της επιβολής σε αυτή δυνάμεων με φορά προς τα πάνω. Αυτό επιτυγχάνεται είτε επιβάλλοντας προκαθορισμένη τιμή θετικής παραμόρφωσης στις δοκούς είτε τοποθετώντας σφήνες στο κενό μεταξύ της κάτω παρειάς της πλάκας και τις μεταλλικές διατομές.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου ενίσχυσης σε σχέση με αυτή που απεικονίζεται στην εικόνα (α) είναι ότι δεν απαιτείται η ικανοποίηση του συμβιβαστού των

παραμορφώσεων στη διεπιφάνεια παλαιού και νέου στοιχείου. Το γεγονός ότι η δυσκαμψία των μεταλλικών διατομών δεν απαιτείται να είναι συγκρίσιμη με αυτή των δοκών από σκυρόδεμα

καθιστά δυνατή τη χρήση ελαφρών εύκαμπτων μεταλλικών δοκών, σε αντίθεση με τις βαριές δύσκαμπτες δοκούς που απαιτούνται για την εφαρμογή της προηγούμενης μεθόδου.



Πρέπει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η προσθήκη νέων μεταλλικών δοκών δεν αποτελεί τη βέλτιστη λύση. Όταν η ενισχυμένη δοκός έχει αυξημένες απαιτήσεις πυροπροστασίας,

όταν λόγοι αισθητικής επιβάλλουν την παρουσία αποκλειστικά σκυροδέματος στην κατασκευή που θα προκύψει ή όταν το κόστος της μεταφοράς των μελών από χάλυβα είναι μεγάλο σε σχέση με το κόστος της παραγωγής σκυροδέματος στη θέση του έργου, επιλέγεται συνήθως η αύξηση της διατομής με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος. Επίσης η χρήση νέων μεταλλικών μελών ενδέχεται να παρουσιάσει δυσκολίες στις θέσεις των συνδέσεων με τα υφιστάμενα υποστυλώματα.

### (Γ) Ενίσχυση με Μείωση του Ανοίγματος της Δοκού

Ορισμένες φορές, όταν τα αποτελέσματα της ανάλυσης υποδεικνύουν ότι η καμπτική αντοχή μίας δοκού είναι ανεπαρκής, η υπόψη δοκός, υπό την προϋπόθεση ότι βρίσκεται στο ισόγειο της κατασκευής, είναι δυνατό να ενισχυθεί με απλό τρόπο μειώνοντας το άνοιγμά της. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατασκευή νέων πρόσθετων υποστυλωμάτων. Τα νέα υποστυλώματα

απαιτούν θεμέλια, η κατασκευή των οποίων καθιστά αναγκαία την απομάκρυνση τμήματος της πλάκας του δαπέδου. Το κόστος μίας τέτοιας επέμβασης ενδέχεται να είναι απαγορευτικό.

Εναλλακτικά το άνοιγμα της δοκού μπορεί να μειωθεί με την τοποθέτηση διαγώνιων συνδέσμων από τη βάση των υφιστάμενων υποστυλωμάτων έως ορισμένο σημείο της κάτω παρειάς της δοκού.

Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η κατασκευή των πρόσθετων θεμελίων. Το κυριότερο μειονέκτημα των δύο παραπάνω μεθόδων είναι ότι θυσιάζουν μέρος του ωφέλιμου χώρου κάτω από τις ενισχυόμενες δοκούς. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις ενδείκνυται η χρήση στοιχείων από χάλυβα, αφού ο χάλυβας δεν παρουσιάζει συστολή ξηράνσεως και μπορεί να εγκατασταθεί γρήγορα και εύκολα. Καθώς όλες οι θέσεις των συνδέσεων αναμένεται να είναι υπό θλίψη, ένα

ζεύγος χαλύβδινων αγκυρίων κατά κανόνα επαρκεί για την αγκύρωση των νέων μελών στα υφιστάμενα.



Αντί για διαγώνιους συνδέσμους ενδεχομένως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ενισχύσεις στις γωνίες των πλαισίων μειώνοντας έτσι την απώλεια ωφέλιμης επιφάνειας κάτω από τη δοκό. Σε αυτή την περίπτωση όμως οι ενισχύσεις επιβάλλουν οριζόντιες δυνάμεις στα υποστυλώματα με τα οποία συνδέονται, με αποτέλεσμα αυτά να καταπονούνται σε επιπλέον κάμψη και διάτμηση.

Αντίθετα, οι διαγώνιοι σύνδεσμοι μεταφέρουν τα φορτία στη βάση του υποστυλώματος όπου μπορούν εύκολα να παραληφθούν από την υποκείμενη πλάκα.

#### **(Δ) Ενίσχυση με Προσθήκη Κοχλιωμένου Εφελκυσμένου Οπλισμού**

Όταν η καμπτική αντοχή της υφιστάμενης δοκού δεν επαρκεί, μπορεί να ενισχυθεί επιτόπου με την προσθήκη χαλύβδινων ελασμάτων ή ακόμα και συγκολλητών μεταλλικών διατομών που

κοχλιώνονται στη δοκό. Η συγκολλητή διατομή σχήματος ανεστραμμένου Π χρησιμοποιείται στην περίπτωση που το εμβαδό του απαιτούμενου πρόσθετου οπλισμού είναι σημαντικό.

Με βάση την παθητική προσέγγιση σχεδιασμού ο νέος χάλυβας παραμένει ανενεργός έως ότου το σκυρόδεμα αρχίσει να παραμορφώνεται λόγω του πρόσθετου φορτίου. Το μέγεθος και η απόσταση μεταξύ των κοχλιών που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση της νέας μεταλλικής διατομής με την υφιστάμενη δοκό εξαρτώνται από το μέγεθος των φορτίων σχεδιασμού που μεταβιβάζονται από τα μεταλλικά στοιχεία στο σκυρόδεμα στις θέσεις των

συνδέσεων μέσω της εφελκυστικής και της διατμητικής αντοχής των κοχλιών. Στην περίπτωση που οι κοχλίες διαπερνούν πλήρως το σώμα της δοκού απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή της θέσης που θα διανοιχτεί η οπή και γενικά

συνιστάται η θέση της οπής να είναι σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση από τον άξονα του διαμήκουσ οπλισμού της δοκού. Μία παραλλαγή της παραπάνω μεθόδου περιλαμβάνει σύνδεση των μεταλλικών ελασμάτων στην κάτω παρειά της δοκού με χρήση κατακόρυφων χημικώς πακτωμένων αγκυρίων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η προσεκτική σάρωση της παρειάς της δοκού για τον ακριβή εντοπισμό των διαμήκων ράβδων, ώστε να μην προκληθούν βλάβες σε αυτές κατά τη φάση διάνοιξης των οπών για την τοποθέτηση των αγκυρίων.

Εναλλακτικά μπορούν να προστεθούν δύο ελάσματα, ένα στην πάνω και ένα στην κάτω παρειά της δοκού. Τα ελάσματα μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους μέσω κοχλιών που διαπερνούν κάθετα όλο το ύψος της δοκού. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συνήθως όταν η δοκός παρουσιάζει μεγάλη ανεπάρκεια όσον αφορά στην αντοχή της. Το κυριότερο μειονέκτημά της είναι ότι όχι μόνο η διαδικασία διάνοιξης των οπών καθ' ύψος της δοκού είναι εξαιρετικά δύσκολη, αλλά επιπλέον απαιτείται ειδική επικάλυψη της επιφάνειας της πλάκας πάνω από την δοκό ώστε να καλυφθεί το άνω έλασμα και τα αγκυριά του. Πρέπει να σημειωθεί ότι με τις τεχνικές ενίσχυσης που αναπτύσσονται παραπάνω αλλά και στις επόμενες ενότητες είναι δυνατόν εκτός από την αντοχή να αυξηθεί ταυτόχρονα και η δυσκαμψία της δοκού. Επίσης, εάν με βάση τον ανασχεδιασμό της δοκού προκύψει ότι απαιτείται σημαντική αύξηση του εφελκόμενου οπλισμού της δοκού, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μόνο με μεταλλικά στοιχεία πολύ μεγάλου μεγέθους, είναι δυνατόν ο αριθμός και η διάμετρος των κοχλιών που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση των συνδέσεων να είναι εξαιρετικά μεγάλος και κατά συνέπεια μη ρεαλιστικός. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να επιλέγεται κάποια άλλη μέθοδος ενίσχυσης της δοκού.

### **(Ε) Ενίσχυση με Προσθήκη Επικολητών Χαλύβδινων Ελασμάτων**

Αντί να συνδέονται με κοχλίες, τα χαλύβδινα ελάσματα μπορούν να επικοληθούν στην επιφάνεια του σκυροδέματος με χρήση εποξικής κόλλας προκειμένου να αυξήσουν την καμπτική αντοχή της δοκού. Η επικόλληση των ελασμάτων είναι σαφώς ευκολότερη από τη διάνοιξη οπών και την κοχλίωσή τους στο σκυρόδεμα. Επίσης, οι εργασίες της ενίσχυσης μπορούν να γίνουν γρήγορα, με μικρή επιβάρυνση τόσο της υφιστάμενης κατασκευής όσο και όχληση των ενοίκων. Με τη συγκεκριμένη τεχνική, πέρα από την αύξηση της καμπτικής αντοχής επιτυγχάνεται και αξιοσημείωτη αύξηση της καμπτικής δυσκαμψίας. Το σύστημα ενίσχυσης είναι απόλυτα εξαρτημένο από την ποιότητα της εργασίας, ιδιαίτερα στη φάση εφαρμογής της εποξικής κόλλας. Εάν η επιφάνεια του σκυροδέματος δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένη, η κόλλα που χρησιμοποιείται είναι ελαττωματική ή δεν μπορεί να ακολουθήσει το ρυθμό παραμόρφωσης της δοκού ή η διαδικασία δεν γίνει όσο προσεκτικά απαιτείται, το τελικό αποτέλεσμα θα είναι μία χαλαρή σύνδεση του ελάσματος στη δοκό που θα περιορίζει σημαντικά την αποδοτικότητα της ενίσχυσης. Οι τρεις καθοριστικότεροι παράγοντες για επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου είναι οι

- Επισταμένη προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος στην οποία θα επικοληθεί το χαλύβδινο έλασμα. Απαιτείται εκτράχυνση και απομάκρυνση της επιφανειακής ασθενούς

στρώσης σκυροδέματος ιδιαίτερα εάν παρουσιάζει ίχνη ενανθράκωσης. Όπως και στην περίπτωση των πρόσθετων στρώσεων σκυροδέματος, η εκτράχυνση μπορεί να γίνει με υδροβολή ή κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό.



- Η αντοχή συνάφειας της εποξικής κόλλας πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με αυτή του σκυροδέματος. Επίσης η κόλλα πρέπει να είναι η κατάλληλη για τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στη θέση του έργου.
- Το χαλύβδινο έλασμα πρέπει να έχει επαρκές μήκος και πλάτος έτσι ώστε να αποφευχθεί η ψαθυρή αστοχία του συστήματος ενίσχυσης με αποκόλληση του ελάσματος από τη δοκό.

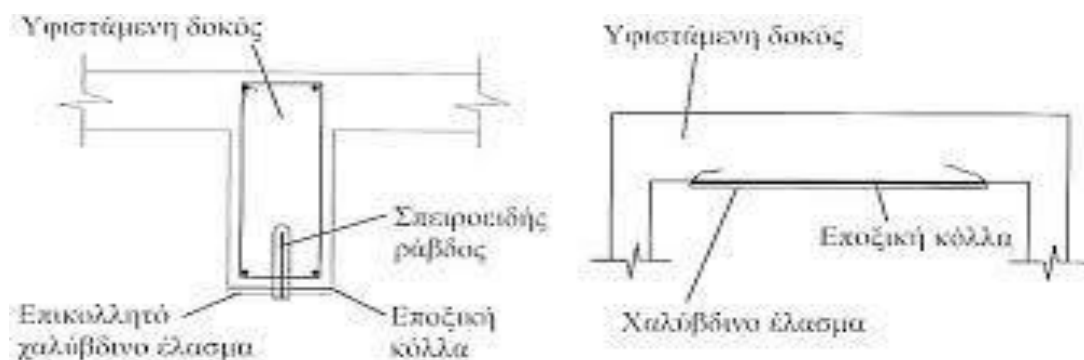
Η εποξική κόλλα μπορεί να τοποθετηθεί είτε με ρητινένεση είτε με επάλειψη της κόλλας και στις δύο επιφάνειες που πρόκειται να συγκολληθούν. Η σύνδεση της δοκού με το χαλυβδόφυλλο

συνήθως απαιτεί την άσκηση πίεσης, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη αντοχή της κόλλας. Για την ανάρτηση του ελάσματος αλλά και την παροχή πρόσθετης διατμητικής αντοχής. Στη διεπιφάνεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σπειροειδείς ράβδοι που αγκυρώνονται σε κατακόρυφες οπές πληρωμένες με τσιμεντένεμα (1<sup>η</sup> εικόνα). Η κυριότερη αδυναμία της συγκεκριμένης τεχνικής

εντοπίζεται στις υψηλές συγκεντρωμένες τάσεις που αναπτύσσονται στην περιοχή αγκύρωσης των άκρων των ελασμάτων. Οι τάσεις αυτές στα άκρα μπορούν να οδηγήσουν σε απόσχιση στη

γειτονική προς το έλασμα περιοχή σκυροδέματος (2<sup>η</sup> εικόνα). Για το λόγο αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκές μήκος αγκύρωσης του ελάσματος, εκτός της περιοχής που απαιτείται καμπτική ενίσχυση. Επιπλέον, πρέπει να γίνεται έλεγχος της συγκέντρωσης καμπτικών και διατμητικών τάσεων στην περιοχή των άκρων, λόγω της ασυνέχειας του επικολλητού ελάσματος. Συνήθως ελέγχονται μόνο οι διατμητικές τάσεις στην περιοχή του πέρατος των χαλυβδόφυλλων.

Παρόλα αυτά συνιστάται να ελέγχεται και η αλληλεπίδραση των δύο εντάσεων. Μία συνήθης πρακτική για τον περιορισμό των συγκεντρωμένων τάσεων είναι η προοδευτική μείωση του πάχους των ελασμάτων στα άκρα τους.



### (ΣΤ) Ενίσχυση Δοκών σε Διάτμηση

Προηγουμένως παρουσιάστηκαν οι κυριότερες μέθοδοι για την αύξηση της καμπτικής αντοχής μίας δοκού. Παρόμοιες τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των δοκών σε διάτμηση. Η χρήση δύο μεταλλικών ελασμάτων μπορεί π.χ. να αυξήσει τη διατμητική αντοχή της δοκού,

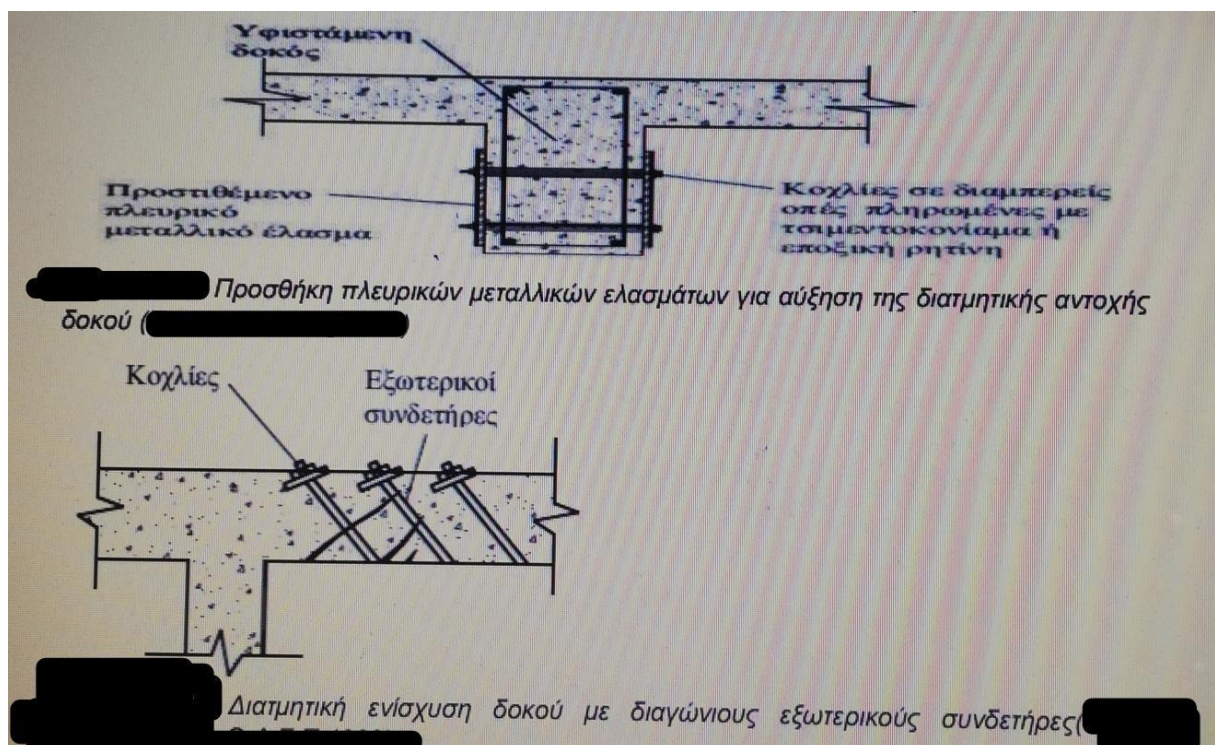
εφόσον τα δύο ελάσματα τοποθετηθούν στις πλευρικές παρειές της και συνδεθούν με αυτή μέσω κοχλιών που διαπερνούν εγκάρσια το σώμα της δοκού σε δύο τουλάχιστον θέσεις .

Ανάλογα με τις

απαιτήσεις της μελέτης ενίσχυσης, ελάσματα για την ενίσχυση της δοκού τόσο σε κάμψη όσο

και σε διάτμηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές θέσεις κατά μήκος της δοκού. Μία άλλη μέθοδος για την αύξηση της διατμητικής αντοχής δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η προσθήκη νέων χαλύβδινων συνδετήρων που περισφίγγουν εξωτερικά τη δοκό. Οι συνδετήρες μπορούν να είναι είτε κατακόρυφοι είτε υπό γωνία  $45^\circ$ . Οι δοκοί από σκυρόδεμα με ανεπαρκή

διατμητική αντοχή ενδέχεται να παρουσιάζουν διαγώνιες ρωγμές που ξεκινούν από την εσωτερική παρειά των στηρίξεων με κατεύθυνση προς το μέσον της δοκού. Εάν οι ρωγμές είναι μεγάλοι εύρους ( $> 0.5 \text{ mm}$ ), ο μηχανισμός αλληλεμπλοκής αδρανών ενδέχεται να μην είναι σε θέση να αποτρέψει τη σχετική ολίσθηση μεταξύ των παρειών των ρωγμών. Σε αυτή την περίπτωση σοβαρών διατμητικών βλαβών η προσθήκη είτε πλευρικών ελασμάτων είτε εξωτερικών συνδετήρων δεν επαρκεί για την επισκευή και ενίσχυση της δοκού, αλλά επιπλέον απαιτείται η σύσφιξη των στοιχείων ενίσχυσης μέχρι αρνήσεως. Ζεύγη κοχλιών τοποθετούνται σε κάθε πλευρά της ρηγματωμένης δοκού και εντείνονται αποτρέποντας τη διάρρηξη του σκυροδέματος κατά μήκος της ρωγμής. Η λειτουργία του μηχανισμού αλληλεμπλοκής αδρανών μπορεί να αποκατασταθεί σημαντικά και με ρητινενέσεις μέσα στις ρωγμές.



## (Z) Ενίσχυση Δοκών με Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος

Πέρα από τη χρήση της για την επισκευή δοκών από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν υποστεί βλάβες, η τεχνική της κατασκευής μανδυών αποτελεί τη συνηθέστερη και αποτελεσματικότερη μέθοδο ενίσχυσης δοκών όταν απαιτείται αύξηση τόσο της καμπτικής όσο και της διατμητικής τους αντοχής. Πριν τη σκυροδέτηση του μανδύα τοποθετούνται νέοι διαμήκεις οπλισμοί στην εφελκόμενη παρειά και νέοι συνδετήρες περιμετρικά του στοιχείου. Για τη δημιουργία του μανδύα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε έγχυτο είτε εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αν και συνήθως προτιμάται η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος για λόγους κατασκευαστικής ευκολίας. Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η θραύση της πλάκας στην περιοχή πάνω από τη θλιβόμενη παρειά της δοκού, έτσι ώστε να κατασκευαστεί κλειστός μανδύας, επιλέγεται η λιγότερο αποτελεσματική τεχνική της τοποθέτησης ανοικτού μανδύα. Για την

κατασκευή του

χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ενώ ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την εξασφάλιση της επαρκούς αγκύρωσης των συνδετήρων.

## ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Τα υποστυλώματα, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας που έχουν για τον αντισεισμικό σχεδιασμό μίας υφιστάμενης κατασκευής, αποτελούν τα στοιχεία στα οποία κατά κανόνα επικεντρώνονται οι επεμβάσεις σε μία μελέτη αποτίμησης και ανασχεδιασμού. Επίσης τα υποστυλώματα, αλλά και τα κατακόρυφα στοιχεία γενικότερα, είναι τα μέλη που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό βλαβών λόγω σεισμού, εξαιτίας κυρίως των μεγάλων επιβαλλόμενων παραμορφώσεων και των αυξημένων απαιτήσεων πλαστιμότητας. Κατ' αντιστοιχία με την περίπτωση των δοκών, ένα υποστύλωμα μπορεί είτε μόνο να επισκευαστεί σε περίπτωση που έχει υποστεί βλάβες, είτε επιπλέον να ενισχυθεί, έτσι ώστε να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητά του και γενικότερα να βελτιωθεί η συμπεριφορά του.

## ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

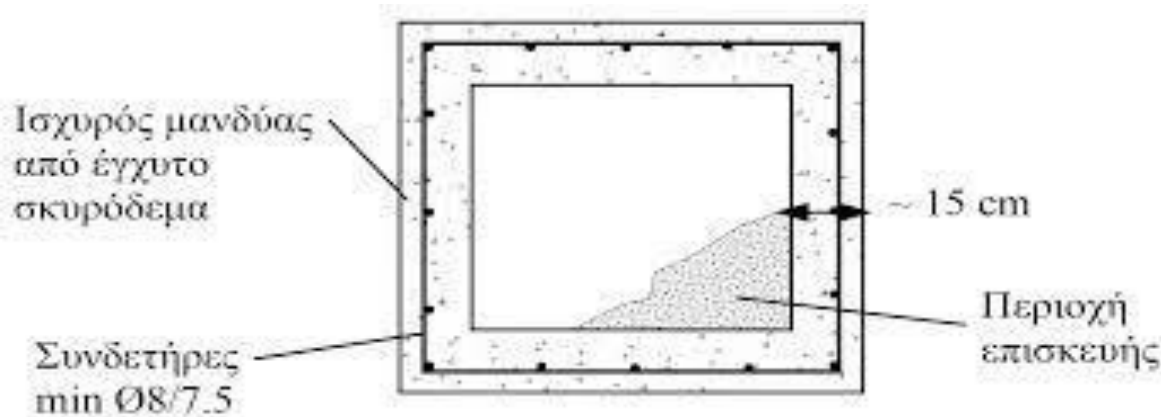
Η μέθοδος επισκευής ενός υποστυλώματος αφορά στη διαδικασία αποκατάστασης των αρχικών χαρακτηριστικών της διατομής του στοιχείου και είναι συνάρτηση του βαθμού της βλάβης που έχει υποστεί.

(Α) Απλή Ρηγμάτωση.

Στην περίπτωση που η βλάβη περιορίζεται σε απλή ρηγμάτωση ή επιφανειακή αποφλοιώση του σκυροδέματος, χωρίς να παρατηρείται αποδιοργάνωση του περισφιγμένου πυρήνα της διατομής και λυγισμός των κατακόρυφων ράβδων του διαμήκους οπλισμού, η συγκόλληση των ρωγμών επιτυγχάνεται με τη βοήθεια εποξικής ρητίνης, ενώ για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιείται συνήθως επισκευαστικό κονίαμα.

(Β) Τοπική Βλάβη με Μερική Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος. Εάν η βλάβη είναι μεν τοπική αλλά εκδηλώνεται με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος, η διαδικασία επισκευής περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο βλαμμένο στοιχείο.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Αποκάλυψη οπλισμών.
- Συγκόλληση νέου οπλισμού και πυκνών κλειστών συνδετήρων.
- Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευομένου σκυροδέματος για τη δημιουργία μανδύα. Αντί για σκυρόδεμα, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ειδικό έτοιμο κονίαμα.
- Εναλλακτικά, η διατομή μπορεί να επισκευαστεί με ενσωματωμένη μεταλλική κατασκευή από κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και οριζόντια μεταλλικά κολάρα ή πλήρη χαλύβδινα φύλλα (μεταλλικός κλωβός).

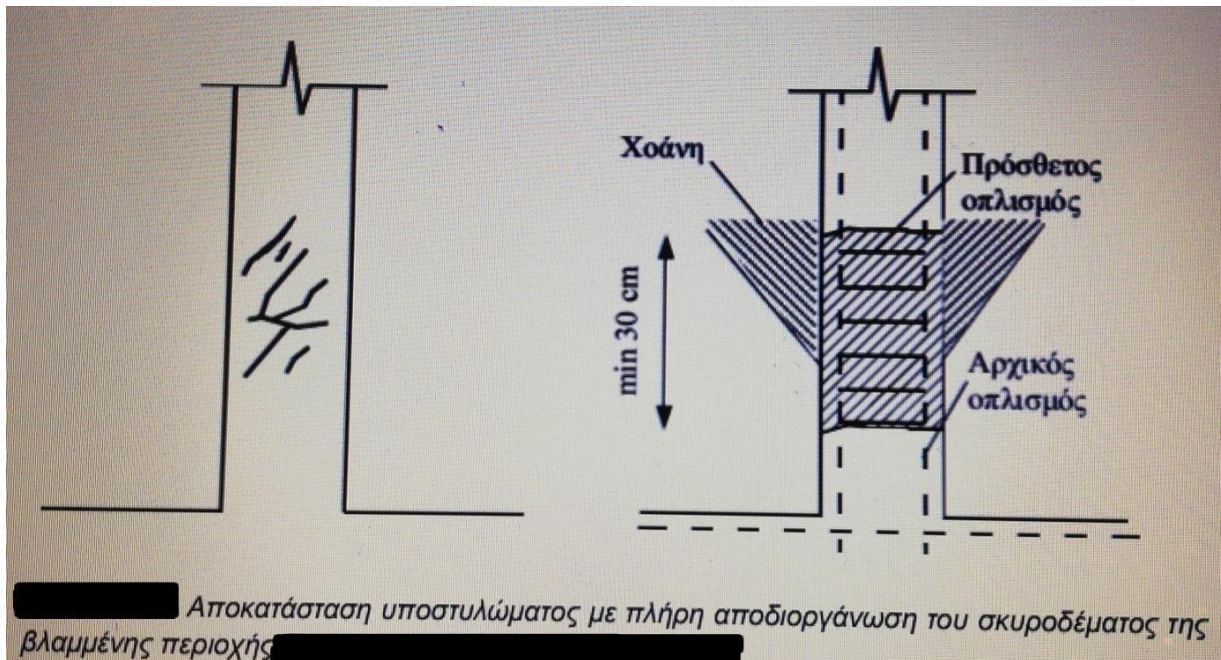


Το πλεονέκτημα της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού σε σύγκριση με την κατασκευή μανδύα είναι η δυνατότητα ανάληψης ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του στοιχείου. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εξαιρετική ταχύτητα εφαρμογής της μεθόδου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, την καθιστούν μία ιδιαίτερα ελκυστική προσωρινή λύση για την άμεση ανάληψη

κατακόρυφων φορτίων σε υποστυλώματα που υπέστησαν βλάβες με συνέπεια να μην είναι σε θέση να μεταφέρουν πλέον τα αξονικά τους φορτία με ασφάλεια

(Γ) Σοβαρή Βλάβη με Πλήρη Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος. Όταν η βλάβη είναι σοβαρή, όταν δηλαδή εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος που συνοδεύεται από διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των θλιβόμενων ράβδων του διαμήκους οπλισμού, η επισκευή του βλαμμένου υποστυλώματος γίνεται ως εξής:

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη υποστύλωμα.
- Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστυλώματος σε ύψος τουλάχιστον 30 cm
- Έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκους οπλισμού, όπου αυτό απαιτείται.
- Προσθήκη πυκνών συνδετήρων.
- Τοποθέτηση ξυλότυπου.
- Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή ετοίμου κονιάματος.



Όπως προαναφέρθηκε στην περίπτωση κατασκευής μανδύα για την επισκευή δοκών, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος. Όταν ένας μανδύας από σκυρόδεμα τοποθετείται γύρω από ένα υφιστάμενο υποστύλωμα, η συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος περιορίζεται από το υπάρχον σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση του μανδύα κάθετα στον άξονα του στοιχείου. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με χρήση σκυροδέματος με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή αντικατάσταση του σιμέντου από μη συρρικνούμενη κονία. Επιπλέον απαιτείται η πλήρης αποφόρτιση της περιοχής των υπερκείμενων ορόφων που φορτίζουν το υπόψη υποστύλωμα, έτσι ώστε, όταν το επισκευασμένο στοιχείο κληθεί να παραλάβει φορτία και να αναιρεθούν τυχόν παραμορφώσεις λόγω συστολής ξηράνσεως. Επίσης για τη διευκόλυνση της σκυροδέτησης και την καλύτερη συμπύκνωση του νέου σκυροδέματος, συνιστάται η απόληξη του ξυλοτύπου προς τα επάνω να έχει τη μορφή χοάνης. Το επιπλέον πρισματικό τμήμα σκυροδέματος που προκύπτει με τον τρόπο αυτό αφαιρείται την επόμενη μέρα της σκυροδέτησης.

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Η ανάγκη για ενίσχυση υφιστάμενων υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα προκύπτει όταν τα στοιχεία καλούνται να παραλάβουν φορτία τα οποία υπερβαίνουν τη διαθέσιμη αντοχή τους.

Τυπικό παράδειγμα ενίσχυσης υποστυλωμάτων αποτελεί η καθ' ύψος προσθήκη ορόφων σε υπάρχουσα κατασκευή. Οι μέθοδοι ενίσχυσης υποστυλωμάτων διακρίνονται σε δύο βασικές

κατηγορίες. Κριτήριο της διάκρισης αποτελεί το αν η ενίσχυση επιτυγχάνεται με ή χωρίς αύξηση της διατομής του στοιχείου. Οι τεχνικές ενίσχυσης που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία υλοποιούνται

κυρίως με την κατασκευή μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος και πρόσθετου οπλισμού. Αντίθετα με τις μεθόδους

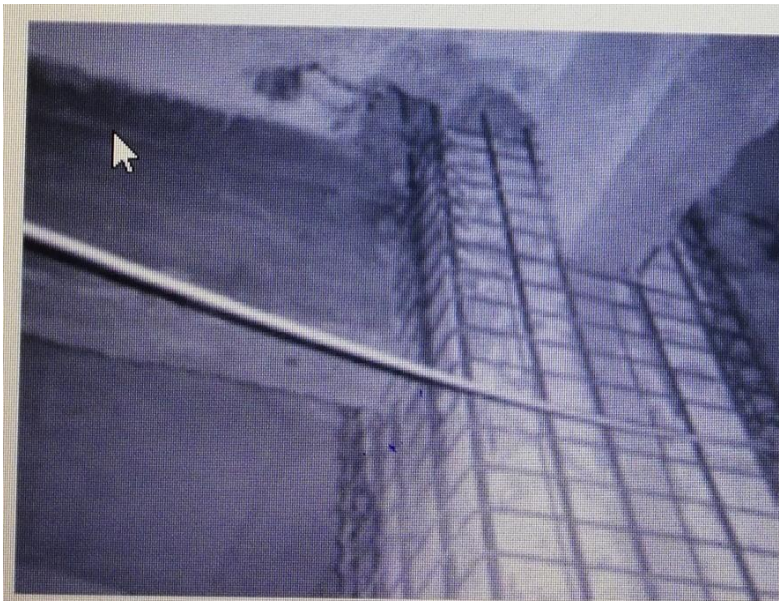
ενίσχυσης της δεύτερης κατηγορίας οι διαστάσεις της διατομής παραμένουν ουσιαστικά αμετάβλητες και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με την ενεργό περίσφιγξη του στοιχείου.

**(A) Ενίσχυση Υποστυλωμάτων με Αύξηση της Διατομής**



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 υποστύλωμα 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. Ανάλογα με το είδος του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του μανδύα, τα πλέον διαδεδομένα είδη μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος που κατασκευάζονται στην πράξη είναι τα ακόλουθα:

1) Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα: Έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται όταν ο μανδύας που πρόκειται να κατασκευαστεί έχει πάχος μεγαλύτερο από 8 cm. Για τη σκυροδέτηση του μανδύα απαιτείται η χρήση ξυλοτύπου.



Οπλιση μανδύα στην περιοχή του κόμβου δοκού – υποστυλώματος

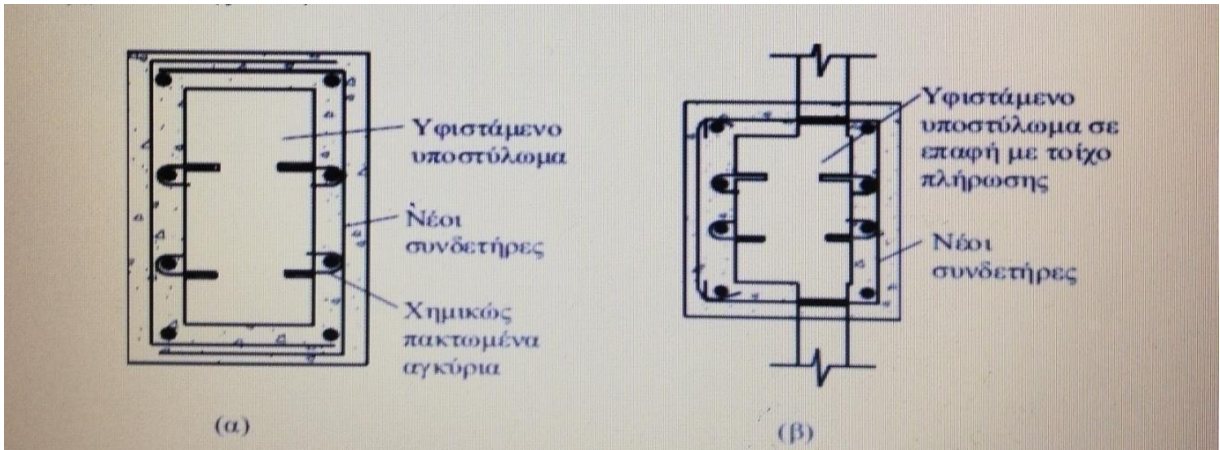
2) Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα: Η κατασκευή μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί τη συνηθέστερη πρακτική για την περίπτωση που το συνολικό πάχος του μανδύα δεν υπερβαίνει τα 10 cm. Αν και δεν απαιτείται ξυλότυπος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην εξασφάλιση της κατακόρυφης επιφάνειας του μανδύα. Για το σκοπό αυτό γίνεται συνήθως χρήση οδηγών. Πρέπει επίσης να τονιστεί, ότι η συστολή ξηράνσεως είναι μεγαλύτερη στη συγκεκριμένη κατηγορία μανδύων, οπότε έχει μεγάλη σημασία η σωστή συντήρησή τους με εφαρμογή όλων των σχετικών διατάξεων του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

3) Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα: Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του είδους των μανδύων είναι η εύκολη σκυροδέτηση ακόμα και παρουσία πυκνού διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού. Η διαδικασία εφαρμογής του σκυροτσιμεντοπήγματος περιλαμβάνει την τοποθέτηση αδρανών σε καλούπια και στη συνέχεια την πλήρωση των μεταξύ τους κενών με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση. Τα αδρανή έχουν ελάχιστο μέγεθος κόκκων 10-15 mm. Με τη χρήση σκυροτσιμεντοπήγματος μειώνεται σημαντικά το πρόβλημα της συστολής ξηράνσεως, καθώς τα αδρανή, που βρίσκονται ήδη σε επαφή μεταξύ τους, περιορίζουν τη συστολή ξηράνσεως στο ελάχιστο. Η χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής δεν είναι διαδεδομένη λόγω έλλειψης εμπειρίας εκ μέρους των τεχνικών και υψηλού σχετικά κόστους.

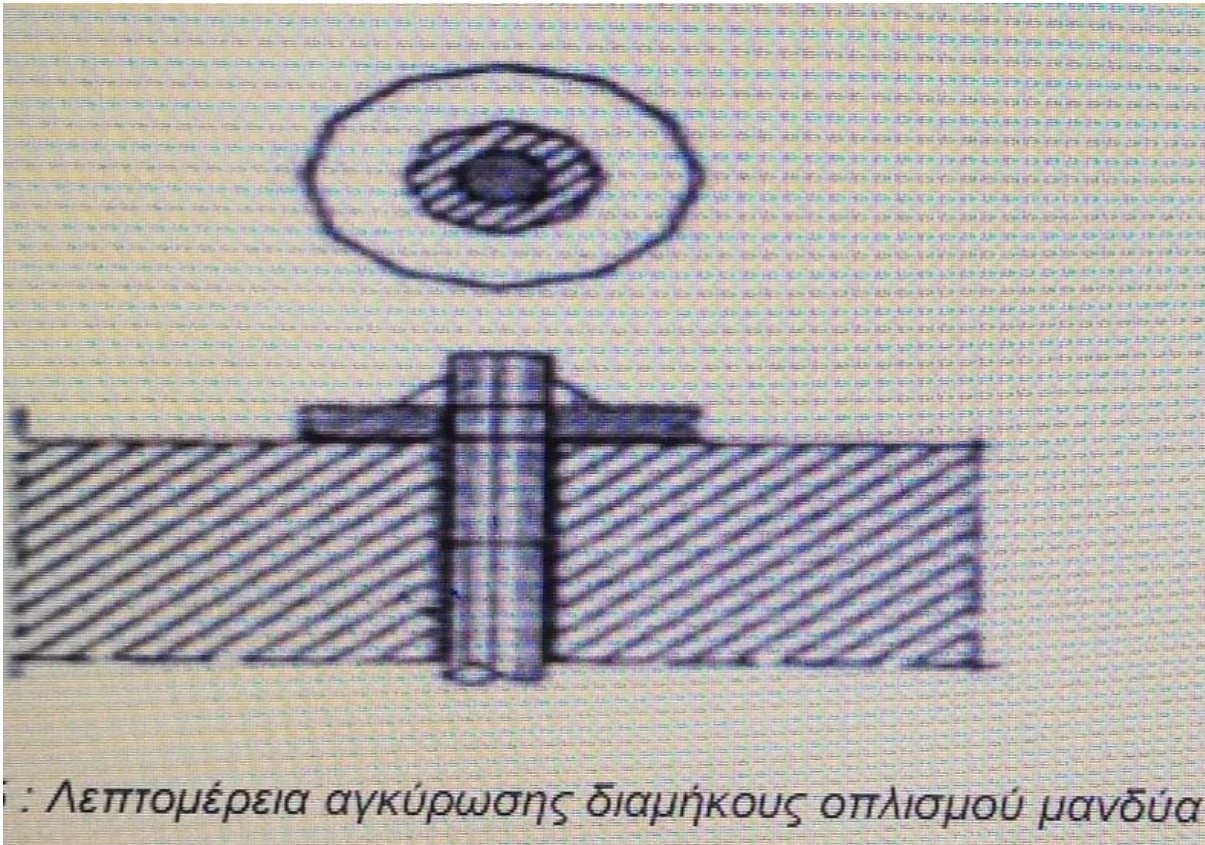
4) Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα: Με τη χρησιμοποίηση ειδικών σκυροδεμάτων ή τσιμεντοκονιαμάτων είναι δυνατόν να υλοποιηθούν μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους. Το βασικό μειονέκτημα που αποτελεί τροχοπέδη για τη διάδοση της είναι το αυξημένο κόστος κατασκευής τους.

Για να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητα της ενίσχυσης απαιτείται η εκτράχυνση της επιφάνειας του σκυροδέματος, έτσι ώστε να απομακρυνθεί η εξωτερική επιδερμική στρώση τσιμεντοπολτού και να αποκαλυφθούν τα αδρανή, και στη συνέχεια ο επιμελής καθαρισμός της εκτραχυνμένης επιφάνειας με αέρα υπό πίεση. Όπως και στην περίπτωση των δοκών, για την εκτράχυνση, η οποία πρέπει να έχει βάθος περίπου 6 mm, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός. Πρέπει ακόμα να σημειωθεί ότι η επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος πρέπει να διαβρέχεται πριν τη σκυροδέτηση του μανδύα. Μαζί με το σκυρόδεμα συνιστάται να διαβρέχονται είτε ο ξυλότυπος στην περίπτωση που χρησιμοποιείται έγχυτο σκυρόδεμα είτε τα αδρανή στην περίπτωση μανδύα από σκυροτσιμεντόπηγμα. Όσον αφορά στην απόσταση μεταξύ των συνδετήρων καθώς και στην αγκύρωση των διαμήκων ράβδων του μανδύα ισχύουν οι διατάξεις του κανονισμού που αναφέρονται και στα νέα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αν εξαιρέσουμε την περίπτωση που οι διαμήκεις ράβδοι του μανδύα τοποθετούνται μόνο στις τέσσερις κορυφές του, γενικά οι οπλισμοί των παρειών του θα διακόπτονται καθ' ύψος από δοκούς που συντρέχουν στο ενισχυόμενο υποστύλωμα, ενώ θα πρέπει επίσης να διακόπτονται στις υπερκείμενες και υποκείμενες πλάκες. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται περισσότερες από τέσσερις διαμήκεις ράβδοι, αυτές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 15 cm από τις κορυφές συνιστάται να στηρίζονται πλευρικά. Η στήριξη μπορεί να παρέχεται από βλήτρα τα οποία στο ένα άκρο του καταλήγουν σε άγκιστρο, ενώ το άλλο αγκυρώνεται στο σώμα του υφιστάμενου υποστυλώματος. Επίσης, στην περίπτωση που το υποστύλωμα του ανώτερου ορόφου είναι μικρότερων διαστάσεων από το υποστύλωμα που ενίσχυσται με μανδύα, ο διαμήκης οπλισμός του μανδύα αγκυρώνεται στην άνω παρειά της πλάκας. Στην περίπτωση του εξωτερικού υποστυλώματος σε επαφή με τοίχωμα οπλισμένου σκυροδέματος, ο μανδύας μπορεί να διαιρεθεί σε δύο τμήματα, ένα σε κάθε πλευρά του τοιχώματος. Προκειμένου να τοποθετηθούν οι συνδετήρες του μανδύα, είναι απαραίτητο να διανοιχθούν διαμπερείς οπές που διαπερνούν εγκάρσια το τοίχωμα. Για να περιοριστεί η διάμετρος των οπών εντός λογικών ορίων, συνιστάται η κάμψη των

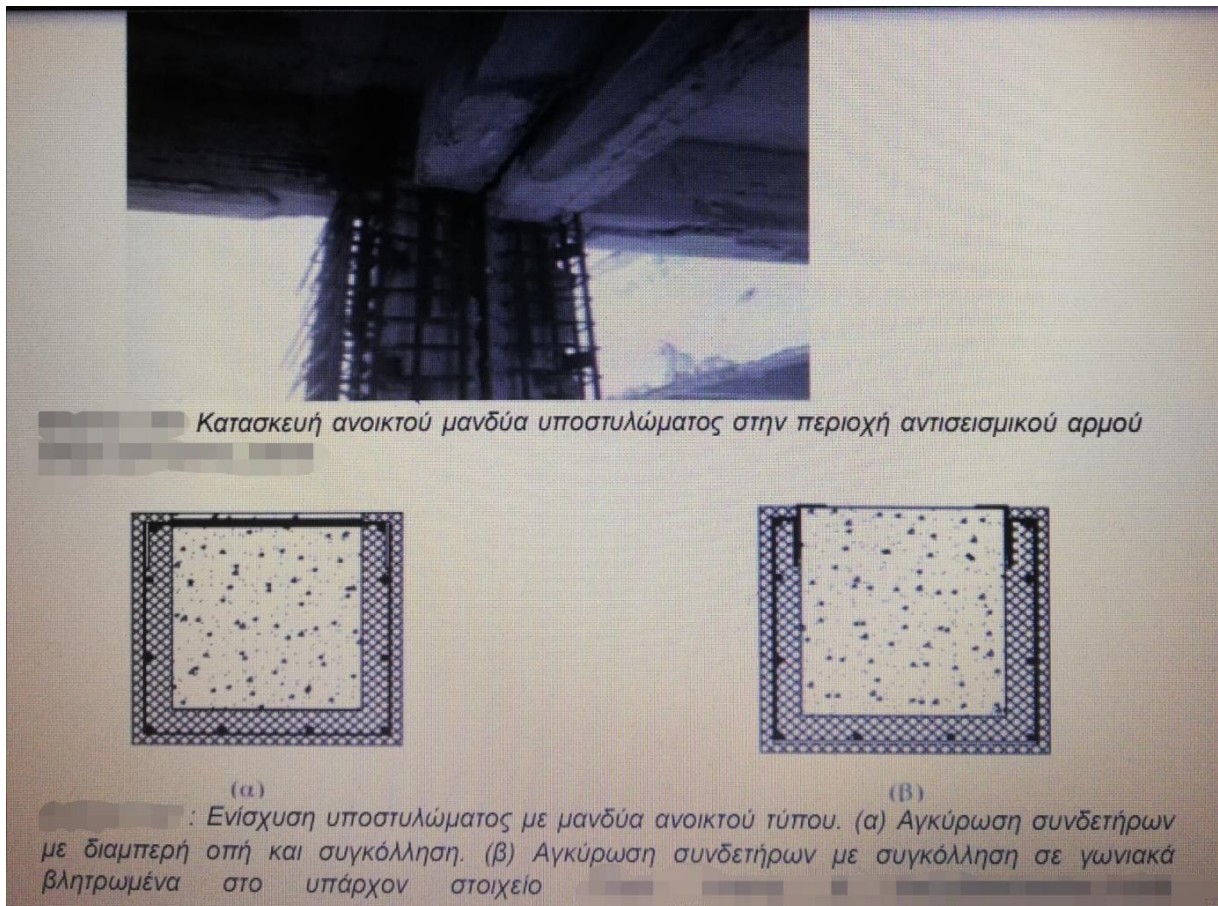
άκρων των συνδετήρων προκειμένου να αγκυρωθούν να γίνεται επιτόπου.



Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (α) Εσωτερικό μεμονωμένο υποστύλωμα. (β) Περιμετρικό υποστύλωμα σε επαφή με τοίχωμα

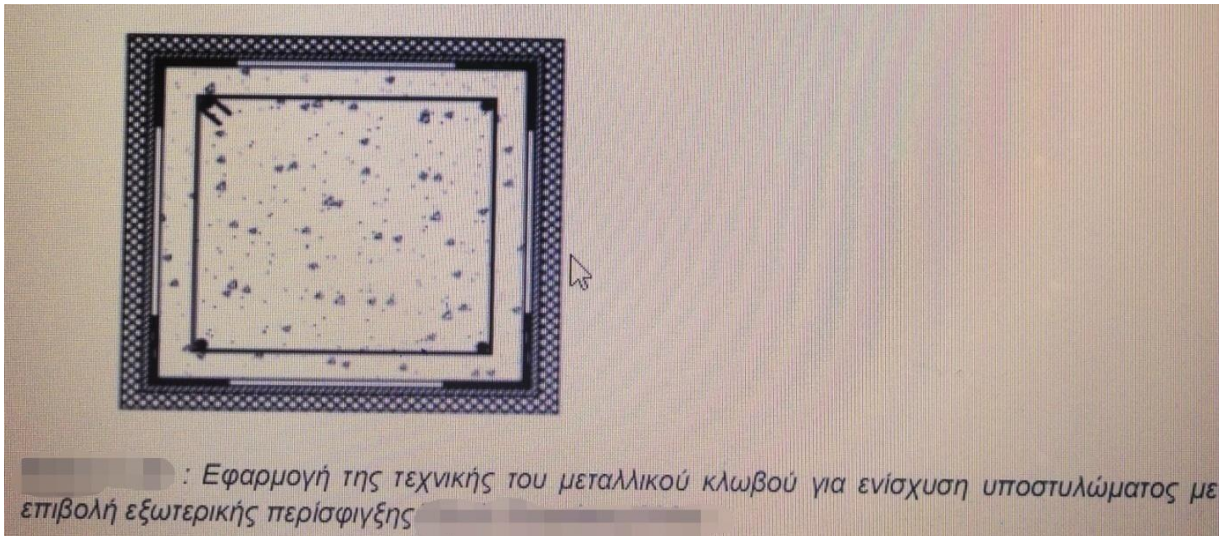


Όταν ο μανδύας δεν μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη τη διατομή λόγω π.χ. μεσοτοιχίας ή αρμού, επιλέγεται η λύση του ανοικτού μανδύα (1<sup>η</sup> ΕΙΝΟΝΑ). Στην 2<sup>η</sup> Εικόνα παρακάτω φαίνονται δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις μανδύα ανοικτού τύπου. Όπως και στην περίπτωση των δοκών, ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην αγκύρωση των συνδετήρων και στη συγκόλληση παλαιού και νέου οπλισμού.



## Β) Ενίσχυση Υποστυλωμάτων με Περίσφιγξη

Ο συνηθέστερος τρόπος επιβολής εξωτερικής περίσφιγξης χωρίς αύξηση της διατομής του υποστυλώματος είναι με χρήση επικολλητών χαλύβδινων διατομών. Η πλέον διαδεδομένη τεχνική είναι η χρήση μεταλλικού κλωβού, ο οποίος υλοποιείται με την προσαρμογή τεσσάρων μεταλλικών γωνιακών στις κορυφές του υποστυλώματος, τα οποία συσφίγγονται με ειδικά κλειδιά έτσι ώστε να επιβληθεί περίσφιγξη. Η σύνδεση των γωνιακών με το υποστυλώμα μπορεί να γίνει είτε με συγκόλληση είτε κοχλιωτά με χρήση κατάλληλων χημικώς πακτωμένων αγκυριών. Πάνω στα γωνιακά συγκολλούνται οριζόντια μεταλλικά ελάσματα. Αντί για σύσφιγξη των γωνιακών, είναι δυνατό να προθερμανθούν τα οριζόντια ελάσματα σε θερμοκρασία 200-400°C, έτσι ώστε μέσω της απόψυξής τους να δημιουργηθεί περίσφιγξη λόγω συστολής. Το κενό μεταξύ του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος πληρώνεται συνήθως με μη συρρικνούμενη κονία. Η διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας γίνεται με ισχυρή τσιμεντοκονία οπλισμένη με ελαφρύ δομικό πλέγμα. Εάν το ύψος του υποστυλώματος είναι σχετικά μικρό ( $h/d \leq 3$ ), αντί για μεταλλικά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλήρη χαλύβδινα φύλλα. Με βάση πειραματικά αποτελέσματα η διατομή των γωνιακών πρέπει να είναι τουλάχιστον L50x5. Το πάχος των οριζόντιων μεταλλικών ελασμάτων είναι συνήθως ίσο με το πάχος των γωνιακών, ενώ το πλάτος τους κυμαίνεται μεταξύ 25 και 60 mm. Η απόσταση μεταξύ τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τη μικρότερη τιμή από το ήμισυ της μικρότερης διάστασης της διατομής και τα 15 cm.



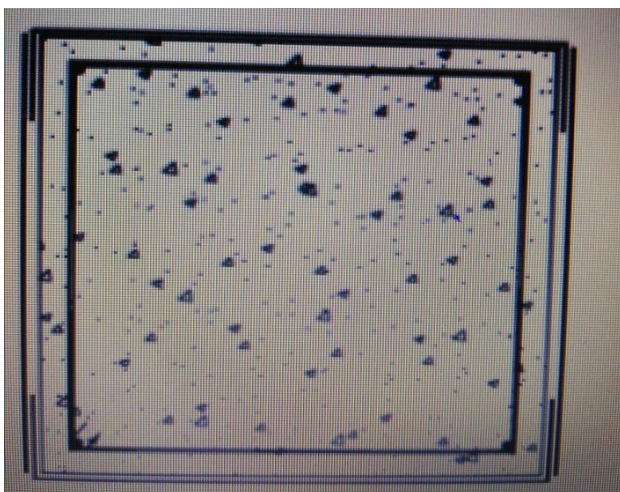
Εναλλακτικά, αντί για χρήση μεταλλικού κλωβού, η επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης μπορεί να επιτευχθεί με επικολλητά χαλύβδινα κολάρα με σύνηθες πάχος 1-2 mm, εντός των οποίων

εγκιβωτίζεται ολόκληρη η διατομή του ενισχυόμενου υποστυλώματος. Η αποδοτικότητα της περίσφιγξης αυξάνει εφόσον τα μεταλλικά κολάρα είναι προεντεταμένα, ενώ μπορεί επίσης να

χρησιμοποιηθεί σπειροειδής οπλισμός από μεταλλικά ελάσματα, ο οποίος τοποθετείται εξωτερικά και περιβάλλει ολόκληρο το στοιχείο καθ' ύψος. Μία άλλη αρκετά συνηθισμένη μέθοδος για

ενίσχυση υποστυλωμάτων κυρίως κυκλικής διατομής, είναι η κατασκευή ολόσωμου μεταλλικού μανδύα. Συνήθως μεταξύ του μανδύα και του υποστυλώματος υπάρχει μικρό δακτυλιοειδές κενό, το οποίο πληρώνεται με τσιμεντένεμα. Με τη χρήση μεταλλικού μανδύα, εκτός από την αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος και της καμπτικής και διατμητικής αντοχής του στοιχείου,

επιτυγχάνεται επίσης σημαντική αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος. Σε περίπτωση υποστυλώματος ορθογωνικής διατομής 108 συνιστάται το σχήμα του μανδύα να είναι ελλειψοειδές. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει ευρεία εφαρμογή για την ενίσχυση βάθρων γεφυρών. Το κυριότερο μειονέκτημά της είναι το υψηλό εργατικό κόστος και η ανάγκη χρήσης ειδικού μηχανολογικού εξοπλισμού για τη μεταφορά και εγκατάσταση των μανδύων.



## **(Γ) Προσθήκη Νέων Υποστυλωμάτων**

Ένα υποστύλωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί επίσης να ενισχυθεί με την κατασκευή ενός νέου υποστυλώματος. Τα δύο υποστυλώματα μπορούν είτε να είναι τελείως ανεξάρτητα είτε να συνδέονται μεταξύ τους μέσω βλήτρων ή άλλων μηχανικών μέσων. Η προσθήκη ενός νέου

υποστυλώματος έχει εξαιρετικά επωφελή αποτελέσματα όταν το υφιστάμενο υποστύλωμα λαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου του κυρίως από μία μόνο δοκό. Όπως και στη μέθοδο της κατασκευής μανδύα, το νέο υποστύλωμα θα παραλάβει μόνο τα μελλοντικά φορτία. Δεν μπορεί να ανακουφίσει το στοιχείο από τα φορτία που ήδη φέρει, εκτός αν της κατασκευής του νέου

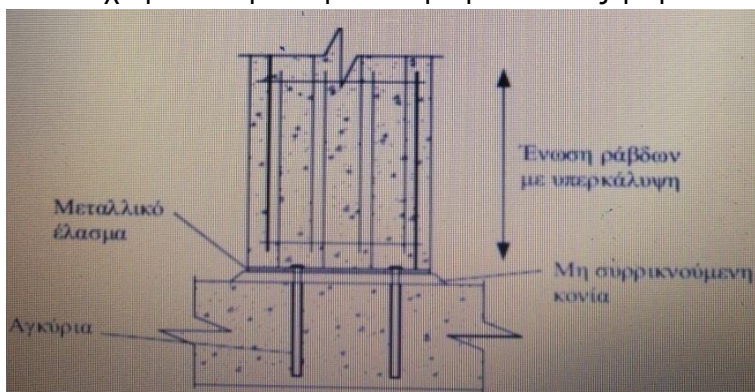
υποστυλώματος προηγηθεί αποφόρτιση του υφιστάμενου στοιχείου. Το νέο υποστύλωμα μπορεί να κατασκευαστεί είτε από δομικό χάλυβα είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα αποτελεί ίσως καλύτερη επιλογή όταν υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις πυροπροστασίας, αν και το

μεταλλικό υποστύλωμα καταλαμβάνει σαφώς λιγότερο χώρο. Μία ενδιαμέση λύση θα ήταν ένα σύμμικτο υποστύλωμα, στο οποίο η μεταλλική διατομή εγκιβωτίζεται στο σκυρόδεμα. Όταν

επιλέγεται η λύση του χάλυβα, προτιμώνται συνήθως σωληνοειδείς διατομές για λόγους αισθητικής. Αντίστοιχα, για νέα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται κατά κανόνα ορθογωνικές διατομές. Εναλλακτικά μπορεί να επιλεγεί η λύση της επέκτασης της

υφιστάμενης διατομής του στοιχείου προς τη μία ή και τις δύο πλευρές του. Το κυριότερο μειονέκτημα της προσθήκης γειτονικού υποστυλώματος κοντά σε υπάρχον, είναι ο τρόπος θεμελίωσης του νέου στοιχείου. Συνήθως οι διαστάσεις του υπάρχοντος θεμελίου δεν επαρκούν για να θεμελιωθεί σε αυτό και το νέο υποστύλωμα, αλλά ενδεχομένως να μην υπάρχει και επαρκής χώρος για την κατασκευή νέου θεμελίου. Για το λόγο αυτό, πριν την κατασκευή του πρόσθετου στοιχείου, απαιτείται η προσεκτική διερεύνηση των συνθηκών στο επίπεδο της θεμελίωσης.

Προκειμένου να συνδεθεί το νέο υποστύλωμα με το θεμέλιο του υπάρχοντος, οι διαμήκεις ράβδοι του ματίζονται σε βλήτρα, τα οποία αγκυρώνονται μέσα στο θεμέλιο. Σε περίπτωση που ο αριθμός των διαμήκων ράβδων είναι μεγάλος, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί μία πλάκα έδρασης στην οποία συγκολλούνται τα βλήτρα. Η πλάκα έδρασης συνδέεται αντίστοιχα με το θεμέλιο μέσω αγκυρίων όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα



Για την ασφαλή μεταβίβαση φορτίων από την υπερκείμενη δοκό στο νέο υποστύλωμα, είτε αυτό είναι μεταλλικό είτε από σκυρόδεμα, το νέο στοιχείο κατασκευάζεται ελαφρώς κοντύτερο και το

κενό μεταξύ της κάτω παρειάς της δοκού και της κεφαλής του υποστυλώματος πληρώνεται εκ των υστέρων με μη συρρικνούμενη κονία. Στην περίπτωση υποστυλώματος από σκυρόδεμα, συνιστάται η πλήρωση του κενού να γίνεται το αργότερο δυνατόν, ώστε να έχει



ολοκληρωθεί το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας της συστολής ξηράνσεως.

## **ΕΠΙΣΚΕΥΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ**

Για την επισκευή και ενίσχυση τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται μέθοδοι ανάλογες με αυτές που εφαρμόζονται για τα υποστυλώματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της ιδιαίτερης σημασίας που έχουν τα τοιχώματα για την ανάληψη των σεισμικών δράσεων, οι

επεμβάσεις που γίνονται σε αυτά πρέπει να είναι προϊόν ενδελεχούς μελέτης, στην οποία θα λαμβάνεται σαφώς υπόψη η επιρροή που θα έχουν στη συνολική συμπεριφορά της κατασκευής.

## **ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ**

Στην περίπτωση που ένα τοίχωμα έχει υποστεί απλή ρηγμάτωση, οι ρωγμές συγκολλούνται κατά κανόνα με χρήση εποξικής ρητίνης. Παρόλ' αυτά ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται όσον αφορά στην επισκευή τοιχωμάτων σε κτίρια που μελετήθηκαν σύμφωνα με παλαιότερους κανονισμούς. Ο

οπλισμός των τοιχωμάτων αυτών συνήθως δεν καλύπτει τις απαιτήσεις του ισχύοντος κανονισμού, γεγονός που οφείλεται στις μεθόδους ανάλυσης και σχεδιασμού που εφαρμόζονταν παλιότερα.

Κατά συνέπεια η σφράγιση των ρωγμών με ρητίνες τις περισσότερες φορές δεν είναι αρκετή και για το λόγο αυτό συνιστάται η περαιτέρω ενίσχυση των τοιχωμάτων είτε με μανδύες οπλισμένου

σκυροδέματος είτε με εφαρμογή εξωτερικής περίσφιγξης. Για σοβαρότερη βλάβη που εκδηλώνεται με αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, 110 γίνεται αρχικά αποκατάσταση ίσης διατομής, η οποία συνήθως συνοδεύεται από κατασκευή μανδύα. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα ακόλουθα:

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη τοίχωμα.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Αντικατάσταση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος όπου τούτο έχει καθαιρεθεί, με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή με ειδικό κονίαμα.
- Τοποθέτηση οπλισμού από κάθε πλευρά του τοιχώματος με τη μορφή δομικού πλέγματος ή εσχάρας. Συνιστάται συγκέντρωση του οπλισμού στα άκρα του τοιχώματος.
- Σύνδεση των δομικών πλεγμάτων με εγκάρσιους συνδέσμους Φ12 έναν ανά δύο τετραγωνικά μέτρα.
- Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή έτοιμου ειδικού κονιάματος για τη δημιουργία διπλού μανδύα. Πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι τοιχώματα που έχουν επισκευαστεί με βάση την παραπάνω διαδικασία παρουσιάζουν την ίδια περίπου αντοχή με το αρχικό στοιχείο, αν και η δυσκαμψία τους είναι κατά κανόνα ελαφρά μικρότερη

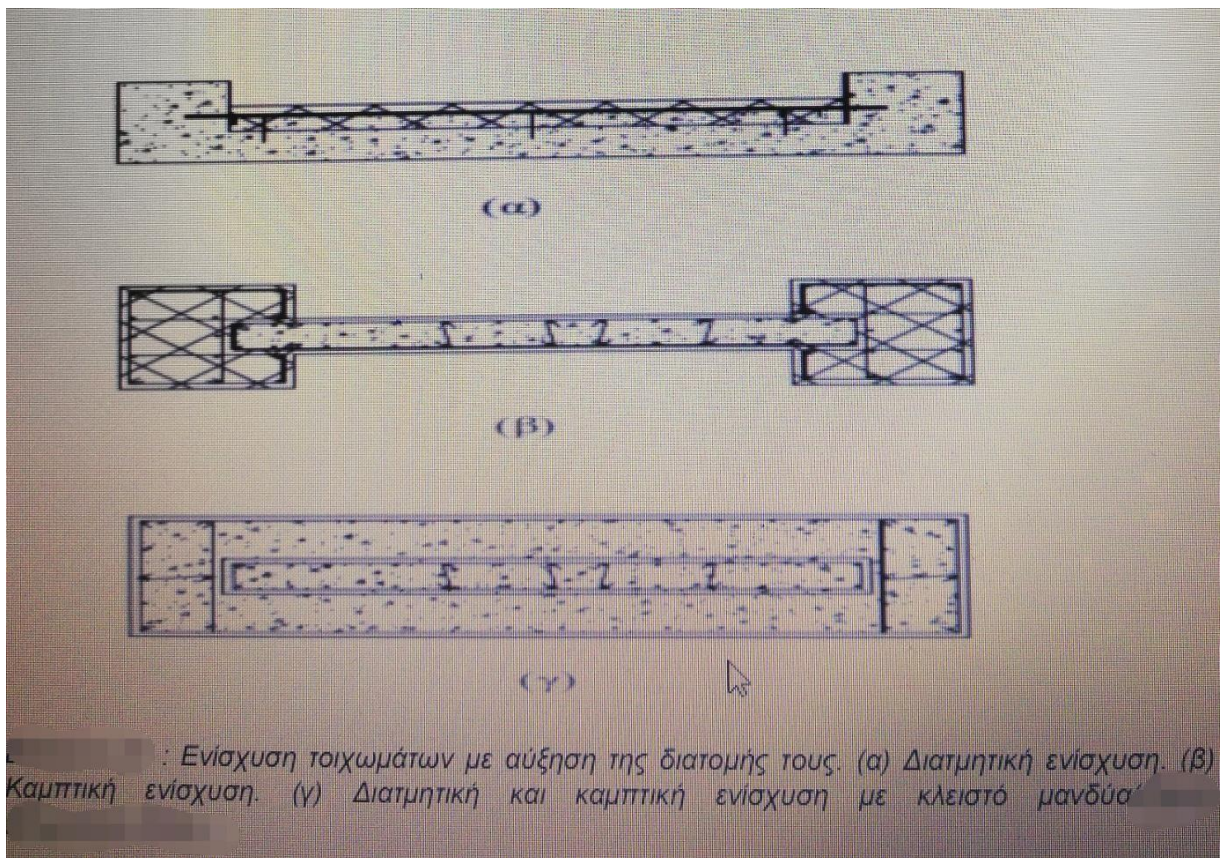
## **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ**

Όπως και στην περίπτωση των υποστυλωμάτων έτσι και τα τοιχώματα μπορούν να ενισχυθούν είτε με αύξηση της διατομής τους με κατασκευή μανδύα οπλισμένου

σκυροδέματος είτε με επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης. Σε κάθε περίπτωση η μέθοδος που επιλέγεται πρέπει να τροποποιείται κατάλληλα έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ιδιαίτερη συμπεριφορά των τοιχωμάτων έναντι σεισμικής δράσης όσο και οι περιορισμοί που επιβάλλονται λόγω της γεωμετρίας τους.

**(A) Ενίσχυση Τοιχωμάτων με Αύξηση της Διατομής τους**

Η μέθοδος της κατασκευής μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί την πλέον συνηθισμένη και αποδοτική μέθοδο ενίσχυσης τοιχωμάτων. Σε αντίθεση με τα υποστυλώματα, για τα οποία επιλέγεται συνήθως η λύση του κλειστού μανδύα, κατά κανόνα οι μανδύες για την ενίσχυση των τοιχωμάτων δεν είναι κλειστοί. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγάλη τιμή του λόγου του μήκους ως προς το πλάτος τους, ο οποίος είναι ίσος ή μεγαλύτερος του τέσσερα και μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες τιμές. Για το λόγο αυτό κατά κανόνα η ενίσχυση του τοιχώματος αφορά στην αύξηση του πάχους του με κατασκευή μανδύα ανοικτού τύπου (Εικόνα α) που αποβλέπει κυρίως στην αύξηση της διατμητικής αντοχής του τοιχώματος. Μία άλλη συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται κυρίως για την καμπτική ενίσχυση των τοιχωμάτων είναι η κατασκευή δύο κρυφοϋποστυλωμάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα β. Στην παρακάτω εικόνα το( γ) παρουσιάζεται η κατασκευή κλειστού μανδύα που περιβάλλει ολόκληρο το υπάρχον τοίχωμα



### (B) Ενίσχυση Τοιχωμάτων με Περίσφιγξη

Αν και η εφαρμογή εξωτερικής περίσφιγξης σε τοιχώματα δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες κατασκευαστικές δυσκολίες, η χρήση της είναι πολύ λιγότερο διαδεδομένη σε σύγκριση με την περίπτωση των υποστυλωμάτων. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η αποδοτικότητα της περίσφιγξης μειώνεται σημαντικά λόγω του έντονα ορθογωνικού σχήματος των τοιχωμάτων. Η μέθοδος επιβολής εξωτερικής περίσφιγξης που βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση των τοιχωμάτων λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει είναι η τεχνική του μεταλλικού κλωβού. Τα κυριότερα από αυτά είναι η αυξημένη ικανότητα παραλαβής τέμνουσας, αλλά και η χρησιμότητά της ως προσωρινής λύσης για την ανάληψη των κατακορύφων φορτίων σε περίπτωση τοιχωμάτων που

έχουν υποστεί σημαντικές βλάβες και ως εκ τούτου αδυνατούν να μεταφέρουν με ασφάλεια τα αξονικά τους φορτία. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η τεχνική του μεταλλικού κλωβού για

την επιβολή περίσφιγξης, αύξηση της απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί με χρήση διαμπερών συνδέσμων σχήματος Π ή Ζ σε αποστάσεις της τάξης των 30 cm μεταξύ τους, οι οποίοι ηλεκτροσυγκολλούνται στα αντιδιαμετρικά ελάσματα του κλωβού

## **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΛΑΙΣΙΑΚΟΥ ΦΟΡΕΑ ΜΕ ΔΙΚΤΥΩΤΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ**

Μία από τις πιο συνήθεις μεθόδους ενίσχυσης κατασκευών με πλαίσιακό φέροντα οργανισμό για ανάληψη σεισμικών φορτίων, είναι η τοποθέτηση δικτυωτών συνδέσμων σε προεπιλεγμένα φατνώματα του φορέα. Με την προσθήκη των συνδέσμων οι σεισμικές δυνάμεις που

αναπτύσσονται στο πλαίσιο αναλαμβάνονται κυρίως από τις αξονικές δυνάμεις των συνδέσμων. Οι δικτυωτοί σύνδεσμοι είναι κατά κανόνα μεταλλικοί, αφού ο χάλυβας λόγω των όλκιμων χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς του μπορεί να αναλάβει μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις

και κατά συνέπεια ενδείκνυται για την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο ενίσχυσης επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο αύξηση της δυσκαμψίας της κατασκευής, ενώ ανάλογα με το είδος των συνδέσμων μπορεί να επιτευχθεί και σημαντική αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας. Για το λόγο αυτό προστίθενται συνήθως σε 'μαλακούς' ορόφους δηλαδή ορόφους με μειωμένη δυσκαμψία, όπως είναι το ισόγειο κτιρίων τύπου pilotis. Αντίθετα η αύξηση της αντοχής είναι συνήθως μέτρια σε σχέση με άλλες μεθόδους ενίσχυσης, όπως η κατασκευή τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού. Στην

περίπτωση που κανένας από τους ορόφους της κατασκευής δεν εμφανίζει μειωμένη δυσκαμψία σε σχέση με τους υπόλοιπους αλλά απαιτείται ενίσχυση του συνόλου της κατασκευής, συνιστάται η τοποθέτηση των δικτυωτών συνδέσμων σε κατακόρυφη σειρά φατνωμάτων των περιμετρικών

κυρίως πλαισίων του φορέα. Πέραν της εύκολης τοποθέτησης, οι δικτυωτοί σύνδεσμοι παρουσιάζουν επίσης το πλεονέκτημα της μικρής επιβάρυνσης των κατακόρυφων φορτίων του φορέα, ενώ και από αρχιτεκτονικής πλευράς ελάχιστα αλλοιώνουν τη φυσιογνωμία του κτιρίου και επηρεάζουν το φωτισμό των εσωτερικών του χώρων. Επίσης σε περίπτωση που το φάτνωμα στο οποίο πρόκειται να τοποθετηθούν έχει τοιχοπλήρωση, είναι δυνατόν να τοποθετηθούν εξωτερικά του πλαισίου με κατάλληλη διάταξη, χωρίς να διαφοροποιείται η συμπεριφορά τους. Όσον αφορά στη διαστασιολόγηση των δικτυωτών συνδέσμων, ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις θέσεις των συνδέσεων με την υφιστάμενη κατασκευή, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής μεταφορά δυνάμεων μεταξύ των στοιχείων που προστίθενται και αυτών που προϋπάρχουν. Επίσης πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η χρήση δικτυωτών συνδέσμων μπορεί να μεταβάλλει εξ ολοκλήρου τη σεισμική συμπεριφορά του αρχικού φορέα και να απαιτήσει πληθώρα άλλων επεμβάσεων λόγω ανακατανομής των δυνάμεων στα διάφορα στοιχεία του φέροντα οργανισμού.

## **ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ**

Οι δικτυωτοί σύνδεσμοι οφείλουν την ονομασία τους στο γεγονός ότι διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν δικτύωμα με το ζύγωμα και τα υποστυλώματα του φατνώματος στο οποίο τοποθετούνται. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των διαγώνιων

μελών με το ζύγωμα του φατνώματος, οι δικτυωτοί σύνδεσμοι διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα.

- Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα.

Μεταξύ των δικτυωτών συνδέσμων χωρίς εκκεντρότητα στην πράξη χρησιμοποιούνται κυρίως οι απλοί ή οι χιαστί διαγώνιοι. Όπως υποδηλώνει η ονομασία τους, οι σύνδεσμοι αυτοί έχουν

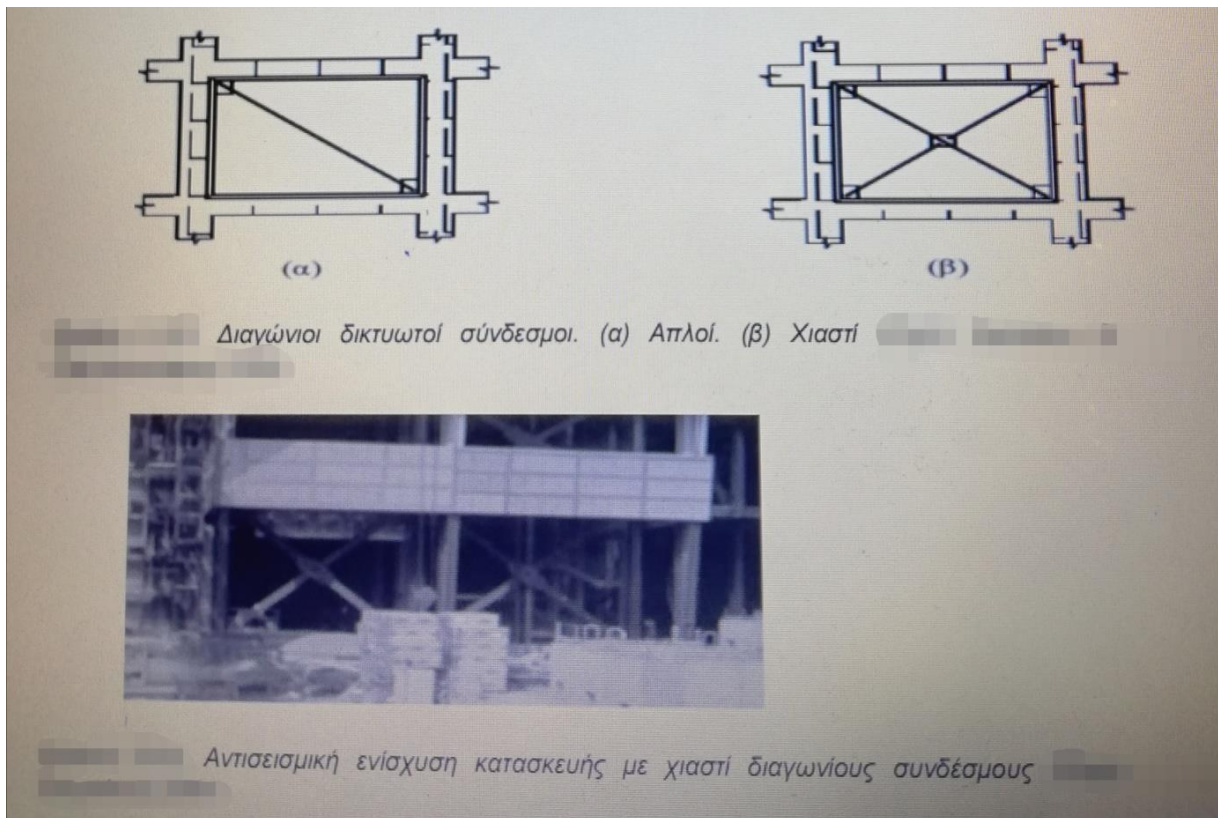
στοιχεία κατά τη διεύθυνση της μίας ή και των δύο διαγωνίων του φαντώματος, αντίστοιχα.

Για τη διαστασιολόγηση των συνδέσμων αυτού του τύπου θεωρούμε ότι οι εναλλασσόμενης φοράς

οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις αναλαμβάνονται από τις εκάστοτε εφελκόμενες διαγωνίους, ενώ η συνεισφορά των αντίστοιχων θλιβομένων διαγωνίων μπορεί να αγνοείται. Προφανώς στην

περίπτωση των χιαστί συνδέσμων οι διαγώνιοι αντίθετης δράσης βρίσκονται στο ίδιο φάντωμα, ενώ στην περίπτωση των απλών διαγωνίων, σε διαφορετικά φαντώματα. Στη δεύτερη περίπτωση

συνιστάται, το γινόμενο του εμβαδού της διατομής επί την κλίση δύο διαγωνίων του ίδιου ορόφου που καταπονούνται σε αντίθετη δράση, να μη διαφέρει περισσότερο από 10%



Η βασική διαφορά των συνδέσμων της δεύτερης κατηγορίας σε σχέση με αυτούς της πρώτης, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους αλλά και με τα οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία του πλαισίου χωρίς εκκεντρότητα, είναι ότι τουλάχιστον ένα από τα δύο άκρα της διαγωνίου συνδέεται με το ζύγωμα έκκεντρα ως προς τον αντίστοιχο κόμβο του υποστυλώματος. Το τμήμα του ζυγώματος μεταξύ των δύο έκκεντρα συνδεόμενων κόμβων ονομάζεται δοκός σύζευξης και καταπονείται έντονα τόσο σε κάμψη όσο και σε διάτμηση από τα οριζόντια σεισμικά φορτία και, κατά συνέπεια, έχει αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

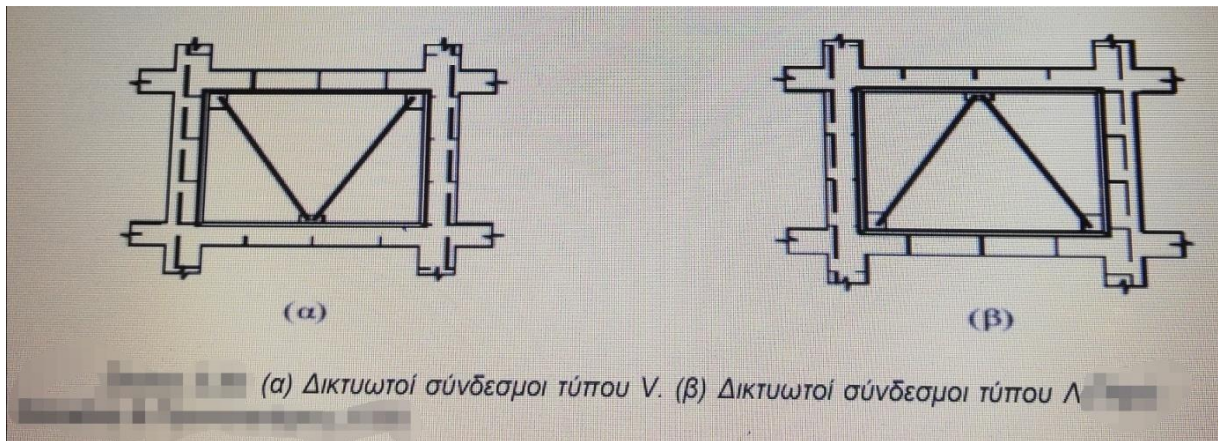




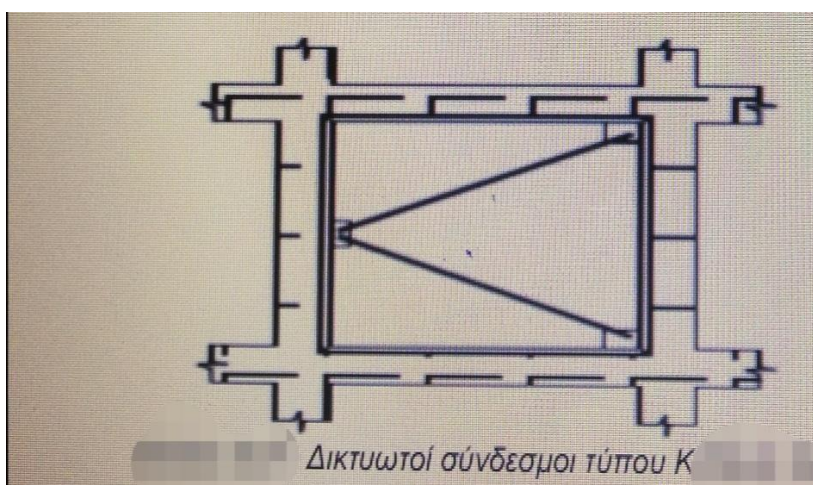
Άλλος τύπος δικτυωτών συνδέσμων με εκκεντρότητα έχει μορφή ορθού ή ανεστραμμένου Υ. Χαρακτηριστικό των συνδέσμων αυτών είναι ότι, ενώ τα λοξά σκέλη τους συνδέονται χωρίς εκκεντρότητα με τα στοιχεία του φαντώματος, το κατακόρυφο σκέλος καταλήγει σε ενδιάμεσο σημείο κατά κανόνα του ζυγώματος. Είναι αξιοσημείωτο, ότι η ανάληψη των σεισμικών δυνάμεων γίνεται σχεδόν αποκλειστικά από το κατακόρυφο σκέλος που για το λόγο αυτό ονομάζεται σεισμικός σύνδεσμος



Μία άλλη συνήθης διάταξη δικτυωτών συνδέσμων είναι η χρήση δύο στοιχείων ανά φάντωμα, τα οποία συντρέχουν σε ένα κοινό ενδιάμεσο σημείο των οριζοντίων μελών του πλαισίου. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, οι σύνδεσμοι που διατάσσονται κατ' αυτό τον τρόπο ονομάζονται τύπου V ή Λ, ανάλογα με το αν το σημείο σύνδεσής τους βρίσκεται στο κάτω ή στο πάνω ζύγωμα του υπόψιν φαντώματος, αντίστοιχα. Το κυριότερο χαρακτηριστικό της συμπεριφοράς των συνδέσμων τύπου V ή Λ είναι ότι, σε αντιδιαστολή με τις απλές ή χιαστί διαγωνίους, οι σεισμικές δυνάμεις αναλαμβάνονται τόσο από τις εφελκόμενες όσο και από τις θλιβόμενες ράβδους.



Μία άλλη παρόμοια διάταξη που όμως δεν είναι κατάλληλη για την ανάληψη σεισμικών δυνάμεων παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Η διάταξη αυτή ονομάζεται τύπου Κ και πρέπει να αποφεύγεται διότι απαιτεί τη συμμετοχή του υποστυλώματος στην ανάπτυξη του μηχανισμού διαρροής ενώ ταυτοχρονα προκαλεί εξαιρετικά δυσμενείς επιρροές 2ας τάξεως, με αποτέλεσμα να περιορίζει αισθητά τη δυνατότητα πλάστιμης συμπεριφοράς του συστήματος. Προκειμένου να διευκολυνθεί η σύνδεση των δικτυωτών συνδέσμων με τα στοιχεία φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοποθετούνται συχνά στην περίμετρο του φανώματος μεταλλικά στοιχεία που σχηματίζουν ένα μεταλλικό πλαίσιο και τα διαγώνια μέλη των συνδέσμων συνδέονται με τα στοιχεία του πλαισίου αυτού. Η σύνδεση των μεταλλικών στοιχείων με τις δοκούς και τα υποστυλώματα του φανώματος μπορεί να είναι συνεχής ή διακεκομμένη υπό την προϋπόθεση ότι σε κάθε θέση ικανοποιείται η συνθήκη του συμβιβαστού των παραμορφώσεων. Κατά συνέπεια, όταν επιλέγεται η παραπάνω λύση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι, σε αντίθεση με τους διαγώνιους συνδέσμους που καταπονούνται κυρίως αξονικά, τα στοιχεία του πρόσθετου μεταλλικού πλαισίου αναπτύσσουν εκτός από αξονική, τόσο καμπτική όσο και διατμητική ένταση. Στην περίπτωση που η χρήση του μεταλλικού πλαισίου δεν είναι εφικτή, λόγω π.χ. τοιχοπλήρωσης, είναι δυνατή η απευθείας σύνδεση των δικτυωτών συνδέσμων στο φέροντα οργανισμό μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων διατάξεων εξωτερικά του τοίχου πλήρωσης.



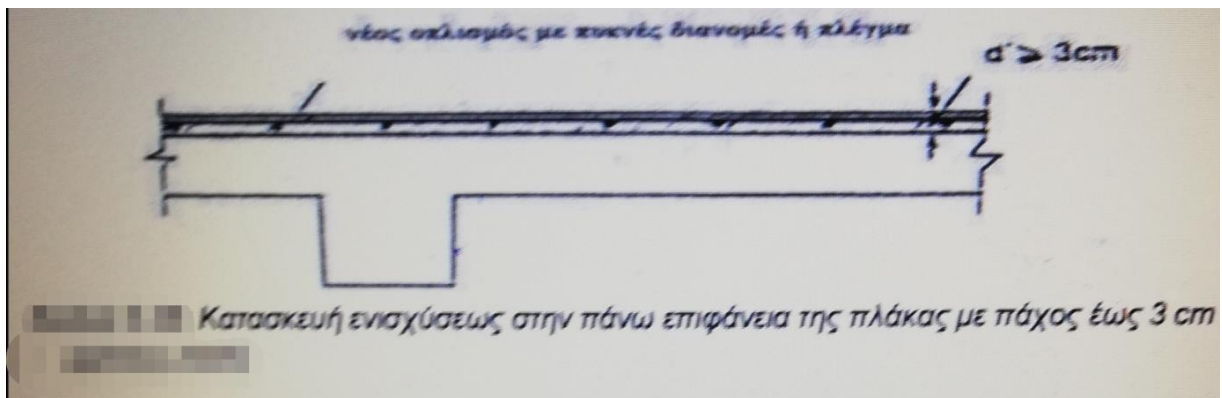
## ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΩΝ

### (A) Ρωγμές μικρού πλάτους

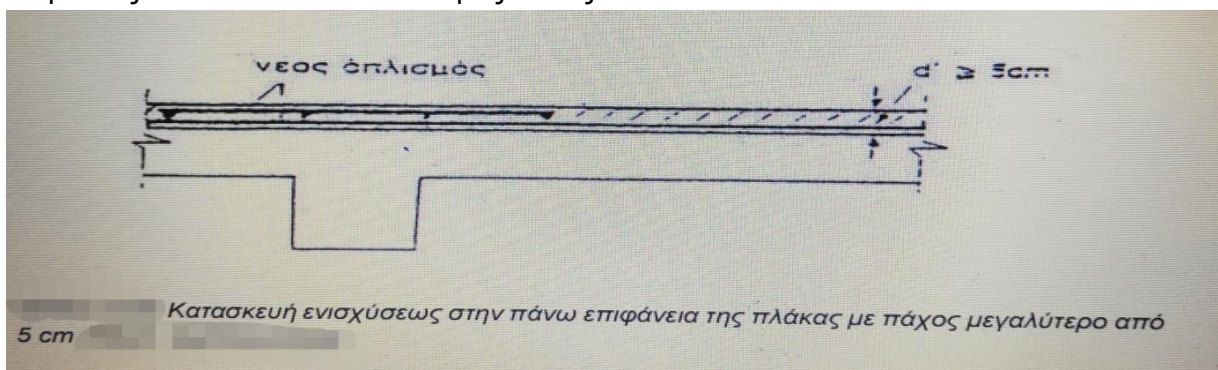
Στην περίπτωση αυτή οι ρωγμές συγκολλούνται με χρήση εποξειδικών ρητινών.

(B) Πολλαπλά ρήγματα στην επιφάνεια της πλάκας. Η περίπτωση αυτή αντιμετωπίζεται με την ενίσχυση της διατομής του σκυροδέματος και του οπλισμού της πλάκας, όπως παρακάτω:

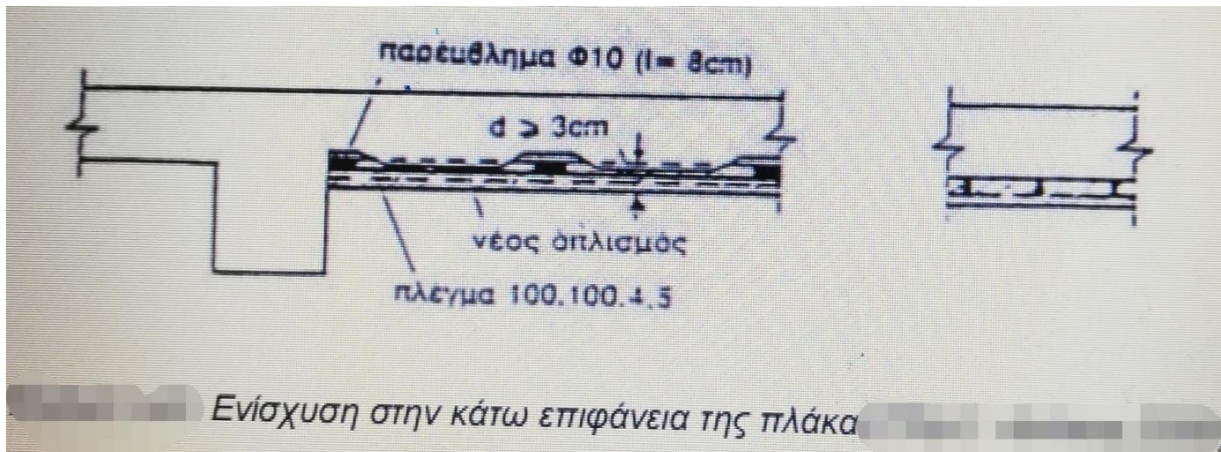
(1) Κατασκευή ενισχύσεως στην πάνω επιφάνεια της πλάκας: Αρχικά γίνεται επάλειψη της πλάκας με εποξειδική ρητίνη και στη συνέχεια τοποθέτηση οπλισμού από δομικό πλέγμα ή με πυκνές διανομές. Τέλος, γίνεται διάστρωση σκυροδέματος σε πάχος τουλάχιστον 3 cm.



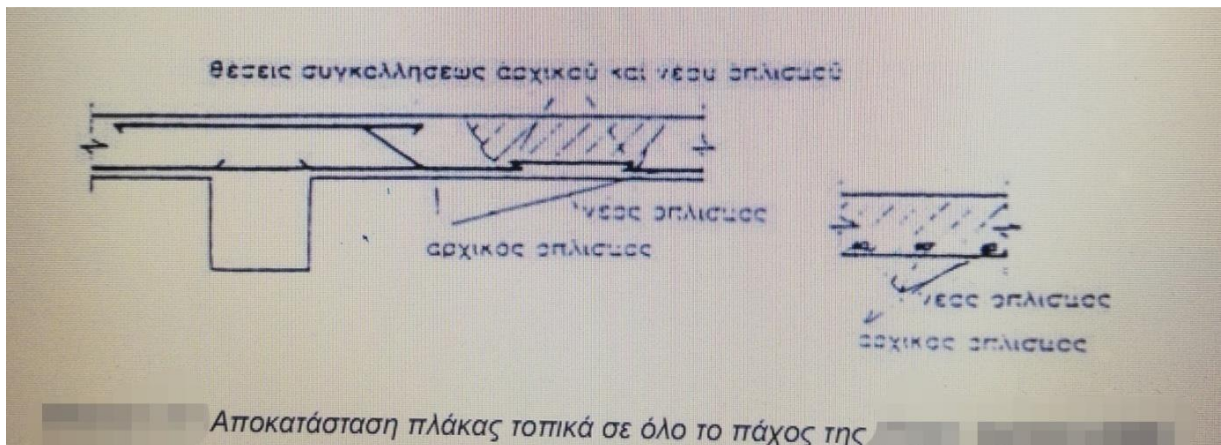
Εάν οι ρωγμές είναι εντονότερες και μεγαλύτερης εκτάσεως κατασκευάζουμε μια πλάκα με ελάχιστο πάχος 5 cm με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω. Για να πετύχουμε συνεργασία μεταξύ της παλαιάς και της νέας πλάκας, εκτός από την σύνδεση με εποξειδική ρητίνη, θα συνδέσουμε τον παλιό με τον νέο οπλισμό με συνδετήριες ράβδους καθέτως προς τις επιφάνειες των πλακών σε κατάλληλες θέσεις



(2) Κατασκευή ενισχύσεως στην κάτω επιφάνεια της πλάκας. Αρχικά γίνεται αποκάλυψη του παλαιού οπλισμού σε ορισμένες θέσεις και συγκόλληση νέου οπλισμού και δομικού πλέγματος μέσω παρεμβλημάτων. Τέλος, γίνεται διάστρωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε πάχος τουλάχιστον 3 cm



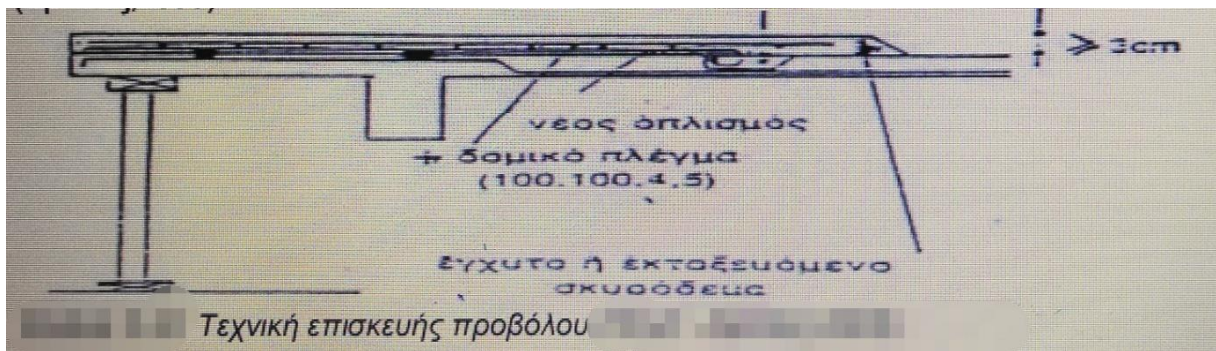
(3) Αποκατάσταση πλάκας τοπικά σε όλο το πάχος της. Αρχικά γίνεται καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος και διαμόρφωση των παρειών του παλαιού σκυροδέματος. Στη συνέχεια, γίνεται αφαίρεση του τοπικά κατεστραμμένου οπλισμού και συγκόλληση του νέου οπλισμού (με προτίμηση την τοποθέτηση δομικού πλέγματος πάνω και κάτω) και τέλος πραγματοποιείται διάστρωση εκτοξευόμενου ή έγχυτου σκυροδέματος.



## ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΠΡΟΒΟΛΩΝ

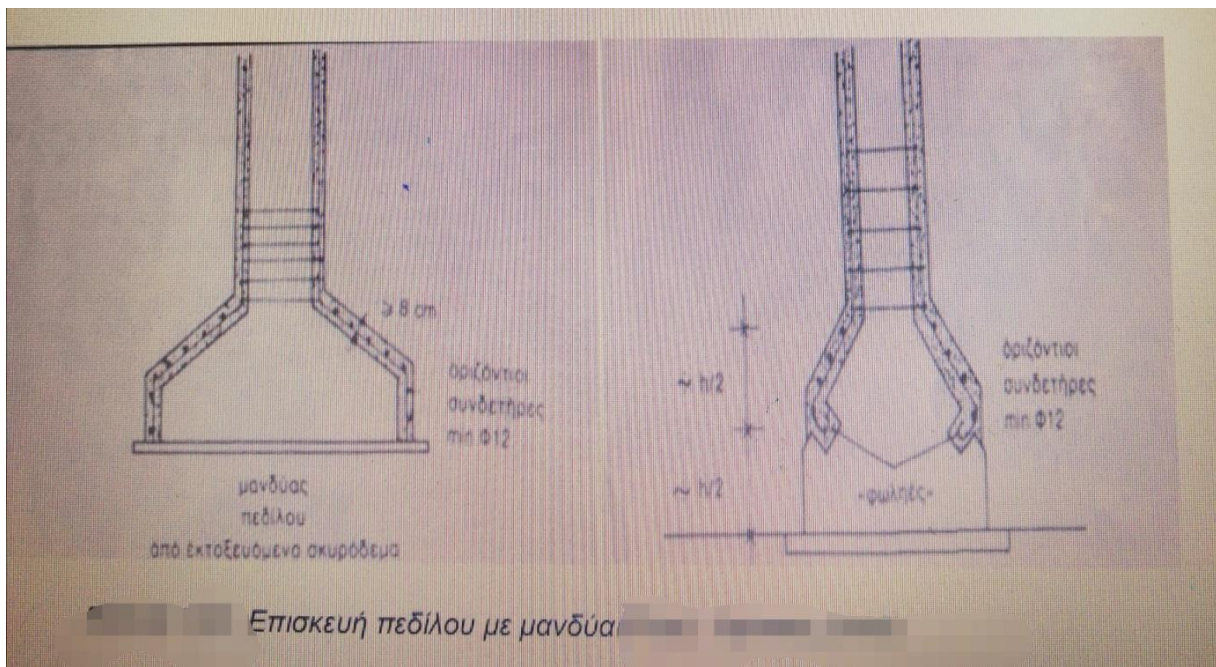
Η επισκευή των προβόλων γίνεται όπως παρακάτω:

- (Α) Υποσύλωση της πλάκας του εξώστη τέτοια ώστε να αναιρείται ένα ποσοστό του βέλους κάμψης.
- (Β) Εμποτισμός της ρωγμής με εποξειδική ρητίνη.
- (Γ) Ενίσχυση του άνω πέλματος με αποκάλυψη του παλαιού οπλισμού και συγκόλληση νέου.
- (Δ) Αγκύρωση του νέου οπλισμού στο συνεχόμενο άνοιγμα της πλάκας πέρα από το σημείο μηδενισμού των ροπών κάμψεων.
- (Ε) Τοποθέτηση δομικού πλέγματος 100x100x4,5.
- (ΣΤ) Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους τουλάχιστον 3 cm



## ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΠΕΔΙΩΝ

Όταν το κατώτερο υποστύλωμα ενισχύεται με μανδύα είναι σκόπιμο ο ίδιος μανδύας να περιβάλλει και το πέδιλο του. Ο μανδύας πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό ύψος του πεδίου



## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ

Οι βλάβες που προκαλεί ένας σεισμός σε κατασκευές εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους όπως τα στοιχεία του σεισμού [βάθος εστίας, μέγεθος, επίκεντρο] μέσω διάδοσης σεισμικών κυμάτων, απόσταση εστίας από θέση κατασκευής, τρωτότητα κατασκευής, ιδιότητες κατασκευής. Ενδεικτικά κάποιες από τις παραπάνω παραμέτρους προξενούν βλάβες κυρίως σε:

- Αυθαίρετα κτίρια
- Κατοικίες «καλής» κατασκευής με αστοχίες στο μπετόν και τα σίδερα
- Κτίρια που διέθεταν πιλοτές

- Κτίρια που κατασκευάστηκαν σε μη κατάλληλο έδαφος θεμελίωσης
- Κτίρια με ανεξέλεγκτες προσθήκες και κάθε είδους επεμβάσεις στο φέροντα οργανισμό τους.

Επίσης οι σημαντικές βλάβες προκαλούνται και λόγω της απόκλισης του φάσματος σχεδιασμού από το φάσμα απόκρισης του κτιρίου. Πλήθος κατασκευών λόγω παλαιότητας δεν πληρούν

προϋποθέσεις σημερινών αντισεισμικών σχεδιασμών. Οι αντισεισμικοί σχεδιασμοί συνοχής ανανεώνονται και εξελίσσονται. Ακόμα και στις σημερινές κατασκευές μπορούν να συμβούν βλάβες και δεν τελειώνει το θέμα σεισμικής προστασίας εδώ. Οι λόγοι είναι πολλοί όπως:

- Το ότι ο τελευταίος αντισεισμικός νόμος εξελίσσεται και σε σύντομο χρονικό διάστημα και μπορεί να θεωρείται ξεπερασμένος
- Ο σχεδιασμός, στις σύγχρονες κατασκευές, επιτρέπει να αντιδρούν ανελαστικά όταν συμβεί ισχυρός σεισμός και το ποσοστό των βλαβών που παρουσιάζεται, να είναι ελεγχόμενο ώστε να μειώσει τις πιθανότητες ολικής κατάρρευσης του κτιρίου.

## **ΕΥΘΡΑΥΣΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ**

Πλήθος αστοχιών σε κτίρια με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα οφείλονται και σε διάφορες αστοχίες στα άκρα των υποστυλωμάτων, ανάλογα με τις σχετικές τιμές των φορτίων διατομής (N, Q, M) και διάφορους κατασκευαστικούς παράγοντες. Η υψηλή καμπτική ροπή στα σημεία αυτά σε συνδυασμό με την αξονική δύναμη δημιουργεί συντριβή της θιγόμενης ζώνης του σκυροδέματος η οποία εκδηλώνεται κυκλικά και στις δύο παρειές. Όσο μικρότερη είναι η περίσφιξη στις περιοχές αυτές τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία τους. Εκδηλώνεται με προοδευτική θραύση και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος δηλαδή πρόκειται για ψαθυρή θραύση που μπορεί να επεκταθεί πολύ περισσότερο με την περαιτέρω αύξηση της N. Η ψαθυρή θραύση προκαλείται κυρίως από κακής ποιότητας σκυροδέματος, λιγοστοί συνδετήρες ή και ανύπαρκτοι, ισχυροί δοκοί από χάλυβα που δεν φτάνουν στο όριο διαρροής και προκαλούν αστοχία των στύλων και τέλος όταν έχουμε ισχυρή σεισμική διέγερση κατ'επαναληψη.

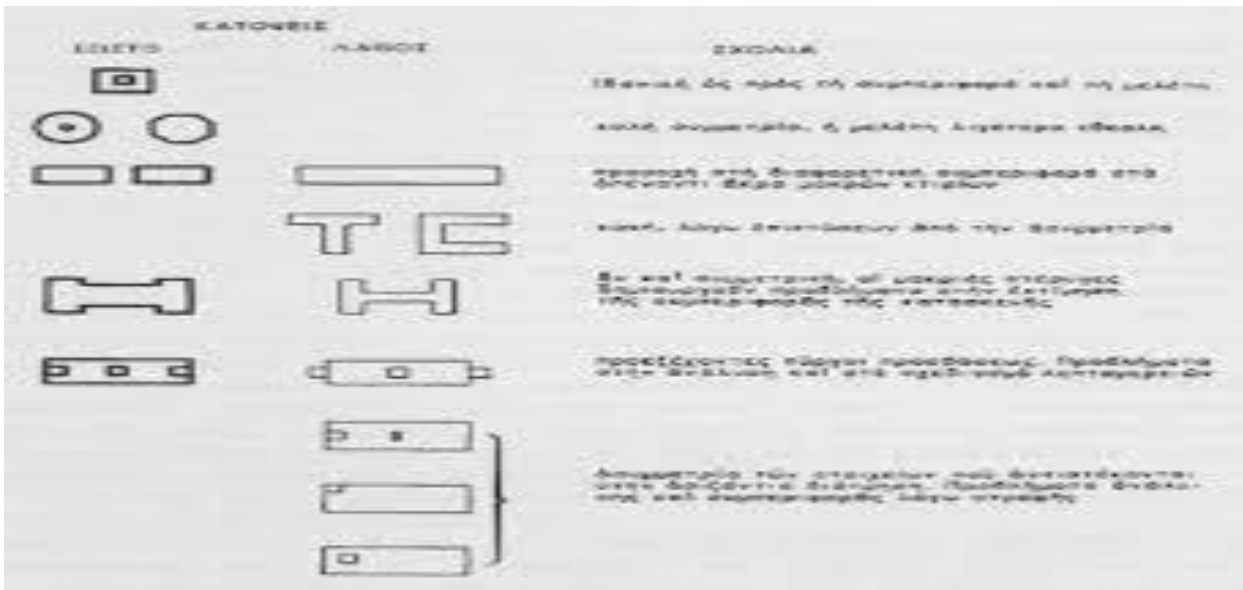
- ❖ (ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ) Όπως είναι γνωστό, ο πυρήνας του κλιμακοστασίου είναι το βασικότερο στοιχείο ακαμψίας στο σκελετό ενός κτιρίου, που μπορεί να αναλάβει το μεγαλύτερο ποσοστό των σεισμικών δυνάμεων ή ακόμη και το σύνολό τους σε ειδικές περιπτώσεις. Συνεπώς η κεντρική τοποθέτησή του στην κάτοψη του κτιρίου θα έπρεπε να είναι καίριας σημασίας για τη συμπεριφορά του στο σεισμό σε συνδυασμό με ύπαρξη τοιχοποιίας στις παράπλευρες όψεις κατά το δυνατόν στο ισόγειο.
- ❖ (ΠΙΛΟΤΗ) Έχει αποδειχτεί ότι είναι το αδύνατο σημείο μιας οικοδομής, καθώς πάνω από την βάση ενός πολυώροφου κτιρίου υπάρχει ένας όροφος που δεν διαθέτει τοιχοποιία και ονομάζεται μαλακός όροφος και υπάρχει διαφορά ακαμψίας με τους υπερκείμενους αυτού ορόφους που διαθέτουν τοιχοποιία. Αυτό συνεπάγεται την εμφάνιση «γόνατος» στην πρώτη ιδιομορφή ταλαντώσεως δηλαδή αλλοίωση της καθ' ύψος κατανομής των σεισμικών δυνάμεων καθώς και συγκέντρωση μεγάλων ανελαστικών παραμορφώσεων στη στάθμη του γόνατος, δηλαδή στα άκρα των υποστυλωμάτων του ισόγειου, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι συμπεριφέρονται (περίπου) σαν στερεά σώματα



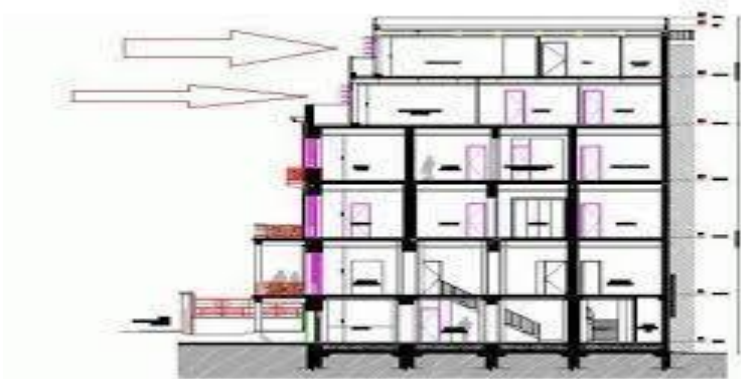
- ❖ (ΚΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ) πρόκειται για κατακόρυφες κολόνες με μικρό ύψος που κατασκευάζονται κυρίως σε ημιυπόγειους χώρους και πατάκια. Στην ελαστική περιοχή συμπεριφοράς ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η περίπτωση συνεργασίας κοντών με συνήθη υποστυλώματα στον ίδιο όροφο, διότι τότε τα πρώτα αναλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα δύναμη.



- ❖ (ΚΑΤΟΨΗ ΚΤΙΡΙΟΥ) Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα κτίρια με τετράγωνη κάτοψη παρουσιάζουν την καλύτερη συμπεριφορά σε σεισμό. Βασικό κριτήριο για την επιλογή του είδους και της διατάξεως σε κάτοψη των κατακόρυφων αντισεισμικών στοιχείων αποτελεί η επιδίωξη ελαχιστοποίησης της στρέψης των πλακών, πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται κατά τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο στην περίπτωση των συμμετρικών ως προς δύο (τουλάχιστον) άξονες κτιρίων

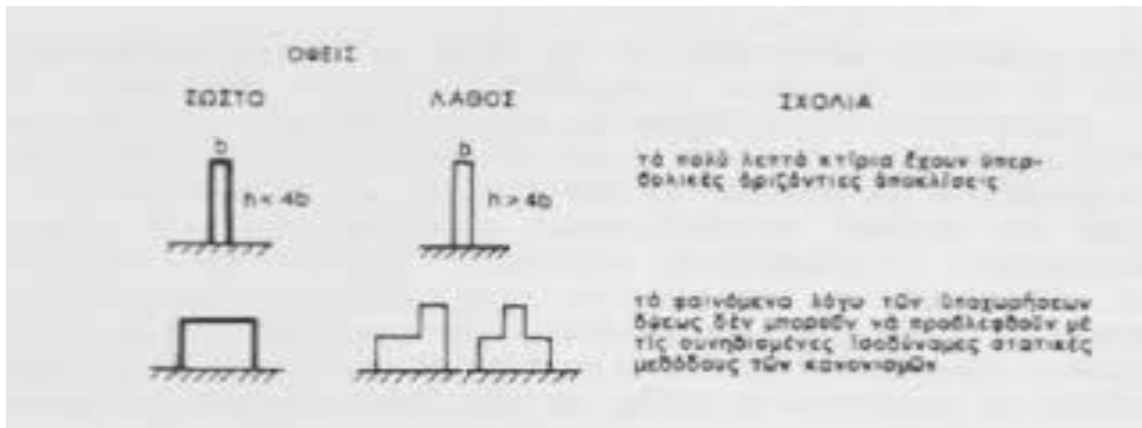


- ❖ (ΥΠΑΡΞΗ ΕΣΟΧΩΝ) Σημαντική είναι για τον αντισεισμικό σχεδιασμό ενός κτιρίου και η τομή. Έχει παρατηρηθεί ότι τα κτίρια με εσοχές στην τομή τους (ρετιρέ) έχουν χειρότερη αντισεισμική συμπεριφορά από τα κτίρια με συμμετρική τομή. Οι λόγοι είναι πολλοί, αλλά οι κυριότεροι είναι ότι οι εσοχές προκαλούν απότομη μεταβολή των μαζών καθώς και αλλοίωση των δυναμικών χαρακτηριστικών.



- ❖ (ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΤΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ) Κατασκευαστικές αδυναμίες είτε στο μήκος ακυρώσεως είτε στη συμπύκνωση σκυροδέματος είτε στο λανθασμένο είδος και στη λανθασμένη διαστασιολόγηση των συνδετήρων μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην αντοχή των κόμβων και στη συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια ενός σεισμού.
- ❖ (ΥΨΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ) Το συνολικό ύψος ενός κτιρίου δεν θα πρέπει ποτέ να θεωρείται ανεξάρτητο μέγεθος από το ελάχιστο πλάτος  $L$  της κάτοψής του. Έτσι λοιπόν προτείνεται να τηρείται πάντα η σχέση :  $H/L < \frac{3}{4}$





❖ (ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ) σημαντικό ρόλο αποτελεί η θέση του κτιρίου στο οικοδομικό τετράγωνο καθώς έχει αποδειχθεί ότι οι γωνιακές οικοδομές είναι πιο επικίνδυνες από τις ελεύθερες όταν συμβαίνει σεισμική δραστηριότητα, καθώς οι γωνιακές παρουσιάζουν σημαντικές ταλαντευτικές παραμορφώσεις μέσα στο επίπεδο των πατωμάτων. Οι παραμορφώσεις αυτές είναι πιθανή αιτία, σε συνδυασμό και άλλων παραγόντων, να έχουμε μερική ή ακόμα και ολική κατάρρευση. Κυριότερες αιτίες τρωτότητας γωνιακών κτιρίων είναι:

- Η ασυμμετρία ακαμψίας στην κάτοψη καθώς δεν υπάρχουν τοιχοποιίες στις δυο πλευρές του ισόγειου κυρίως λόγω επαγγελματικών χώρων.
- Η μεταφορά κινητικής ενέργειας κατά την κρουστική αλληλεπίδραση των κτιρίων μεταξύ τους με αποτέλεσμα την αύξηση των αδρανειακών δυνάμεων.

❖ (ΣΤΑΘΜΕΣ ΠΛΑΤΩΝ ΤΩΝ ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ) Μεγάλο ρόλο παίζει η θέση και το ύψος των πλακών διπλανών κτιρίων μιας οικοδομής κατά την διάρκεια ενός σεισμού, καθώς συγκρούονται κατά την ταλάντωση τους και έχουμε θραύση στύλων. Οι υπολογισμοί για την δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής αχρηστεύονται. Συμπερασματικά τίθεται η ανάγκη διαχωρισμού των κτιρίων με χρήση αντισεισμικών αρμών για πλήρη ανεξαρτησία των κινήσεων τους.



- ❖ (ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ )Οποιοσδήποτε προσθήκες ή επεμβάσεις σε κτίρια όπως νέος όροφος πάνω από προϋπάρχων κτίσμα, αφαίρεση εσωτερικών τοίχων, άνοιγμα παραθύρων, σε συνδυασμό με αστοχίες και τυχόν αμέλεια, μη ύπαρξη μελέτης στατικής ικανότητας όλου του κτιρίου προκαλούν προβλήματα και τεραστίους κινδύνους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να επιδεικνύουμε στις μετατροπές ισογείων διαμερισμάτων.

## **ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Οι βλάβες μετά από σεισμό μπορεί να συμβαίνουν αφενός σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία και αφετέρου στην κατασκευή συνολικά επηρεάζοντας την ασφάλεια του κτιρίου ,την λήψη αποφάσεων και το επείγον της λήψης μέτρων και επεμβάσεων.

Οι ανωτέρω βλάβες χωρίζονται σε ελαφρές ,σοβαρές, βαριες,ανάλογα την σημαντικότητα τους το μέγεθος και το εύρος τους. Οι ελαφριές βλάβες είναι μικρής σπουδαιότητας ενώ οι σοβαρές και βαριές βλάβες επηρεάζουν την ασφάλεια και την στατικότητα της κατασκευής.

### Ανωδομή

Η ανωδομή συνήθως είναι το τμήμα των κατασκευών που δέχονται τις μεγαλύτερες πιέσεις και συνεπώς τις μεγαλύτερες βλάβες λόγω των σεισμών. Η ανωδομή αποτελείται από τον φέροντα οργανισμό , τον οργανισμό πλήρωσης και από τις δευτερεύουσες κατασκευές.

1) **Φέροντας οργανισμός** αποτελείται από:

#### A) Υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα υφίστανται τις περισσότερες και τις πιο σοβαρές βλάβες σε περίπτωση σεισμού και αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για την κατασκευή που μπορεί εξαιτίας αυτών των βλαβών να υποστεί τμηματική ή ολική κατάρρευση. Οι βλάβες που παρατηρούνται στα υποστυλώματα μπορεί να είναι καμπηκική ή διατμητική χαρακτήρα.

#### B) Δοκοί

Οι βλάβες που παρουσιάζονται στις δοκούς μιας κατασκευής και προέρχονται από σεισμό εκτός των άλλων είναι συχνές και λιγότερο επικίνδυνες για την ευστάθεια μιας κατασκευής. Διακρίνονται σε καμπηκικές και διατμητικές βλάβες. Παρουσιάζουν εγκάρσιες καμπηκικές ρωγμές στο κάτω πέλμα. Στο άνω πέλμα οι ρωγμές εμφανίζονται λόγω καμπηκικής αστοχίας ή λόγω ανεπαρκούς αγκυρωσης και ολίσθησης του οπλισμού στο κάτω πέλμα

#### Γ) Βλάβες σε κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων

Οι βλάβες μετά από ένα ισχυρό σεισμό στους κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων είναι σοβαρές καθώς είναι ευπαθή δομικά στοιχεία και καθιστούν την κατασκευή ανησυχητικά επικίνδυνη όσον αφορά την ευστάθεια της κατασκευής. Οι λόγοι είναι ότι υποβαθμίζουν την ακαμψία των φερόντων στοιχείων και δημιουργούν ανακατανομές των φορτίσεων ,επίσης αυξάνουν την διατμητική ένταση.

Δ) Βλάβες σε τοιχώματα

Οι βλάβες στα τοιχώματα μιας κατασκευής μετά από ένα σεισμό, επειδή λαμβάνουν μεγάλο ποσοστό της σεισμικής έντασης, ομοιάζουν με αυτές των υποστυλωμάτων, και έχουν μορφή διατμητική ή καμπτική. Οι διατμητικές βλάβες είναι πολύ σοβαρές καθώς προκαλούν ψαθυρή αστοχία και μετακινήσεις τριγωνικών τμημάτων του τοιχώματος και λόγω βράχυνσης του δεν δύναται να μεταφέρει κατακόρυφα φορτία με συνέπεια την ολική κατάρρευση του κτιρίου.

### Ε). Βλάβες σε πλάκες

Γενικώς οι πλάκες δεν επηρεάζονται κύρια από τις σεισμικές δράσεις.

Οι πλάκες σύμφωνα με τις νέες αντισεισμικές κατασκευές εδράζουν σε υποστυλώματα με την συμβολή των δοκών έτσι αποφεύγεται η διάτρηση τους μετά από ισχυρό σεισμό. Μπορούν να υποστούν εγκάρσιες ρωγμές λόγω καμπτικών πραγματώσεων στις στηρίξεις των δοκών ή και από ρηγματώδεις τοιχοπληρώσεων, βλάβες από καθιζήσεις υποστυλωμάτων και βλάβες γειτονικών δοκών

### **2. Οργανισμός Πλήρωσης**

Οι βλάβες στον οργανισμό πλήρωσης είναι οι κάτωθι:

- α. Ελαφρές βλάβες: απλή ρηγμάτωση με άνοιγμα ρωγμών μικρότερο από 1,0 mm
- β. Σοβαρές βλάβες: έντονη ρηγμάτωση
- γ. Βαριές βλάβες: θλιπτοδιατμητική θραύση, μεγάλες ( ~ 10 mm )

### **3. Δευτερεύουσες κατασκευές**

Είναι κατασκευές που δεν επηρεάζουν την στατικότητα του κτιρίου

### **Συστήματα επεμβάσεων**

Για να επιλέγει ένα σύστημα επέμβασης με συγκεκριμένη μέθοδο ώστε η κατασκευή να αποκτήσει αξιόπιστη σεισμική συμπεριφορά και να έχουμε πλήρη ανάληψη σεισμικών φορτίων λαμβάνουμε υπόψη μας κάποιους κύριους παράγοντες όπως:

- (α) Η μάζα, η δυσκαμψία, η απόσβεση και η διαμόρφωση του φέροντος και του μη φέροντος οργανισμού.
- (β) Η ικανότητα παραμόρφωσης των στοιχείων του φέροντος και του μη φέροντος οργανισμού.
- (γ) Η ενέργεια και ο χαρακτήρας της σεισμικής διέγερσης στην οποία υποβάλλεται η κατασκευή.

Ανάλογα με την σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής που επιδιώκουμε χρησιμοποιούμε τέσσερις αντισεισμικές στρατηγικές

- Τοπικές επεμβάσεις στο φορέα.
- Αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής.
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης της κατασκευής.

- Μείωση της σεισμικής απαίτησης της κατασκευής (π.χ. σεισμική μόνωση)

## **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ**

Μετά από έναν ισχυρό σεισμό όπως προείπαμε στην παρούσα πτυχιακή προκαλούνται διαφόρων τύπων βλάβες στις κατασκευές που άλλες επιδέχονται επισκευών –ενισχύσεων και άλλες δεν επιτρέπουν την επισκευή τους και καθιστούν το κτίριο κατασκευή κατεδαφιστέα.

Στην χώρα μας ακολουθηται μια διαδικασία από κρατικούς φορείς με επιστημονικό προσωπικό όπου αποφασίζουν την τύχη των κτιρίων και γενικώς των κατασκευών που επλήγησαν από τον σεισμό.

Στην περίπτωση που τα κτίρια-κατασκευές κριθούν διατηρητέα τότε ακολουθείται η διαδικασία κοστολόγησης των επισκευών –ενισχύσεων των βλαβών και πολλών άλλων διεργασιών που θα αναφέρουμε παρακάτω ώστε να γίνει ένας πλήρης προϋπολογισμός –οικονομική αποτίμηση και να κριθεί από τους ιδιοκτήτες ιδιώτες ή τον ιδιοκτήτη ή το κράτος εάν συμφέρει ή όχι οικονομικά η επαναφορά των πληγέντων κατασκευών στην πρότερα τους κατάσταση ή και σε ακόμα πιο ενισχυμένη κατάσταση.

Η κοστολόγηση περιλαμβάνει :

α) Οικονομική αποζημίωση όλων των συμμετεχόντων (τεχνικά συνεργεία επιστημονικά συνεργεία ή κατασκευαστικές εταιρείες)με οποιοδήποτε τρόπο αυτοί συμβάλλουν από την πρώτη στιγμή έως την τελική έκβαση του έργου που θα αναλάβουν.

β)Οικονομική αποζημίωση για την χρησιμοποίηση των τεχνικών μέσων

γ)κοστολόγηση όλων των υλικών χρήσης

δ) ιδιαιτερότητες όπως κατασκευές –κτίρια που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές ή και δύσβατες περιοχές προσ αυξάνουν το κόστος και απαραίτητως συμπεριλαμβάνονται στην γενική οικονομική αποτίμηση.

Τελικά μετά όλων των ανωτέρω καταρτίζεται έγγραφο συμφωνητικό με όρους, ρήτρες και υποχρεώσεις και των δυο πλευρών ( ενδιαφερόμενων ιδιοκτητών και εργοληπτών ) ώστε να εξασφαλίσει το ασφαλές αποτέλεσμα των επισκευών - ενισχύσεων και να διασφαλίσουν τα συμφέροντα όλων.

### **ΚΕΦ. 3**

## **ΤΕΧΝΟΓΝΩΣΙΑ -ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΤΑ ΣΗΜΕΡΙΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΑΣΦΑΛΕΣΤΕΡΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ**

Η επιστήμη γενικώς προχωρά και εξελίσσεται, κύριο ρόλο παίζει η έρευνα τα πειράματα και τα αποτελέσματα τους. Από τότε που ενεφανίστηκε το ανθρώπινο γένος στον πλανήτη μας ο άνθρωπος για να επιβιώσει προσπάθησε και προσπαθεί ακόμα να αποφύγει τους κινδύνους που τον απειλούν. Πολλούς κινδύνους τους αντιμετώπισε με μεγάλη επιτυχία παρόλα ταύτα τους κινδύνους που διατρέχει μέχρι και σήμερα από τα απρόβλεπτα φυσικά φαινόμενα δεν μπόρεσε να τα αντιμετωπίσει με μεγάλη επιτυχία, ωστόσο η επιστήμη του προσέφερε τεχνογνωσία και τεχνολογία και μπορεί σήμερα να αντιμετωπίσει τα φυσικά φαινόμενα με διάφορα όπλα. Με την φύση κανείς δεν μπορεί να τα βάλει όμως μπορεί να κάνει προβλέψεις και να προλάβει το κακό πριν να συμβεί και πριν αυτό δημιουργήσει απρόβλεπτες συνέπειες όπως κατάρρευση κατασκευών πλημμύρες και θανάτους. Ο άνθρωπος από εκεί που ζούσε μέσα σε σπηλιές σήμερα κατάφερε να ζει σε κτίρια αντισεισμικά και ασφαλή. Αυτό ισχύει για σεισμούς ορισμένου μεγέθους για μεγαλύτερους σεισμούς οι σεισμολόγοι εφόσον κάνουν ορθή πρόβλεψη συμβουλεύουν την απομάκρυνση μας από τις περιοχές αυτές και την όσο μικρότερη ζημιά μπορούμε να υποστούμε κυρίως σε απώλεια ανθρώπινων ζωών. Ο σεισμός είναι ένα βίαιο φυσικό φαινόμενο και απρόβλεπτο το οποίο προκαλεί προβλήματα στην στατικότητα ενός κτιρίου . Ο σωστός σχεδιασμός κατά την κατασκευή ενός κτιρίου είναι αυτός που θα βοηθήσει να αποφύγουμε καταρρεύσεις κτιρίων, απώλειες ανθρώπινων ζωών και περιουσιών. Θα συνεχίσουμε να ανακαλύπτουμε τρόπους να μειώσουμε την τρωτότητα των κτιρίων και του δομημένου περιβάλλοντος . Η χώρα μας η πιο σεισμογενής χώρα της Ευρώπης έχει ανάγκη να εξελίξει συνεχώς τον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών και να ανεγείρει κατασκευές μεγάλης αντοχής έναντι των σεισμών. Πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας, την εφαρμογή του ΕΑΚ 2000 και του ΚΑΝ.ΕΠΕ (η Αναθεώρηση Ιούλιος 2013) για να προλαμβάνουμε τα καταστρεπτικά αποτελέσματα των σεισμών η να τα περιορίζουμε στο ελάχιστο. Η διαπίστωση το που συμβαίνουν στα κτίρια οι σημαντικότερες βλάβες, πώς αυτές πρέπει να επισκευάζονται και να ενισχύονται άλλα προτίστως να μελετώνται, πώς πρέπει να κατασκευάζονται, είναι σημαντική προϋπόθεση και αδιαπραγμάτευτη . Ο φέρων οργανισμός ενός κτιρίου (δοκοί, υποστυλώματα, πέδιλα θεμελίωσης) καθώς και όλα τα τρωτά σημεία ενός κτιρίου πρέπει συνεχώς να αναβαθμίζονται σε αντοχή και ισχύ, ανακαλύπτοντας νέες μεθόδους και υλικά κατασκευής νέους σχεδιασμούς ασφαλέστερους και όλα αυτά βασιζόμενοι και στην εμπειρία των ανθρώπων όλους αυτούς τους αιώνες ύπαρξής μας και των σημαντικών σεισμικών γεγονότων που έχουν καταγραφεί. Όλες οι επιστήμες συμβάλουν από μεριάς τους για την κατασκευή κτιρίων σε ασφαλή εδάφη (γεωλογία) σε περιοχές που δεν παρουσιάζουν

μεγάλη σεισμική δραστηριότητα (σεισμολογία) είδος κατασκευών με κατάλληλα υλικά χρήσης (αρχιτέκτονες ,μηχανικοί ,χημικοί τεχνολόγοι ) και άλλοι επιφανείς επιστήμονες που συνεργάζονται για το καλύτερο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τελικά, η συνεργασία, η επικοινωνία, η τεχνογνωσία, η τεχνολογία και η εμπειρία όλων των συμμετεχόντων, για την κατασκευή ασφαλών κτιρίων, κατά το δυνατόν και εφικτόν, μας πληροφορούν ώστε να επιλεγεί ο σωστός φέρων οργανισμός, να γίνει σωστή ανάλυση της κατασκευής και σωστή διαστασιολόγηση σύμφωνα με ΕΚΩΣ και ΕΑΚ, για να έχουμε αντισεισμικές κατασκευές και ένα ασφαλέστερο μέλλον, με τις καλύτερες συνθήκες διαβίωσης για το ανθρώπινο γένος .

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Αρμπιρος, Β., (2001). «Βλάβες σε Κόμβους Οπλισμένου Σκυροδέματος, Μέθοδοι Αποκατάστασης και Ενίσχυσης τους». 7ο Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών. Ελλάδα
- Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας ([www.civilprotection.gr](http://www.civilprotection.gr))
- Γιαννόπουλος, Ι., (2005).«Βλάβες από το Σεισμό της Αθήνας (1999)». Επιστημονική έκδοση ΤΕΕ.
- Γεωρόγλου, Π και Μπιζανίδου, Σ. (2013). «Καταστροφικές συνέπειες κατασκευών-υλικά-ενίσχυση αυτών μετά από σεισμό». Πτυχιακή Εργασία του Τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής
- Δρίτσος, Σ.Η.,(2005). « Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα». 3η έκδοσηΕλληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ 2000). Αθήνα.
- Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ 2000).Αθήνα.
- Ελευθεριάδου, Α.Κ., (2009). «Συμβολή στην Αποτίμηση της Σεισμικής Τρωτότητας Κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. ΔΠΘ. Ξάνθη
- Ελευθεριάδου Α.Κ., Καραμπίνης, Α.Ι., (2011).« Στοιχεία Βλαβών σε Κατασκευές από τον σεισμό της 7ης Σεπτεμβρίου στην Αθήνα». Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική έκδοση ΤΕΕ, Αριθμ. Τόμου 1/2011.
- FEMA, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (1998). Washington DC.
- FEMA-356:Seismic Rehabilitation Prestandard
- Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών -ΙΤΣΑΚ([www.itsak.gr](http://www.itsak.gr))
- Καϊρης, Σ., & Χατζηβασιλειάδης , Α. (2008).«Ενίσχυση Υποστυλωμάτων με Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος».14



Καλλιάνη, Ε. & Πρωτονοτάριος, Μ. (2006). « Ενίσχυση Πλαισιακών Φορέων Οπλισμένου Σκυροδέματος με

Μεταλλικούς Συνδέσμους και Ενφαινούμενα Τοιχώματα». 12

Επισκευές Κατασκευών Ο/Σ και Ανασχεδιασμός Υφιστάμενων Κατασκευών. Πάτρα

ΚΑΝ.ΕΠΕ, (1η Αναθεώρηση Ιούλιος 2013). Ο.Α.Σ.Π.

Καραγιάννης, Χ.Γ. (2009). « Ειδική εισήγηση: Επισκευές – Ενισχύσεις Στοιχείων από Ωπλισμένο

Σκυρόδεμα – Έμφαση σε Ακραίους Κόμβους Δοκού – Υποστυλωμάτων». Πρακτικά 15ου

Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος. Αλεξανδρούπολη

Κοντού, Α., & Τετράδη, Α. (2013). «Διερεύνηση και ανάπτυξη λογισμικού για τη μη γραμμική συμπεριφορά δοκών Ω.Σ σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες 2 και 8». Πτυχιακή εργασία. Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ. Αθήνα.

Λάμπρου, Κ. Ν. (2010). «Ενίσχυση πλακοδοκών οπλισμένου σκυροδέματος σε τέμνουσα με μανδύες ινοπλισμένων πολυμερών και αγκύρια ινών». Διατριβή για την απόκτηση μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης.

Μπάρκας, Ι.Χ., (2000). «Βλάβες από σεισμό: Παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση τους στα κτίρια».

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας -ΟΑΣΠ ([www.oasp.gr](http://www.oasp.gr))

Παπανικολάου, Ι. & Μαρτζάκης, Β. (2017). «Σεισμοί και Διαχείριση Σεισμικού Κινδύνου». Πρόγραμμα

Μεταπτυχιακών Σπουδών Διαχείριση Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων.

Εθνικό Πρακτικά 4ου Φοιτητικού Συνεδρίου (1998). «Επισκευές Κατασκευών -98». Εκδόσεις Πανεπιστημίου

Ροβήλος, Αθ., (2001). « Μετασεισμικός έλεγχος σε κτίρια – Σεισμική παθολογία κτιρίων – Οδηγίες και μέθοδοι επισκευής κτιρίων με βλάβες από σεισμό». Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα .

Σπυράκος, Κ., (2004). « Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». ΤΕΕ. Αθήνα.και Ενισχύσεις». Πτυχιακή Διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

Σταματίου Θ. Κωνσταντίνα & Τσάφου Γ. Στέλλα,(2013). «Ταχεία αποτίμηση τρωτότητας κτηριακού αποθέματος δημόσιας χρήσης».Ε.Μ.Π. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Αθήνα.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, Ο.Α.Σ.Π.,(1999).«Συνοπτικές Οδηγίες για επισκευή του φέροντος οργανισμού κτιρίων από

οπλισμένο σκυρόδεμα με βλάβες από σεισμό».Αθήνα.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., (2001). «Πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος έλεγχος κτιρίων». Αθήνα.

Υ,ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ,(2009).

Υπουργείο Δημοσίων Έργων – Ο.Α.Σ.Π, (2000). « Τεχνικές Οδηγίες Προσεισμικού Ελέγχου Τρωτότητας Δημοσίων Κτιρίων». Τεύχος Α

Φ.Ε.Κ (2014). «Καθορισμός ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για τη σύνταξη μελετών αποκατάστασης κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό και την έκδοση των σχετικών αδειών επισκευής».Αρ. Φύλλου 455.Τεύχος

Χρονόπουλος.« Σεισμοί και κατασκευές (Κεφ. Βλάβες και κόστος επεμβάσεων)»,

Ψυχάρης, Γ.Ν., (2016).«Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας». Τεύχος 1