



**ΤΜΗΜΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**
Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ
ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

**REPAIRS AND REINFORCEMENTS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS
AND LOAD – BEARING MASONRY**



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΚΑΡΑΧΑΛΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

A.M.: 19047

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΓΕΩΡΓΙΑΔΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΠΑΤΡΑ 2024

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας **Καραχάλιου Κωνσταντίνας** που την εκπόνησε.

Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

“Ο σχεδιασμός δεν αφορά μόνο την εμφάνιση και την αίσθηση.

Ο σχεδιασμός αφορά τον τρόπο λειτουργίας.”

Steve Jobs

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναλυτική αναφορά στα είδη βλαβών και φθορών, στα αίτια τους αλλά και τις επισκευές και τις ενισχύσεις που χρειάζονται για την αποκατάσταση των φθορών. Η εργασία περιλαμβάνει τρία βασικά μέρη. Το πρώτο μέρος αναφέρεται σε παθολογία κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, το δεύτερο μέρος αφορά παθολογία κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία και το τρίτο αφορά κτίρια όπου έχουν εφαρμοστεί οι επεμβάσεις που αναφέρονται στα παραπάνω μέρη. Η βασική διαφορά των δύο δομικών συστημάτων είναι ότι στο οπλισμένο σκυρόδεμα τα φορτία μεταφέρονται στο έδαφος μέσω του φέροντος οργανισμού που αποτελείται από δομικά στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (υποστυλώματα, πλάκα, δοκοί και θεμελίωση). Όσο αφορά το δομικό σύστημα της φέρουσας τοιχοποιίας, έχει κατασκευαστεί για να δέχεται φορτία σε όλο τον οργανισμό της και να τα μεταφέρει στο έδαφος. Η φέρουσα τοιχοποιία χρησιμοποιούνταν περισσότερο μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αι. και ύστερα η πλειονότητα των κατασκευών αποτελούνταν από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η παθολογία των κτιρίων έχει πρωταρχική σημασία για την αποτίμηση της δομικής κατάστασης της κατασκευής. Οι φθορές στα κτίρια δημιουργούνται είτε από περιβαλλοντικές δράσεις, είτε λόγω εγκατάλειψης και απουσίας συντήρησης στη διάρκεια του χρόνου. Οι βλάβες οφείλονται κυρίως σε τυχαϊκές δράσεις όπως ο σεισμός. Η κατάσταση διατήρησης του φέροντος οργανισμού αποτελεί εξαιρετικό δείκτη της φέρουσας ικανότητας. Έχει τεράστια σημασία ο μηχανικός να προσεγγίσει τα αίτια της βλάβης ώστε να πραγματοποιηθούν αποτελεσματικές επεμβάσεις. Στην εύκολη αντιμετώπιση των βλαβών συμβάλλει η ταξινόμηση τους σε κατηγορίες.

Λέξεις – κλειδιά

αποκατάσταση, δομική κατάσταση, επισκευές και ενισχύσεις, φέρουσα ικανότητα, φέρουσα τοιχοποιία, οπλισμένο σκυρόδεμα, παθολογία κτιρίων

Abstract

In this diploma thesis, a detailed reference is made to the types of damage and deterioration, their causes, as well as the repairs and reinforcements needed to restore the damages. The work is divided into three main parts. The first part refers to the pathology of buildings made of reinforced concrete, the second part concerns the pathology of buildings made of load-bearing masonry, and the third part focuses on buildings where the interventions mentioned in the previous parts have been applied. The main difference between the two structural systems is that in reinforced concrete, the loads are transferred to the ground through the load-bearing structure, which consists of structural elements made of reinforced concrete (columns, slabs, beams, and foundation). As for the load-bearing masonry system, it is designed to bear loads throughout the structure and transfer them to the ground. Load-bearing masonry was used more frequently until the early 20th century, and then the majority of constructions were made of reinforced concrete.

The pathology of buildings is of primary importance for assessing the structural condition of the construction. Building deterioration occurs either due to environmental factors or because of neglect and lack of maintenance over time. Damage is mainly caused by accidental actions, such as earthquakes. The condition of the load-bearing structure is an excellent indicator of its load-bearing capacity. It is crucial for the engineer to approach the causes of the damage in order to carry out effective interventions. The classification of damages into categories helps facilitates their easier resolution.

Keywords

rehabilitation, structural condition, repairs and reinforcements, reinforced concrete, bearing capacity
load-bearing masonry, building pathology

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----------|
| Περίληψη..... | 4 |
| Abstract | 5 |
| Πρόλογος - Ευχαριστίες..... | 12 |
| Πίνακας εικόνων..... | 13 |
| A ΜΕΡΟΣ – ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ..... | 19 |
| A1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 19 |
| A2 ΕΙΔΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 20 |
| A2.1 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗΣ ΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ | 20 |
| A2.1.1 Μη συμμετρική διάταξη στοιχείων δυσκαμψίας σε κάτοψη | 20 |
| A2.1.2 Ψαθυρά υποστυλώματα | 22 |
| A2.1.3 Εύκαμπτο ισόγειο- σύστημα pilotis..... | 22 |
| A2.1.4 Κοντά υποστυλώματα..... | 24 |
| A2.1.5 Φυτευτά υποστυλώματα | 25 |
| A2.1.6 Μη κανονικότητα σε κάτοψη και όψη..... | 25 |
| A2.1.7 Πλάκες στηριζόμενες σε υποστυλώματα χωρίς δοκούς..... | 26 |
| A2.1.8 Δημιουργία ισχυρών δοκών – ασθενών υποστυλωμάτων..... | 26 |
| A2.1.9 Προβλήματα στη θεμελίωση..... | 27 |
| A2.1.10 Άνισες στάθμες πλακών παρακείμενων κατασκευών. | 28 |
| A2.1.11 Θέση παρακείμενων κτιρίων στο οικοδομικό τετράγωνο | 28 |
| A2.2 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ | 30 |
| A2.3 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΟΤΕΧΝΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ..... | 30 |
| A2.4 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ | 31 |
| A2.4.1 Βλάβες λόγω υγρασίας | 31 |
| A2.4.2 Βλάβες λόγω ενανθράκωσης του σκυροδέματος | 32 |
| A2.4.3 Βλάβες λόγω επίδρασης χλωριόντων | 33 |
| A2.5.1 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ..... | 36 |
| A2.5.1.1 Βλάβες λόγω σεισμού στα υποστυλώματα | 36 |
| A2.5.1.2 Βλάβες λόγω σεισμού σε τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος | 38 |
| A2.5.1.3 Βλάβες λόγω σεισμού σε δοκούς | 40 |
| A2.5.1.4 Βλάβες σε κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων..... | 41 |
| A2.5.1.5 Βλάβες σε πλάκες..... | 42 |
| A2.5.1.6 Βλάβες σε τοιχοπληρώσεις | 43 |
| A2.5.2 Χωρική κατανομή των βλαβών λόγω σεισμού σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα..... | 45 |
| A3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 47 |

| | |
|--|-----------|
| A3.1 Γενικές αρχές της αποτίμησης των βλαβών..... | 47 |
| A3.2 Πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος..... | 50 |
| A3.3 Βαθμοί βλάβης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. | 50 |
| A3.4 Στάθμες επιτελεσματικότητας σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. | 52 |
| A3.5 Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ)..... | 53 |
| A3.6 Αμερικανική οδηγία FEMA 306 | 54 |
| A3.7 Άμεσα μέτρα προσωρινής υποστύλωσης..... | 56 |
| A3.7.1 Τεχνικές για την υποστύλωση κατακόρυφων φορτίων | 56 |
| A3.7.1.1 Μεταλλικά ικρίσματα βιομηχανικού τύπου..... | 56 |
| A3.7.1.2 Ξύλο..... | 57 |
| A3.7.1.3 Χαλύβδινες πρότυπες διατομές (προφίλ)..... | 58 |
| A3.7.2 Τεχνικές για την παραλαβή οριζόντιων φορτίων..... | 59 |
| A3.7.2.1 Αντιστήριξη με αντηρίδες | 59 |
| A3.7.2.2 Ενίσχυση με διαγώνιες χιαστί ράβδους | 59 |
| A3.8 Διαδικασία διάγνωσης βλαβών | 60 |
| A3.9 Μέθοδοι και όργανα διάγνωσης βλαβών..... | 61 |
| A3.9.1 Μη καταστροφικοί έλεγχοι | 61 |
| A3.9.2 Ημι-καταστροφικοί έλεγχοι | 64 |
| A3.9.3 Επιτόπου χημικοί έλεγχοι | 66 |
| A3.9.4 Καθολική φόρτιση..... | 67 |
| A3.10 Μέθοδοι αναλύσεων υφιστάμενων κατασκευών..... | 67 |
| A4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ | 68 |
| A5 ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ | 71 |
| A5.1 Ειδικοί τύποι σκυροδεμάτων | 71 |
| A5.1.1 Έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου | 71 |
| A5.1.2 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα..... | 71 |
| A5.1.3 Σκυροτσιμεντόπηγμα..... | 72 |
| A5.2 Πολυμερικές κόλλες - Ρητίνες | 72 |
| A5.3 Επικολλητά φύλλα χάλυβα (Χαλύβδινα επικολλητά ελάσματα) | 72 |
| A5.4 Φύλλα από Ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs)..... | 73 |
| A5.5 Επισκευαστικά κονιάματα | 73 |
| A5.5.1 Κονιάματα με πολυμερή..... | 73 |
| A5.5.2 Κονιάματα με βάση το τσιμέντο | 73 |
| A6 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 74 |
| A6.1 Επισκευές σε υποστυλώματα | 74 |
| A6.1.1 Τοπικές επισκευές σε απλές ρηγματώσεις | 74 |

| | |
|---|------------|
| A6.1.2 Τοπική βλάβη με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος | 74 |
| A6.1.3 Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος | 76 |
| A6.2 Επισκευές σε τοιχώματα..... | 77 |
| A6.2.1 Τοπικές επισκευές σε απλές ρηγματώσεις | 77 |
| A6.2.2 Επισκευή σοβαρής βλάβης με αποδιοργάνωση του σκυροδέματος..... | 78 |
| A6.3 Επισκευές σε δοκούς..... | 78 |
| A6.3.1 Τοπικές επισκευές σε απλές ρηγματώσεις και αποφλοιώσεις | 78 |
| A6.3.2 Επισκευή τοπικής βλάβης με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος | 78 |
| A6.3.3 Επισκευή σοβαρής βλάβης με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος | 79 |
| A6.3.4 Επισκευή βλάβης σε δοκό λόγω κάμψης | 80 |
| A6.4 Επισκευές σε κόμβους δοκών – υποστλωμάτων | 81 |
| A6.5 Επισκευές σε πλάκες..... | 81 |
| A6.5.1 Τοπικές επισκευές σε ρηγματώσεις | 81 |
| A6.6 Επισκευές σε τοιχοπληρώσεις | 82 |
| A6.6.1 Επισκευή σε ρωγμές με εύρος μερικών χιλιοστών | 82 |
| A6.6.2 Επισκευή σε ρωγμές μεγαλύτερου εύρους..... | 83 |
| A7 ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 85 |
| A7.1 Ενισχύσεις σε υποστλώματα και τοιχώματα..... | 85 |
| A7.1.1 Ενίσχυση υποστλωμάτων και τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους | 85 |
| A7.1.2 Ενίσχυση υποστλωμάτων και τοιχωμάτων με περίσφιξη..... | 91 |
| A7.1.3 Ενίσχυση υποστλωμάτων με μανδύα χάλυβα ή FRP..... | 94 |
| A7.1.4 Προσθήκη νέων υποστλωμάτων | 94 |
| A7.1.5 Προσθήκη τοιχώματος σε επέκταση υποστλώματος | 95 |
| A7.2 Ενισχύσεις σε δοκούς..... | 97 |
| A7.2.1 Ενίσχυση σε κάμψη με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος | 97 |
| A7.2.2 Ενίσχυση δοκών με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος | 98 |
| A7.3 Ενισχύσεις σε κόμβους δοκών – υποστλωμάτων | 99 |
| A7.3.1 Ενίσχυση με προσθήκη επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων ή FRP | 99 |
| A7.3.2 Ενίσχυση σε κόμβους δοκών - υποστλωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος..... | 99 |
| A7.4 Ενισχύσεις σε πλάκες..... | 99 |
| A7.4.1 Ενίσχυση με αύξηση του πάχους ή του οπλισμού της πλάκας..... | 99 |
| A7.5 Ενισχύσεις στη θεμελίωση | 100 |
| A7.5.1 Σύνδεση του μανδύα υποστλώματος σε πέδιλο | 100 |
| A7.5.2 Ενίσχυση πέδινων | 101 |
| A7.6 Ενίσχυση με μεταλλικά δικτυωτά συστήματα εντός πλαισίων | 103 |
| A7.7 Ενίσχυση με κατασκευή τοιχώματος εντός υφιστάμενου πλαισίου..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| B ΜΕΡΟΣ – ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ | 107 |
| B1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 107 |
| B2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ..... | 108 |
| B2.1 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗΣ ΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ | 108 |
| B2.1.1 Ύψος και συμμετρία καθ' ύψος..... | 108 |
| B2.1.2 Μορφή κάτοψης | 109 |
| B2.1.3 Διατομή και διάταξη των τοίχων | 111 |
| B2.1.4 Μορφή όψεων | 112 |
| B2.2 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ | 114 |
| B2.2.1 Βλάβες λόγω ελλιπούς διαφραγματικής λειτουργίας | 114 |
| B2.2.2 Βλάβες από οριζόντιες ωθήσεις της στέγης | 114 |
| B2.2.3 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ | 117 |
| B2.2.3.1 Βλάβες λόγω σεισμού στους πεσσούς | 117 |
| B2.2.3.2 Βλάβες λόγω κατακόρυφων εφελκυστικών ρηγμάτων | 118 |
| B2.2.3.3 Βλάβες λόγω ισχυρής κατακόρυφης συνιστώσας σεισμού | 119 |
| B2.4 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΘΛΙΠΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ | 121 |
| B2.5 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ..... | 123 |
| B2.6 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΟΤΕΧΝΙΩΝ..... | 125 |
| B2.7 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ Ή ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ..... | 128 |
| B2.8 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ | 134 |
| B2.9 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΜΙΚΤΟ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ | 135 |
| B3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ..... | 137 |
| B3.1 Μέθοδοι και όργανα διάγνωσης βλαβών | 137 |
| B3.1.1 Μη καταστροφικοί έλεγχοι | 137 |
| B3.1.1.1 Μέτρηση εύρους ρωγμών..... | 137 |
| B3.1.1.2 Χρήση ραντάρ | 139 |
| B3.1.1.3 Θερμογράφιση με υπέρυθρη ακτινοβολία..... | 140 |
| B3.1.1.4 Ενδοσκόπηση..... | 140 |
| B3.1.1.5 Κρουσιμέτρηση | 141 |
| B3.1.1.6 Δοκιμή χαραγής | 141 |
| B3.1.2 Ημι-καταστροφικοί έλεγχοι..... | 142 |
| B3.1.2.1 Πυρηνοληψία..... | 142 |
| B3.1.2.3 Μέθοδος των επίπεδων γρύλων..... | 142 |
| B3.1.3 Ενόργανη παρακολούθηση της κατασκευής | 143 |
| B4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ | 144 |

| | |
|--|------------|
| B5 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ | 144 |
| B5.1 Άμεσα μέτρα προσωρινής υποστήλωσης..... | 144 |
| B5.1.1 Υποστήλωση ανοιγμάτων | 145 |
| B5.1.2 Υποστήλωση τοιχοποιίας | 147 |
| B5.2 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ | 149 |
| B5.2.1 Επεμβάσεις στη θεμελίωση | 149 |
| B5.2.1.1 Ενίσχυση της θεμελίωσης με προσθήκη δοκών | 149 |
| B5.2.1.2 Ενίσχυση της θεμελίωσης με πασσάλους | 150 |
| B5.2.1.3 Ενίσχυση του εδάφους θεμελίωσης | 151 |
| B5.2.2 Αρμολόγημα | 152 |
| B5.2.2.1 Βαθύ αρμολόγημα | 152 |
| B5.2.2.2 Τελικό αρμολόγημα..... | 153 |
| B5.2.3 Ενέματα..... | 154 |
| B5.2.4 Ενίσχυση με εγκάρσιους συνδέσμους | 158 |
| B5.2.4.1 Ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία | 158 |
| B5.2.4.2 Ενίσχυση με διάτονες συνδέσμους | 159 |
| B5.2.4.3 Ενίσχυση με επιμήκη λιθοσώματα – γέφυρες | 160 |
| B5.2.5 Ενίσχυση με μανδύες | 160 |
| B5.2.5.1 Οπλισμένο ή ινοπλισμένο επίχρισμα | 160 |
| B5.2.5.2 Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος | 163 |
| B5.2.6 Ενίσχυση με σύνθετα υλικά | 164 |
| B5.2.7 Επεμβάσεις με ελκυστήρες | 165 |
| B5.2.8 Επεμβάσεις με διαζώματα | 166 |
| B5.2.8.1 Κατασκευή διαζώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα στη στάθμη της στέγης..... | 166 |
| B5.2.8.2 Κατασκευή διαζώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα σε ενδιάμεσες στάθμες..... | 168 |
| B5.2.9 Επεμβάσεις σύνδεσης και τοπικής ανακατασκευής τοίχων και συρραφής ρωγμών | 169 |
| B5.2.9.1 Σύνδεση εγκάρσιων τοίχων | 169 |
| B5.2.9.1.1 Λιθοσυρραφή..... | 169 |
| B5.2.9.1.2 Χύτευση υποστύλωματος από οπλισμένο σκυρόδεμα | 170 |
| B5.2.9.3 Χρήση μεταλλικών στοιχείων | 170 |
| B5.2.9.1.4 Βλάβες γωνιών τοίχων | 172 |
| B5.2.9.1.5 Αποκατάσταση ρωγμών | 172 |
| B5.2.9.1.6 Τοπική ανακατασκευή σοβαρών βλαβών..... | 174 |
| B5.2.10 Αντιμετώπιση ανοδικής υγρασίας..... | 174 |
| Γ ΜΕΡΟΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ | 176 |
| Γ1 Επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα | 176 |

| | |
|--|------------|
| Γ1.1 Επεμβάσεις σε βιομηχανικά κτίρια του Βόλου..... | 176 |
| Γ1.1.1 Καπναποθήκη Αλαμανή | 176 |
| Γ1.1.2 Καπνεργοστάσιο Ματσάγγου | 178 |
| Γ1.1.3 Κίτρινη καπναποθήκη | 180 |
| Γ1.2 Ξενοδοχείο On Residence (Θεσσαλονίκη)..... | 182 |
| Γ2 Επεμβάσεις σε κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία..... | 184 |
| Συμπεράσματα..... | 188 |
| Βιβλιογραφία | 189 |
| Διαδικτυακοί τόποι | 190 |

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την Διπλωματική Εργασία μου αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας εργασίας κ. Αναστασία Γεωργιάδη για το ενδιαφέρον και τη συμπαράσταση που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, καθώς και για τη συνεχή καθοδήγηση και την υπομονή της.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Διονυσία – Πηνελόπη Κοντονή και κ. Διονύσιο Μπισκίνη για την προσφορά τους όλα τα χρόνια των σπουδών μου και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους που αφορούν την συγκεκριμένη εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου, Χρήστο και Φιλίω, που μου παρείχαν πάντα όλα τα εφόδια για τη μόρφωση μου αλλά και για την αμέριστη στήριξη και κατανόηση που έδειξαν, ώστε να ολοκληρωθεί αυτή μου η προσπάθεια.

Πάτρα, 29 Οκτωβρίου 2024

Πίνακας εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1: Θέση κέντρου δυσκαμψίας γωνιακού κτιρίου (λαμβάνονται υπόψη οι τοιχοπληρώσεις). (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.630)..... | 21 |
| Εικόνα 2: Συμμετρική κατανομή στοιχείων δυσκαμψίας (υποστυλωμάτων).(Building How 2024)..... | 21 |
| Εικόνα 3: Κατάρρευση κτιρίου κατά τη στρεπτική απόκριση περί το δύσκαμπτο πυρήνα κλιμακοστασίου στη γωνία. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 22 |
| Εικόνα 4: Παραδείγματα μεταβολής δυσκαμψίας καθ' ύψος. (Δρίτσος 2005, σελ.15) | 23 |
| Εικόνα 5: Αστοχία σε εύκαμπτο όροφο - κτίριο τύπου pilotis. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 23 |
| Εικόνα 6: Αστοχία σε εύκαμπτο όροφο - κτίριο τύπου pilotis. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 23 |
| Εικόνα 7: Διατμητική αστοχία κοντών υποστυλωμάτων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 24 |
| Εικόνα 8: Διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 25 |
| Εικόνα 9: Κτίριο μη κανονικό σε όψη (φυτευτό υποστύλωμα). (Building how 2024)..... | 25 |
| Εικόνα 10: Πλάκα που στηρίζεται σε υποστυλώματα χωρίς δοκούς. (Runet software 2024)..... | 26 |
| Εικόνα 11: Πλάκα που στηρίζεται σε υποστυλώματα χωρίς δοκούς - δημιουργία διάτρησης. (Runet software 2024)..... | 26 |
| Εικόνα 12: Αστοχία στη σύνδεση δοκού - υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.) | 27 |
| Εικόνα 13: Προβλήματα στη θεμελίωση. (Δρίτσος 2005, σελ.18) | 27 |
| Εικόνα 14: Πρόσκρουση γειτονικών κτιρίων. (Δρίτσος 2005, σελ.18) | 28 |
| Εικόνα 15: Ύπαρξη αντισεισμικού αρμού ανάμεσα σε γειτονικά κτίρια. (Ροββά 2015)..... | 28 |
| Εικόνα 16: Συχνότητα εμφάνισης διαφόρων αιτιών βλάβης σε 103 κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα που επλήγησαν στο σεισμό της Αθήνας το 1999. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 638)..... | 29 |
| Εικόνα 17: Οξειδωμένοι ράβδοι οπλισμού σε πλάκα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 31 |
| Εικόνα 18: Αποσάθρωση και αποκόλληση επιχρίσματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 32 |
| Εικόνα 19: Βλάβη από ενανθράκωση σε οπλισμένο σκυρόδεμα σε προχωρημένο βαθμό. (Σιώμος)... | 33 |
| Εικόνα 20: Κατηγορίες έκθεσης σκυροδέματος. (Δέμης 2015)..... | 34 |
| Εικόνα 21: Κατηγορίες έκθεσης σκυροδέματος. (Δέμης 2015)..... | 34 |
| Εικόνα 22: Κατηγορίες έκθεσης σε ένα κτίριο. (Δέμης 2015) | 35 |
| Εικόνα 23: Απαιτήσεις για το σκυρόδεμα σε σχέση με τις κατηγορίες έκθεσης. (Δέμης 2015)..... | 35 |
| Εικόνα 24: Βλάβη υποστυλώματος λόγω ισχυρής αξονικής θλίψης και ανακυκλιζόμενης καμπτικής ροπή: α) διάγραμμα ροπών κάμψης, β) διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, γ) αστοχία υποστυλώματος, δ) διάγραμμα αξονικών δυνάμεων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.609)..... | 36 |
| Εικόνα 25: Βλάβη υποστυλώματος λόγω ισχυρής αξονικής θλίψης και διάτμησης: α) διάγραμμα ροπών κάμψης, β) διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, γ) διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, δ) αστοχία υποστυλώματος. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.611)..... | 37 |
| Εικόνα 26: Εκρηκτική διάρρηξη κοντού υποστυλώματος: α) διάγραμμα ροπών κάμψης, β) διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, γ) διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, δ) αστοχία υποστυλώματος. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.612)..... | 37 |
| Εικόνα 27: Βλάβη σε κοντό υποστύλωμα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.) | 37 |
| Εικόνα 28: Βλάβη υποστυλώματος σε επαφή με τοιχοποιία μόνο στη μια μεριά. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.613)..... | 38 |
| Εικόνα 29: Βλάβη φέροντος τοιχώματος σε κατασκευαστικό αρμό. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.614)..... | 39 |
| Εικόνα 30: Βλάβη φέροντος τοιχώματος λόγω διάτμησης (δισδιαγώνιες ρωγμές). (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.615)..... | 39 |
| Εικόνα 31: Βλάβη φέροντος τοιχώματος λόγω κάμψης και θλίψης. (αρχείο Μπισκίνη Δ.) | 39 |
| Εικόνα 32: Βλάβη σε τοίχωμα λόγω κάμψης και θλίψης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.616) | 40 |
| Εικόνα 33: Καμπτικές ρωγμές στο άνοιγμα της δοκού. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.617) | 40 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 34: Καμπτικές ρωγμές στην κάτω παρειά δοκού κοντά στον κόμβο. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.617)..... | 40 |
| Εικόνα 35: Καμπτοδιατμητικές ρωγμές κοντά στους κόμβους στα άκρα δοκού. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.617)..... | 41 |
| Εικόνα 36: Αστοχία γωνιακού κόμβου: α) ροπές που υποβάλλουν την εσωτερική ίνα σε θλίψη, β) ροπές που υποβάλλουν την εσωτερική ίνα σε εφελκυσμό, γ) ανακυκλιζόμενη φόρτιση ροπών κάμψης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.619)..... | 41 |
| Εικόνα 37: Αστοχία εξωτερικού κόμβου πολυώροφου κτιρίου: α) ροπές που προκαλούν θλίψη στην κάτω ίνα της δοκού, β) ροπές που προκαλούν θλίψη στην άνω ίνα της δοκού, γ) ανακυκλιζόμενη φόρτιση ροπών κάμψης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.619)..... | 41 |
| Εικόνα 38: Αστοχία σταυροειδούς εσωτερικού κόμβου: α) σεισμική δράση με φορά από τα δεξιά προς τα αριστερά, β)) σεισμική δράση με φορά από τα αριστερά προς τα δεξιά, γ) ανακυκλιζόμενη σεισμική δράση. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.619)..... | 42 |
| Εικόνα 39: Βλάβη πλάκας σε κρίσιμη θέση προβόλου: α) κάτοψη πλάκας, β) τομή Α-Α. (Δρίτσος 2005, σελ.32)..... | 42 |
| Εικόνα 40: Βλάβη στη σύνδεση πλάκας – υποστυλώματος: α) τομή, β) άνω πλευρά πλάκας. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.621) | 43 |
| Εικόνα 41: Βλάβες στα φατνώματα των τοιχοπληρώσεων: α) αποκόλληση από το πλαίσιο, β) δισδιαγώνειες διαμπερείς ρωγμές. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.622)..... | 44 |
| Εικόνα 42: Βλάβες σε τοιχοπήρωση. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.622) | 44 |
| Εικόνα 43: Διατμητική ρηγμάτωση σε τοιχοπήρωση. (προσωπικό αρχείο) | 44 |
| Εικόνα 44: Διάγραμμα της διαδικασίας ελέγχων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.647) | 49 |
| Εικόνα 45: Ρηγμάτωση υποστυλώματος λόγω κάμψης. (Σπυράκος 2004, σελ.152)..... | 50 |
| Εικόνα 46: Τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε υποστύλωμα. (Σπυράκος 2004, σελ.15) ... | 51 |
| Εικόνα 47: Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος και λυγισμός των ράβδων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.) | 51 |
| Εικόνα 48: Τυπικοί βαθμοί βλαβών υποστυλωμάτων (και δοκών). (KAN.ΕΠΕ. 2022)..... | 52 |
| Εικόνα 49: Επιλογή Σ.Α.Δ. σύμφωνα με τα δεδομένα. (KAN.ΕΠΕ. 2022)..... | 54 |
| Εικόνα 50: Τύποι στοιχείων σύμφωνα με τη FEMA 306. (FEMA 306) | 55 |
| Εικόνα 51: Κατηγοριοποίηση των στοιχείων σύμφωνα με τη FEMA 306. (FEMA 306) | 55 |
| Εικόνα 52: Κατηγοριοποίηση των στοιχείων σύμφωνα με τη FEMA 306. (FEMA 306)..... | 56 |
| Εικόνα 53: Μεμονωμένο μεταλλικό στήριγμα βιομηχανικού τύπου. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.649)..... | 57 |
| Εικόνα 54: Μεταλλικός πύργος βιομηχανικού τύπου. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.650) | 57 |
| Εικόνα 55: Υποστήριξη με εσχάρα ξύλινων δοκών. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.650) | 58 |
| Εικόνα 56: Περίδεση υποστυλώματος με προφίλ. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.651)..... | 58 |
| Εικόνα 57: Αντιστήριξη με αντηρίδες. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.651)..... | 59 |
| Εικόνα 58: Υποστήριξη με χιαστί συνδέσμους. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.651) | 60 |
| Εικόνα 59: Μέτρηση με κρουσίμετρο. (Βασιλούδας 2017) | 62 |
| Εικόνα 60: Προσδιορισμός βάθους ρωγμής με υπέρηχο. (Σιδέρης) | 63 |
| Εικόνα 61: Λήψη κυλινδρικού δοκιμίου από δοκό. (Σιδέρης)..... | 65 |
| Εικόνα 62: Δοκιμή εξόλκευσης ήλου. (Σιδέρης) | 65 |
| Εικόνα 63: Μέτρηση pH για δοκίμιο σκυροδέματος. (Σιδέρης)..... | 66 |
| Εικόνα 64: Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.) | 72 |
| Εικόνα 65: Επισκευή υποστυλώματος με μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 75 |
| Εικόνα 66: Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 75 |
| Εικόνα 67: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Σπυράκος 2004, σελ.84) | 76 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 68: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Δρίτσος 2005, σελ.210)..... | 77 |
| Εικόνα 69: Επισκευή δοκού με ελαφρύ δομικό πλέγμα. (Σπυράκος 2004, σελ.69)..... | 79 |
| Εικόνα 70: Επισκευή δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (Σπυράκος 2004, σελ.69)..... | 79 |
| Εικόνα 71: Επισκευή δοκού με καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής. (α) Ρηγματωμένη διατομή, (β) Προσθήκη νέου οπλισμού. (Σπυράκος 2004, σελ.70)..... | 80 |
| Εικόνα 72: Μανδύας για επισκευή δοκού σε κάμψη. (Σπυράκος 2004, σελ.69)..... | 81 |
| Εικόνα 73: Τοπική επισκευή σε ολόκληρο το πάχος της πλάκας. (επισκευή στο άνοιγμα και στη σύνδεση του κλιμακοστασίου και της πλάκας). (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.756)..... | 82 |
| Εικόνα 74: Επισκευή διαμπερούς ρωγμής σε τοιχοπλήρωση. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.760)..... | 83 |
| Εικόνα 75: Επισκευή τοιχοπλήρωσης με σημαντικές βλάβες. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.760)..... | 84 |
| Εικόνα 76: Διαμόρφωση μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Δρίτσος 2005)..... | 88 |
| Εικόνα 77: Απολήξεις μανδύα ΟΣ στα στοιχεία θεμελίωσης. (Δρίτσος 2005, σελ.231)..... | 88 |
| Εικόνα 78: Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων. (Δρίτσος 2005, σελ.233)..... | 89 |
| Εικόνα 79: Ενίσχυση με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Δρίτσος 2005)..... | 90 |
| Εικόνα 80: Ενίσχυση με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 90 |
| Εικόνα 81: Ενίσχυση τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους. (α) Διατμητική ενίσχυση,..... | 91 |
| Εικόνα 82: Χρήση μεταλλικού κλωβού. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 92 |
| Εικόνα 83: Τεχνική μεταλλικού κλωβού για ενίσχυση υποστυλώματος με επιβολή εξωτερικής περίσφιξης. (Σπυράκος 2004, σελ.91)..... | 93 |
| Εικόνα 84: Τεχνική με επικολλητά χαλύβδινα κολάρα. (Σπυράκος 2004, σελ.92)..... | 93 |
| Εικόνα 85: Σύνδεση νέου υποστυλώματος σε υφιστάμενο θεμέλιο. (Σπυράκος 2004, σελ.93)..... | 95 |
| Εικόνα 86: Κατασκευή τοιχώματος σε επέκταση υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 96 |
| Εικόνα 87: Προσθήκη Τοιχώματος σε Επέκταση Υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 97 |
| Εικόνα 88: Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος. (Σπυράκος 2004, σελ.71)..... | 98 |
| Εικόνα 89: Κατασκευή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό..... | 99 |
| Εικόνα 91: Ενίσχυση σε πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.756)..... | 100 |
| Εικόνα 92: Τεχνική σύνδεσης του μανδύα υποστυλώματος σε πέδιλο. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.758)..... | 101 |
| Εικόνα 93: Πρώτη και δεύτερη διάταξη. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.759)..... | 102 |
| Εικόνα 94: Λεπτομέρειες σύνδεσης μεταλλικών δικτυωμάτων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 103 |
| Εικόνα 95: Εξωτερικά μεταλλικά συστήματα σε κτίριο. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 103 |
| Εικόνα 96: Περιπτώσεις κατασκευής τοιχωμάτων εντός υφιστάμενων πλαισίων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 105 |
| Εικόνα 97: Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των υφιστάμενων πλαισίων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)..... | 106 |
| Εικόνα 98: Η τρωτότητα του κτιρίου ανάλογα με το ύψος και τη συμμετρία του. (Καραντώνη 2012, σελ.193)..... | 109 |
| Εικόνα 99: Η στρεπτική δυσκαμψία του κτιρίου ανάλογα με τη μορφή της κάτοψης. (Καραντώνη 2012, σελ.197)..... | 110 |
| Εικόνα 100: Η θέση του κλιμακοστασίου και η αποτελεσματικότητα του διαφράγματος. (Καραντώνη 2012, σελ.197)..... | 111 |
| Εικόνα 101: α) συμμετρική και ομοιόμορφη και β) συμμετρική και όχι ομοιόμορφη κατανομή τοίχων σε κάτοψη. (Καραντώνη 2012, σελ.175)..... | 111 |
| Εικόνα 102: Διαφραγματικοί τοίχοι με α) συνδέσμους και β) εμπλοκή των λιθοσωμάτων. (Καραντώνη 2012, σελ.198)..... | 112 |
| Εικόνα 103: Μερική κατάρρευση έρκερ. (Καραντώνη 2012, σελ.173)..... | 113 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 104: α) συμμετρική και β) μη συμμετρική διάταξη ανοιγμάτων σε όψη. (Καραντώνη 2012, σελ.179)..... | 113 |
| Εικόνα 105: Κατανομή δυνάμεων και ανάπτυξη τάσης από ωθήσεις της στέγης. (Σπυράκος 2019, σελ.37) | 114 |
| Εικόνα 106: α) εξισορρόπηση οριζόντιας ώθησης $f\sigma$ από ελκυστήρα, β) αστοχία σύνδεσης και μεταφοράς $f\sigma$ στους τοίχους, γ) και δ) λεπτομέρειες. (Σπυράκος 2019, σελ.38)..... | 115 |
| Εικόνα 107: Ανάπτυξη ρωγμών λόγω ωθήσεων της στέγης. (Σπυράκος 2019, σελ.37) | 116 |
| Εικόνα 108: Κάμψη πεσσών. Εμφάνιση οριζόντιων ρωγμών. (Τάσιος 1992, σελ.133)..... | 117 |
| Εικόνα 109: Διάτμηση πεσσών. Εμφάνιση λοξών ή χιαστί ρωγμών. (Τάσιος 1992, σελ.133)..... | 117 |
| Εικόνα 110: Διάτμηση πεσσού. Εμφάνιση χιαστί ρωγμής. (Σπυράκος 2019, σελ.44)..... | 118 |
| Εικόνα 111: Εμφάνιση καμπτικών ρωγμών λόγω πλημμελούς έδρασης της στέγης. (Τάσιος 1992, σελ.134)..... | 118 |
| Εικόνα 112: Εμφάνιση καμπτικών ρωγμών σε εγκάρσιους τοίχους. (Τάσιος 1992, σελ.134) | 119 |
| Εικόνα 113: Εμφάνιση τοπικής καθίζησης και κατάρρευση γωνίας. (Τάσιος 1992, σελ.135) | 119 |
| Εικόνα 114: Κατάρρευση γωνίας λόγω ισχυρών διατμητικών τάσεων. (Τάσιος 1992, σελ.136) | 120 |
| Εικόνα 115: Καμπτικές ρωγμές στα υπέρθυρα. (Τάσιος 1992, σελ.136) | 120 |
| Εικόνα 116: Ανάπτυξη εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων διάρρηξης. (Τάσιος 1992, σελ.136)..... | 120 |
| Εικόνα 117: α) ανάπτυξη θλιπτικών τάσεων $\sigma\gamma$ και εφελκυστικών τάσεων $\sigma\chi$, β) ρωγμές σε πεσσό τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.32) | 121 |
| Εικόνα 118: Ανάπτυξη ρωγμών σε ασθενή στρώση τριστρωτης τοιχοποιίας α) 2 ^η φάση: μικρές ρωγμές, β) 3 ^η φάση: μεγάλες ρωγμές. (Σπυράκος 2019, σελ.33) | 122 |
| Εικόνα 119: α) ανάπτυξη ρωγμής σε τοιχοποιία χαμηλής ποιότητας χωρίς σύνδεση, β) σωστή δόμηση τοιχοποιίας με χρήση διάτονων λίθων. (Σπυράκος 2019, σελ.34)..... | 122 |
| Εικόνα 120: Λυγισμός σε εσωτερική στρώση τριστρωτης τοιχοποιίας λόγω έκκεντρης φόρτισης από το πάτωμα. (Σπυράκος 2019, σελ.34)..... | 123 |
| Εικόνα 121: α) ανάπτυξη ρωγμών λόγω χαμηλής ποιότητας των υλικών, β) αποκόλληση της εξωτερικής παρειάς τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.41)..... | 123 |
| Εικόνα 122: Αστοχία στην περιοχή σύνδεσης οριζόντιων στοιχείων και τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.42) | 124 |
| Εικόνα 123: Αστοχία λόγω ανεπαρκής σύνδεσης του διαφράγματος και των τοίχων. (Σπυράκος 2019, σελ.42) | 124 |
| Εικόνα 124: Λιθοδομή με πλακοειδείς λίθους. (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997)..... | 126 |
| Εικόνα 125: Αργολιθοδομή με τσιβίκια. (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997)..... | 126 |
| Εικόνα 126: Τομή λιθοδομής κανονικής δόμησης με δρομικό και μπατικό λίθο. (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997)..... | 127 |
| Εικόνα 127: Κακή δόμηση με όρθιο λίθο στη μια πλευρά (παναγιά). (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997)..... | 127 |
| Εικόνα 128: Κακή δόμηση λιθοδομής με ασύνδετες τις δύο πλευρές (κακή εμπλοκή των λίθων). (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997)..... | 127 |
| Εικόνα 129: α) αρχική κατασκευή, β) ολική καθίζηση κατασκευής ομοιόμορφη, γ) γραμμική. (Καραντώνη 2012, σελ.333)..... | 128 |
| Εικόνα 130: Ανάπτυξη ανομοιόμορφων τάσεων στο έδαφος θεμελίωσης. (Καραντώνη 2012, σελ.333) | 129 |
| Εικόνα 131: Προσθήκη νέου μικρού κτίσματος σε υφιστάμενο. (Καραντώνη 2012, σελ.335) | 130 |
| Εικόνα 132: Προσθήκη νέου μεγάλου κτίσματος σε υφιστάμενο. (Καραντώνη 2012, σελ.335) | 130 |
| Εικόνα 133: Γειτονικά κτίρια. (Καραντώνη 2012, σελ.336) | 131 |
| Εικόνα 134: Βλάβες λόγω υποσκαφής α) στο μέσο και β) στα άκρα του τοίχου. (Καραντώνη 2012, σελ.337)..... | 131 |
| Εικόνα 135: Τοπική καθίζηση στη γωνία του κτιρίου. (Καραντώνη 2012, σελ.338) | 132 |
| Εικόνα 136: Ανάπτυξη βλάστησης στο έδαφος. (Καραντώνη 2012, σελ.339)..... | 133 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 137: Διαφορική καθίζηση λόγω ελλιπούς συμπύκνωσης του επιχώματος. (Καραντώνη 2012, σελ.340)..... | 133 |
| Εικόνα 138: Διάβρωση επιχρίσματος και κονιάματος από ανερχόμενη υγρασία. (SIKA Hellas)..... | 134 |
| Εικόνα 139: Παραμορφώσεις λόγω παγωμένου εδάφους. (Καραντώνη 2012, σελ.339)..... | 135 |
| Εικόνα 140: Βλάβη σε ξυλόπηκτη τοιχοποιία. (Σπυράκος 2019, σελ.46)..... | 136 |
| Εικόνα 141: Η ρηγμάτωση του γύψου προδίδει ότι η ρωγμή είναι ενεργός. (Καραντώνη 2012, σελ.144)..... | 138 |
| Εικόνα 142: Μέτρηση ρωγμής με ρωγμόμετρο. (Σπυράκος 2019, σελ.51) | 138 |
| Εικόνα 143: Μέτρηση ρωγμής με χάρακα. (Καραντώνη 2012, σελ.145) | 139 |
| Εικόνα 144: Μέτρηση ρωγμής με ελάσματα. (Καραντώνη 2012, σελ.145)..... | 139 |
| Εικόνα 145: α) άνοιγμα που έχει πληρωθεί μεταγενέστερα β) ύπαρξη υγρασίας (μπλε χρώμα). (Σπυράκος 2019, σελ.53) | 140 |
| Εικόνα 146: α) τρόπος εφαρμογής μεθόδου, β) εσωτερικό τοιχοποιίας, γ) όργανα. (Σπυράκος 2019, σελ.55) | 141 |
| Εικόνα 147: Χρήση δύο γρύλων α)εφαρμογή στο πεδίο, β) καμπύλη τάσεων – παραμορφώσεων. (Σπυράκος 2019, σελ.61) | 142 |
| Εικόνα 148: Υποστύλωση που δεν επιτρέπει την είσοδο στο χώρο. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.)..... | 145 |
| Εικόνα 149: Υποστύλωση που επιτρέπει την είσοδο κατά την αποκατάσταση. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.) | 146 |
| Εικόνα 150: Υποστύλωση τοξωτών ανοιγμάτων με μεταλλικό ικρίωμα. (Γκράουτεκ Κατασκευαστική) | 146 |
| Εικόνα 151: Όψη της μορφής υποστύλωσης σε τμήμα τοιχοποιίας. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.) | 147 |
| Εικόνα 152: Χρήση μεταλλικών ικριωμάτων σε φέρουσα τοιχοποιία. (Αβδελάς)..... | 147 |
| Εικόνα 153: Υποστύλωση της τοιχοποιίας και εσωτερικά και εξωτερικά. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.) | 148 |
| Εικόνα 154: Εφαρμογή ελκυστήρα σε τοιχοποιία. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.) | 148 |
| Εικόνα 155 Αύξηση πλάτους θεμελίωσης με δοκούς ενίσχυσης και εγκάρσιες δοκούς. α) τομή Α-Α, β) κάτοψη. (Σπυράκος 2019, σελ.241)..... | 149 |
| Εικόνα 156 Αύξηση πλάτους θεμελίωσης με δοκούς ενίσχυσης και εγκάρσιους συνδέσμους. (Σπυράκος 2019, σελ.243)..... | 150 |
| Εικόνα 157: Ενίσχυση της θεμελίωσης με πασσάλους μεγάλης διαμέτρου: α) τομή 1 - 1, β) κάτοψη. (Σπυράκος 2019, σελ.244)..... | 150 |
| Εικόνα 158: Ενίσχυση της θεμελίωσης με μικροπασσάλους. (Σπυράκος 2019, σελ.244)..... | 151 |
| Εικόνα 159: Ενίσχυση εδάφους θεμελίωσης με ενέσιμα κονιάματα. (Σπυράκος 2019, σελ.245) | 151 |
| Εικόνα 160: Διαδικασία για βαθύ αρμολόγημα. (αρχείο Γεωργιάδη Α.) | 153 |
| Εικόνα 161: Τελικό αρμολόγημα σε εξωτερικές παρειές. (Σπυράκος 2019, σελ.248)..... | 154 |
| Εικόνα 162: Απόσταση d - οπές ενεμάτωσης. (Σπυράκος 2019, σελ.251)..... | 155 |
| Εικόνα 163: Διάνοιξη οπών, αποστάσεις και εφαρμογή σωληνίσκων. (Σπυράκος 2019, σελ.252).... | 156 |
| Εικόνα 164: Ομογενοποίηση με α)πίεση, β) βαρύτητα. (Σπυράκος 2019, σελ.253) | 157 |
| Εικόνα 165: Ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία (2ος τρόπος). (Σπυράκος 2019, σελ.263)..... | 159 |
| Εικόνα 166: Ενίσχυση τρίστρωτης φέρουσας τοιχοποιίας με διάτονες συνδέσμους. (Σπυράκος 2019, σελ.267)..... | 160 |
| Εικόνα 167: Διάνοιξη των οπών και τοποθέτηση των βλήτρων. (Σπυράκος 2019, σελ.271)..... | 161 |
| Εικόνα 168: Τοποθέτηση πλέγματος και εφαρμογή επιχρίσματος. (Σπυράκος 2019, σελ.272) | 162 |
| Εικόνα 169: Εφαρμογή ινοπλισμένου επιχρίσματος σε λιθοδομή. (SIKA Hellas)..... | 162 |
| Εικόνα 170: ενίσχυση της τοιχοποιίας με οπλισμένο επίχρισμα. (Σπυράκος 2019, σελ. 272) | 163 |
| Εικόνα 171: Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε α) ανωδομή και β) θεμέλιο λιθοδομής. (Καραντώνη 2012, σελ.468)..... | 164 |
| Εικόνα 172: Εφαρμογή σύνθετων υλικών στην τοιχοποιία. (Σπυράκος 2019, σελ.281) | 165 |

| | |
|--|-----|
| Εικόνα 173: Ενίσχυση τόξων με ξύλινους ελκυστήρες. (Σπυράκος 2019, σελ.297) | 165 |
| Εικόνα 174: Σύνδεση εγκάρσιων τοίχων μέσω ελκυστήρων. (Σπυράκος 2019, σελ.298) | 166 |
| Εικόνα 175: Οριζόντιο διάζωμα σε στέγη με μεγάλη κλίση. (Καραντώνη 2012, σελ.462) | 167 |
| Εικόνα 176: Κατασκευή οριζόντιου διαζώματος - τύπου κολάρου. (Καραντώνη 2012, σελ.462) | 167 |
| Εικόνα 177: Διάζωμα σε στέγη με μικρή κλίση και υποστύλωση. (Καραντώνη 2012, σελ.463) | 168 |
| Εικόνα 178: Υποστύλωση τοίχου με σιδηροδοκούς για την κατασκευή διαζώματος. (Καραντώνη 2012, σελ.464)..... | 169 |
| Εικόνα 179: α) καθαίρεση λιθοσωμάτων, β) τοποθέτηση λιθοσωμάτων συρραφής. (Σπυράκος 2019, σελ.334)..... | 170 |
| Εικόνα 180: Χύτευση υποστυλώματος και σύνδεση με βλήτρα. (Σπυράκος 2019, σελ.335) | 170 |
| Εικόνα 181: α) τζινέτια, β) ελάσματα. (Σπυράκος 2019, σελ.335) | 171 |
| Εικόνα 182: Περίσφιγξη με μεταλλικές γωνίες και ηλεκτροσυγκολλημένους εγκάρσιους συνδέσμους. (Σπυράκος 2019, σελ.336)..... | 171 |
| Εικόνα 183: Αποκατάσταση γωνίας με βλάβες στο άνω και στο κάτω μέρος. (Καραντώνη 2012, σελ.455)..... | 172 |
| Εικόνα 184: Εμφάνιση διαμπερούς ρωγμής, υποστύλωση και αποκατάσταση. (Σπυράκος 2019, σελ.337)..... | 173 |
| Εικόνα 185: α) καθαίρεση βλαμμένου τμήματος και β) ανακατασκευή. (Σπυράκος 2019, σελ.339).174 | 174 |
| Εικόνα 186: Αντιμετώπιση ανοδικής υγρασίας με αύλακα αποστράγγισης. (Ρουμπιέν) | 175 |
| Εικόνα 187: Άποψη του κτιρίου πριν και μετά την επανάχρηση. (αρχείο Αδαμάκη)..... | 176 |
| Εικόνα 188: Άποψη του κτιρίου πριν και μετά την επανάχρηση. (αρχείο Αδαμάκη) | 178 |
| Εικόνα 189: Το κτίριο πριν και μετά την επανάχρηση. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.97) | 178 |
| Εικόνα 190: Ενίσχυση της υφιστάμενης πλάκας με νέα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.98)..... | 179 |
| Εικόνα 191: Τοποθέτηση συνεχούς μανδύα στην εξωτερική - μη διατηρητέα όψη του ακάλυπτου χώρου, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για στήριξη της δεύτερης μεταλλικής όψης - φίλτρου ηλιοπροστασίας. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.98)..... | 180 |
| Εικόνα 192: Κτίριο κίτρινης καπναποθήκης στο Βόλο. (Χάνου 2019) | 180 |
| Εικόνα 193: Άποψη της κίτρινης καπναποθήκης. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.99) | 181 |
| Εικόνα 194: Διατηρητέα όψη του κτιρίου μετά την αποκατάσταση. (ΚΤΙΠΙΟ 2022) | 182 |
| Εικόνα 195: Προσωρινή αντιστήριξη διατηρητέας όψης. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.65) | 183 |
| Εικόνα 196: Εσωτερικό της κατασκευής κατά τη φάση της αποκατάστασης. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.64) | 184 |
| Εικόνα 197: Το κτίριο μετά την αποκατάσταση. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.115)..... | 184 |
| Εικόνα 198: Το κτίριο πριν την αποκατάσταση. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.116) | 185 |
| Εικόνα 199: Το κτίριο πριν την ολοκλήρωση της αποκατάστασης. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.122)..... | 186 |

Α ΜΕΡΟΣ – ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Α1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σκυρόδεμα είναι ένα δομικό υλικό που παρουσιάζει ευρεία χρήση στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται κυρίως στον συνδυασμό των ιδιοτήτων του και του κόστους του. Παρασκευάζεται με ανάμειξη τσιμέντου, αδρανών (σκύρων) και νερού.

Το σκυρόδεμα έχει μεγάλη ανθεκτικότητα στη διάρκεια του χρόνου και στις περιβαλλοντικές δράσεις. Εφαρμόζεται με ευκολία στις κατασκευές και μορφώνεται σε ποικίλα σχήματα και μεγέθη.

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ένα σύνθετο υλικό που προκύπτει από την ενίσχυση του σκυροδέματος με κάποιο άλλο υλικό μεγαλύτερης αντοχής που ονομάζεται οπλισμός. Ως υλικό οπλισμού χρησιμοποιείται συνήθως ο χάλυβας σε μορφή ράβδων ή ινών και σπανιότερα ίνες γυαλιού, πολυμερών υλικών και άλλα. Στόχος είναι να συνδυαστούν οι ιδιότητες των παραπάνω υλικών σε ένα νέο που θα καλύπτει τις ανάγκες της κατασκευής.

Το κυριότερο πλεονέκτημα του σκυροδέματος είναι ότι έχει μεγάλη θλιπτική αντοχή ενώ το κυριότερο μειονέκτημά του είναι η πολύ μικρή αντοχή του σε εφελκυσμό. Για αυτό το λόγο στις κατασκευές συνεργάζεται με το χάλυβα, ο οποίος έχει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι τα δύο υλικά έχουν παρόμοιο συντελεστή θερμικής διαστολής.

A2 ΕΙΔΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

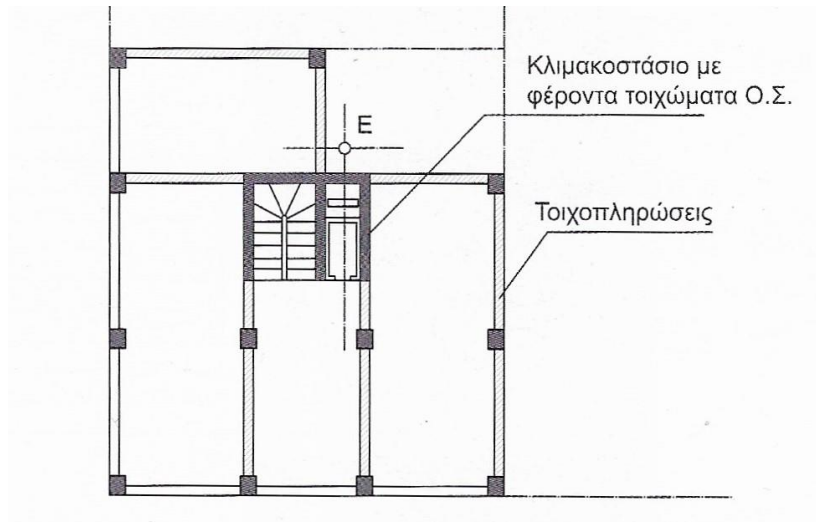
Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν οι βλάβες στα επιμέρους δομικά στοιχεία του φορέα λόγω σεισμού και οι βλάβες που οφείλονται σε λανθασμένη μόρφωση του φορέα, σε κακή ποιότητα του σκυροδέματος, σε κατασκευαστικά λάθη κατά τη σκυροδέτηση, σε υγρασία και περιβαλλοντικούς παράγοντες και σε σεισμικές φορτίσεις.

A2.1 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗΣ ΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

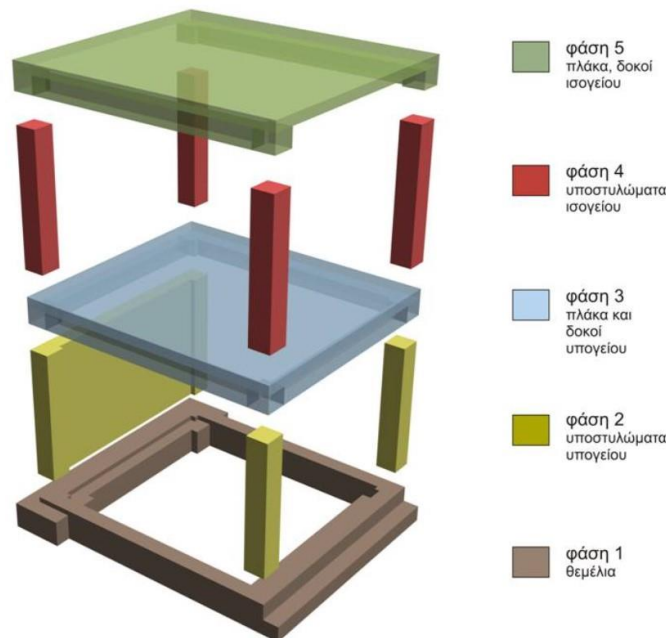
A2.1.1 Μη συμμετρική διάταξη στοιχείων δυσκαμψίας σε κάτοψη

Τα πιο σημαντικά στοιχεία δυσκαμψίας ενός κτιρίου είναι ο πυρήνας του κλιμακοστασίου και του ανελκυστήρα. Η κεντρική ή η έκκεντρη τοποθέτησή τους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό της κατασκευής, προκειμένου να μην αποτελέσει κέντρο στροφής σε περίπτωση σεισμού. Άλλο ένα σημαντικό στοιχείο δυσκαμψίας είναι τα τοιχώματα. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 628)

Αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως στη σημερινή εποχή οι φορείς οπλισμένου σκυροδέματος σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται χωρίς τοιχοπληρώσεις. Οι τοιχοπληρώσεις χτίζονται μετά την σκυροδέτηση σύμφωνα με τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις (πλήρης κάλυψη φατνώματος ή με ανοίγματα). Έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις οι τοιχοπληρώσεις θεωρούνται μη φέροντα στοιχεία και απουσιάζουν από το μοντέλο και τους υπολογισμούς στο σχεδιασμό των νέων κατασκευών (λαμβάνονται υπόψη μόνο ως κατακόρυφα φορτία). Αγνοείται δηλαδή η αλληλεπίδρασή τους με τον περιβάλλοντα φορέα. Όμως η αντοχή τους δεν είναι αμελητέα και οι τοιχοπληρώσεις ενεργοποιούνται όταν ο φορέας υποβάλλεται σε πλευρικές και σεισμικές φορτίσεις. Αγνοώντας την παρουσία τους, κατά το σεισμό αναπτύσσονται τάσεις στον υπόλοιπο φορέα οπλισμένου σκυροδέματος, που απέχουν αρκετά από αυτές για τις οποίες αυτός σχεδιάστηκε και διαστασιολογήθηκε.



Εικόνα 1: Θέση κέντρον δυσκαμψίας γωνιακού κτιρίου (λαμβάνονται υπόψη οι τοιχοπληρώσεις). (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.630)



Εικόνα 2: Συμμετρική κατανομή στοιχείων δυσκαμψίας (υποστυλωμάτων). (Building How 2024)



Εικόνα 3: Κατάρρευση κτιρίου κατά τη στρεπτική απόκριση περί το δύσκαμπτο πυρήνα κλιμακοστασίου στη γωνία. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

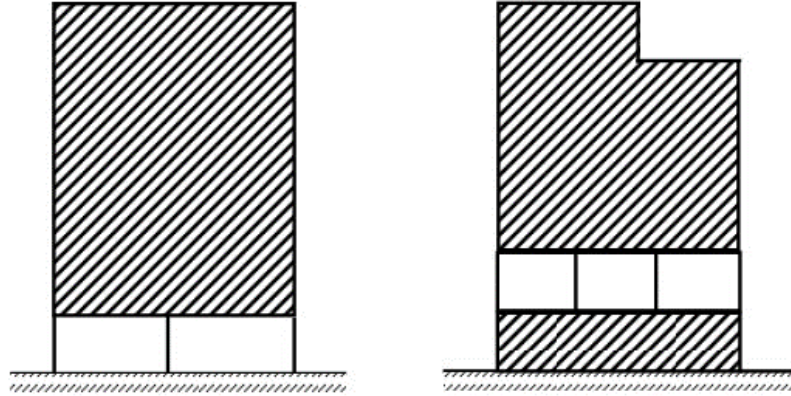
A2.1.2 Ψαθυρά υποστυλώματα

Σε κτίρια τα οποία έχουν σχεδιαστεί τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της υψηλής αξονικής φόρτισης ο οπλισμός δεν φτάνει το σημείο διαρροής. Οι αστοχίες αποδίδονται στη μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος λόγω των μεγάλων ανελαστικών παραμορφώσεων σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Η κύρια αιτία αστοχίας είναι η μεγάλη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων στις κρίσιμες περιοχές του υποστυλώματος και μπορεί να προκαλέσει τον λυγισμό των διαμηκών ράβδων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 628)

A2.1.3 Εύκαμπτο ισόγειο- σύστημα pilotis

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση εύκαμπτου ορόφου είναι το ανοιχτό ισόγειο – σύστημα πλωτής. Σε τέτοια κτίρια οι περισσότερες βλάβες προκαλούνται στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία του ισογείου του ορόφου. Ανάλογα με την ένταση της φόρτισης το υπόλοιπο κτίριο μπορεί να εμφανίσει φθορές ή να παραμείνει ανεπηρέαστο.

Η απότομη μείωση της δυσκαμψίας σε κάποια στάθμη του κτιρίου, συνήθως στους κατώτερους ορόφους οδηγεί σε συγκέντρωση έντασης στα δομικά στοιχεία του εύκαμπτου ορόφου που προκαλεί βλάβες στα στοιχεία. Ο αντισεισμικός κανονισμός σήμερα απαιτεί αύξηση της τέμνουσας σχεδιασμού στον εύκαμπτο όροφο σε σχέση με τους άλλους ορόφους και περίσφιγξη με πυκνά τοποθετημένους συνδετήρες σε όλο το ύψος του υποστυλώματος του ασθενούς ορόφου. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 630)



Εικόνα 4: Παραδείγματα μεταβολής δυσκαμψίας καθ' ύψος. (Δρίτσος 2005, σελ. 15)



Εικόνα 5: Αστοχία σε εύκαμπτο όροφο - κτίριο τύπου pilotis. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

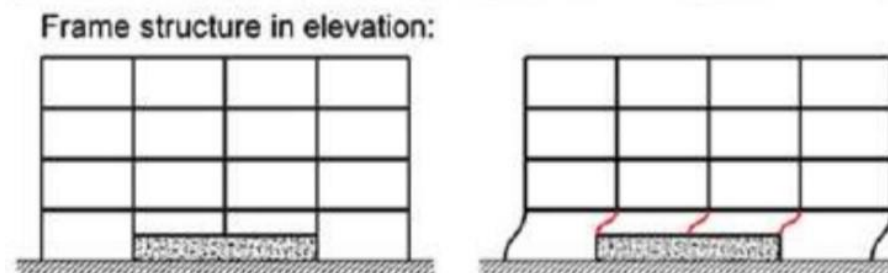


Εικόνα 6: Αστοχία σε εύκαμπτο όροφο - κτίριο τύπου pilotis. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

A2.1.4 Κοντά υποστυλώματα

Σε κοντά υποστυλώματα μπορεί να εμφανιστεί εκρηκτική διατμητική αστοχία που μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε κατάρρευση του κτιρίου. Αυτές οι βλάβες είναι πιο σπάνιες σε σχέση με αυτών των κανονικών υποστυλωμάτων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 631)

Αυτό οφείλεται στο ότι τα κοντά υποστυλώματα λειτουργούν κυρίως διατμητικά και όχι καμπτικά. Χαρακτηρίζονται από έντονα ψαθυρή αστοχία που επέρχεται απότομα και χωρίς προειδοποίηση.



Εικόνα 7: Διατμητική αστοχία κοντών υποστυλωμάτων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)



Εικόνα 8: Διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

A2.1.5 Φυτευτά υποστυλώματα

Φυτευτό υποστύλωμα προκύπτει όταν σε έναν όροφο προσθέτουμε ένα υποστύλωμα που είναι ανεξάρτητο από τον υπόλοιπο φορέα (δεν συνεχίζει στο έδαφος) και εδράζεται σε δοκάρια. Αυτός ο τύπος υποστυλωμάτων πρέπει να αποφεύγεται. Συνήθως εμφανίζονται αστοχίες στις κρίσιμες περιοχές του υποστυλώματος.



Εικόνα 9: Κτίριο μη κανονικό σε όψη (φυτευτό υποστύλωμα). (Building how 2024)

A2.1.6 Μη κανονικότητα σε κάτοψη και όψη

Κτίριο με κάτοψη ορόφου τετραγωνικού σχήματος έχει πολύ καλύτερη συμπεριφορά στη διάρκεια του σεισμού, σε σχέση με κατασκευές που αποτελούνται από σύνθετες κατόψεις με εσοχές.

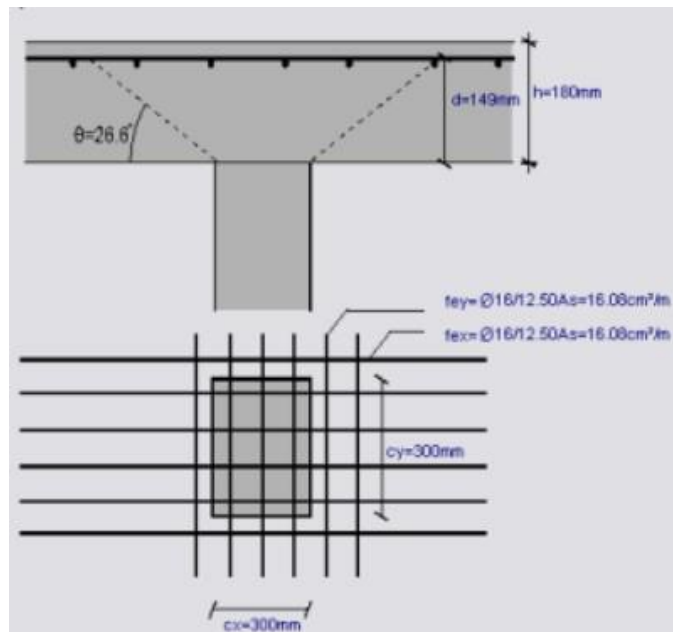
Κτίρια με εσοχές σε ανώτερους ορόφους έχουν χειρότερη συμπεριφορά σε σχέση με κτίρια που έχουν κανονική μορφή σε όψη. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 631-632)

A2.1.7 Πλάκες στηριζόμενες σε υποστυλώματα χωρίς δοκούς

Οι πλάκες μπορούν να υποστούν διάτρηση από τα υποστυλώματα από τη δράση του συνδυασμού οριζόντιων και κατακόρυφων φορτίων. Οι βλάβες οφείλονται στο μικρό πάχος των πλακών που δεν επέτρεψε την ανάπτυξη των απαιτούμενων τάσεων συνάφειας γύρω από τον διαμήκη σπλισμό των υποστυλωμάτων. Μετά από λίγους κύκλους φόρτισης οι κόμβοι αστοχούν. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 632)



Εικόνα 10: Πλάκα που στηρίζεται σε υποστυλώματα χωρίς δοκούς. (Runet software 2024)



Εικόνα 11: Πλάκα που στηρίζεται σε υποστυλώματα χωρίς δοκούς - δημιουργία διάτρησης. (Runet software 2024)

A2.1.8 Δημιουργία ισχυρών δοκών – ασθενών υποστυλωμάτων

Όταν σε μια κατασκευή δημιουργούνται ισχυρές δοκοί και ασθενή υποστυλώματα σε περίπτωση μιας φόρτισης, το φορτίο θα το παραλάβει η δοκός και δεν θα μπορεί να μεταφερθεί με ασφάλεια στο υποστυλώμα. Έτσι προκύπτει αστοχία στη σύνδεση δοκού – υποστυλώματος.



Εικόνα 12: Αστοχία στη σύνδεση δοκού - υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

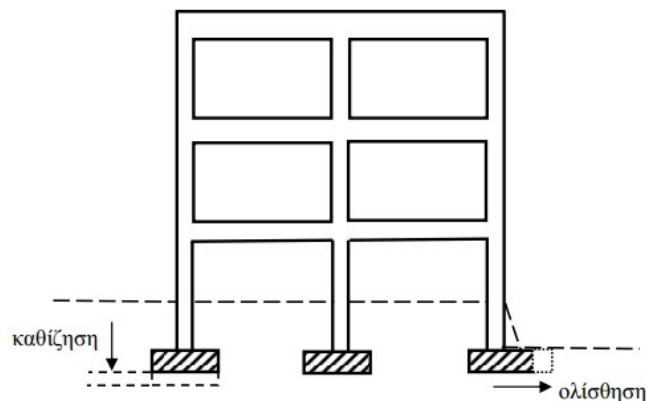
A2.1.9 Προβλήματα στη θεμελίωση

Οι πιο συνηθισμένες αστοχίες που παρουσιάζονται στη θεμελίωση είναι:

1. Αστοχία των μελών της θεμελίωσης (π.χ. θραύση των δοκών θεμελίωσης)
2. Θραύση του εδάφους θεμελίωσης
3. Ρευστοποίηση του εδάφους
4. Διαφορικές καθιζήσεις του εδάφους ιδιαίτερα σε μαλακά εδάφη
5. Μερική ή γενική ολίσθηση του εδάφους θεμελίωσης

Η κύρια αστοχία που εμφανίζεται συνήθως είναι η διαφορική καθίζηση, ιδιαίτερα σε μαλακά εδάφη. Πιο σπάνια εμφανίζονται αστοχίες λόγω ρευστοποίησης του εδάφους αλλά η έκταση της βλάβης που θα εμφανιστεί θα είναι μεγάλη.

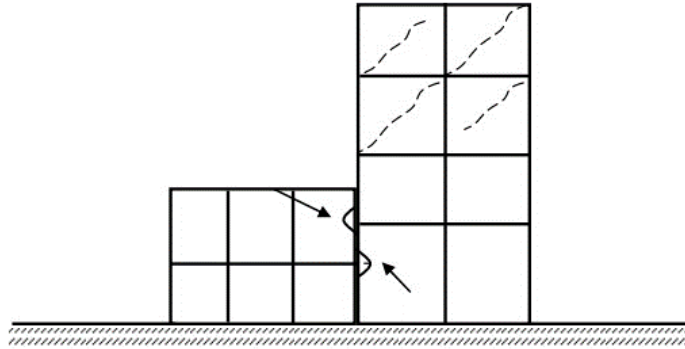
Οι επιδράσεις στην θεμελίωση έχουν σχέση με την κίνηση της βάσης των υποστυλωμάτων όταν τα πέδιλά τους δεν είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους ή όταν η σύνδεση που έχουν είναι πολύ εύκαμπτη. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 635)



Εικόνα 13: Προβλήματα στη θεμελίωση. (Δρίτσος 2005, σελ.18)

A2.1.10 Άνισες στάθμες πλακών παρακείμενων κατασκευών.

Όταν σε δύο γειτονικά κτίρια η στάθμη των πλακών είναι άνιση τότε το κτίριο με το χαμηλότερο ύψος σε περίπτωση σεισμού μπορεί να προσκρούει στο υποστύλωμα του υψηλότερου κτιρίου στο μέσο ενός ορόφου και να δημιουργηθεί το φαινόμενο του εμβολισμού υποστυλώματος παρουσιάζοντας ρηγματώσεις στο συγκεκριμένο τμήμα. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 636)



Εικόνα 14: Πρόσκρουση γειτονικών κτιρίων. (Δρίτσος 2005, σελ.18)



Εικόνα 15: Ύπαρξη αντισεισμικού αρμού ανάμεσα σε γειτονικά κτίρια. (Ροββά 2015)

Στην εικόνα 15 φαίνονται δύο κτίρια τα οποία έχουν αντισεισμικό αρμό ανάμεσα τους. Σε σεισμό οι κατασκευές δεν παρουσίασαν βλάβη λόγω του αρμού που υπήρχε. Σε σύγχρονα γειτονικά κτίρια ο αντισεισμικός αρμός είναι απαιτούμενος.

A2.1.11 Θέση παρακείμενων κτιρίων στο οικοδομικό τετράγωνο

Η θέση των παρακείμενων κτιρίων στο οικοδομικό τετράγωνο έχει σημαντική επιρροή στη συμπεριφορά της κατασκευής σε σεισμό. Τα γωνιακά κτίρια είναι πολύ τρωτά στο σεισμό

σε σχέση με τα ελεύθερα ιστάμενα, αφού δέχονται δυνάμεις και ενέργεια από τα γειτονικά κτίσματα. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 636)

Η τρωτότητα των γωνιακών κτιρίων οφείλεται στην:

1. Ασύμμετρη κατανομή των στοιχείων δυσκαμψίας σε κάτοψη λόγω έλλειψης τοιχοποιίας στις δύο πλευρές της περιμέτρου του ισογείου (συνήθως υπάρχουν καταστήματα).
2. Μεταφορά της κινητικής ενέργειας στα γωνιακά κτίρια κατά την αλληλεπίδραση με διπλανά κτίρια στο σεισμό μέσω πρόσκρουσης (λειτουργία εκκρεμούς).

| Κύρια αιτία βλάβης | Συχνότητα στα % | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | |
| ② Δυσμενής διάταξη φορέα | | | | | | | | | | | 29% | |
| ④ «Φαινόμενο πιλοτής» | | | | | | | | | | | 22% | |
| ⑤ Μη κανονικότητες σε κάτοψη των τοιχοπληρώσεων | | | | | | | | | | | 7% | |
| ⑥ Μη κανονικότητες σε κάτοψη των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας | | | | | | | | | | | 15% | |
| ⑦ Κοντά υποστυλώματα | | | | | | | | | | | 16% | |
| ⑧ Δυσμενείς συνθήκες θεμελίωσης | | | | | | | | | | | 8% | |
| ⑫ Πρόσκρουση από παρακείμενα κτίρια | | | | | | | | | | | 21% | |
| ⑬ Ανεπαρκής διαμήκης οπλισμός σε υποστυλώματα | | | | | | | | | | | 9% | |
| ⑮ Ανεπαρκής εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες) σε υποστυλώματα | | | | | | | | | | | | 55% |
| ⑱ Ανεπαρκείς διατομές υποστυλωμάτων | | | | | | | | | | | 13% | |
| ⑳ Ανεπαρκής αγκύρωση διαμήκους οπλισμού | | | | | | | | | | | 11% | |

Εικόνα 16: Συχνότητα εμφάνισης διαφόρων αιτιών βλάβης σε 103 κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα που επλήγησαν στο σεισμό της Αθήνας το 1999. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 638)

A2.2 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η κακή ποιότητα των υλικών έχει μέγιστη σημασία στο τελικό αποτέλεσμα του σκυροδέματος και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

1. Κακή ποιότητα στα υλικά υλοτόμησης και ιδιαίτερα στην άμμο. Πρέπει να δίνεται σημασία στην κοκκομετρία και στην ύπαρξη χλωριόντων στην άμμο. Συνήθως δεν προτείνεται να λαμβάνουμε άμμο από θαλασσίνο περιβάλλον και αν γίνεται αυτό, το υλικό χρειάζεται επεξεργασία για την απομάκρυνση των βλαβερών στοιχείων. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιούνταν βότσαλα θαλάσσης όπου δεν επέτρεπαν τη σωστή αγκύρωση και τη συνάφεια με τον χαλύβδινο οπλισμό.
2. Κακή ποιότητα νερού. Όταν χρησιμοποιείται υφάλμυρο νερό ή νερό που περιέχει οργανικά άλατα. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου το σκυρόδεμα ετοιμάζεται στο εργοτάξιο και όχι στις εταιρίες που παράγουν έτοιμο σκυρόδεμα.

Επιπρόσθετα, σε περίπτωση που το σκυρόδεμα ετοιμάζεται στο εργοτάξιο μπορεί να υπάρχουν προβλήματα στις αναλογίες των υλικών και την ανάμειξή τους. Για παράδειγμα, αρκετή σημασία έχει ο λόγος νερού προς τσιμέντου και η σωστή η περιεκτικότητα της παιπάλης.

A2.3 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΟΤΕΧΝΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ

1. Σε παλαιές κατασκευές, η μεγάλη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων που δεν επαρκούσαν και ιδιαίτερα σε κρίσιμες περιοχές όπου η πυκνή διάταξη των συνδετήρων είναι απαραίτητη.
2. Πρέπει να διατηρείται το σωστό πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος ώστε να μην αποκαλύπτεται ο οπλισμός και να προφυλάσσεται (χρήση αποστατών).
3. Σε παλαιές κατασκευές, η συγκράτηση των συνδετήρων. Παλαιά, παρατηρούνταν το φαινόμενο της μη σωστής συγκράτησης των συνδετήρων με αποτέλεσμα κατά τη σκυροδέτηση οι συνδετήρες να παρασύρονται προς τα κάτω και το μεγαλύτερο μέρος του υποστρώματος παρέμενε χωρίς εγκάρσιο οπλισμό.
4. Λανθασμένη δόνηση, διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος κατά τη σκυροδέτηση όπου δημιουργούνται κενά με αέρα.
5. Ύπαρξη αρμών διακοπής εργασιών κατά τη σκυροδέτηση. Σήμερα συνηθίζεται να σκυροδετούνται τα θεμέλια και μετά τα υποστρώματα οι δοκοί και η πλάκα κάθε ορόφου (κοστούμι). Οπότε υπάρχει ένας αρμός διακοπής εργασιών. Παλαιότερα,

σκυροδετούνταν τα θεμέλια, μετά τα υποστυλώματα και οι δοκοί και οι πλάκες. Οπότε εμφανίζονταν δύο αρμοί διακοπής εργασιών σε κάθε όροφο.

A2.4 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ

A2.4.1 Βλάβες λόγω υγρασίας

Αν τα δομικά υλικά είναι εκτεθειμένα σε υγρασία (νερό, υδρατμούς) μπορεί να προκληθούν μεγάλες φθορές όπως:

- Διάβρωση και αποσάθρωση (αποσύνθεση) των υλικών.
- Χημική διάβρωση και οξείδωση του σιδηρού οπλισμού του σκυροδέματος.
- Δημιουργία εξανθημάτων και κηλίδων.
- Ανάπτυξη χλωρίδας, λειχήνων και μυκήτων.

Η εμφάνιση των φθορών αυτών σχετίζεται με την επίδραση της υγρασίας σε συνδυασμό με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού και των υλικών. Επιπρόσθετα, μπορεί να αναπτυχθούν ρηγματώσεις όταν το νερό που έχει διεισδύσει στο υλικό, σε χαμηλές θερμοκρασίες παγώνει και αυξάνει τον όγκο του κατά 10% (από υγρή μετατρέπεται σε στερεή μορφή). Αναφορικά με την οξείδωση του οπλισμού, όταν οι ράβδοι οξειδώνονται και διαβρώνονται τότε διογκώνονται, αναπτύσσονται τάσεις και μπορεί να προκληθεί τοπική κατάρρευση του σκυροδέματος σε αυτό το σημείο.



Εικόνα 17: Οξειδωμένοι ράβδοι οπλισμού σε πλάκα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)



Εικόνα 18: Αποσάθρωση και αποκόλληση επιχρίσματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

A2.4.2 Βλάβες λόγω ενανθράκωσης του σκυροδέματος

Η αντίδραση του τσιμεντοπολτού με το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα αποτελεί την ενανθράκωση του σκυροδέματος. Η έκταση της βλάβης συνηθίζεται να μετράται σε εκατοστά του μέτρου, καθώς δοκίμιο του σκυροδέματος ψεκάζεται με διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης, το οποίο χρωματίζει το υγιές τμήμα του δοκιμίου και αποκαλύπτει το βάθος ενανθράκωσης που αντιστοιχεί στο υπόλοιπο τμήμα. Με την ενανθράκωση μειώνεται η αλκαλικότητα του σκυροδέματος που περιβάλλει τις ράβδους οπλισμού (τιμές $pH < 9,00$). (Πετρίδης 2017, σελ. 79-80)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα ενανθράκωσης:

- α) Όταν η κάλυψη του οπλισμού είναι ανεπαρκής, και το πάχος της καταλήγει να είναι μικρότερο από το πάχος της ζώνης ενανθράκωσης, αρχίζει η διάβρωση και διόγκωση του οπλισμού.
- β) Η αυξημένη περιεκτικότητα του μπετόν σε τσιμέντο μειώνει την ταχύτητα ενανθράκωσης
- γ) Λόγος νερού προς τσιμέντο



*Εικόνα 19: Βλάβη από ενανθράκωση σε οπλισμένο σκυρόδεμα σε προχωρημένο βαθμό.
(Σιώμος)*

A2.4.3 Βλάβες λόγω επίδρασης χλωριόντων

Τα χλωριόντα προέρχονται είτε από το εσωτερικό του σκυροδέματος (χρήση αδρανών από παραλίες) είτε από το περιβάλλον του σκυροδέματος (παραθαλάσσιες περιοχές). Αν το οπλισμένο σκυρόδεμα προσβληθεί από χλωριόντα γίνεται αλλοίωση του προστατευτικού στρώματος οξειδίου γύρω από τις ράβδους οπλισμού. Όταν καταστραφεί το στρώμα οξειδίου οι ράβδοι χάλυβα είναι εκτεθειμένοι στο διαβρωτικό περιβάλλον. (Πετρίδης 2017, σελ. 80)

Πίνακας ΠΒ2-1: Κατηγορίες Εκθεσης

| Κατηγορία | Περιγραφή περιβάλλοντος | Παραδείγματα |
|---|--|--|
| 1 Χωρίς κίνδυνο διάβρωσης ή προσβολής | | |
| Χ0 | Για άοπλο σκυρόδεμα χωρίς ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία. Όλες οι εκθέσεις εκτός από: ψύξη/ απόψυξη, φθορά, χημική προσβολή. Οπλισμένο σκυρόδεμα ή σκυρόδεμα με ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία. Πολύ ξηρό περιβάλλον | Σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων κτιρίων με χαμηλή υγρασία |
| 2 Διάβρωση λόγω ενανθράκωσης | | |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα (ή σκυρόδεμα με ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία) εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα και την υγρασία, κατηγοριοποιείται ως εξής: | | |
| ΧC1 | Ξηρό ή μονίμως υγρό | Σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων με χαμηλή ατμοσφαιρική υγρασία. Σκυρόδεμα μονίμως βυθισμένο στο νερό. |
| ΧC2 | Υγρό, σπάνια ξηρό | Επιφάνεια σκυροδέματος σε μακρόχρονη επαφή με νερό. Πολλές θεμελιώσεις |
| ΧC3 | Μέτρια υγρασία | Σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων με μέτρια ή υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία. Εξωτερικό σκυρόδεμα προστατευμένο από τη βροχή. |
| ΧC4 | Εναλλαγή ξηρού και υγρού | Επιφάνεια σκυροδέματος εκτεθειμένη σε μη συνεχή επαφή με νερό. |

Εικόνα 20: Κατηγορίες έκθεσης σκυροδέματος. (Δέμης 2015)

3 Διάβρωση από χλωριόντα (εκτός θαλασσινού νερού)

Οπλισμένο σκυρόδεμα (ή σκυρόδεμα με ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία) σε επαφή με νερό (εκτός θαλασσινού) το οποίο περιέχει χλωριόντα, συμπεριλαμβανομένων των αντιπαγετικών αλάτων, κατηγοριοποιείται ως εξής:

ΣΗΜΕΙΩΣΗ. Σχετικά με την υγρασία δες την παράγραφο 2 του Πίνακα.

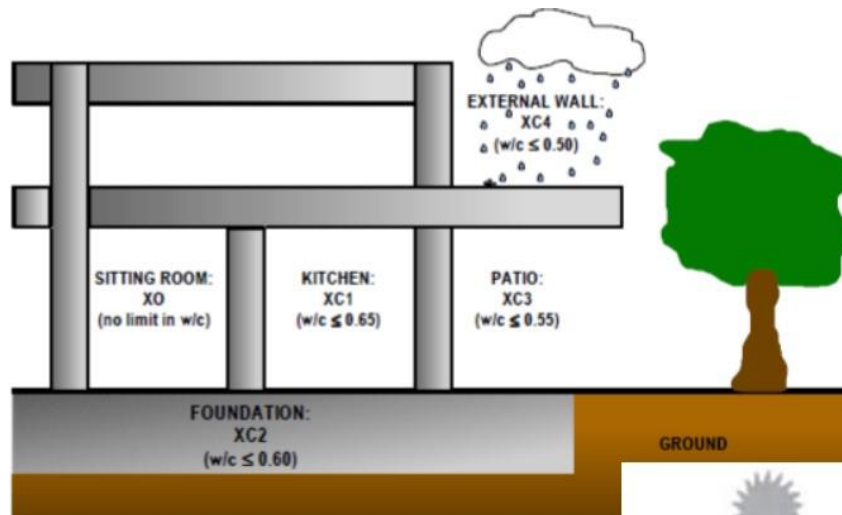
| | | |
|-----|--------------------------|---|
| XD1 | Μέτρια υγρασία | Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε χλωριόντα ατμοσφαιρικού αέρα |
| XD2 | Υγρό, σπάνια ξηρό | Πισίνες. Σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε νερά βιομηχανικής προέλευσης που περιέχουν χλωριόντα |
| XD3 | Εναλλαγή ξηρού και υγρού | Τμήματα γεφυρών που ψεκάζονται με χλωριόντα. Πεζοδρόμια. Πλάκες σε χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων |

4 Διάβρωση από χλωριόντα θαλασσινού νερού

Οπλισμένο σκυρόδεμα (ή σκυρόδεμα με ενσωματωμένα μεταλλικά στοιχεία) σε επαφή με χλωριόντα θαλασσινού νερού ή με αέρα που μεταφέρει θαλάσσια άλατα.

| | | |
|-----|--|-------------------------|
| XS1 | Εκθεση σε αερομεταφερόμενα άλατα αλλά όχι σε επαφή με θαλασσινό νερό | Παράκτιες κατασκευές |
| XS2 | Σκυρόδεμα μονίμως βυθισμένο σε θαλασσινό νερό | Τμήματα λιμενικών έργων |
| XS3 | Εκτεθειμένο σε παλίρροια και διαβροχή | Τμήματα λιμενικών έργων |

Εικόνα 21: Κατηγορίες έκθεσης σκυροδέματος. (Δέμης 2015)



Εικόνα 22: Κατηγορίες έκθεσης σε ένα κτίριο. (Δέμης 2015)

Πίνακας Β2-7 - Απαιτήσεις για το σκυρόδεμα ανάλογα με την κατηγορία έκθεσης

| Κατηγορία έκθεσης | Χωρίς κίνδυνο διάβρωσης ή προσβολής | Κατηγορίες έκθεσης | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|--|---------------------------|---------|---------|---------|---------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|---|------------------|------------------|-------------------|---|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Διάβρωση λόγω χλωριόντων | | | | | | | | | | | Προσβολή από ψύξη/απόψυξη | | | | Χημική προσβολή ^β | | | | (Τριβή / Απώριση) | | | | | | | |
| | | Θαλασσινό νερό | | | | | | Τσιμέντα II, III, IV (Εκτός II / B-LL) | | | | | Τσιμέντα I, II / B-LL | | | | | Χλωριόντα που δεν προεξοικονοιούνται από θαλασσινό νερό | | | | | | | | | | |
| Χ0 | Χ01 | Χ02 | Χ03 | Χ04 | Χ05 | Χ06 | Χ07 | Χ08 | Χ09 | Χ10 | Χ11 | Χ12 | Χ13 | Χ14 | Χ15 | Χ16 | Χ17 | Χ18 | Χ19 | Χ20 | Χ21 | Χ22 | Χ23 | | | | | |
| 1 | max N/T | --- | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 3.50 | 0.50 | 0.40 | 0.00 | 0.50 | 0.40 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | | | | |
| 2 | min κατηγορία αντοχής | C 12/15 | C 20/25 | C 25/30 | C 25/30 | C 30/37 | C 25/30 | C 25/30 | C 25/30 | C 25/30 | C 30/37 | C 30/37 | C 30/37 | C 35/45 | C 30/37 | C 32/40 | C 35/45 | C 28/35 | C 25/30 | C 25/30 | C 30/37 | C 28/35 | C 30/37 | C 35/45 | C35/45 (C32/40) | C40/50 (C35/45) | C50/60 (C45/55) | |
| 3 | min περιεκτικότητα σε τσιμέντο kg/m ³ | --- | 280 | 300 | 300 | 320 | 330 | 330 | 330 | 330 | 350 | 330 | 330 | 300 | 330 | 330 | 300 | 320 | 300 | 300 | 320 | 320 | 340 | 300 | 320 (300) | 340 (320) | 300 (320) | |
| 4 | min επικάλυψη για ανθεκτικότητα ^γ mm | --- | 25 | 25 | 35 | 25 | 45 | 40 | 45 | 40 | 60 | 40 | 40 | 50 | 25 | 40 | 60 | --- | --- | --- | --- | --- | 35 | 35 | 35 | --- | --- | |
| 5 | min περιεκτικότητα σε αέρα (%) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 4.0 ^δ | 4.0 ^δ | 4.0 ^δ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |
| 6 | Άλλες απαιτήσεις | Σημ.: Άσπλο σκυρόδεμα | | | | | Σημ.: Παραθαλάσσιο 1,5 km | Σημ.: Μόνιμα μέσα στη θάλασσα | Σημ.: Διαβροχόμενες ζώνες | | | | | | | | | Αδρανή σύμφωνα με ΕΛΟΤ EN12620+A1 με ικανοποιητική αντοχή σε παγισμό ^ε | | | | Τσιμέντο ανθεκτικό σε θειικό ^ζ | | | | LA ≤ 27 (LA≤20) | LA ≤ 25 (LA≤20) | LA ≤ 22 (LA≤20) |

^α Όταν δεν προστίθεται αερακτικό πρόσθετο, η επιτελεστικότητα του σκυροδέματος πρέπει να ελέγχεται με κατάλληλη μέθοδο, σε σύγκριση με σκυρόδεμα του σπασίου η αντοχή σε ψύξη/απόψυξη για την αντίστοιχη κατηγορία έκθεσης είναι αποδεδειγμένη.

^β Για αυτή την κατηγορία έκθεσης (ΧΑ) ισχύουν και οι παράγραφοι Β7.7.5 και Β7.7.6 του παρόντος ΚΤΣ. Όταν η ύπαρξη SO₄²⁻ οδηγεί σε κατηγορία ΧΑ2 και ΧΑ3, τότε είναι απαραίτητη η χρήση τσιμέντου ανθεκτικού σε θειικά σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 197-1.

^γ Οι τιμές της επικάλυψης αφορούν σπλισμένο σκυρόδεμα.

^δ Για τα αδρανή υλικά ισχύει και η παράγραφος Β1.3.3.3 του παρόντος ΚΤΣ.

^ε Όταν το σκυρόδεμα είναι επικασιμένο έπει εναρμονη η παράγραφος Β2.2.5.2.

Εικόνα 23: Απαιτήσεις για το σκυρόδεμα σε σχέση με τις κατηγορίες έκθεσης. (Δέμης 2015)

A2.5.1 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ

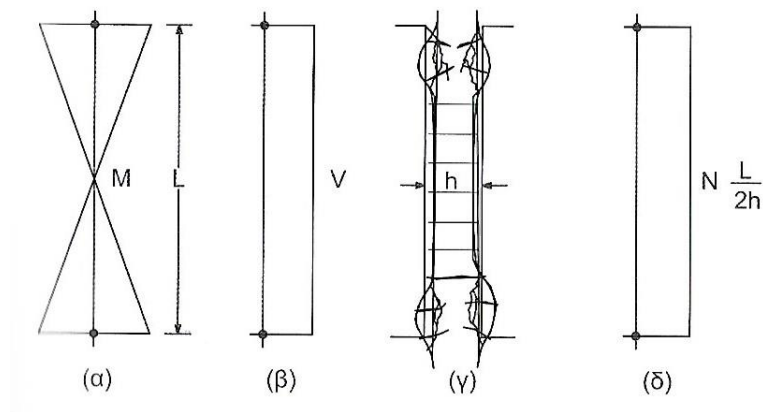
A2.5.1.1 Βλάβες λόγω σεισμού στα υποστυλώματα

Οι βλάβες που προκαλούνται από σεισμό στα υποστυλώματα χωρίζονται σε: (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 609-613)

1. Βλάβες λόγω ανακυκλιζόμενης κάμψης αλλά με ασθενή διάτμηση υπό ισχυρή αξονική θλίψη, κυρίως για υποστυλώματα μεσαίου προς υψηλού λόγου ύψους προς πλάτος $\alpha=(L/2h)\geq 5,0 - 6.0$. Εμφανίζεται αστοχία στη κορυφή και στη βάση του υποστυλώματος.

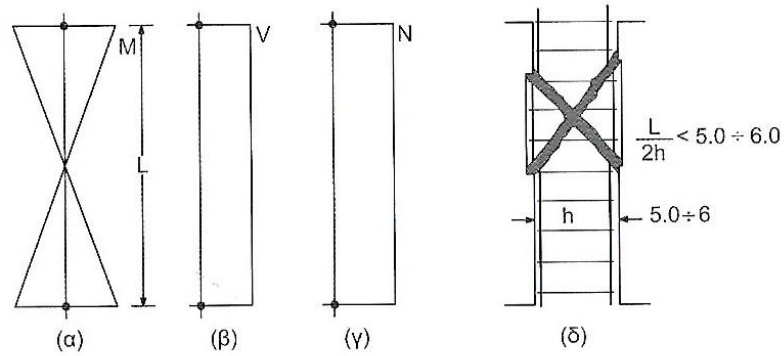
Η μορφή αστοχίας εξαρτάται από το βαθμό διατμητικής όπλισης (εγκάρσιοι σύνδεσμοι). Η μεγάλη ροπή κάμψης στα άκρα του υποστυλώματος σε συνδυασμό με την αξονική δύναμη οδηγεί σε συντριβή της θλιβόμενης ζώνης στις δύο παρειές του. Όσο πιο λίγοι συνδετήρες υπάρχουν στις περιοχές αυτές τόσο πιο ευάλωτο είναι το υποστυλώμα.

Αρχικά, με την συντριβή της θλιβόμενης ζώνης παρατηρείται αποφλοιώση της επικάλυψης του σκυροδέματος του οπλισμού. Ύστερα γίνεται διαστολή και σύνθλιψη του πυρήνα του σκυροδέματος και τέλος λυγισμός των ράβδων και θραύση συνδετήρων.



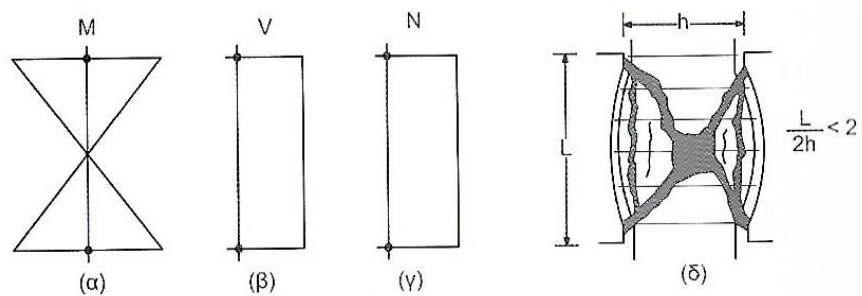
Εικόνα 24: Βλάβη υποστυλώματος λόγω ισχυρής αξονικής θλίψης και ανακυκλιζόμενης καμπτικής ροπή: α) διάγραμμα ροπών κάμψης, β) διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, γ) αστοχία υποστυλώματος, δ) διάγραμμα αξονικών δυνάμεων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.609)

2. Βλάβες λόγω ανακυκλιζόμενης διάτμησης αλλά με ασθενή κάμψη υπό ισχυρή αξονική θλίψη, κυρίως σε υποστυλώματα μεσαίου λόγου λυγρότητας $5,0-6,0\geq\alpha = (L/2h)\geq 2,0$ σε περίπτωση που είναι ανεπαρκής ο οπλισμός διάτμησης. Η αστοχία είναι διατμητικού τύπου έχει μορφή δισδιαγώνιων ρωγμών στην ασθενέστερη περιοχή του υποστυλώματος.



Εικόνα 25: Βλάβη υποστυλώματος λόγω ισχυρής αξονικής θλίψης και διάτμησης: α) διάγραμμα ροπών κάμψης, β) διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, γ) διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, δ) αστοχία υποστυλώματος. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.611)

3. Βλάβες σε κοντά υποστυλώματα λόγω εκρηκτικής διάρρηξης, για λόγο λυγηρότητας $\alpha=(L/2h)\leq 2,0$. Εμφανίζονται βλάβες γιατί είτε έχουν σχεδιαστεί ως κοντά υποστυλώματα είτε λειτουργούν έτσι λόγω της κατασκευής της τοιχοποιίας που δεν έχει ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό.

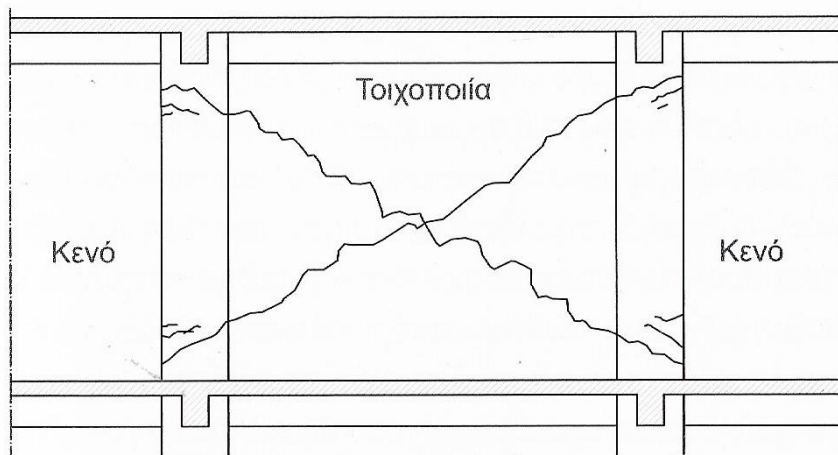


Εικόνα 26: Εκρηκτική διάρρηξη κοντού υποστυλώματος: α) διάγραμμα ροπών κάμψης, β) διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων, γ) διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, δ) αστοχία υποστυλώματος. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.612)



Εικόνα 27: Βλάβη σε κοντό υποστυλώμα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

4. Βλάβες υποστυλώματος σε επαφή με τοιχοποιία μόνο στη μία μεριά, για υποστυλώματα πλαισίων τα οποία γειτνιάζουν στο ένα μέρος τους με τοιχοποιία. Εμφανίζεται αστοχία της τοιχοποιίας και διατμητική αστοχία του παρακείμενου υποστυλώματος.



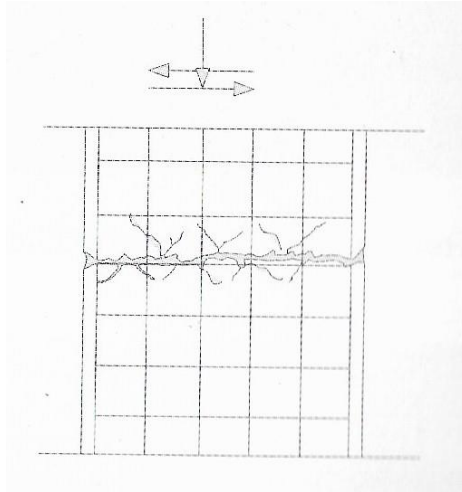
Εικόνα 28: Βλάβη υποστυλώματος σε επαφή με τοιχοποιία μόνο στη μια μεριά. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.613)

A2.5.1.2 Βλάβες λόγω σεισμού σε τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος

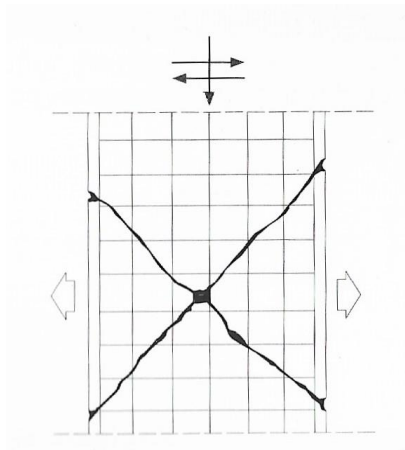
Οι βλάβες που προκαλούνται από σεισμό στα τοιχώματα χωρίζονται σε: (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 613-616)

1. Δισδιαγώνιες διατμητικές ρωγμές, εμφανίζεται συνήθως στους κατασκευαστικούς αρμούς ή και στο ίδιο το τοίχωμα. Η αστοχία αυτή εμφανίζεται γιατί η συνάφεια μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος είναι ανεπαρκής.

Σήμερα, στις θέσεις όπου υπάρχουν αρμοί διακοπής εργασιών διασφαλίζεται η κατάλληλη συνάφεια του σκυροδέματος. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι δημιουργία τραχείας επιφάνειας όπου καθαρίζεται και διαβρέχεται. Διαστρώνετε ισχυρό τσιμεντοκονίαμα πριν το σκυρόδεμα και τοποθετείται οπλισμός σύνδεσης με τη μορφή βλήτρων.



Εικόνα 29: Βλάβη φέροντος τοιχώματος σε κατασκευαστικό αρμό. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.614)

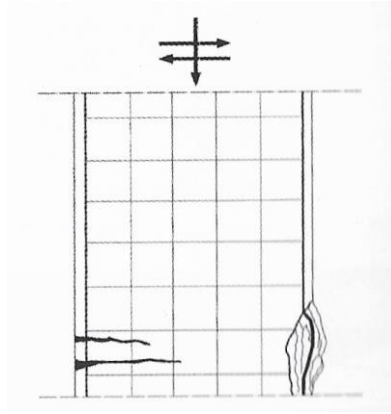


Εικόνα 30: Βλάβη φέροντος τοιχώματος λόγω διάτμησης (δισδιαγώνιες ρωγμές). (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.615)

2. Βλάβες καμπτικού χαρακτήρα (οριζόντιες ρωγμές). Η αστοχία σχετίζεται με την παραμόρφωση του εδάφους στη διάρκεια του σεισμού και τις καμπτικές ροπές που αναπτύσσονται κυρίως στη βάση του τοιχώματος. Οι οριζόντιες ρηγματώσεις εμφανίζονται πιο σπάνια.



Εικόνα 31: Βλάβη φέροντος τοιχώματος λόγω κάμψης και θλίψης. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

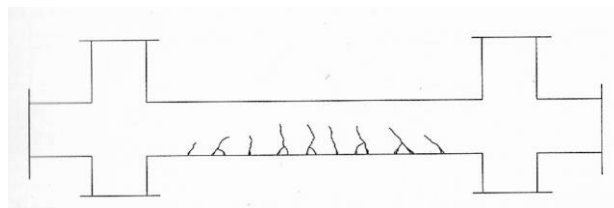


Εικόνα 32: Βλάβη σε τοίχωμα λόγω κάμψης και θλίψης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.616)

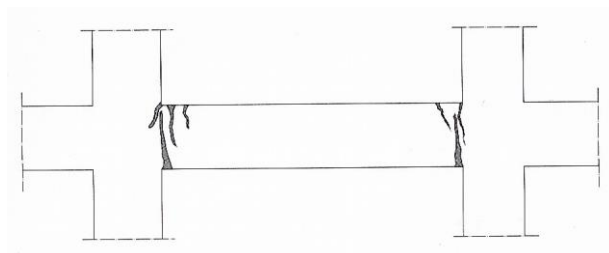
A2.5.1.3 Βλάβες λόγω σεισμού σε δοκούς

Οι συνηθέστερες βλάβες σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα λόγω σεισμού είναι οι ακόλουθες: (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.616-618)

1. Ρωγμές κάθετα στον άξονα της δοκού κατά μήκος της εφελκόμενης ζώνης του ανοίγματος.
2. Διατμητική αστοχία κοντά στους κόμβους.
3. Καμπτικές ρωγμές στην άνω ή την κάτω παρειά της δοκού στους κόμβους. Οι ρωγμές οφείλονται σε κακή αγκύρωση του κάτω οπλισμού στις στηρίξεις.

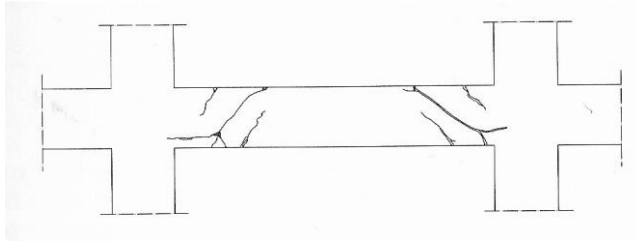


Εικόνα 33: Καμπτικές ρωγμές στο άνοιγμα της δοκού. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.617)



Εικόνα 34: Καμπτικές ρωγμές στην κάτω παρειά δοκού κοντά στον κόμβο. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.617)

4. Διατμητική ή καμπτική αστοχία στις θέσεις όπου υποστηρίζονται από τη δοκό, δευτερεύουσες δοκοί ή φυτευτά υποστυλώματα.



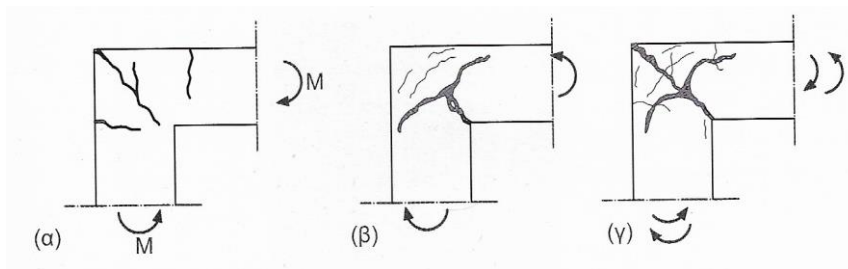
Εικόνα 35: Καμπτοδιατμητικές ρωγμές κοντά στους κόμβους στα άκρα δοκού. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.617)

5. Δισδιαγώνιες διατμητικές ρωγμές σε βραχείες δοκούς που συνδέουν συζευγμένα τοιχώματα.

A2.5.1.4 Βλάβες σε κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων

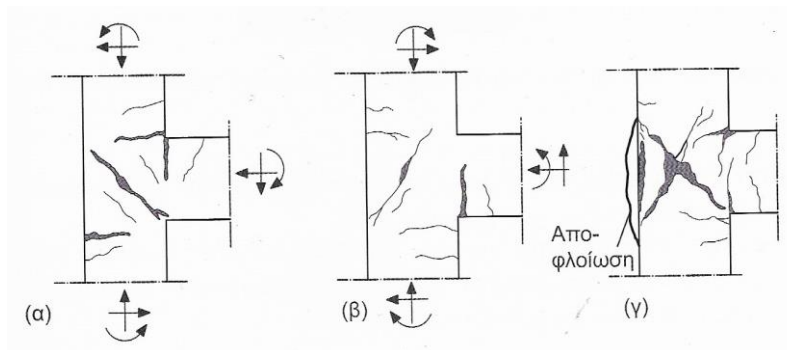
Οι συνηθέστερες βλάβες σε κόμβους δοκών υποστυλωμάτων λόγω σεισμού είναι οι ακόλουθες: (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.618-619)

1. Βλάβη σε γωνιακό κόμβο



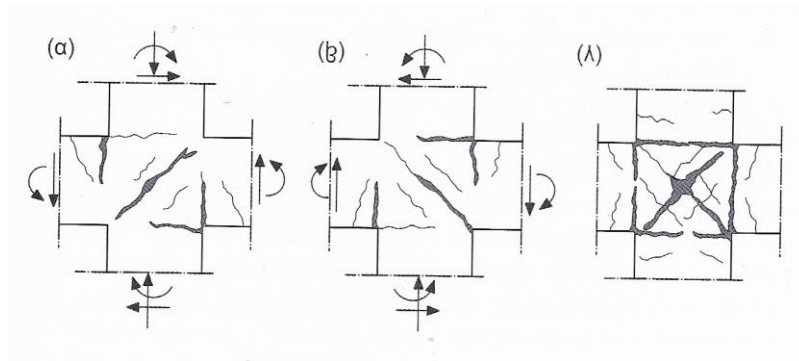
Εικόνα 36: Αστοχία γωνιακού κόμβου: α) ροπές που υποβάλλουν την εσωτερική ίνα σε θλίψη, β) ροπές που υποβάλλουν την εσωτερική ίνα σε εφελκυσμό, γ) ανακυκλιζόμενη φόρτιση ροπών κάμψης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.619)

2. Βλάβη σε εξωτερικό κόμβο



Εικόνα 37: Αστοχία εξωτερικού κόμβου πολώροφου κτιρίου: α) ροπές που προκαλούν θλίψη στην κάτω ίνα της δοκού, β) ροπές που προκαλούν θλίψη στην άνω ίνα της δοκού, γ) ανακυκλιζόμενη φόρτιση ροπών κάμψης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.619)

3. Βλάβη σε σταυροειδή – εσωτερικό κόμβο

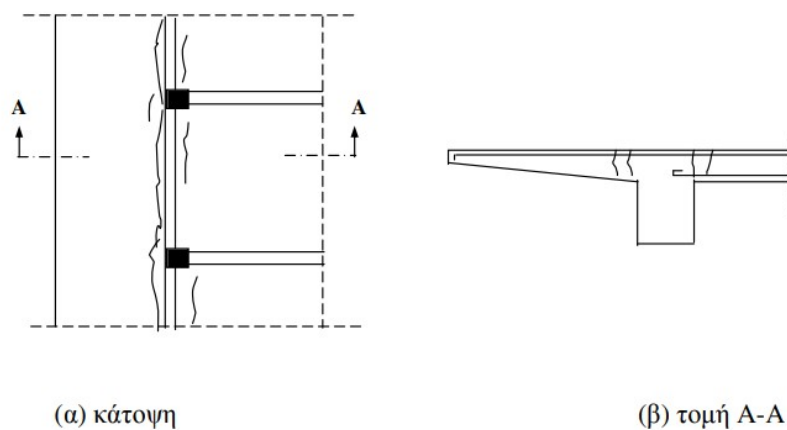


Εικόνα 38: Αστοχία σταυροειδούς εσωτερικού κόμβου: α) σεισμική δράση με φορά από τα δεξιά προς τα αριστερά, β)) σεισμική δράση με φορά από τα αριστερά προς τα δεξιά, γ) ανακυκλιζόμενη σεισμική δράση. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.619)

A2.5.1.5 Βλάβες σε πλάκες

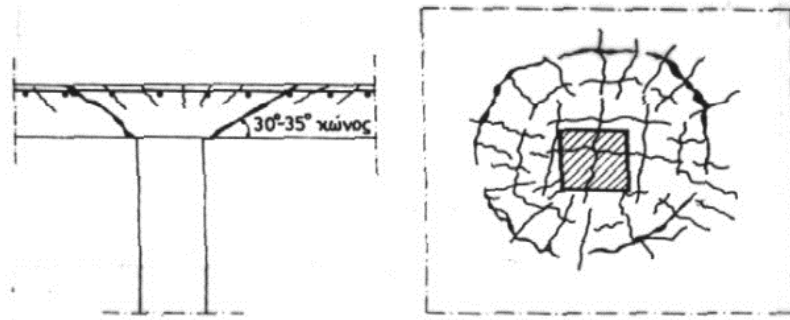
Οι συνηθέστεροι τύποι ρωγμών που παρουσιάζονται στις πλάκες είναι οι εξής : (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.620-622)

1. Ρήγματα παράλληλα ή κάθετα προς τους οπλισμούς σε τυχαίες θέσεις.
Οι ρωγμές οφείλονται στη διεύρυνση μικρών ρηγματώσεων που δημιουργούνται λόγω καμπτικής δράσης και διαφορών της θερμοκρασίας. Το φαινόμενο μπορεί να συμβαίνει και λόγω διαφορετικής καθίζησης των υποστυλωμάτων. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει εκτεταμένη ρηγματώση των παρακείμενων δοκών και των τοιχοπληρώσεων.
2. Ρήγματα σε κρίσιμες διατομές μεγάλων ανοιγμάτων ή μεγάλων προβόλων κάθετα προς τους κύριους οπλισμούς. Προκαλούνται λόγω της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού.



Εικόνα 39: Βλάβη πλάκας σε κρίσιμη θέση προβόλου: α) κάτοψη πλάκας, β) τομή A-A. (Δρίτσος 2005, σελ.32)

3. Ρήγματα σε περιοχές ανωμαλιών κατόψεων όπως στις γωνίες μεγάλων οπών (φωταγωγού, ανοίγματος εσωτερικών κλιμακοστασίων κ.λ.π.). Προκαλούνται λόγω της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού.
4. Ρήγματα σε σημεία συγκεντρώσεως μεγάλων σεισμικών δυνάμεων στις ζώνες συνδέσεως των πλακών με τοιχώματα (διαφραγματική λειτουργία) ή με υποστυλώματα χωρίς δοκούς, σχετίζονται με την αστοχία σε διάτρηση.



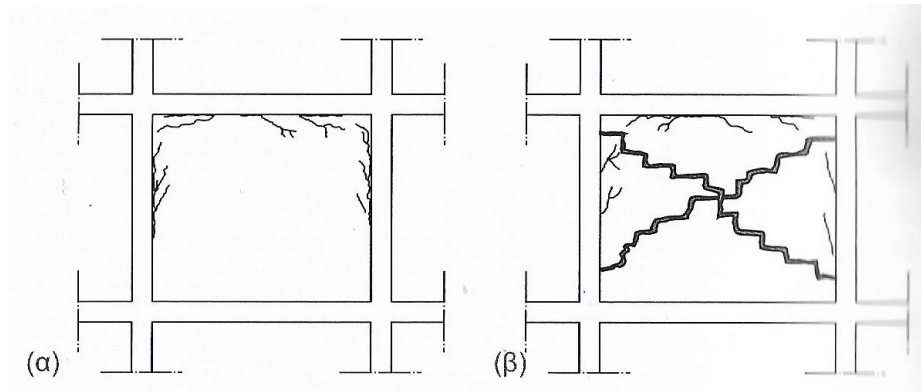
Εικόνα 40: Βλάβη στη σύνδεση πλάκας – υποστυλώματος: α) τομή, β) άνω πλευρά πλάκας. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.621)

A2.5.1.6 Βλάβες σε τοιχοπληρώσεις

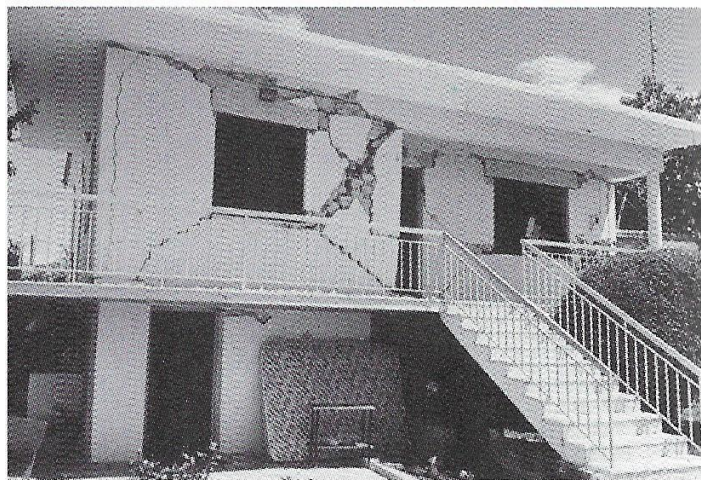
Οι συνήθεις βλάβες που εμφανίζονται στις τοιχοπληρώσεις κατά τη διάρκεια του σεισμού είναι οι εξής:

1. Παραμόρφωση του πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος και ρηγματώσεις στο επίχρισμα κατά μήκος της επαφής της τοιχοποιίας με το πλαίσιο. Όσο μεγαλύτερη παραμόρφωση έχει το πλαίσιο τόσο περισσότερες ρωγμές δημιουργούνται στην τοιχοποιία.
2. Μικρές και μεγάλες δισδιαγώνιες ρωγμές με κλιμακωτή μορφή.
3. Αποκόλληση της τοιχοποιίας από το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος.

Οι τοιχοπληρώσεις κατασκευάζονται με υλικά χαμηλότερης αντοχής και πλαστιμότητας – πλίνθοι, κονίαμα και σοβάς – σε σχέση με τα δομικά μέλη άρα είναι οι πρώτες που αστοχούν. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.620-622)



Εικόνα 41: Βλάβες στα φατνώματα των τοιχοπληρώσεων: α) αποκόλληση από το πλαίσιο, β) δισδιαγώνειες διαμπερείς ρωγμές. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.622)



Εικόνα 42: Βλάβες σε τοιχοπλήρωση. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.622)



Εικόνα 43: Διατμητική ρηγματώση σε τοιχοπλήρωση. (προσωπικό αρχείο)

A2.5.2 Χωρική κατανομή των βλαβών λόγω σεισμού σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

Κατά την κατακόρυφη διεύθυνση της κατασκευής, έχει παρατηρηθεί ότι οι πιο σοβαρές μορφές βλαβών συναντώνται στο ισόγειο. Το μέγεθος και η συχνότητα των βλαβών μειώνονται σταδιακά στους ανώτερους ορόφους. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.622)

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

Δρίτσος, Σ. (2005). *Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα*. Πάτρα, σελ. 13-33

Πενέλης, Γ., & Πενέλης, Γ. (2022). *Κτίρια από σκυρόδεμα σε σεισμογενής περιοχές*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, σελ. 608-624, 628-639

Πετρίδης, Χ. (2017). Γήρανση των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. *ΚΤΙΠΙΟ*(9), σσ. 77-84.

Στεφανίδου, Μ. (2023, Απρίλιος). Η γήρανση των δομικών υλικών. *ΚΤΙΠΙΟ*(4), σσ. 85-94.

ΦΕΚ 3197_B_22-06-2022. (2022). Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Διαδικτυακοί τόποι

Γιαννόπουλος Ιω. & Γιαννόπουλος Πλ., *Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα*,

http://www.teetrip.tee.gr/giannop_1.pdf

Δέμης Σ., *Σχεδιασμός ανθεκτικότητας κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος- Προβλήματα και προοπτικές*, 22^ο Φοιτητικό συνέδριο «Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών 2015», 10/01/2024

<http://www.episkeves2.civil.upatras.gr/wp-content/uploads/2016/03/Demis-Presentation-2016.pdf>

Μαυρουλέας Γ., *Ελαττώματα ή βλάβες στο μπετόν*, MONOSEIS, 15/08/2012,

<https://monwseis.gr/1-2/>

Ροββά Κ., *Σεισμός στη Λευκάδα – Γιατί άντεξαν στα ρίχτερ κτίρια 150 ετών*, Agriniopress, 13/11/2023

<https://www.agriniopress.gr/seismos-sti-leykada-giati-antexan-s/>

Σιώμος Ε., *Ενανθράκωση σκυροδέματος προβλήματα και λύσεις*, eletech.gr, 17/12/2023

<https://www.eletech.gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%AC%CE%BA%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82-%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/>

Aqua pure, *Προβλήματα από την υγρασία*, 15/02/2024

<https://aquapure.gr/humidity-problems/>

BuildingHow, *Προμέτρηση σκυροδέματος*, 25/10/2023

<https://buildinghow.com/el-gr/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%92%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%AF%CE%B1/%CE%A4%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CF%82-%CE%91/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BA%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82>

A3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Μετά από ένα σεισμό είναι ιδιαίτερα σημαντικός ο έλεγχος των βλαβών μιας κατασκευής για να αποφευχθούν μερικές ή ολικές καταρρεύσεις. Το κύριο μέλημα είναι η προστασία της ανθρώπινης ζωής σε περίπτωση μετασεισμών. Οι μηχανικοί καλούνται να εκτιμήσουν την απομένουσα αντοχή του φορέα, την πλαστιμότητα και τη δυσκαμψία των μελών και την επάρκεια του κτιρίου (αν είναι επιτρεπτή η χρήση του κτιρίου με μικρή πιθανότητα κινδύνου).

Για την εκτίμηση των παραπάνω χαρακτηριστικών της κατασκευής απαιτούνται εκτεταμένες αυτοψίες στο χώρο. Προσδιορίζονται οι τύποι βλαβών και ελέγχονται η γεωμετρία του στατικού συστήματος, η ποιότητα των υλικών, η τοποθέτηση του οπλισμού στις κρίσιμες περιοχές φερόντων στοιχείων και η ποιότητα του εδάφους της θεμελίωσης. Η γεωμετρία του φορέα και ο οπλισμός ελέγχονται με βάση τα αρχικά σχέδια του κτιρίου. Επιπλέον, πρέπει να προσδιοριστεί αν η σεισμική διέγερση υπερέβη το επίπεδο σεισμικής επικινδυνότητας που υπάρχει στον αντισεισμικό κανονισμό για της συγκεκριμένη ζώνη (περιοχή).

Η αποτίμηση των βλαβών ενός κτιρίου μπορεί να διενεργηθεί είτε σε έκτακτη ανάγκη μετά από σεισμό για να επιτραπεί ή όχι η χρήση του κτιρίου, είτε σε μια άλλη χρονική στιγμή ύστερα από απαίτηση της πολιτείας για δημόσια κτίρια ή του ιδιοκτήτη για ιδιωτικές κατασκευές. Γενικά η αποτίμηση της κατασκευής και η λήψη αποφάσεων σχετικά με τους βαθμούς βλάβης μπορεί να είναι υποκειμενικές αλλά υπάρχουν μερικές γενικές αρχές που πρέπει οι μηχανικοί να έχουν υπόψη τους.

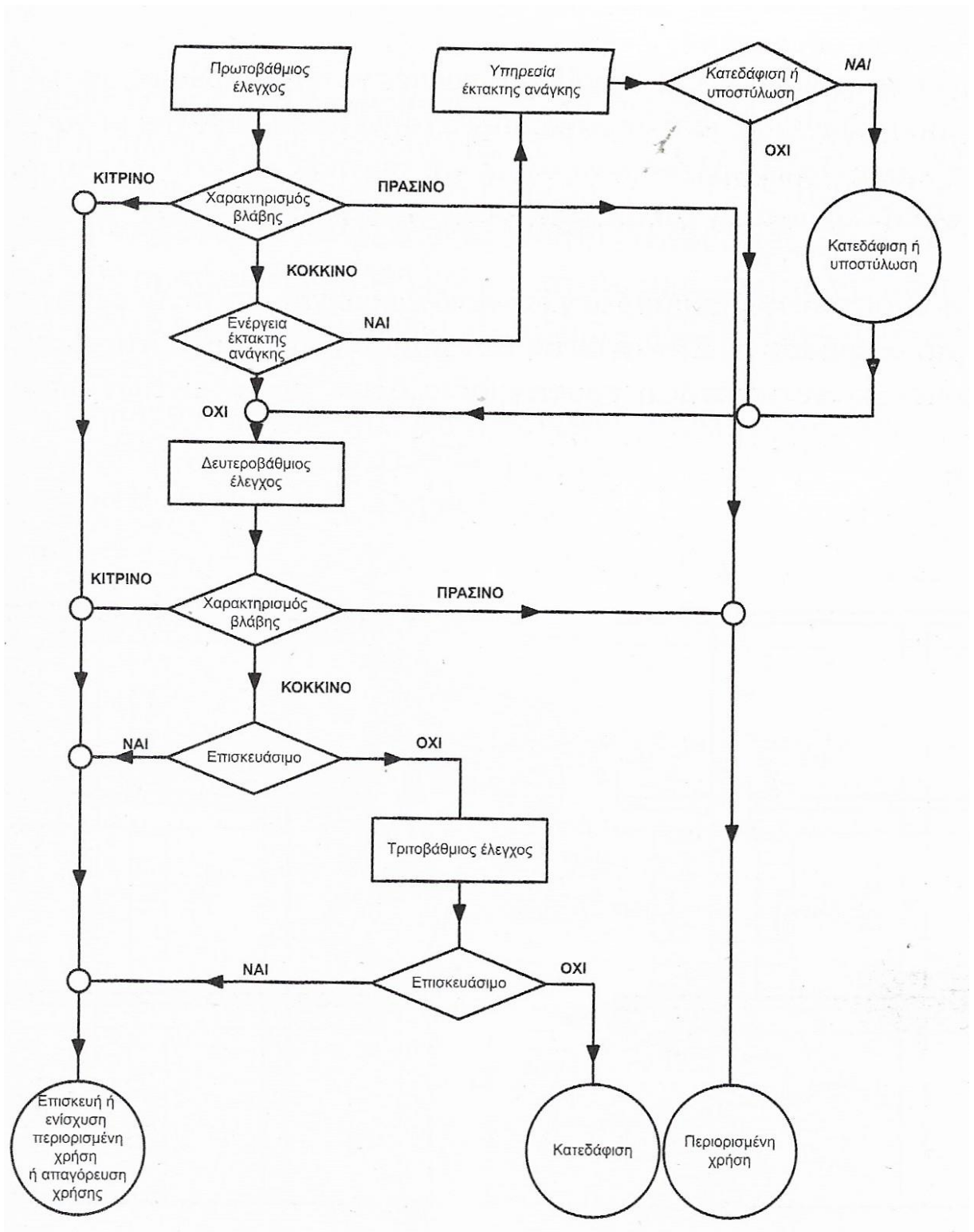
Έχει σημασία να σημειωθεί ότι οι επισκευές και οι ενισχύσεις στο φορέα αξίζει να εφαρμοστούν εφόσον υπάρχουν βλάβες σε κάποια τμήματα και όχι σε ολόκληρο το φορέα καθώς πιθανότατα θα προκύψει ένα αντιοικονομικό έργο. Για αυτό το λόγο υπάρχει περίπτωση να προτιμηθεί η ολοκληρωτική καθαίρεση του κτίσματος.

A3.1 Γενικές αρχές της αποτίμησης των βλαβών

1. Οι μηχανικοί πρέπει να έχουν άποψη για την ύπαρξη κινδύνου ολικής ή μερικής κατάρρευσης σε περίπτωση μετασεισμού. Αν το κτίριο δεν έχει υποστεί βλάβες στο στατικό του σύστημα στον κύριο σεισμό τότε δεν έχει υπερβεί την ελαστική του περιοχή, άρα σε αυτή την περίπτωση η πιθανότητα βλαβών ή κατάρρευσης είναι πολύ μικρή.
2. Μια κατασκευή που έχει υποστεί βλάβες στον κύριο σεισμό ενέχει κίνδυνο ολικής ή μερικής κατάρρευσης που προέρχεται από την αστοχία κατακόρυφων στοιχείων υπό

- την δράση κατακόρυφων φορτίων σε συνδυασμό με την οριζόντια σεισμική φόρτιση λόγω των μετασεισμών (αναμένεται να είναι μικρότερη από αυτή του κύριου σεισμού). Όταν στο στατικό σύστημα του κτιρίου έχουν εμφανιστεί βλάβες, η ελαστική περιοχή έχει υπερβληθεί και η αντίσταση της κατασκευής στα σεισμικά φορτία είναι μειωμένη.
3. Είναι απαραίτητη η γνώση της θέσης των κατακόρυφων στοιχείων δηλαδή η διάταξη του στατικού συστήματος. Αν τα αρχικά σχέδια δεν υπάρχουν πρέπει να εντοπιστούν με χρήση σφυριού και καλεμιού για να γίνει αξιόπιστη αποτίμηση.
 4. Για την εκτίμηση της απομένουσας αντοχής, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας πρέπει να εντοπιστούν βλάβες στο στατικό σύστημα αλλά και στους τοίχους πλήρωσης. Οι πιο επικίνδυνες βλάβες είναι στα κατακόρυφα στοιχεία και ιδιαίτερα στο ισόγειο. Επίσης αρκετά σοβαρές βλάβες είναι η συντριβή του σκυροδέματος στη κορυφή και στον πόδα του υποστυλώματος με λυγισμό του διαμήκουσ οπλισμού, διατμητικές ρωγμές σε τοιχώματα και κοντά υποστυλώματα. Οι χιαστί ρωγμές σε τοίχους πλήρωσης που συνοδεύονται με απόκλιση από την κατακόρυφο είναι ανησυχητικές. Ρωγμές σε οριζόντια φέροντα στοιχεία και αποφλοίωση σε κατακόρυφα στοιχεία δεν είναι ιδιαίτερα ανησυχητικές.
 5. Τέλος ο μηχανικός μπορεί να πάρει μία από τις ακόλουθες αποφάσεις:
 - i. Να επιτραπεί η χρήση του κτιρίου χωρίς κανένα περιορισμό αν δεν εμφανίζει ορατές βλάβες στο στατικό σύστημα (χαρακτηρισμός με πράσινο χρώμα).
 - ii. Κτίριο προσωρινά μη χρησιμοποιήσιμο λόγω περιορισμένων βλαβών, περιορισμός πρόσβασης των ενοίκων με δικιά τους ευθύνη μέχρι να επισκευαστούν οι βλάβες (χαρακτηρισμός με κίτρινο χρώμα).
 - iii. Κτίριο εκτός χρήσης λόγω εκτεταμένων βλαβών μέχρι να αποφασιστεί είτε η επισκευή είτε η κατεδάφιση του με βάση λεπτομερή μελέτη (χαρακτηρισμός με κόκκινο χρώμα).
 - iv. Ετοιμόρροπο κτίριο όπου εφαρμόζονται μέτρα υποστύλωσης και απαγόρευση κυκλοφορίας στην περιοχή γύρω από την κατασκευή.

Συνήθως , η πρώτη και η τελευταία κατηγορία είναι διακριτές σε σχέση με τις άλλες δύο. Η διάκριση μεταξύ της κόκκινης και της κίτρινης κατηγορίας δεν είναι πάντα εύκολη οπότε αν υπάρχει αμφιβολία λαμβάνεται η πιο συντηρητική απόφαση. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ. 644-645)



Εικόνα 44: Διάγραμμα της διαδικασίας ελέγχων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.647)

A3.2 Πρωτοβάθμιος και δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος

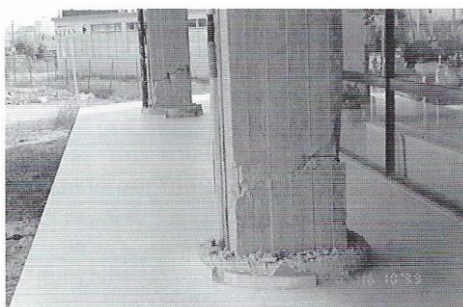
Η έγκαιρη ενημέρωση των αρχών για κτίρια που χρειάζονται άμεση υποστήλωση ή κατεδάφιση είναι προτεραιότητα των ομάδων αυτοψίας κατά τη διάρκεια των πρωτοβάθμιων και των δευτεροβάθμιων ελέγχων. Ο πρωτοβάθμιος και ο δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος θα μπορούσαν να εφαρμοσθούν και στα ιδιωτικά κτίρια για μια αρχική εκτίμηση σεισμικής διακινδύνευσης. (Παπαχρηστίδης)

Γενικά:

1. Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος (TOE), για την πρώτη καταγραφή και ταχεία αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των κτιρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης.
2. Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος για την προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας με βάση αναλυτικότερους υπολογισμούς και (μη καταστροφικό) έλεγχο ποιότητας των υλικών, για όσα κτίρια προκύψει ανεπαρκής σεισμική ικανότητα με βάση τα αποτελέσματα του TOE.
3. Τριτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος που περιλαμβάνει την αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας σε πρώτη φάση και ενδεχομένως σύνταξη μελέτης αποκατάστασης- ενίσχυσης, για όσα κτίρια προκύψει τοπική ή γενική σεισμική ανεπάρκεια κατά την αποτίμηση.

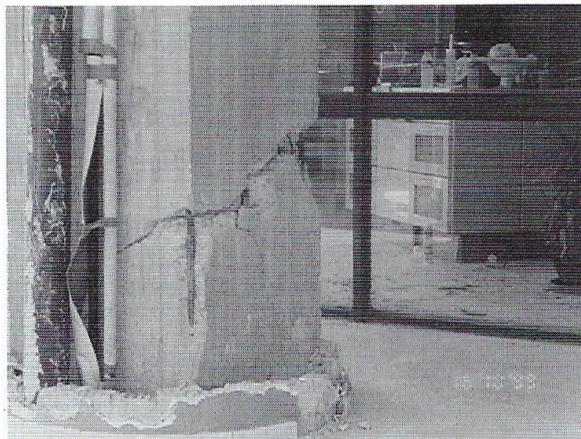
A3.3 Βαθμοί βλάβης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

1. Ελαφρές βλάβες (βλάβες βαθμού Α και Β): Συνήθως απλές ρηγματώσεις. Τα στοιχεία παρουσιάζουν μεμονωμένες ρωγμές μικρού εύρους <2mm λόγω τοπικών αδυναμιών (αρμοί διακοπής σκυροδέτησης, ανεπαρκές μήκος αγκύρωσης). Ακόμα τα στοιχεία μπορούν να παρουσιάσουν πολλές ρωγμές λόγω κάμψης ή μεμονωμένες λοξές ρωγμές λόγω διάτμησης μικρού εύρους <0.5mm (δεν πρέπει να παρατηρείται μετακίνηση στο σκελετό).



Εικόνα 45: Ρηγματώση υποστυλώματος λόγω κάμψης. (Σπυράκος 2004, σελ.152)

2. Σοβαρές βλάβες (βλάβες βαθμού Γ): Συνήθως μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος. Παρατηρείται ρηγματώση μεγάλου πλάτους και τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος από θλίψη ή διάτμηση.

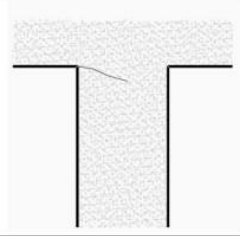
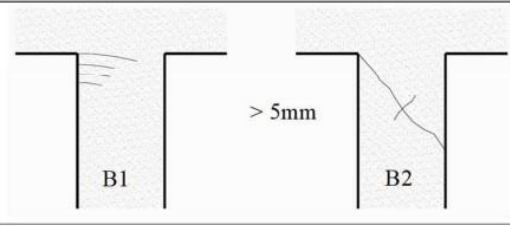
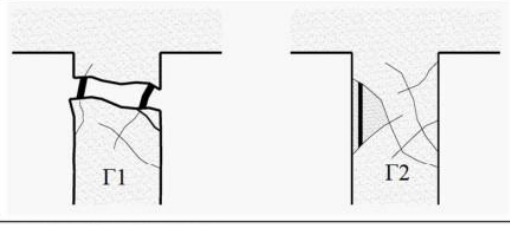
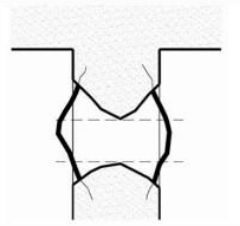


Εικόνα 46: Τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε υποστύλωμα. (Σπυράκος 2004, σελ.15)

3. Βαριές βλάβες (βλάβες βαθμού Δ): Παρατηρείται θραύση του σκυροδέματος στο στοιχείο, λυγισμός των διαμηκών ράβδων και θραύση ή διαρροή των συνδετήρων.



Εικόνα 47: Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος και λυγισμός των ράβδων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|---------------|---|-----------|---|
| Περιορισμένης σπουδαιότητας | Ελαφρές βλάβες | A |  | $d=0$ | d: η σχετική μετακίνηση των άκρων του στοιχείου |
| | | B |  | $d \ll$ | |
| Επηρεάζουν την ασφάλεια του συνόλου | Σοβαρές | Γ |  | $d < 1\%$ | |
| | Βαρίες | Δ ή Δ/Ε |  Λυγισμός ή και θραύση ράβδων, άνοιγμα ή και θραύση συνδετήρων | $d > 2\%$ | |

Εικόνα 48: Τυπικοί βαθμοί βλαβών υποστυλωμάτων (και δοκών). (KAN.ΕΠΕ. 2022)

A3.4 Στάθμες επιτελεστικότητας σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Οι στάθμες επιτελεστικότητας του φέροντος οργανισμού και οι αντίστοιχες οριακές βλάβες ορίζονται ως εξής:

1. Άμεση χρήση μετά τον σεισμό (A) είναι μια κατάσταση κατά την οποία καμιά λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό σχεδιασμού, εκτός από δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες. Ως αντίστοιχες οριακές βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για το φέροντα οργανισμό: Καμπτικές ρωγμές (ανοίγματος μέχρι περίπου 2mm), χωρίς ευδιάκριτες μόνιμες οριζόντιες μετακινήσεις υποστυλωμάτων.
2. Προστασία ζωής (B) είναι μια κατάσταση κατά την οποία κατά τον σεισμό σχεδιασμού αναμένεται να παρουσιασθούν σημαντικές αλλά επισκευάσιμες βλάβες, χωρίς όμως να προκληθεί θάνατος ή σοβαρός τραυματισμός ατόμων εξαιτίας των βλαβών αυτών, και χωρίς να συμβούν ουσιώδεις βλάβες στην οικοσκευή ή τα αποθηκευμένα στο κτίριο αγαθά. Ως αντίστοιχες οριακές βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για το φέροντα οργανισμό: Καμπτικές και διατμητικές ρωγμές, περιορισμένες απολεπίσεις

τεμαχίων σκυροδέματος, τοπικοί λυγισμοί διαμηκών ράβδων οπλισμού και άνοιγμα ορισμένων αγκίστρων συνδετήρων σε λίγους στύλους, μικρές γενικώς οριζόντιες μετακινήσεις.

3. Οιονεί κατάρρευση (Γ) είναι μια κατάσταση κατά την οποία κατά τον σεισμό σχεδιασμού αναμένεται να παρουσιασθούν εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές (μη επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες στον φέροντα οργανισμό, ο οποίος όμως έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία (κατά, και για ένα διάστημα μετά, τον σεισμό), χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης. Ως αντίστοιχες οριακές βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για το φέροντα οργανισμό: Εκτεταμένες θραύσεις και αποδιοργάνωση πυρήνα σκυροδέματος, τοπικές θραύσεις οπλισμών, μεγάλες μόνιμες οριζόντιες μετακινήσεις.

A3.5 Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ)

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) που αφορά δράσεις ή αντιστάσεις εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών του υφισταμένου κτιρίου και λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Η Σ.Α.Δ. δεν είναι αναγκαστικώς ενιαία για ολόκληρο το κτίριο. Προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών.

Διακρίνονται τρεις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων:

1. Υψηλή»
2. Ικανοποιητική
3. Ανεκτή

Τα δεδομένα όπου εξετάζονται είναι το είδος και η γεωμετρία του φορέα θεμελίωσης, το είδος και η γεωμετρία του φορέα ανωδομής, το είδος και η γεωμετρία των τοιχοπληρώσεων, τα ίδια βάρη επιστρώσεων και η όπλιση των δομικών μελών. Συγκεκριμένα για τον οπλισμό εξετάζουμε τη διάταξη του οπλισμού και τη διάμετρο των ράβδων, τις αγκυρώσεις, τις ματίσεις και τις αναμονές αλλά και την αγκύρωση των συνδετήρων (κλείσιμο).

Τα δεδομένα μπορεί να προέρχονται από:

1. Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί.

2. Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί, με λίγες τροποποιήσεις που εντοπίστηκαν κατά τη διερεύνηση.
3. Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά, σε μορφή κειμένου υπομνήματος, σε σχέδιο της αρχικής μελέτης.
4. Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα.
5. Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσο τρόπο.
6. Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση του μηχανικού.

| ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ | | ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ | ΔΕΔΟΜΕΝΑ | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------------------|---|---|-------|--------|---|-------|--------|--|-------|---|
| | | | | ΣΑΔΓ (= η δυσμενέστερη μεταξύ των ΣΑΔΓ1 & ΣΑΔΓ2) | | | | | | ΣΑΔΔ | | |
| | | | | ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ (ΣΑΔΓ1) | | | ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ. (ΣΑΔΓ2) | | | ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ | | |
| ΥΠΑΡΧΟΥΝ | ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ | | Ανεκτή | Ικανοποιητική | Υψηλή | Ανεκτή | Ικανοποιητική | Υψηλή | Ανεκτή | Ικανοποιητική | Υψηλή | |
| ✓ | | 1 | Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί χωρίς τροποποιήσεις. | (1) | | | ✓ | | | ✓ | | ✓ |
| ✓ | | 2 | Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις. | (2) | | | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| ✓ | | 3 | Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης) | (3) | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | |
| | ✓ | 4 | Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα | (4) | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| | ✓ | 5 | Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο | (5) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| | ✓ | 6 | Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού | (6) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |

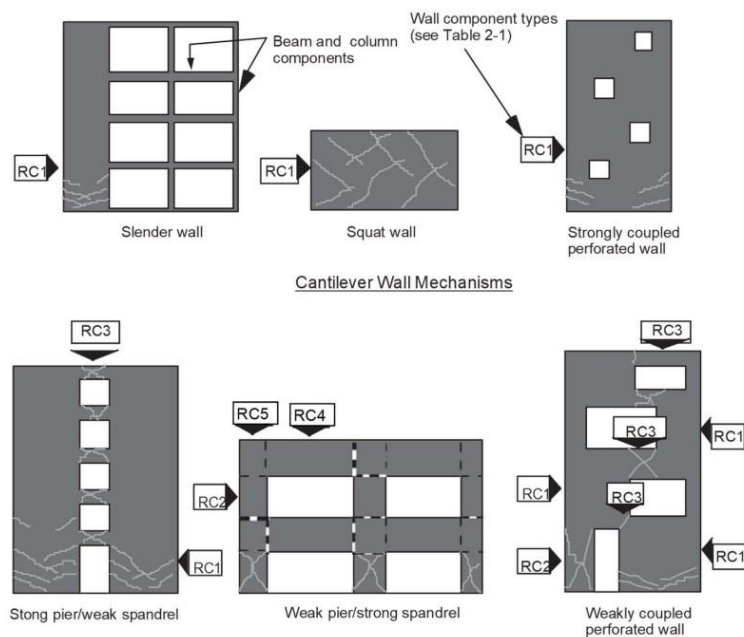
Εικόνα 49: Επιλογή Σ.Α.Δ. σύμφωνα με τα δεδομένα. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2022)

A3.6 Αμερικανική οδηγία FEMA 306

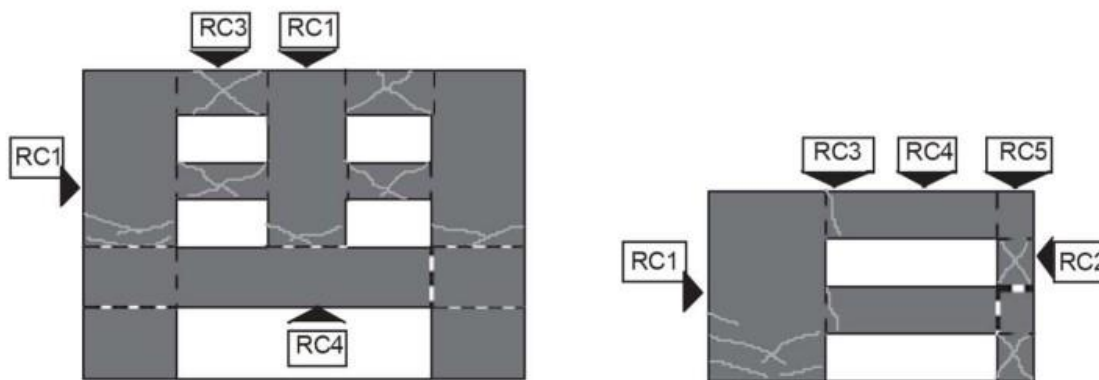
Η Αμερικάνικη οδηγία FEMA 306 είναι ένα πολύ λεπτομερές κείμενο που δίνει αναλυτικά όλες τις ενέργειες που πρέπει να λάβουν χώρα κατά την αποτίμηση της κατάστασης ενός κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα ή τοιχοποιία που υπέστη βλάβη από σεισμό.

| Τύπος στοιχείου | | Περιγραφή |
|-----------------|---|--|
| RC1 | Τοίχωμα πρόβολος ή ισχυρό τοίχωμα. | Αυτός ο τύπος στοιχείου είναι ισχυρότερος απ' τις δοκούς (ή γενικότερα τα οριζόντια στοιχεία) που μπορεί να σχηματίζουν πλαίσια μαζί του, με τρόπο ώστε η μη-γραμμική συμπεριφορά (και οι βλάβες) είναι γενικά συγκεντρωμένη στη βάση, με σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης ή διατμητική αστοχία. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει επίσης μεμονωμένα τοιχώματα (μορφής πρόβολου). Εάν υπάρχει μεταβολή της γεωμετρίας ή του σπλισμού καθ' ύψος, θα πρέπει να ελέγχεται και η θέση αυτή για μη-γραμμική συμπεριφορά. |
| RC2 | Ασθενές τοίχωμα | Αυτός ο τύπος στοιχείου είναι ασθενέστερος απ' τα οριζόντια στοιχεία με τα οποία συνδέεται. Οι βλάβες χαρακτηρίζονται απ' τη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στην κορυφή και τη βάση του τοιχώματος ή από διατμητική αστοχία. |
| RC3 | Ασθενή οριζόντια στοιχεία (ή δοκοί σύζευξης) | Αυτός ο τύπος στοιχείου είναι ασθενέστερος απ' τα τοιχώματα με τα οποία συνδέεται. Οι βλάβες χαρακτηρίζονται από δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα σου, διατμητική αστοχία, ή διατμητική ολίσθηση. |
| RC4 | Ισχυρά οριζόντια στοιχεία | Αυτός ο τύπος στοιχείου δεν αναμένεται να εμφανίσει βλάβες καθώς είναι ισχυρότερος απ' τα στοιχεία με τα οποία συνδέεται. Σε περίπτωση που εμφανίσει βλάβες θα πρέπει να ταξινομηθεί ως RC3. |
| RC5 | Περιοχή σύνδεσης τοιχώματος με οριζόντια στοιχεία | Αφορά την περιοχή σύνδεσης του τοιχώματος με τα οριζόντια στοιχεία. Υψηλές διατμητικές δυνάμεις μπορεί να προκαλέσουν ρηγμάτωση. Οι σοβαρές βλάβες δεν είναι και συχνές στο σπλισμένο σκυρόδεμα και την τοιχοποιία. |

Εικόνα 50: Τύποι στοιχείων σύμφωνα με τη FEMA 306. (FEMA 306)



Εικόνα 51: Κατηγοριοποίηση των στοιχείων σύμφωνα με τη FEMA 306. (FEMA 306)



Εικόνα 52: Κατηγοριοποίηση των στοιχείων σύμφωνα με τη FEMA 306. (FEMA 306)

A3.7 Άμεσα μέτρα προσωρινής υποστήριξης

Η άμεση υποστήριξη είναι αναγκαία σε κτίρια που παρουσιάζουν σοβαρές βλάβες στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία ή μεγάλη απόκλιση από την κατακόρυφο. Μέσω της προσωρινής υποστήριξης τα βλαμμένα στοιχεία απαλλάσσονται από τα φορτία τους και ο κίνδυνος κατάρρευσης σε περίπτωση μετασεισμού μειώνεται. Επίσης, οι προσωρινές υποστηρίξεις δημιουργούν συνθήκες ασφαλείας για όλο το τεχνικό προσωπικό που μπορεί να βρίσκεται στο εργοτάξιο.

Η υποστήριξη πρέπει να εφαρμόζεται στα κατακόρυφα στοιχεία του ορόφου όπου παρουσιάζουν βλάβες. Όμως πρέπει να ελέγχονται και οι παρακείμενοι δοκοί, γιατί αν η φέρουσα ικανότητα τους δεν επαρκεί πρέπει να υποστηριχθούν και άλλα αδύναμα σημεία στον όροφο.

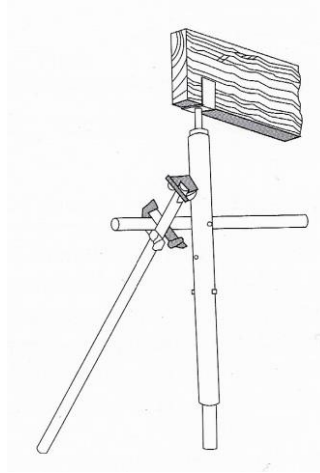
Σε περιπτώσεις πλευρικής αστάθειας στο κτίριο λόγω απόκλισης από την κατακόρυφο συνίσταται πλευρική υποστήριξη με τη μορφή αντηρίδων ή διαγώνιων συνδέσμων μεταξύ των πλαισίων. Επιπλέον, για υποστήριξη κτιρίων που κινδυνεύουν να καταρρεύσουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελκυστήρες. Τα άμεσα μέτρα υποστήριξης σχεδιάζονται με τη βοήθεια προσεγγιστικής ανάλυσης και σχεδιασμού ώστε να προσδιοριστεί το μέγεθος των δράσεων και των τάσεων. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ.648)

A3.7.1 Τεχνικές για την υποστήριξη κατακόρυφων φορτίων

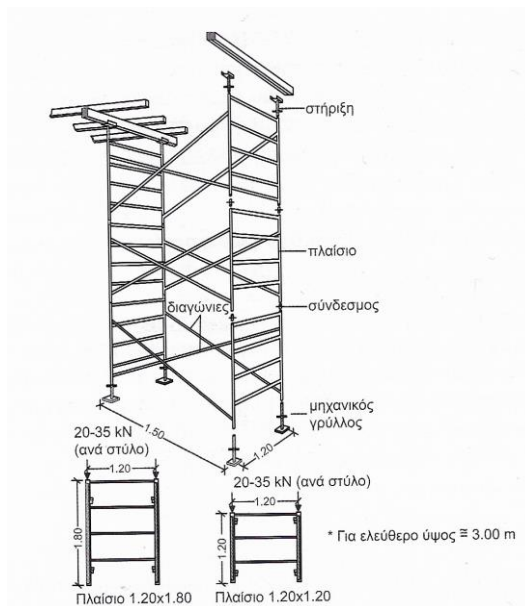
A3.7.1.1 Μεταλλικά ικρίσματα βιομηχανικού τύπου

Τα μεταλλικά ικρίσματα βιομηχανικού τύπου χρησιμοποιούνται για παραλαβή μικρών φορτίων. Γίνεται χρήση μεταλλικές σωληνοειδής ράβδοι βιομηχανικού τύπου με φέρουσα ικανότητα 20 kN και ύψος 3 m. Για την υποστήριξη πλακών ή δοκών χρησιμοποιούνται

προκατασκευασμένοι μεταλλικοί πύργοι που σφηνώνονται στην αντιστηριζόμενη επιφάνεια με τη βοήθεια κοχλιών. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ.649-650)



Εικόνα 53: Μεμονωμένο μεταλλικό στήριγμα βιομηχανικού τύπου. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.649)

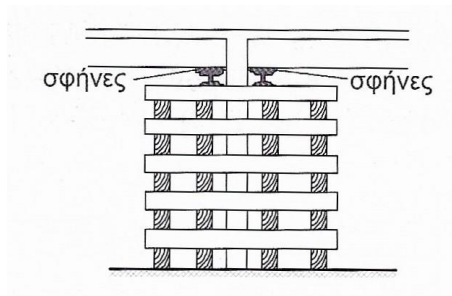


Εικόνα 54: Μεταλλικός πύργος βιομηχανικού τύπου. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.650)

A3.7.1.2 Ξύλο

Για την παραλαβή κατακόρυφων φορτίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξύλινα στοιχεία με τη μορφή κορμών ή στύλων ή εσχάρων ξύλινων δοκών. Για κάθε βλαμμένο υποστύλωμα πρέπει να χρησιμοποιείται τουλάχιστον ένας στύλος σε κάθε πλευρά του. Αν

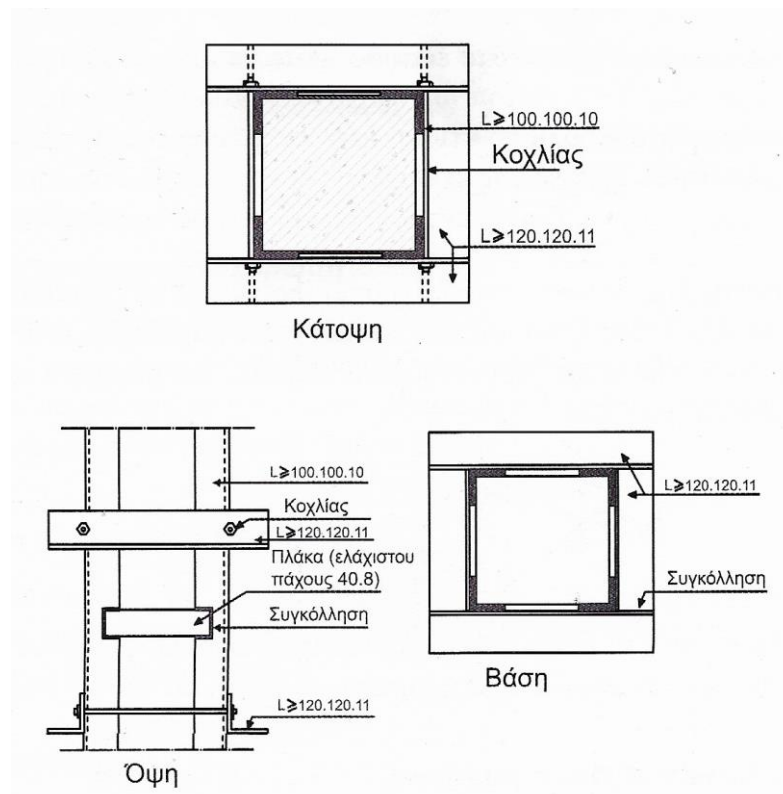
χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα στοιχεία υποστήριξης είναι απαραίτητα να συνδέονται μεταξύ τους με χιαστί συνδέσμους. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ.649-650)



Εικόνα 55: Υποστήριξη με εσχάρα ξύλινων δοκών. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.650)

A3.7.1.3 Χαλύβδινες πρότυπες διατομές (προφίλ)

Τα προφίλ χρησιμοποιούνται ως άμεση ενίσχυση των βλαμμένων υποστυλωμάτων. Ύστερα το προφίλ μπορεί να ενσωματωθεί σε μανδύα σκυροδέματος. Ακόμα, προτείνεται περίδεση των κατακόρυφων χαλύβδινων γωνιών στο υποστύλωμα με εγκάρσιες γωνίες και προεντεταμένους συνδέσμους πριν τη συγκόλληση των εγκάρσιων συνδετικών λαμών στις κατακόρυφες γωνίες. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ.650-51)

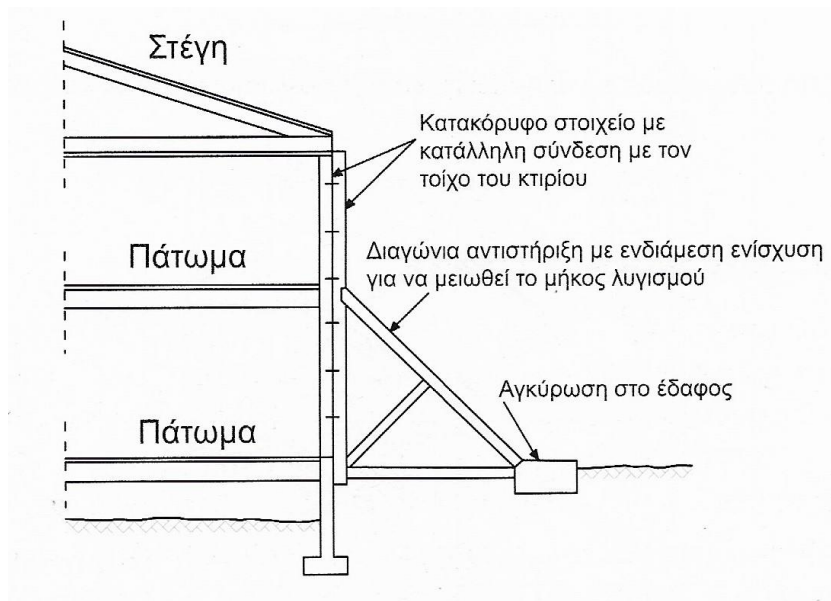


Εικόνα 56: Περίδεση υποστυλώματος με προφίλ. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.651)

A3.7.2 Τεχνικές για την παραλαβή οριζόντιων φορτίων

A3.7.2.1 Αντιστήριξη με αντηρίδες

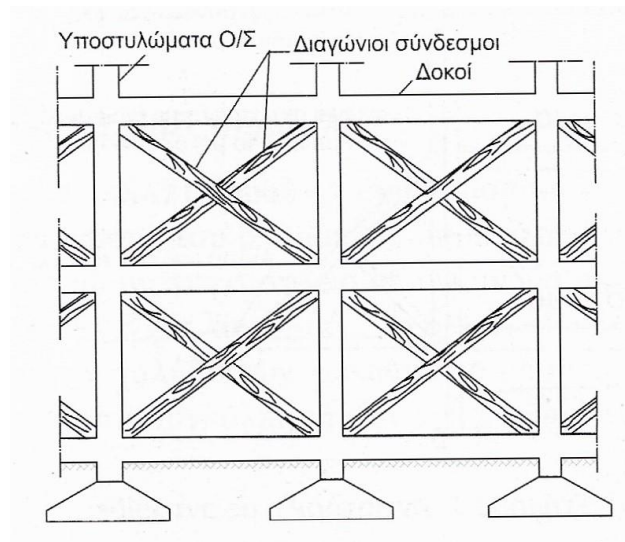
Ο πιο συχνός τρόπος για την παραλαβή των οριζόντιων φορτίων. Η βλάβη που δημιουργείται στο στοιχείο οφείλεται στην απόκλιση από την κατακόρυφο ή σε καθίζηση της θεμελίωσης. Περισσότερο χρησιμοποιούνται ξύλινα στοιχεία παρά μεταλλικά. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ.651-652)



Εικόνα 57: Αντιστήριξη με αντηρίδες. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.651)

A3.7.2.2 Ενίσχυση με διαγώνιες χιαστί ράβδους

Με τη χρήση διαγώνιων ξύλινων ή μεταλλικών ράβδων εμποδίζεται η οριζόντια παραμόρφωση και τα φορτία μεταφέρονται στα κατακόρυφα στοιχεία χωρίς βλάβες. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου δεν μπορεί να γίνει υποστήλωση με αντηρίδες. (Πενέλης και Πενέλης, 2022, σελ.652-653)



Εικόνα 58: Υποστήριξη με χιαστί συνδέσμους. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.651)

A3.8 Διαδικασία διάγνωσης βλαβών

Η σωστή διαδικασία διάγνωσης των βλαβών είναι αρκετά σημαντική και περιλαμβάνει την οπτική αξιολόγηση της κατασκευής και τις ενόργανες μεθόδους. Η διάγνωση έχει ως σκοπό την απόκτηση επαρκών στοιχείων και των πληροφοριών για την αποτίμηση του κτιρίου. Επιπλέον, πρέπει να προσδιοριστούν σωστά οι θέσεις των εξεταζόμενων δειγμάτων γιατί αφορούν άμεσα την εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων για ολόκληρο το φορέα. Ο αριθμός των ελέγχων πρέπει να είναι επαρκής για κάθε δομικό μέλος ώστε να εκτιμηθεί η βλάβη και να επιλεγεί η κατάλληλη επέμβαση.

Η διάγνωση ξεκινά πάντα με οπτικό έλεγχο για την απόκτηση μιας εποπτικής εικόνας του κτιρίου και των βλαβών που έχουν δημιουργηθεί. Οι οπτικές παρατηρήσεις καταγράφονται σε πρόχειρα σχέδια κατόψεων και όψεων. Τα σχέδια πρέπει να περιλαμβάνουν την ταυτότητα και τον προσανατολισμό του κτίσματος. Μετά την ολοκλήρωση του οπτικού ελέγχου ο μηχανικός καταλήγει στα αίτια των βλαβών και επιλέγει μεθόδους διάγνωσης και τις περιοχές που θα εξεταστούν. Ύστερα προσδιορίζονται οι θέσεις και μετριοούνται οι κατακόρυφες αποστάσεις από το επίπεδο του εδάφους. Οι οριζόντιες αποστάσεις πρέπει μετριοούνται από μια θέση αναφοράς όπου συνήθως είναι η γωνία κάποιου υποστυλώματος.

Όταν οι έλεγχοι ολοκληρωθούν πρέπει να καθορισθεί ακριβώς η αιτία, η έκταση και η πιθανή ανάπτυξη των βλαβών. Αν ο επακριβής προσδιορισμός των αιτιών δεν μπορεί να καθορισθεί τότε εκτελούνται και άλλοι συμπληρωματικοί έλεγχοι. Εφόσον τα αποτελέσματα δεν επαληθεύουν την αρχική εκτίμηση, πρέπει να αναθεωρηθεί και να γίνουν περαιτέρω έλεγχοι.

A3.9 Μέθοδοι και όργανα διάγνωσης βλαβών

Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι για έλεγχο και διάγνωση βλαβών που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος αλλά και της διαβρωτικής δράσης στο σκυρόδεμα και στο χάλυβα του οπλισμού. Μέσω των ελέγχων εκτιμάται η αντοχή του σκυροδέματος και οι περιοχές που εμφανίζουν ρηγματώσεις, αποφλοιώσεις και μειωμένη πυκνότητα.

Οι πιο βασικές κατηγορίες ελέγχων είναι οι μη καταστροφικοί, οι καταστροφικοί, οι επιτόπου χημικοί και η καθολική φόρτιση. Επιπρόσθετα, υπάρχουν και συμπληρωματικοί έλεγχοι για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι συμπληρωματικοί έλεγχοι είναι:

1. Έλεγχοι της γεωμετρίας των δομικών στοιχείων του φορέα:
 - i. Μέτρηση των διαστάσεων των διατομών και του μήκους των μελών
 - ii. Μέτρηση του εύρους των ρωγμών
 - iii. Μέτρηση των παραμενουσών παραμορφώσεων με τοπογραφικά όργανα
2. Έλεγχοι της θεμελίωσης και του εδάφους έδρασης
 - i. Μέτρηση των διαστάσεων της θεμελίωσης
 - ii. Εδαφολογικός έλεγχος (λήψη και εξέταση δειγμάτων υπεδάφους)

A3.9.1 Μη καταστροφικοί έλεγχοι

Με τους μη καταστροφικούς ελέγχους γίνεται η έμμεση εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος όμως ενδέχεται να περιέχει σημαντικό ποσοστό σφάλματος. Οι κυριότεροι μη καταστροφικοί έλεγχοι είναι: (Σπυράκος 2004, σελ. 20-25)

1. Οπτικός έλεγχος: Ο οπτικός έλεγχος είναι μια απλή, γρήγορη και οικονομική εκτίμηση της επιφανειακής κατάστασης των στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζονται ρηγματώσεις, αποφλοιώσεις και επιφανειακές ατέλειες. Συνήθως, ο μηχανικός χρησιμοποιεί μεγεθυντικό φακό και χάρακα. Ο οπτικός έλεγχος δεν μπορεί να ανιχνεύσει προβλήματα στο πυρήνα του σκυροδέματος.
2. Κρουσιμέτρηση: Ο έλεγχος με κρουσίμετρο είναι ο πιο συνήθης μη καταστροφικός έλεγχος γιατί η μέθοδος είναι απλή και αξιόπιστη. Με αυτή τη μέθοδο προσδιορίζεται η σκληρότητα της επιφάνειας του σκυροδέματος σε σχέση με το ύψος της αναπήδησης του κρουσίμετρου. Ο δείκτης επιφανειακής σκληρότητας για το σκυρόδεμα έχει μικρότερο ποσοστό σφάλματος για ηλικίες σκυροδέματος μεταξύ 14 ημερών και 3 μηνών. Γενικά απαιτούνται κατ' ελάχιστο 8 έλεγχοι ανά όροφο και 16 ανά κτίριο.

Η κρουσιμέτρηση πρέπει να συνδυάζεται και με άλλη μέθοδο για να είναι πιο ακριβή τα αποτελέσματα καθώς απαιτούνται συχνές βαθμονομήσεις του οργάνου ανάλογα με τον τσιμέντου και την ποιότητα των αδρανών που συναντάμε. Επιπλέον, τα αποτελέσματα επηρεάζονται από τις επιφανειακές συνθήκες και τις διαστάσεις του στοιχείου. Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι επαρκής για βάθος μέχρι 30 mm. Είναι μέγιστης σημασίας η επιφάνεια να είναι απολύτως λεία για μεγαλύτερη αξιοπιστία. Ακατάλληλες επιφάνειες δεν είναι μόνο οι ανώμαλες αλλά και αυτές που προκύπτουν από κοπή. Επιπρόσθετα, η μέτρηση πρέπει να γίνεται σε ξηρό στοιχείο και όχι σε δοκίμιο με υψηλό ποσοστό υγρασίας. Μεγάλη απόκλιση μεταξύ της πραγματικής αντοχής του σκυροδέματος και αυτής που μετράται είναι ο βαθμός και το βάθος της ενανθράκωσης. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να αφαιρεθεί μια επιφανειακή στρώση πάχους 5 mm από το στοιχείο.



Εικόνα 59: Μέτρηση με κρουσίμετρο. (Βασιλούδας 2017)

3. Χρήση υπερήχων: Με τη χρήση υπέρηχων μπορεί να εκτιμηθεί η ποιότητα και η ομοιομορφία του σκυροδέματος. Η μέθοδος είναι δημοφιλής γιατί με τη βοήθεια της εκτιμάται η θλιπτική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας και η σταθερά Poisson. Οι τιμές που προκύπτουν από την υφή της επιφάνειας, την υγρασία και τη θερμοκρασία, τη διαμόρφωση του οπλισμού, την πυκνότητα του σκυροδέματος και τις διαβαθμίσεις των αδρανών και τις εσωτερικές ατέλειες.

Η συσκευή αποτελείται από δύο κρυστάλλους που χρησιμοποιούνται ως πομπός και δέκτης και ένα μετρητή που προσδιορίζει το χρόνο που χρειάζεται ο υπέρηχος για να διανύσει το υπό εξέταση δοκίμιο σκυροδέματος. Για να περάσει το σύνολο των υπερηχητικών κυμάτων μέσα στη μάζα σκυροδέματος πρέπει να τοποθετείται μια

λιπαντική ουσία μεταξύ των κρυστάλλων και του σκυροδέματος για να καλύπτει τις εξωτερικές ατέλειες του σκυροδέματος.



Εικόνα 60: Προσδιορισμός βάθους ρωγμής με υπέρηχο. (Σιδέρης)

4. Μαγνητική μέθοδος: Η δημιουργία μαγνητικού πεδίου με τη χρήση βαθμονομημένων συσκευών χρησιμοποιείται για το προσδιορισμό της θέσης και της διαμέτρου του οπλισμού με σημείο αναφοράς την επιφάνεια του σκυροδέματος, αλλά και το πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος. Τα όργανα μπορεί να μετρήσουν την επικάλυψη με ένα σφάλμα $\pm 10\%$ για βάθος μέχρι 180 mm.

Σε περίπτωση που εξετάζεται πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, η μέτρηση είναι πιο αποδοτική για τον εντοπισμό του οπλισμού πλακών με μια στρώση οπλισμού. Η αξιοπιστία μειώνεται σε πλάκες οπλισμένες με πλέγμα και σε δοκούς και υποστρώματα με περισσότερες από μια στρώσεις οπλισμού. Τέλος, το μηχάνημα χρειάζεται ειδική βαθμονόμηση όταν το σκυρόδεμα περιέχει συστατικά με μαγνητικά στοιχεία (ποζολάνες, άμμος).

5. Μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού σιδηροοπλισμού: Η μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού ράβδων οπλισμού σκυροδέματος είναι κριτήριο του κινδύνου διάβρωσης του οπλισμού και ένδειξη ηλεκτροχημικών αντιδράσεων που έχουν συντελεστεί στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Όμως, μέσω της μέτρησης δεν δίνονται πληροφορίες για το βαθμό της διάβρωσης (ποσοστό απομείωσης της διατομής).

Συνήθως, η μέτρηση γίνεται με χρήση ηλεκτροδίου χαλκού ή χαλκού – θεικού οξέος. Το ένα άκρο του ηλεκτροδίου συνδέεται με βολτόμετρο και το άλλο με τη ράβδο του οπλισμού. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε κομβικά σημεία του φορέα για να βρεθεί η πιθανότητα διάβρωσης.

6. Ακτινογράφιση με ακτίνες X και Γ: Οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται για το προσδιορισμό της θέσης των ράβδων οπλισμού αλλά και της πυκνότητας και της σύστασης του υλικού. Με τις ακτίνες Γ εντοπίζονται κενά και υπολογίζεται η διάμετρος των ράβδων.

Ο έλεγχος δεν είναι ακριβής για πάχος σκυροδέματος μεγαλύτερο από 30 cm. Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μειώνεται αν υπάρχουν περισσότερες από μια στρώσεις οπλισμού στο στοιχείο. Τέλος, απαιτείται πρόσβαση και στις δύο πλευρές του στοιχείου που ελέγχεται.

7. Θερμογράφιση με υπέρυθη ακτινοβολία: Η μέθοδος χρησιμοποιείται για την ανίχνευση διάβρωσης, εσωτερικών ρωγμών, κενών, αυξημένου πορώδους και αλλαγών στη σύσταση του σκυροδέματος.

Στο υπό έλεγχο στοιχείο τοποθετείται στη μια πλευρά του μια πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας και καταγράφεται και αναλύεται η ροή υπέρυθρης ενέργειας. Τα κενά και οι ασυνέχειες στο σώμα του σκυροδέματος διαταράσσουν τη ροή της ακτινοβολίας και έτσι εντοπίζονται.

A3.9.2 Ημι-καταστροφικοί έλεγχοι

Η βλάβη που θα προκαλέσει ένας έλεγχος στην υπάρχουσα κατασκευή πρέπει να είναι περιορισμένη, για αυτό χρησιμοποιούνται ημικαταστροφικοί έλεγχοι. (Σπυράκος 2004, σελ. 25-29)

1. Λήψη πυρήνων: Με τη λήψη πυρήνων εξετάζεται η γενική κατάσταση του σκυροδέματος, η θέση και του μέγεθος του οπλισμού και την ύπαρξη ρωγμών η την αποδιοργάνωση του στοιχείου. Επιπρόσθετα από τους πυρήνες προσδιορίζεται το είδος των αδρανών, την ύπαρξη χλωριόντων και τη διάβρωση του οπλισμού. Η μέθοδος είναι πολύ αξιόπιστη όμως έχει υψηλό κόστος και συνίσταται προσοχή κατά τη λήψη πυρήνων ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής.

Οι πυρήνες (καρότα) λαμβάνονται με χρήση διατρητικού μηχανήματος. Η διάμετρος του δοκιμίου πρέπει να είναι τριπλάσια από το μέγιστο αδρανές που χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή του σκυροδέματος. Συνήθως η διάμετρος πρέπει να κυμαίνεται 10 – 15 cm. Η τιμή του λόγω ύψους προς τη διάμετρο του πυρήνα πρέπει να κυμαίνεται από 0.95 – 2, με τις μικρότερες τιμές να αντιστοιχούν σε δοκίμιο από πλάκα. Η ελάχιστη απόσταση των πυρήνων

από τις ακμές του υπό εξέταση στοιχείου πρέπει να είναι 8 cm. Μετά τη λήψη του πυρήνα προσδιορίζεται η θλιπτική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας.

Ο ελάχιστος αριθμός πυρήνων που λαμβάνονται είναι 3 και μπορούν να φτάσουν τους 12 σε περίπτωση επανελέγχου. Επειδή ένας πυρήνας μπορεί να αστοχήσει λαμβάνονται και δύο εφεδρικοί πυρήνες. Συνήθως λαμβάνονται 2 πυρήνες ανά όροφο και 8 κατ' ελάχιστο ανά κτίριο. Με τη λήψη πυρήνα επέρχεται αποκάλυψη του οπλισμού που μπορεί να απομακρυνθεί για μέτρηση των ιδιοτήτων του. Αν ο πυρήνας περιέχει ράβδο οπλισμού πρέπει να μην ελέγχεται σε θλίψη γιατί η ράβδος προκαλεί μείωση της αντοχής του σκυροδέματος.



Εικόνα 61: Λήψη κυλινδρικού δοκιμίου από δοκό. (Σιδέρης)

2. Χρήση εξολκέα: Η χρήση εξολκέα μετρά τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Συσχετίζεται η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος με τη δύναμη που απαιτείται για την εξαγωγή ενός ειδικού μπουλονιού από την επιφάνεια του. Αντί για μπουλόني μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυκλική μεταλλική πλάκα που συγκολλάται στην επιφάνεια του στοιχείου και εφελκύεται από ειδικό όργανο μέχρι να γίνει θραύση του σκυροδέματος. Συνήθως η μέθοδος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.



Εικόνα 62: Δοκιμή εξόλκευσης ήλου. (Σιδέρης)

3. Έλεγχος ράβδων οπλισμού σε εφελκυσμό: Όταν απομακρυνθεί το υπάρχον σκυρόδεμα, αποκόπτεται τμήμα ράβδου μήκους 30 cm. Το δοκίμιο ελέγχεται σε αξονικό εφελκυσμό και προσδιορίζεται η αντοχή και η επιμήκυνση του οπλισμού. Υπολογίζεται το όριο διαρροής και της εφελκυστικής αντοχής των ράβδων του οπλισμού. Είναι η πιο αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού των μηχανικών ιδιοτήτων αλλά είναι χρονοβόρα.
4. Μέθοδος πετρογραφικής ανάλυσης: Αφού έχουν ληφθεί πυρήνες σκυροδέματος, τα τμήματα καθαρίζονται και εξετάζονται σε μικροσκόπιο μεγάλης ανάλυσης για να προσδιοριστούν οι χημικές και οι φυσικές ιδιότητες του σκυροδέματος. Με αυτό το τρόπο εντοπίζονται χημικά ενεργά αδρανή και βλαβερές προσμίξεις στο σκυρόδεμα. Επιπλέον, μπορεί να υπολογιστεί το βάθος της ενανθράκωσης και το εύρος των ρωγμών του σκυροδέματος.

A3.9.3 Επιτόπου χημικοί έλεγχοι

Οι επιτόπου χημικοί έλεγχοι έχουν σχέση με τη διάρκεια ζωής του σκυροδέματος. (Σπυράκος 2004, σελ. 29)

1. Έλεγχος του βάθους ενανθράκωσης: Η επιφανειακή ενανθράκωση του σκυροδέματος έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της αλκαλικής προστασίας της επικάλυψης σε διάβρωση. Το βάθος της ενανθράκωσης μετριέται με εφαρμογή διαλύματος φαινυλοφθαλείνης στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Το χρώμα της επιφάνειας του σκυροδέματος μετά το ψεκάσμο συγκρίνεται με αποτελέσματα ελέγχων που δείχνουν τις περιοχές σοβαρής ενανθράκωσης. Το χρώμα του σκυροδέματος μεταβάλλεται σε βιολετί όταν η τιμή του $\text{pH} > 9.5$. Σε $\text{pH} < 9$ το σκυρόδεμα δεν αλλάζει χρώμα.



Εικόνα 63: Μέτρηση pH για δοκίμιο σκυροδέματος. (Σιδέρης)

2. Έλεγχος χλωριόντων: Για τον έλεγχο αναλύεται δείγμα σκυροδέματος για τον προσδιορισμό της ποσότητας των χλωριόντων. Η παρουσία χλωριόντων πάνω από ένα βαθμό θεωρείται σοβαρή ένδειξη διάβρωσης.

A3.9.4 Καθολική φόρτιση

Η καθολική φόρτιση είναι ο έσχατος τρόπος για να αξιολογηθεί μια κατασκευή που τα αρχικά σχέδια της δεν είναι διαθέσιμα και η φέρουσα ικανότητα του φορέα δεν είναι σαφής. Η ανάλυση φορέα που έχει μελετηθεί με παλιούς κανονισμούς είναι δύσκολη ακόμα και αν υπάρχουν αρχικά σχέδια. Για τον υπολογισμό του πάχους του σκυροδέματος και των αποστάσεων των ράβδων του οπλισμού απαιτείται να εφαρμοστεί μια από τις παραπάνω μεθόδους.

Η φόρτιση της κατασκευής γίνεται με μικροδονήσεις ή με άλλες μεθόδους διέγερσης. Υπολογίζονται τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής δηλαδή η ιδιοπερίοδος και η απόσβεση, που δίνουν σημαντικές πληροφορίες για το επίπεδο των βλαβών. Για τη μέτρηση των μετακινήσεων και των παραμορφώσεων των μελών του φορέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η κατακόρυφη στατική φόρτιση. (Σπυράκος 2004, σελ. 30)

A3.10 Μέθοδοι αναλύσεων υφιστάμενων κατασκευών

Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια από τις παρακάτω μεθόδους ανάλυσης υπό προϋποθέσεις:

1. Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό δείκτη πλαστιμότητας (m). Συνήθως χρησιμοποιείται για κανονικά καθ' ύψος κτίρια.
2. Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό δείκτη (q) ή τοπικό δείκτη (m) με την μέθοδο φάσματος απόκρισης ή χρονοϊστορίας της απόκρισης.
3. Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover). Στην περίπτωση αυτή συνιστάται η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων. Συνήθως, αυτή η μελέτη χρησιμοποιείται.
4. Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας). Στην περίπτωση αυτή συνιστάται και πάλι η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων. Δεν κρίνεται πρακτική για γενική χρήση γιατί χρειάζεται την κριτική ικανότητα του μηχανικού και καλή γνώση των ιδιοτήτων των δομικών υλικών.

Οι ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης υιοθετούν τη γραμμική σχέση έντασης – παραμόρφωσης για τα δομικά στοιχεία της κατασκευής με κατάλληλες τροποποιήσεις των μετακινήσεων και των κριτηρίων επιτελεστικότητας ώστε να λαμβάνεται υπόψη η εκδήλωση μη γραμμικής συμπεριφοράς για το σεισμό σχεδιασμού και δίνουν ένδειξη της ελαστικής συμπεριφοράς του κτιρίου μέχρι το σημείο της διαρροής. Η ελαστική στατική και δυναμική ανάλυση αντιστοιχούν στην απλοποιημένη φασματική μέθοδο και στη δυναμική φασματική μέθοδο σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών.

Η ανελαστική στατική ανάλυση ή μέθοδος ελέγχου των μετακινήσεων χρησιμοποιεί απλοποιημένες τεχνικές προσέγγισης της μη γραμμικής συμπεριφοράς του φορέα για την εκτίμηση των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα αναπτυχθούν στα δομικά στοιχεία όταν η κατασκευή υπόκειται στη σεισμική δράση σχεδιασμού.

A4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Μετά την αποτίμηση της κατασκευής ο μηχανικός καλείται να επιλέξει τον τρόπο επέμβασης που θα πραγματοποιηθεί για κάθε τύπο βλάβης. Οι τεχνικές επεμβάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα στοιχείο είναι αρκετές, για αυτό το λόγο υπάρχουν παράμετροι που συντελούν στη βοήθεια επιλογής της μεθόδου. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους είναι:

- Το κόστος, τόσο το αρχικό όσο και το μελλοντικό (δηλ. τα έξοδα συντήρησης και οι πιθανές μελλοντικές φθορές ή βλάβες), σε σχέση με τη σπουδαιότητα και την ηλικία του υπόψη κτιρίου.
- Η χρήση του κτιρίου και η επίπτωση των εργασιών επέμβασης στη χρήση του κτιρίου ιδιαίτερα για δημόσια κτίρια (υπηρεσίες, νοσοκομεία, σχολεία).
- Η διαθεσιμότητα του κατάλληλου ποιοτικού ελέγχου.
- Η διαθέσιμη ποιότητα εργασίας σε κάθε περιοχή γιατί είναι σημαντικό τα μέτρα επέμβασης να είναι συμβατά με τα διαθέσιμα μέσα.
- Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής ταυτότητας των ιστορικών κτιρίων και η συνεκτίμηση του βαθμού αντιστρεψιμότητας των επεμβάσεων.
- Η αισθητική του κτιρίου μετά την επέμβαση.
- Η διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών.
- Όλες οι διαπιστωμένες σοβαρές βλάβες και φθορές σε πρωτεύοντα στοιχεία πρέπει να αποκατασταθούν.

- Σε περίπτωση εντόνως μη-κανονικών κτιρίων κυρίως από την άποψη της κατανομής της αντοχής, η δομική κανονικότητά τους πρέπει να βελτιωθεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό.
- Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η ανθεκτικότητα τόσο των νέων όσο και των αρχικών στοιχείων.
- Όπου είναι δυνατόν, θα πρέπει να επιδιώκεται η αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας σε κρίσιμες περιοχές. Πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερη μέριμνα ώστε, στο βαθμό που είναι δυνατόν, οι τοπικές επισκευές ή/και ενισχύσεις να μη μειώνουν τη διαθέσιμη πλαστιμότητα των κρίσιμων περιοχών.

Βιβλιογραφία κεφαλαίων

Πενέλης , Γ., & Πενέλης, Γ. (2022). *Κτίρια από σκυρόδεμα σε σεισμογενής περιοχές*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, σελ. 647-652

Σπυράκος , Κ. (2004). *Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, σελ. 14-30

ΦΕΚ 3197_B_22-06-2022. (2022). Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Διαδικτυακοί τόποι

Παπαχρηστίδης Αρ., *Οι διατάξεις για πρωτοβάθμιο και δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο σε δημόσια κτίρια*, Michanikos.gr, 20/12/2023

<https://www.michanikos.gr/index/articles/%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1/%CE%BF%CE%B9-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%AC%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%80%CF%81%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CE%BF-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CE%BF-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%AD%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%BF->

[%CF%83%CE%B5-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CF%84%CE%AF%CF%81%CE%B9%CE%B1-r13857/](https://www.constructionmag.gr/uncategorized/aristeidis-papachristidis-osa-provlepontai-gia-ton-proseismiko-elegcho-se-dimosia-ktiria/)

Παπαρηστίδης Αρ., *Όσα προβλέπονται για τον προσεισμικό έλεγχο σε δημόσια κτίρια*, CONSTRUCTION, 18/05/2023

<https://www.constructionmag.gr/uncategorized/aristeidis-papachristidis-osa-provlepontai-gia-ton-proseismiko-elegcho-se-dimosia-ktiria/>

Σιδέρης Κ., *Δομικοί έλεγχοι, Μη καταστροφικοί και ημι-καταστροφικοί έλεγχοι δομικών στοιχείων*,

<https://sideris-konstantinos.blogspot.com/p/blog-page.html>

A5 ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

A5.1 Ειδικοί τύποι σκυροδεμάτων

A5.1.1 Έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου

Το έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου παράγεται με χρήση είτε διογκούμενου τσιμέντου είτε συνηθέστερα με προσθήκη ειδικών πρόσθετων που προκαλούν σταδιακή αύξηση του όγκου του σκυροδέματος εξουδετερώνοντας έτσι τη συστολή ξήρανσης. Ο λόγος νερού προς τσιμέντο κυμαίνεται συνήθως από 0,50 έως 0,60 και οι αντοχές που επιτυγχάνονται είναι σχετικώς υψηλότερες από αυτές του συμβατικού έγχυτου σκυροδέματος για τον ίδιο λόγο νερού προς τσιμέντο. Από πρακτική άποψη, τα βασικά πλεονεκτήματα του έγχυτου σκυροδέματος σταθερού όγκου είναι η παρεμπόδιση της ρηγμάτωσης και δημιουργίας κενών τόσο στην επιφάνεια του όσο και στις θέσεις επαφής με τα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος. Πλεονεκτεί ως εκ τούτου, ως προς το συμβατικό σκυρόδεμα επειδή εξασφαλίζει καλύτερη πρόσφυση σε παλαιό σκυρόδεμα. Εξάλλου ως πρόσθετο θετικό χαρακτηριστικό του μπορεί να καταγραφεί η αυξημένη αντοχή του σε επιφανειακή φθορά και σε δράση χημικών. (Δρίτσος 2005, σελ. 66)

A5.1.2 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (gunitite) είναι σκυρόδεμα λεπτής διαβάθμισης αδρανών που σκυροδετείτε με εκτόξευση. Ως υλικό είναι μια αρκετά καλή λύση για επισκευές εφόσον υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός και το προσωπικό είναι σωστά εκπαιδευμένο. Η εφαρμογή του είναι σχετικά εύκολη καθώς δεν απαιτούνται καλούπια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιφάνειες οποιασδήποτε κλίσης και σε οροφές. Επιπρόσθετα, εξασφαλίζεται καλή πρόσφυση μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος λόγω της μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης και η υψηλή του αντοχή εξαιτίας του χαμηλού λόγου νερού προς τσιμέντο. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εφαρμόζεται είτε με μέθοδο ξηρής ανάμειξης είτε με μέθοδο υγρής ανάμειξης των υλικών ανάλογα με τις ιδιότητες που πρέπει να εξασφαλιστούν. (Δρίτσος 2005, σελ. 68)



Εικόνα 64: Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

A5.1.3 Σκυροτσιμεντόπηγμα

Το σκυροτσιμεντόπηγμα δημιουργείται με αρχική διάστρωση αδρανών μεγάλης διαμέτρου στα καλούπια του προς σκυροδέτηση στοιχείου και στη συνέχεια πλήρωση των κενών των αδρανών με τσιμεντοκονία που εισάγεται υπό πίεση. Το σκυροτσιμεντόπηγμα έχει αρχικά μικρότερη αντοχή από το αντίστοιχο συμβατικό σκυρόδεμα. Με την πάροδο όμως του χρόνου η αντοχή του αυξάνεται και φτάνει αυτή του συμβατικού. Επιπλέον πλεονεκτεί ως προς το συμβατικό σκυρόδεμα επειδή έχει μικρότερη συστολή ξήρανσης, μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο και στεγανότητα και ικανοποιητική πρόσφυση στο παλαιό σκυρόδεμα. (Δρίτσος 2005, σελ. 67)

A5.2 Πολυμερικές κόλλες - Ρητίνες

Οι ρητίνες χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις με μορφή ρητινένεσεων για πλήρωση ρωγμών. Το υλικό αποτελείται από ρητίνη σε υγρή μορφή και σκληρυντή τα οποία αντιδρούν και σκληραίνουν μετά την ανάμειξή τους. Το πιο συνηθισμένο είδος είναι η εποξειδική ρητίνη. Οι ρητίνες είναι ανθρακένια υλικά και οι τεχνίτες είναι σημαντικό να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. (Δρίτσος 2005, σελ. 108)

A5.3 Επικολητά φύλλα χάλυβα (Χαλύβδινα επικολητά ελάσματα)

Η χρήση χαλύβδινων ελασμάτων που επικολώνται στην εξωτερική επιφάνεια δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι μια πολύ πρακτική τεχνική ενίσχυσης, που στοχεύει στη συμπλήρωση του ελλείματος του προ υπάρχοντος οπλισμού, με νέους οπλισμούς. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την αύξηση της καμπτικής αντοχής δοκών και πλακών ή

της διατμητικής αντοχής δοκών. Τα χαλύβδινα ελάσματα επικολλώνται, χρησιμοποιώντας κάποια κατάλληλη εποξειδική ρητίνη σε επίπεδο παράλληλο προς αυτό του προϋπάρχοντος ανεπαρκούς οπλισμού. Επίσης μεταλλικά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τη μορφή κλειστών μανδύων για την ενίσχυση υποστυλωμάτων με τη τεχνική της περίσφιγξης. (Δρίτσος 2005, σελ. 128)

A5.4 Φύλλα από Ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs)

Η χρήση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή αποτελεί σήμερα την πλέον σύγχρονη τεχνική στον τομέα της ενίσχυσης των κατασκευών. Έχουν πολύ μικρό βάρος και εξαιρετικά υψηλή αντοχή, διατίθενται σε μεγάλα μήκη και είναι ανθεκτικά σε διάβρωση. (Δρίτσος 2005, σελ. 130)

A5.5 Επισκευαστικά κονιάματα

A5.5.1 Κονιάματα με πολυμερή

Κονιάματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για να αποκατασταθούν βλάβες μικρού βαθμού σε δομικά στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως αποφλοιώσεις σκυροδέματος ή άλλες περιπτώσεις όπου το απαιτούμενο πάχος του επισκευαστικού υλικού είναι μικρό (στην περίπτωση οπλισμών χωρίς επικάλυψη λόγω κακής σκυροδέτησης). (Δρίτσος 2005, σελ. 124)

A5.5.2 Κονιάματα με βάση το τσιμέντο

Τα κονιάματα αυτά δημιουργούνται από ειδικές κονίες με προσθήκη μικρής ποσότητας νερού. Οι κονίες είναι μίγματα τσιμέντου με λεπτόκοκκα αδρανή σε συνδυασμό με υπερευστοποιητικά υλικά, και πρόσμικτα που παρεμποδίζουν τη συστολή ξήρανσης. Κονιάματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται όταν απαιτούνται μικρά πάχη υλικού. Συνήθεις εφαρμογές τους είναι η αποκατάσταση περιοχών αποδιοργανωμένου σκυροδέματος και η πλήρωση φωλεών σε στοιχεία σκυροδέματος με κακή συμπίκνωση. (Δρίτσος 2005, σελ. 125)

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

Δρίτσος, Σ. (2005). *Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα*. Πάτρα, σελ. 66-130

A6 ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

A6.1 Επισκευές σε υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα έχουν μεγάλη σημασία για την αντισεισμική ικανότητα της κατασκευής και είναι τα στοιχεία όπου επικεντρώνονται οι επεμβάσεις στη μελέτη αποτίμησης και ανασχεδιασμού. Ανάλογα με το βαθμό της βλάβης εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές όπως ρητινενέσεις, αφαίρεση και αντικατάσταση τμημάτων και τοποθέτηση μανδύων. Η μέθοδος επισκευής ενός υποστυλώματος σχετίζεται με την αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών της διατομής του στοιχείου.

A6.1.1 Τοπικές επισκευές σε απλές ρηγματώσεις

Για υποστυλώματα που εμφανίζουν μικρές ρωγμές ή επιφανειακές αποφλοιώσεις χωρίς συντριβή του σκυροδέματος και βλάβες στον οπλισμό γίνεται τοπική επισκευή. Για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιούνται επισκευαστικά κονιάματα και για την συγκόλληση των ρωγμών προτείνεται τοποθέτηση εποξειδικής ρητίνης.

Η αφαίρεση και η αντικατάσταση τμήματος εφαρμόζονται σε υποστυλώματα με μεγαλύτερο βαθμό βλαβών όπως αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, θραύση συνδετήρων και λυγισμός των διαμηκών ράβδων. Σε αυτή την περίπτωση πριν ξεκινήσουν οι επεμβάσεις τοποθετείται σύστημα προσωρινής υποστήλωσης για την ανάληψη των φορτίων. (Σπυράκος 2004, σελ. 82)

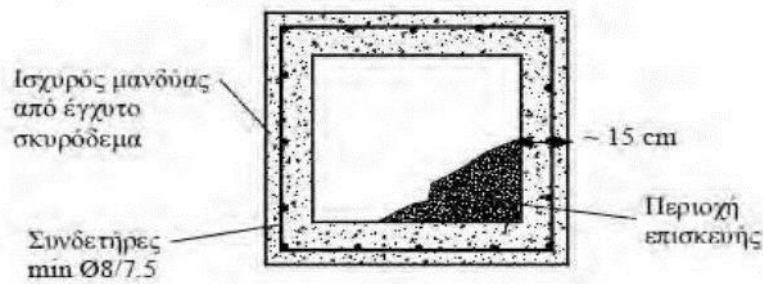
A6.1.2 Τοπική βλάβη με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

Εάν η βλάβη είναι μεν τοπική αλλά εκδηλώνεται με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος, η διαδικασία επισκευής περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

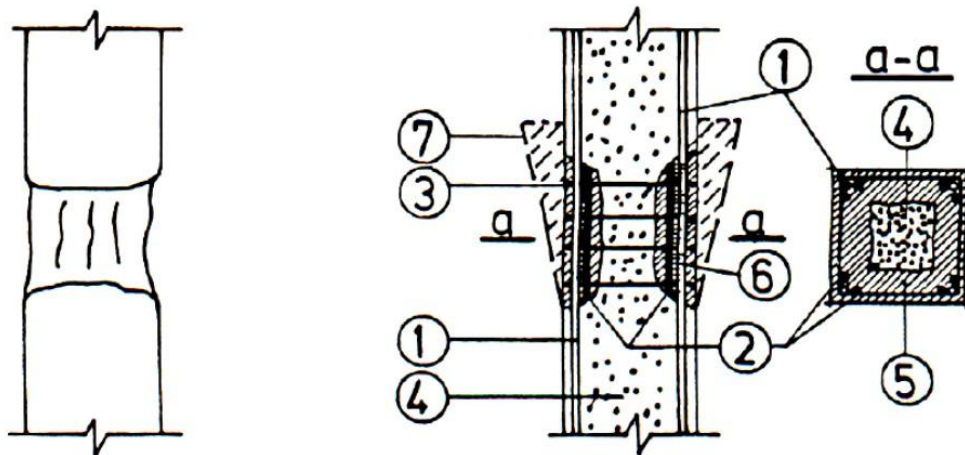
1. Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο βλαμμένο στοιχείο
2. Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος
3. Αποκάλυψη οπλισμών
4. Συγκόλληση νέου οπλισμού και πυκνών κλειστών συνδετήρων
5. Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος για τη δημιουργία μανδύα. Αντί για σκυρόδεμα μπορεί επίσης να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

Σε περίπτωση που ο υφιστάμενος οπλισμός έχει υποστεί επιφανειακή διάβρωση (οξειδωση) είτε γιατί μπορεί να υπήρχε ρηγμάτωση στο παλιό σκυρόδεμα είτε γιατί μπορεί να μην είχαν τοποθετηθεί σωστά οι αποστάτες, μετά την αποκάλυψη του οπλισμού επιβάλλεται απομάκρυνση της οξειδωτικής ουσίας και της σκόνης που υπάρχει πάνω στη ράβδο προκειμένου να γίνει επάλειψη του χαλύβδινου στοιχείου με αναστολέα διάβρωσης. Μετά από αυτή τη διαδικασία ακολουθούνται τα παραπάνω βήματα.

Η τεχνική του μεταλλικού κλωβού είναι καλύτερη από την κατασκευή του μανδύα γιατί μπορεί να αναλάβει ένα τμήμα των κατακόρυφων φορτίων του στοιχείου. Επίσης, ο μεταλλικός κλωβός είναι μια καλή προσωρινή λύση γιατί κατασκευάζεται πιο γρήγορα σε έκτακτη ανάγκη και τα αξονικά φορτία μεταφέρονται με ασφάλεια μέσω του υποστυλώματος. (Σπυράκος 2004, σελ. 83)



Εικόνα 65: Επισκευή υποστυλώματος με μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)



1. παλαιός οπλισμός, 2. νέος οπλισμός, 3. νέοι συνδετήρες, 4. παλιό σκυρόδεμα,
5. νέο σκυρόδεμα, 6. συγκόλληση, 7. προσωρινός ξυλότυπος.

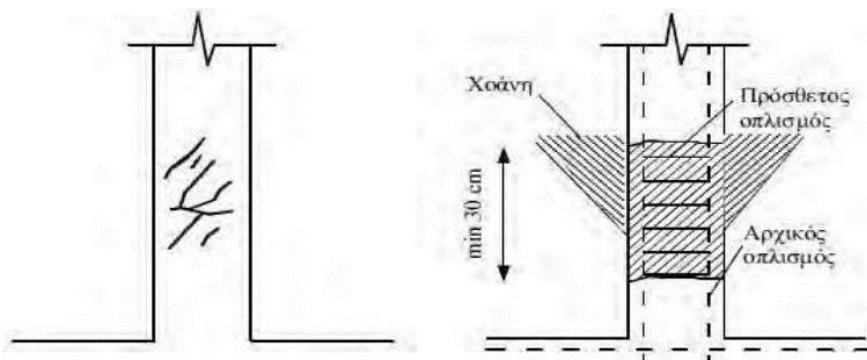
Εικόνα 66: Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

Α6.1.3 Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

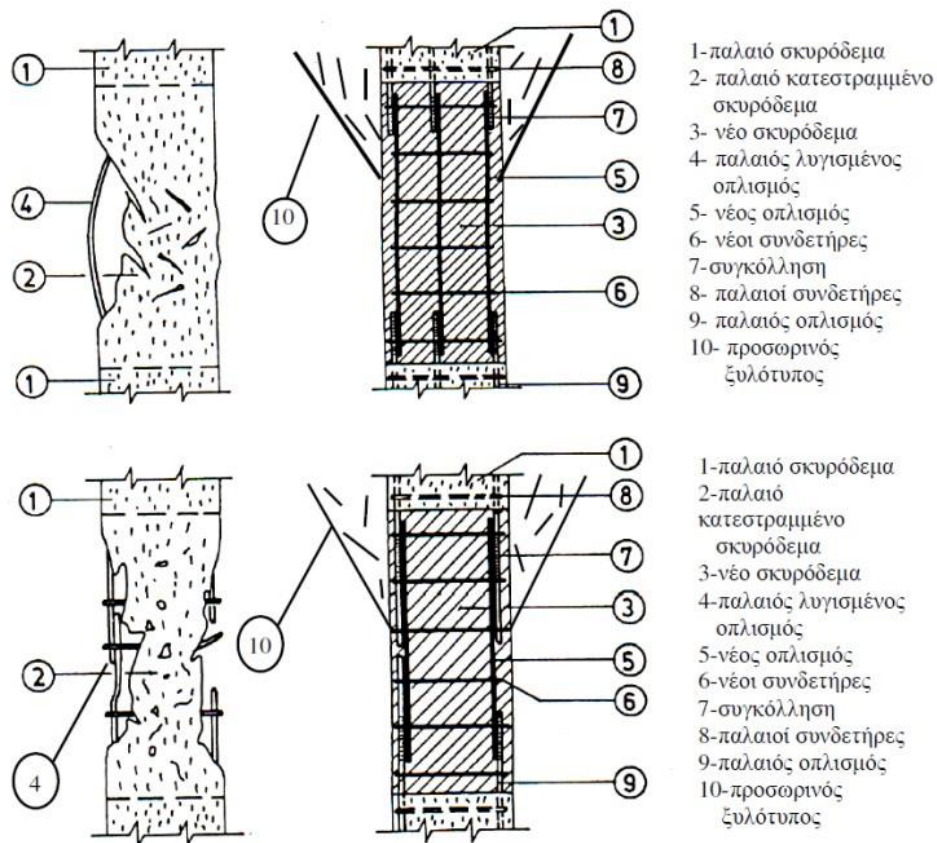
Όταν εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος που συνοδεύεται από διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των κατακόρυφων ράβδων, γίνεται επισκευή με τον παρακάτω τρόπο:

1. Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη υποστυλώμα
2. Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του σκυροδέματος του υποστυλώματος σε ύψος τουλάχιστον 30cm.
3. Έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκους οπλισμού όπου αυτό απαιτείται
4. Προσθήκη πυκνών συνδετήρων
5. Τοποθέτηση ξυλοτύπου
6. Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή έτοιμου κονιάματος

Αν χρησιμοποιηθεί μανδύας σκυροδέματος πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στη συστολή ξήρανσης του νέου σκυροδέματος, γιατί η συστολή ξήρανσης του νέου υλικού περιορίζεται από το υφιστάμενο σκυρόδεμα. Για αυτό το λόγο αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση του μανδύα κάθετα στον άξονα του στοιχείου. Το πρόβλημα μπορεί να προληφθεί αν στο νέο σκυρόδεμα προστεθούν κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή αν το τσιμέντο αντικατασταθεί από μη συρρικνούμενη κονία. Επιπλέον, είναι αναγκαία η πλήρης αποφόρτιση του υποστυλώματος για να αποφευχθούν παραμορφώσεις λόγω συστολής ξήρανσης όταν παραλάβει φορτία. Η απόληξη του ξυλότυπου με μορφή χοάνης διευκολύνει τη σκυροδέτηση και τη συμπίκνωση του νέου σκυροδέματος. (Σπυράκος 2004, σελ. 83-85)



Εικόνα 67: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Σπυράκος 2004, σελ.84)



Εικόνα 68: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Δρίτσος 2005, σελ.210)

Α6.2 Επισκευές σε τοιχώματα

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επισκευή των τοιχωμάτων είναι παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στα υποστυλώματα. Τα τοιχώματα είναι τα κύρια στοιχεία δυσκαμψίας στην κατασκευή και αναλαμβάνουν μεγάλο μέρος των σεισμικών φορτίων και για αυτό το λόγο πρέπει να υπάρχει μέριμνα και να έχει προηγηθεί ενδελεχής μελέτη.

Α6.2.1 Τοπικές επισκευές σε απλές ρηγματώσεις

Για τοιχώματα που εμφανίζουν μικρές ρωγμές ή επιφανειακές αποφλοιώσεις χωρίς συντριβή του σκυροδέματος και βλάβες στον οπλισμό γίνεται τοπική επισκευή. Για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιούνται επισκευαστικά κονιάματα και για την συγκόλληση των ρωγμών προτείνεται τοποθέτηση εποξειδικής ρητίνης.

Προσοχή πρέπει να δίνεται σε υποστυλώματα τα οποία έχουν κατασκευαστεί με πιο παλιούς αντισεισμικούς κανονισμούς, γιατί ενδέχεται να μην καλύπτει τους ισχύοντες κανονισμούς. Κατά συνέπεια μπορεί να μην επαρκεί μόνο η σφράγιση των ρωγμών με ρητίνη αλλά να χρειάζεται και ενίσχυση του τοιχώματος είτε με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος είτε με εφαρμογή εξωτερικής περίσφιγξης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 752)

A6.2.2 Επισκευή σοβαρής βλάβης με αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

Για τοιχώματα που εμφανίζουν πιο σοβαρές βλάβες με αποδιοργάνωση του σκυροδέματος γίνεται με αποκατάσταση της υφιστάμενης διατομής και κατασκευή μανδύα. Η συνήθης διαδικασία που ακολουθείται είναι η παρακάτω:

1. Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο βλαμμένο τοίχωμα
2. Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος
3. Αντικατάσταση του σκυροδέματος που έχει αφαιρεθεί είτε με κατασκευαστικό κονίαμα είτε με έγχυτο ή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
4. Τοποθέτηση οπλισμού με μορφή πλέγματος ή εσχάρας περιμετρικά του τοιχώματος και κυρίως στα άκρα του
5. Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή έτοιμου ειδικού κονιάματος για τη δημιουργία διπλού μανδύα

Από πειραματικά αποτελέσματα έχει διαπιστωθεί ότι η επισκευή τοιχωμάτων με τον παραπάνω τρόπο είναι καλή, γιατί το στοιχείο παρουσιάζει ίδια αντοχή με το αρχικό στοιχείο αλλά πιο μικρή δυσκαμψία. (Σπυράκος 2004, σελ. 94)

A6.3 Επισκευές σε δοκούς

Οι δοκοί οπλισμένου σκυροδέματος καλούνται να επισκευαστούν είτε λόγω βλαβών είτε γιατί χρειάζεται να αναλάβουν παραπάνω φορτία λόγω αλλαγής χρήσης του κτιρίου. Τις περισσότερες φορές μετά από σεισμό δημιουργούνται βλάβες και στους κόμβους δοκών υποστυλωμάτων οπότε η επισκευή των στοιχείων καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση. (Σπυράκος 2004, σελ. 68-70)

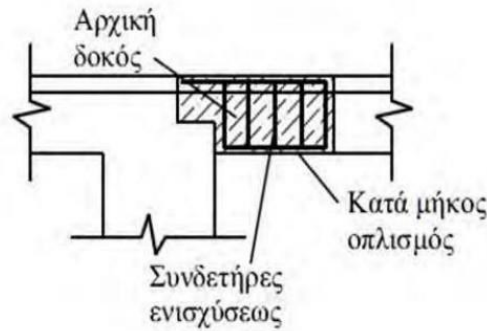
A6.3.1 Τοπικές επισκευές σε απλές ρηγματώσεις και αποφλοιώσεις

Για δοκούς που εμφανίζουν μικρές ρωγμές ή επιφανειακές αποφλοιώσεις χωρίς συντριβή του σκυροδέματος και βλάβες στον οπλισμό γίνεται τοπική επισκευή. Για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιούνται επισκευαστικά κονιάματα και για την συγκόλληση των ρωγμών προτείνεται τοποθέτηση εποξειδικής ρητίνης. Αν το βάθος της αποφλοιώσης είναι μεγάλο προτιμώνται μη συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο.

A6.3.2 Επισκευή τοπικής βλάβης με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

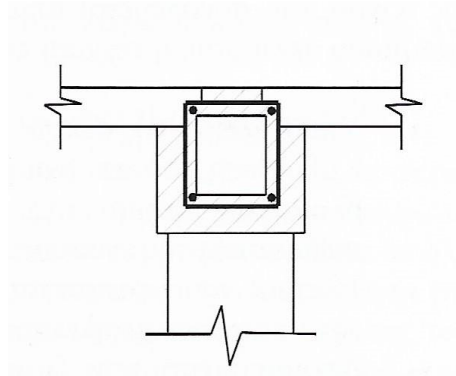
Εάν η δοκός έχει υποστεί βλάβη με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα για την επισκευή:

1. Υποστύλωση της δοκού.
2. Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
3. Τοποθέτηση στην εξωτερική παρειά της δοκού ελαφρού δομικού πλέγματος.
4. Διάστρωση εκτοξευόμενου ή έγχυτου σκυροδέματος.



Εικόνα 69: Επισκευή δοκού με ελαφρύ δομικό πλέγμα. (Σπυράκος 2004, σελ.69)

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 γίνεται θραύση της πλάκας στην περιοχή που θα τοποθετηθεί ο μανδύας, εκτράχυνση της εξωτερικής επιφάνειας της δοκού που θα συνδεθεί με τον μανδύα, τοποθέτηση κατά μήκος οπλισμών και συνδετήρων και διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος.



Εικόνα 70: Επισκευή δοκού με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (Σπυράκος 2004, σελ.69)

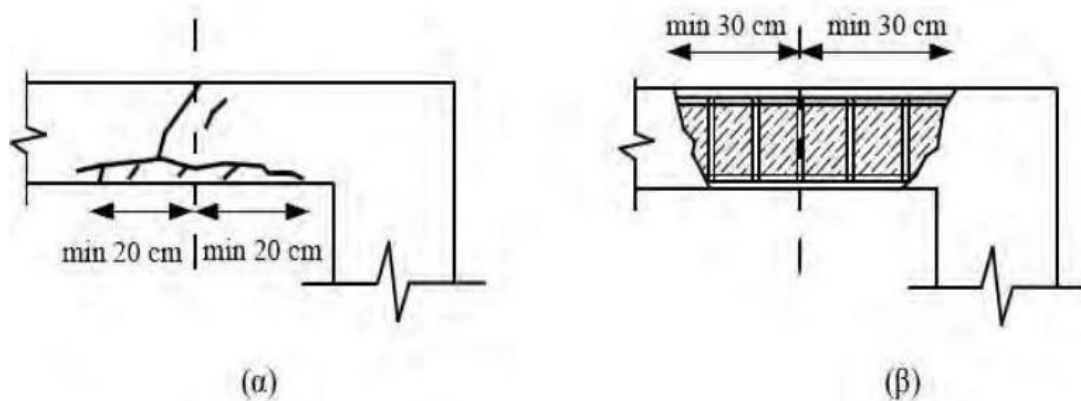
A6.3.3 Επισκευή σοβαρής βλάβης με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

Εάν η δοκός έχει υποστεί σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος που συνοδεύεται από βλάβες στο διαμήκη και τον εγκάρσιο οπλισμό ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα για την επισκευή:

1. Υποστύλωση της δοκού.

2. Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος σε ολόκληρο το βλαμμένο τμήμα της δοκού και προσεκτικός καθαρισμός της εναπομένουσας διατομής.
3. Έλεγχος του υπάρχοντος διαμήκους οπλισμού και ενίσχυση αυτού εάν απαιτείται με ηλεκτροσυγκόλληση νέων ράβδων.
4. Απομάκρυνση των διαρρηγμένων και τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων.
5. Διαμόρφωση των παρειών του παλαιού σκυροδέματος.
6. Τοποθέτηση ξυλότυπου.
7. Σκυροδέτηση του τμήματος που έχει καθαιρεθεί με έγχυτο σκυρόδεμα.

Μετά την επισκευή η αντοχή και η δυσκαμψία των δοκών μπορεί να αποκατασταθεί πλήρως.

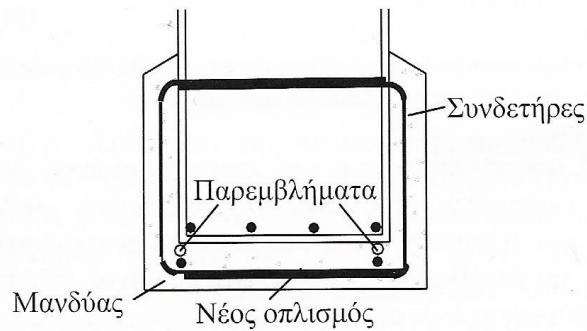


Εικόνα 71: Επισκευή δοκού με καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής. (α) Ρηγματωμένη διατομή, (β) Προσθήκη νέου οπλισμού. (Σπυράκος 2004, σελ.70)

Α6.3.4 Επισκευή βλάβης σε δοκό λόγω κάμψης

Αν οι βλάβες της δοκού οφείλονται σε κάμψη γίνεται επισκευή:

1. Αποκάλυψη του υπάρχοντος οπλισμού σε θέσεις όπου υπάρχει βλάβη .
2. Συγκόλληση νέου οπλισμού κάμψης πάνω στον παλαιό οπλισμό (αν είναι συγκολλησίμος) μέσω παρεμβλημάτων
3. Διάστρωση σκυροδέματος για τη δημιουργία μανδύα
4. Σύνδεση του μανδύα με την υφιστάμενη διατομή με συνδετήρες και αγκύρωση των συνδετήρων σε οριζόντιες οπές που διανοίγονται στον κορμό της δοκού.



Εικόνα 72: Μανδύας για επισκευή δοκού σε κάμψη. (Σπυράκος 2004, σελ.69)

A6.4 Επισκευές σε κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων

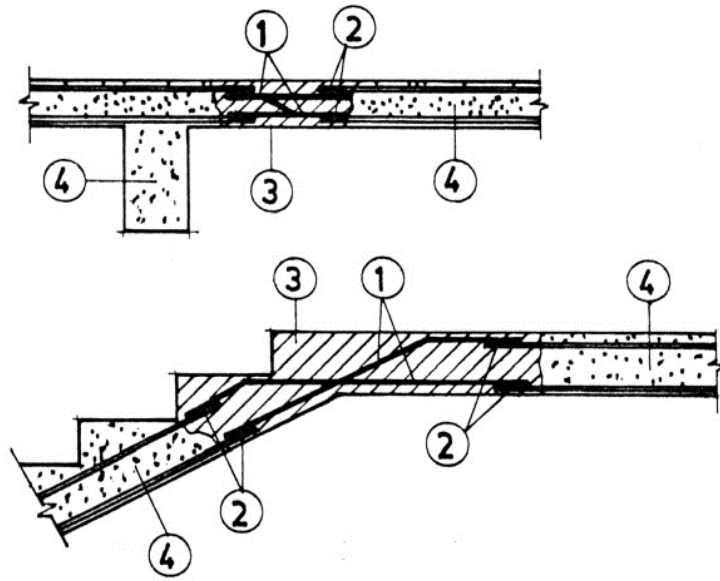
Οι τεχνικές επισκευής των κόμβων είναι ίδιες με αυτές που εφαρμόζονται στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία. Σε πιο ελαφριές βλάβες εφαρμόζεται η τεχνική των ρητινενέσεων ή εφαρμογή επισκευαστικού κονιάματος ενώ σε πιο σοβαρές βλάβες εφαρμόζεται η τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 749)

A6.5 Επισκευές σε πλάκες

Οι βλάβες σε πλάκες εμφανίζονται κυρίως με τη μορφή ρωγμών στο μέσο μεγάλων ανοιγμάτων, πάνω από τις στηρίξεις τους, κοντά σε ασυνέχειες όπως γωνίες μεγάλων ανοιγμάτων και σε συνδέσεις κλιμακοστασίων με τις πλάκες. Ανάλογα με τον τύπο της βλάβης και την έκταση της εφαρμόζεται επέμβαση διαφορετικού βαθμού. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.755-756)

A6.5.1 Τοπικές επισκευές σε ρηγματώσεις

Αν η πλάκα είναι οπλισμένη κατάλληλα αλλά παρουσιάζει ρωγμές μικρού εύρους χωρίς συντριβή του σκυροδέματος ή εξασθένιση συνάφειας τότε μπορεί να επισκευαστεί με εποξειδική ρητίνη. Αν η αστοχία συνοδεύεται από αποδιοργάνωση του σκυροδέματος μπορεί να εφαρμοστεί τοπική επισκευή στο πλήρες πάχος της πλάκας. Συνήθως η επισκευή στο πλήρες πάχος της πλάκας δημιουργεί την ανάγκη αύξησης του πάχους της πλάκας ή της προσθήκης νέου οπλισμού. Αυτό είναι και ένα ενισχυτικό μέτρο.



1. Πρόσθετος οπλισμός
2. Συγκόλληση
3. Πρόσθετο σκυρόδεμα
4. Υφιστάμενη πλάκα

Εικόνα 73: Τοπική επισκευή σε ολόκληρο το πάχος της πλάκας. (επισκευή στο άνοιγμα και στη σύνδεση του κλιμακοστασίου και της πλάκας). (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.756)

Α6.6 Επισκευές σε τοιχοπληρώσεις

Οι σοβαρές βλάβες σε τοιχοπληρώσεις αντιμετωπίζονται ανάλογα με το μέγεθος της ζημιάς που έχει υποστεί η τοιχοπλήρωση. Οι σοβαρές βλάβες είναι οι διαμπερείς ρωγμές σε όλο το πάχος της τοιχοπλήρωσης, όμως δεν επηρεάζεται από το εύρος τους. Για αυτή τη βλάβη το στοιχείο έχει μειωμένη αντοχή και δυσκαμψία, για αυτό το λόγο απαιτούνται εκτεταμένες επεμβάσεις.

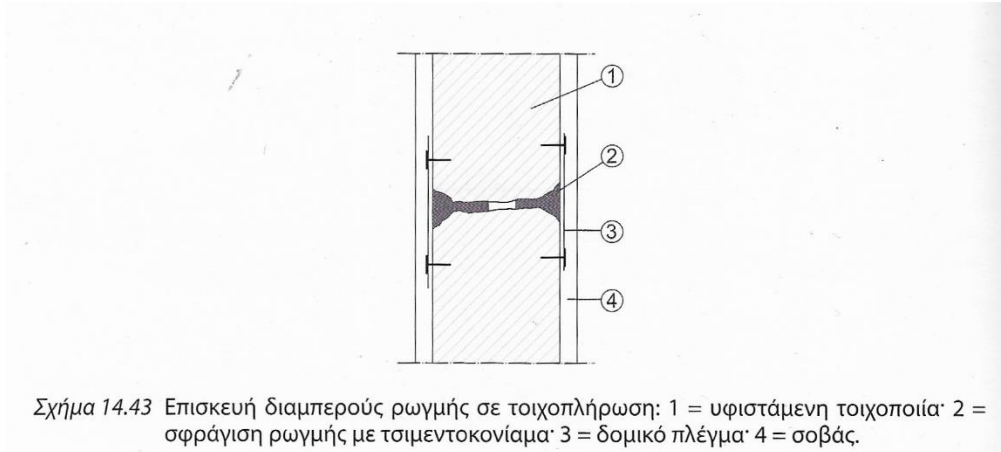
Η τοιχοπλήρωση δεν ανήκει στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου όμως η επισκευή ή ενίσχυση της συμβάλλει στην καλύτερη συμπεριφορά του συνόλου. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.758-760)

Α6.6.1 Επισκευή σε ρωγμές με εύρος μερικών χιλιοστών

Για ρωγμές με εύρος μερικών χιλιοστών η διαδικασία που ακολουθείται είναι:

1. Αφαίρεση του σοβά σε λωρίδα 10-15 cm σε κάθε πλευρά της ρωγμής.
2. Διεύρυνση της ρωγμής στην επιφάνεια του τούχου.

3. Καθαρισμός της επιφάνειας με τη χρήση υδροβολής.
4. Πλήρωση του κενού με τσιμεντοκονίαμα υψηλής περιεκτικότητας σε τσιμέντο με πίεση του κονιάματος όσο πιο βαθιά γίνεται στη ρωγμή και εξομάλυνση του υλικού με τη χρήση μυστριού.
5. Κάρφωμα δομικού πλέγματος ή λωρίδας FRP στη περιοχή όπου αφαιρέθηκε ο σοβάς.
6. Τελική εφαρμογή νέου σοβά.



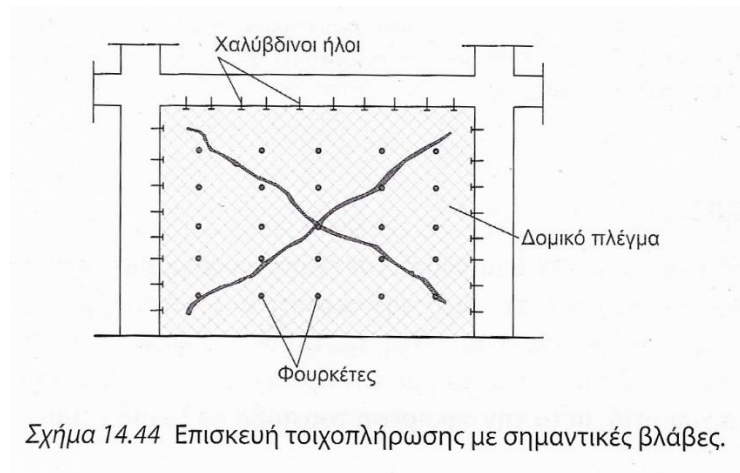
Σχήμα 14.43 Επισκευή διαμεπερούς ρωγμής σε τοιχοπλήρωση: 1 = υφιστάμενη τοιχοποιία· 2 = σφράγιση ρωγμής με τσιμεντοκονίαμα· 3 = δομικό πλέγμα· 4 = σοβάς.

Εικόνα 74: Επισκευή διαμεπερούς ρωγμής σε τοιχοπλήρωση. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 760)

A6.6.2 Επισκευή σε ρωγμές μεγαλύτερου εύρους

Σε αυτή την περίπτωση προτείνονται δύο λύσεις για ενίσχυση της τοιχοπλήρωσης. Η πρώτη λύση είναι ο τοίχος να αφαιρεθεί και να κατασκευαστεί νέος στη θέση του υφιστάμενου. Η δεύτερη λύση είναι να αφαιρεθεί ο σοβάς από ολόκληρη την επιφάνεια του τοίχου και να επέλθει η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παράγραφο A7.6.1. Όμως το δομικό πλέγμα ή η λωρίδα FRP τοποθετούνται σε ολόκληρη την επιφάνεια και εφαρμόζεται σοβάς με τσιμεντοκονίαμα πάχους 20 mm ή λεπτό στρώμα εκτοξευόμενου σκυροδέματος 30-40 mm.

Οι επεμβάσεις αυτές δημιουργούν μεγαλύτερες αντοχές και δυσκαμψίες από της αρχικής τοιχοπλήρωσης. Αν συμβεί νέος σεισμός πρέπει να γίνει έλεγχος της αντοχής και της δυσκαμψίας των παρακείμενων υποστυλωμάτων για να αποφευχθεί διατμητική αστοχία των υποστυλωμάτων. Αυτό συμβαίνει όταν η τοιχοποιία που επισκευάζεται δεν εκτείνεται και στο επόμενο άνοιγμα.



Σχήμα 14.44 Επισκευή τοιχοπλήρωσης με σημαντικές βλάβες.

Εικόνα 75: Επισκευή τοιχοπλήρωσης με σημαντικές βλάβες. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 760)

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

Δρίτσος, Σ. (2005). *Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα*. Πάτρα, σελ. 208-212, 247, 254, 280

Πενέλης, Γ., & Πενέλης, Γ. (2022). *Κτίρια από σκυρόδεμα σε σεισμογενής περιοχές*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, σελ. 735, 742, 749, 752, 755, 758, 759

Σπυράκος, Κ. (2004). *Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, σελ. 68-70, 82-85, 94

A7 ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

A7.1 Ενισχύσεις σε υποστυλώματα και τοιχώματα

Οι μέθοδοι ενίσχυσης υποστυλωμάτων διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες με βάση το αν η ενίσχυση επιτυγχάνεται με αύξηση της διατομής του στοιχείου ή χωρίς. Η τεχνική ενίσχυσης με αύξηση της διατομής γίνεται με κατασκευή μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος και προσθήκη οπλισμού. Όταν η διατομή του στοιχείου δεν αυξάνεται, οι διαστάσεις παραμένουν αμετάβλητες και η ενίσχυση πραγματοποιείται με ενεργό περίσφιγξη του στοιχείου.

A7.1.1 Ενίσχυση υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους

Η αύξηση των διαστάσεων της διατομής με κατασκευή μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η πιο συνήθης μέθοδος για ενίσχυση των υφιστάμενων υποστυλωμάτων που έχουν ανεπαρκή αντοχή, δυσκαμψία και πλαστιμότητα. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής είναι ότι δεν μεταβάλλονται οι αρχιτεκτονικές όψεις της κατασκευής (λόγω χρήσης νέων υλικών και προσθήκης στοιχείων) και αυξάνεται ο βαθμός πυροπροστασίας. Η περιμετρική κατασκευή μανδύα στο υφιστάμενο στοιχείο μειώνει τη λυγηρότητα και αυξάνει τη δυσκαμψία της διατομής.

Η τεχνική περιλαμβάνει την αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του αρχικού στοιχείου και μπορεί να εκτείνεται είτε σε όλο το μήκος του στοιχείου (ολικός μανδύας) είτε σε ένα μόνο τμήμα του (τοπικός μανδύας). Το ελάχιστο πάχος του μανδύα πρέπει να είναι τουλάχιστον 5cm για μανδύες εκτοξευόμενου σκυροδέματος και 8-12 cm για μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα με μια σειρά οπλισμών και τουλάχιστον 12cm για μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα με δύο σειρές οπλισμών.

Η ενισχυμένη διατομή μπορεί να αναλάβει μόνο τα πρόσθετα φορτία που θα ασκηθούν σε αυτή. Η αύξηση της διατομής δεν βοηθάει ένα υποστυλώμα που έχει ήδη υπερβεί τη φέρουσα ικανότητα του λόγω των υφιστάμενων φορτίων. Αυτό δεν συμβαίνει όταν κατά την κατασκευή του μανδύα έχει προηγηθεί αποφόρτιση του στοιχείου που πρόκειται να ενισχυθεί.

Τα πλέον γνωστά είδη μανδύων από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι τα ακόλουθα:

- **Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα:** Χρησιμοποιούνται όταν ο μανδύας έχει πάχος μεγαλύτερο από 8 cm. Για τη σκυροδέτηση του μανδύα απαιτείται η χρήση ξυλότυπου.

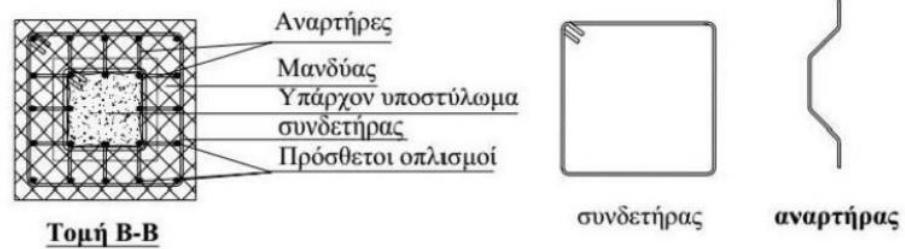
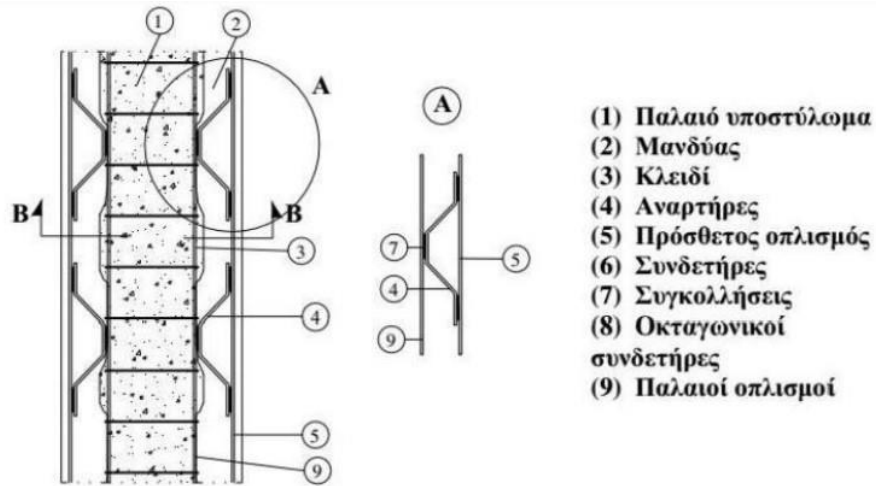
- **Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα:** Αποτελεί τη συνηθέστερη πρακτική για την περίπτωση που το συνολικό πάχος του μανδύα δεν υπερβαίνει τα 10 cm. Για την κατασκευή δεν απαιτείται ξυλότυπος αλλά πρέπει να εξασφαλίζεται η κατακόρυφη επιφάνεια του μανδύα (με χρήση οδηγών). Σε αυτή τη περίπτωση δημιουργείται μεγάλη συστολή ξήρανσης και για αυτό προτείνεται η κατάλληλη συντήρηση τους με εφαρμογή των αντίστοιχων διατάξεων από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.
- **Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα:** Εύκολη σκυροδέτηση ακόμα και παρουσία πυκνού διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού. Τοποθέτηση αδρανών σε καλούπια και στη συνέχεια πλήρωση των μεταξύ τους κενών με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση. Δεν είναι διαδεδομένοι λόγω έλλειψης εμπειρίας και υψηλού σχετικά κόστους.
- **Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα:** Με τη χρησιμοποίηση ειδικών σκυροδεμάτων ή τσιμεντοκονιαμάτων είναι δυνατόν να υλοποιηθούν μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους. Το βασικό μειονέκτημα είναι το αυξημένο κόστος κατασκευής τους.

Διαδικασία κατασκευής μανδύων: Μία συνήθης σειρά που απαιτείται για την κατασκευή μανδύων είναι η παρακάτω:

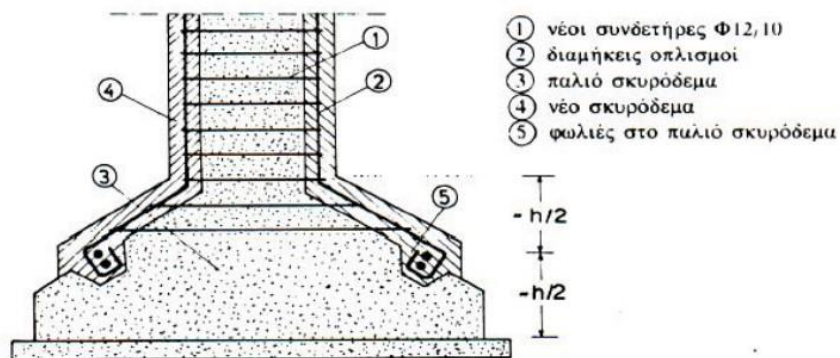
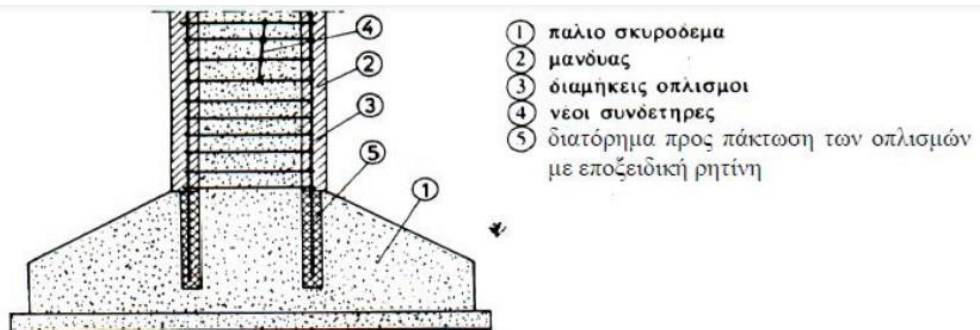
1. Αποφορτίζονται και υποστυλώνονται οι πλάκες και οι δοκοί που συντρέχουν στο υποστύλωμα.
2. Απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαθίσταται η συνέχεια του υποστυλώματος επισκευάζοντας τις τυχόν προ υπάρχουσες τοπικές βλάβες (π.χ. λυγισμένες ράβδοι οπλισμού).
3. Αποκαλύπτονται οι οπλισμοί σε θέσεις που έχουν προεπιλεγεί για συγκόλληση με νέους οπλισμούς (αν χρειάζεται).
4. Διανοίγονται και προετοιμάζονται οι οπές στις θέσεις αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού και στις θέσεις που προβλέπονται βλήτρα.
5. Εκτραχύνεται η επιφάνεια του σκυροδέματος σε βάθος 6 mm με κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό (με σφυρί και καλέμι) ή με υδροβολή, ώστε να απομακρυνθεί η εξωτερική στρώση τσιμεντοπολτού και να αποκαλυφθούν τα αδρανή.
6. Καθαρίζεται η επιφάνεια χρησιμοποιώντας αέρα υπό πίεση, και το εσωτερικό των οπών με αναρρόφηση από τον πυθμένα.
7. Αγκυρώνονται στα άκρα τους οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού με χημική πάκτωση (χρήση εποξειδικής ρητίνης). Για κατασκευαστική ευκολία είναι δυνατόν να μην αγκυρωθούν απευθείας οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού, αλλά να προηγηθεί η

αγκύρωση μικρότερων τμημάτων ράβδων οπλισμού επί των οποίων στη συνέχεια θα “ματιστούν” οι νέες ράβδοι. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί και για την αγκύρωση των ράβδων οπλισμού στα στοιχεία θεμελίωσης. Μία εναλλακτική διαδικασία που έχει προταθεί για την περίπτωση που η θεμελίωση είναι με πέδιλα. Προβλέπεται η συνέχεια του μανδύα γύρω από τον κώνο του πεδίλου σε μήκος τουλάχιστον ίσο προς το μισό του ύψους του, με διάταξη πυκνών κλειστών συνδετήρων σ’ αυτή τη περιοχή της τάξεως Φ12/100 mm, και απόληξη του μανδύα σε μία περιμετρική “φωλιά” που έχει δημιουργηθεί στο πέδιλο. Εάν ο διαμήκης οπλισμός του μανδύα είναι αρκετός (π.χ. περισσότερος από 4 ράβδοι) είναι μάλλον προτιμότερο να γίνει μια μικτή εφαρμογή των δύο παραπάνω διαδικασιών. Στην περίπτωση που απαιτείται συγχρόνως και ενίσχυση των στοιχείων θεμελίωσης, η τεχνική προσαρμόζεται έτσι ώστε το θέμα να αντιμετωπιστεί συνολικά.

8. Αγκυρώνονται τα μηχανικά ή χημικά βλήτρα (όπου προβλέπονται).
9. Τοποθετούνται και ηλεκτροσυγκολλούνται τα χαλύβδινα παρεμβλήματα σύνδεσης παλαιών και νέων οπλισμών (αναρτήρες), εφόσον προβλέπονται συγκολλήσεις.
10. Τοποθετούνται νέοι συνδετήρες.
11. Γίνεται ο τελικός καθαρισμός των επιφανειών με αέρα και νερό υπό πίεση.
12. Διαβρέχεται η επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος τουλάχιστον 6 ώρες πριν τη σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος. Η διαβροχή πρέπει να γίνεται και στον ξυλότυπο (εφόσον υπάρχει) και στα αδρανή για την περίπτωση του σκυροτσιμεντοπήγματος.



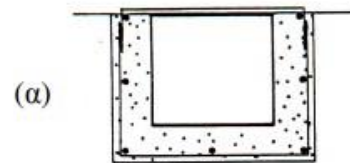
Εικόνα 76: Διαμόρφωση μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Δρίτσος 2005)



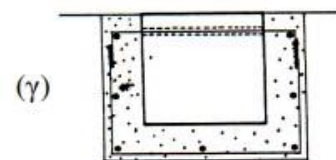
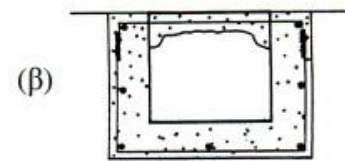
Εικόνα 77: Απολήξεις μανδύα ΟΣ στα στοιχεία θεμελίωσης. (Δρίτσος 2005, σελ.231)

Στις περιπτώσεις που ο μανδύας δεν μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη τη διατομή όπως π.χ. σε υποστυλώματα που βρίσκονται στα όρια με άλλη οικοδομή, ο μανδύας λέγεται ανοικτός. Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ιδιαίτερη φροντίδα για την προετοιμασία της διεπιφάνειας και τη συγκόλληση παλαιών και νέων οπλισμών. Στις περιπτώσεις που η μία πλευρά του υποστυλώματος βρίσκεται σε επαφή με γειτονικό όριο, απαιτούνται ξεχωριστά μέτρα (όπως π.χ. η χρήση ράβδων από ανοξείδωτο χάλυβα) για την προστασία των νέων συνδετήρων (που θα βρεθούν στην τυφλή πλευρά του υποστυλώματος) από διάβρωση επειδή οι ράβδοι δεν εγκιβωτίζονται σε σκυρόδεμα. Όταν μανδύας περιβάλλει μόνο μία ή δύο πλευρές του υποστυλώματος, στην πραγματικότητα πρόκειται πλέον για επέκταση του υποστυλώματος. (Σπυράκος 2004, σελ.85-88)

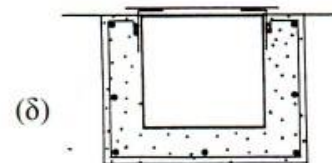
(α) Νέοι συνδετήρες με εξωτερική ράβδο ή λάμα και συγκόλληση



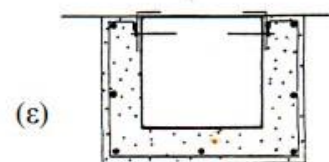
(β, γ) Νέοι συνδετήρες με διαμπερές χάντρωμα ή τρύπα και συγκόλληση



(δ) Νέοι συνδετήρες συγκολλημένοι σε δύο γωνιακά (π.χ. L 50.100.5) και εξωτερική λάμα



(ε) Νέοι συνδετήρες συγκολλημένοι σε δύο γωνιακά (π.χ. L 50.100.5) στερεωμένα στο υποστυλώμα με βλήτρα.



Εικόνα 78: Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων. (Δρίτσος 2005, σελ.233)

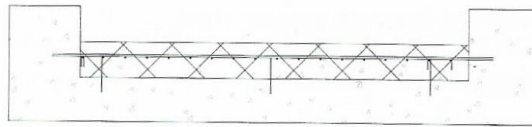


Εικόνα 79: Ενίσχυση με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Δρίτσος 2005)

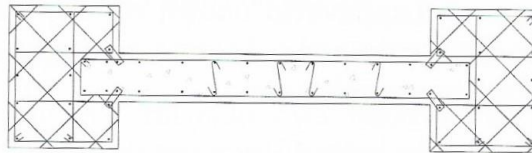


Εικόνα 80: Ενίσχυση με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

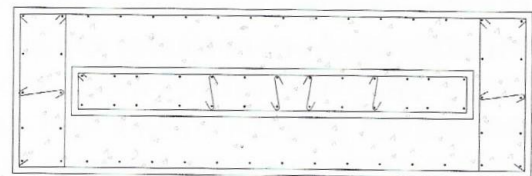
Για την ενίσχυση των τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους επιλέγεται η λύση με ανοικτούς μανδύες και όχι με κλειστούς όπου χρησιμοποιούνται κυρίως στα υποστυλώματα. Αυτό συμβαίνει γιατί ο λόγος μήκους προς πλάτος είναι μεγάλος (≥ 4). Για το λόγο αυτό το τοίχωμα ενισχύεται με αύξηση του πάχους που αποβλέπει στην αύξηση της διατμητικής του αντοχής. Ένας άλλος τρόπος για την καμπτική ενίσχυση του τοιχώματος είναι η κατασκευή δύο κρφο-υποστυλωμάτων στα πλάγια του στοιχείου. (Σπυράκος 2004, σελ.85-90, 95-98)



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 81: Ενίσχυση τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους. (α) Διατμητική ενίσχυση,

(β) Καμπτική ενίσχυση, (γ) Διατμητική και καμπτική ενίσχυση με κλειστό μανδύα. (Σπυράκος 2004, σελ.96)

A7.1.2 Ενίσχυση υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων με περίσφιγξη

Η ενίσχυση των υποστυλωμάτων με εξωτερική περίσφιγξη προσφέρεται όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του στοιχείου, της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, όταν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας της συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών του υποστυλώματος στην περιοχή υπερκάλυψής τους και όταν απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επιβολής περίσφιγξης είναι η χρήση μεταλλικού κλωβού ή χρήση ινοπλισμένων πολυμερών.

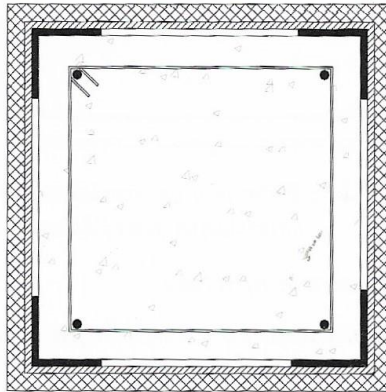
Όταν απαιτείται η μεταφορά ενός τμήματος των κατακόρυφων φορτίων του υποστυλώματος, η τεχνική συνδυάζεται με την εφαρμογή εξωτερικής σιδηροκατασκευής.

Η επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης χωρίς αύξηση της διατομής του στοιχείου γίνεται με εφαρμογή επικολλητών χαλύβδινων διατομών. Η πιο διαδεδομένη τεχνική λόγω ταχύτητας και ευκολίας στην εφαρμογή είναι με χρήση μεταλλικών κλωβών, δηλαδή προσαρμόζονται 4

μεταλλικά γωνιακά ελάσματα στις κορυφές του στοιχείου που συσφίγγονται με ειδικά κλειδιά για να επιβληθεί περίσφιγξη. Η σύνδεση των γωνιακών ελασμάτων με το στοιχείο γίνεται είτε με συγκόλληση είτε κοχλιωτά με χρήση χημικών πακτωμένων αγκυρίων. Πάνω στα γωνιακά ελάσματα συγκολλούνται οριζόντια μεταλλικά ελάσματα. Το κενό μεταξύ του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος πληρώνεται με μη συρρικνούμενη κονία. Για τη διαμόρφωση της επιφανειακής στρώσης γίνεται με ισχυρή τσιμεντοκονία που οπλίζεται με ελαφρύ δομικό πλέγμα. Αν το ύψος του υποστυλώματος είναι $h/d \leq 3$, αντί για μεταλλικά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλήρως χαλύβδινα φύλλα.



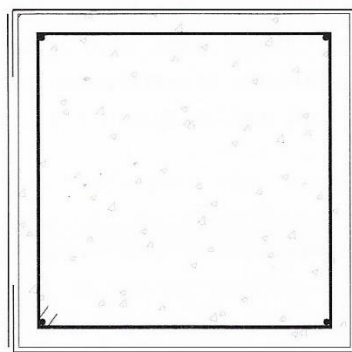
Εικόνα 82: Χρήση μεταλλικού κλωβού. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)



Εικόνα 83: Τεχνική μεταλλικού κλωβού για ενίσχυση υποστυλώματος με επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης. (Σπυράκος 2004, σελ.91)

Από πειραματικά αποτελέσματα η διατομή των γωνιακών ελασμάτων πρέπει να είναι $L50 \times 5$. Επιπλέον το πάχος των οριζόντιων ελασμάτων πρέπει να είναι ίσο με των γωνιακών και το πλάτος τους να είναι μεταξύ 25 και 60 mm.

Αντί για χρήση μεταλλικού κλωβού, η επιβολή περίσφιγξης μπορεί να γίνει με επικολλητά χαλύβδινα κολάρα πάχους 1-2 mm. Η διατομή του ενισχυόμενου υποστυλώματος εγκιβωτίζεται εντός των χαλύβδινων κολάρων. Η αποδοτικότητα της περίσφιγξης είναι μεγαλύτερη όταν τα κολάρα είναι προεντεταμένα.



Εικόνα 84: Τεχνική με επικολλητά χαλύβδινα κολάρα. (Σπυράκος 2004, σελ.92)

Για ενίσχυση υποστυλωμάτων κυκλικής διατομής προτείνεται η κατασκευή ολόσωμου μεταλλικού μανδύα. Μεταξύ του μανδύα και του υποστυλώματος υπάρχει κενό που πληρώνεται με τσιμεντένεμα. Για υποστύλωμα ορθογωνικής διατομής πρέπει ο μανδύας να είναι ελλειψοειδές. (Σπυράκος 2004, σελ.90-92, 98)

A7.1.3 Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα χάλυβα ή FRP

Η ενίσχυση του υποστυλώματος με μανδύα από χάλυβα ή FRP επιτρέπει μικρή αύξηση των διαστάσεων της διατομής. Τα ελάσματα χάλυβα έχουν πάχος συνήθως 4-6 mm, συγκολλούνται μεταξύ τους κατά μήκος και τοποθετούνται σε μικρή απόσταση από το υποστύλωμα. Το κενό μεταξύ του υποστυλώματος και του μανδύα γεμίζεται με μη συρρικνούμενο τσιμεντένεμα.

Επιπρόσθετα, η ενίσχυση με μανδύα FRP γίνεται με χρήση φύλλων FRP που επικολλούνται στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Οι ίνες μιας διεύθυνσης των φύλλων FRP διατάσσονται εγκάρσια στον άξονα του υποστυλώματος.

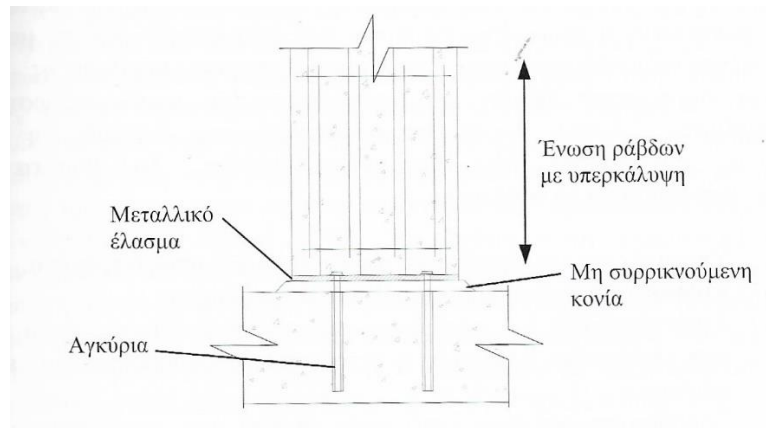
Για τη βελτίωση της καμπτικής συμπεριφοράς του υποστυλώματος επιτυγχάνεται με την επικόλληση φύλλων FRP όπου η διεύθυνση των ινών τους διατάσσονται παράλληλα στον άξονα του υποστυλώματος. Όμως, με αυτό τον τρόπο δεν βελτιώνεται η καμπτική συμπεριφορά της πλαισιακής κατασκευής καθώς ο μανδύας δεν διέρχεται διαμέσου των ορόφων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ. 738-739)

A7.1.4 Προσθήκη νέων υποστυλωμάτων

Ένα υποστύλωμα οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να ενισχυθεί με την κατασκευή ενός νέου υποστυλώματος. Τα δύο υποστυλώματα μπορούν να είναι ανεξάρτητα ή να συνδέονται με βλήτρα ή αλλά μηχανικά μέσα. Το νέο υποστύλωμα μπορεί να λάβει το πιο μεγάλο μέρος του φορτίου από το υφιστάμενο που προέρχεται από μία μόνο δοκό. Επιπρόσθετα, το νέο στοιχείο δεν μπορεί να ανακουφίσει το υφιστάμενο από τα φορτία που ήδη φέρει εκτός αν έχει προηγηθεί αποφόρτιση του βλαμμένου στοιχείου.

Το νέο υποστύλωμα γίνεται να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα ή δομικό χάλυβα ή να είναι σύμμικτο. Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι κατάλληλο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται αυξημένη πυροπροστασία ενώ το μεταλλικό υποστύλωμα καταλαμβάνει πολύ λιγότερο χώρο. Στο σύμμικτο στοιχείο η μεταλλική διατομή εγκιβωτίζεται στο σκυρόδεμα.

Η προσθήκη νέου γειτονικού υποστυλώματος κοντά σε υφιστάμενο μειονεκτεί γιατί χρειάζεται θεμελίωση. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαστάσεις του υπάρχοντος θεμελίου δεν επαρκούν για να θεμελιωθεί σε αυτό και το καινούριο υποστύλωμα, αλλά μπορεί να μην υπάρχει και επιπλέον χώρος για τη θεμελίωση ενός νέου. Για αυτό το λόγο είναι αναγκαία η διερεύνηση των συνθηκών στη στάθμη της θεμελίωσης.



Εικόνα 85: Σύνδεση νέου υποστυλώματος σε υφιστάμενο θεμέλιο. (Σπυράκος 2004, σελ.93)

Όταν χρειάζεται να συνδεθεί το νέο υποστύλωμα με το θεμέλιο του υπάρχοντος, οι διαμήκεις ράβδοι ματίζονται σε βλήτρα και αγκυρώνονται στο θεμέλιο. Αν ο αριθμός των διαμηκών ράβδων είναι μεγάλος τότε προτείνεται να χρησιμοποιείται μια πλάκα έδρασης στην οποία συγκολλούνται τα βλήτρα. Η πλάκα έδρασης συνδέεται με το θεμέλιο με τη χρήση αγκυριών.

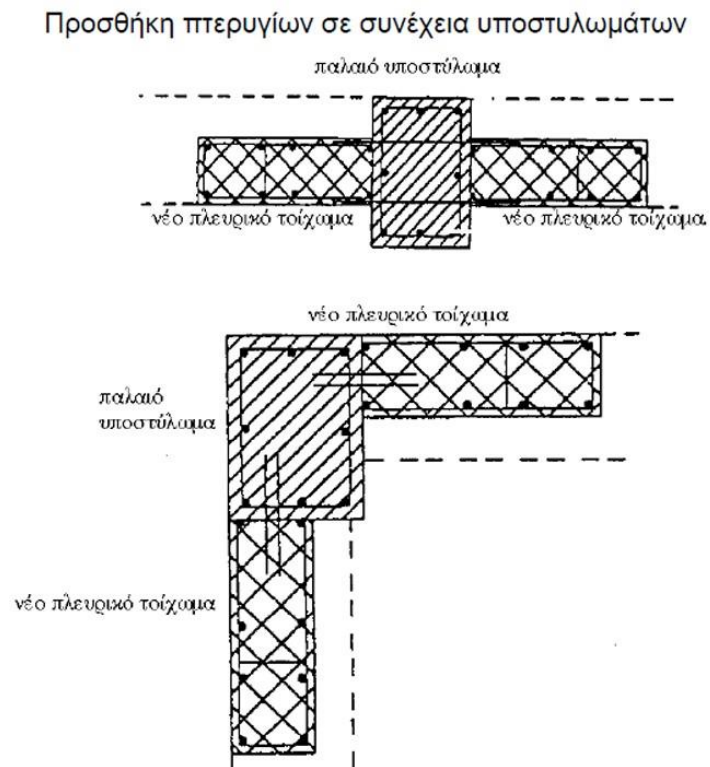
Για την ασφαλή μεταφορά των φορτίων από την υπερκείμενη δοκό στο στοιχείο, το νέο υποστύλωμα πρέπει να κατασκευαστεί λίγο πιο κοντό και το κενό ανάμεσα τους να πληρωθεί με μη συρρικνούμενη κονία. Η πλήρωση με την κονία είναι σωστό να γίνεται σε ετεροχρονισμένο διάστημα για να έχει ολοκληρωθεί το μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας συστολής ξήρανσης. (Σπυράκος 2004, σελ. 92)

A7.1.5 Προσθήκη τοιχώματος σε επέκταση υποστυλώματος

Η προσθήκη τοιχώματος σε επέκταση υποστυλώματος είναι η διαδικασία στην οποία στο υφιστάμενο υποστύλωμα προστίθενται πτερύγια προκειμένου να μπορεί η κατασκευή να παραλάβει πολύ μεγάλο φορτίο σε αυτό το σημείο του κτιρίου. Συνίσταται προσοχή γιατί η δημιουργία πτερυγίων μπορεί να αυξήσει την τάση όπου θα παραλάβει η δοκός καθώς ο οπλισμός της δοκού ενδέχεται να μην μπορεί να παραλάβει τα νέα φορτία και να χρειαστεί επέμβαση και η δοκός.

Η προσθήκη τοιχωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος σε συνέχεια και σύνδεση με τα υπάρχοντα υποστυλώματα της κατασκευής, αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο αύξησης της πλαστιμότητας της κατασκευής με παράλληλη μέτρια αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της. Εφαρμόζεται σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του φορέα συνδυαζόμενη συνήθως με την ενίσχυση μεμονωμένων υποστυλωμάτων που έχουν ανεπαρκή αντοχή ή/και πλαστιμότητα. Η προσθήκη του τοιχώματος γίνεται προς την επιδιωκόμενη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης

της κατασκευής. Πολλές φορές σε γωνιακά υποστυλώματα, γίνεται προσθήκη τοιχωμάτων σε δυο διευθύνσεις. Τα τοιχώματα κατασκευάζονται συνήθως από έγχυτο σκυρόδεμα ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προκατασκευασμένα στοιχεία. Σκόπιμο είναι να προηγείται αποφόρτιση και υποστύλωση πλακών και δοκών, έτσι ώστε, μετά την επέμβαση, τα νέα στοιχεία να παραλάβουν μέρος των κατακόρυφων φορτίων.



Εικόνα 86: Κατασκευή τοιχώματος σε επέκταση υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)



Εικόνα 87: Προσθήκη Τοιχώματος σε Επέκταση Υποστυλώματος. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

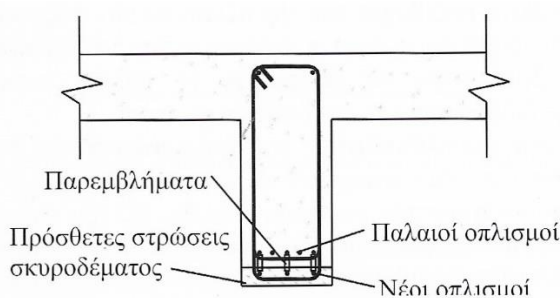
A7.2 Ενισχύσεις σε δοκούς

Η επιλογή της μεθόδου ενίσχυσης μιας δοκού επηρεάζεται από τη χρήση της. Οι δοκοί που συνήθως χρειάζονται ενίσχυση εμφανίζουν μειωμένη καμπτική ή διατμητική αντοχή με βάση τα κριτήρια σχεδιασμού για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας. Επιπλέον, οι δοκοί χρειάζονται ενίσχυση αν κληθούν να παραλάβουν αυξημένα φορτία λόγω αλλαγής χρήσης του κτιρίου.

A7.2.1 Ενίσχυση σε κάμψη με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος

Για την αύξηση της καμπτικής συμπεριφοράς είναι αναγκαία η ενίσχυση του εφελκόμενου πέλματος με νέους διαμήκεις οπλισμούς που καλύπτονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 7 – 10 cm σε όλο το πλάτος της δοκού. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να μην χρειαστεί νέος οπλισμός ή να χρησιμοποιηθεί έγχυτο σκυρόδεμα. Κρίνεται απαραίτητο πριν την ενίσχυση η δοκός να έχει αποφορτιστεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Η σύνδεση του υπάρχοντος με το νέο οπλισμό γίνεται μέσω παρεμβλημάτων. Ανάλογα, την απόσταση μεταξύ των οπλισμών χρησιμοποιούνται καβίλιες ή αναρτήρες. Αν το πάχος της νέας στρώσης σκυροδέματος είναι μεγάλο τότε η σύνδεση υφιστάμενων και νέων στοιχείων γίνεται με βλήτρα (καλύτερος τρόπος γιατί δεν χρειάζεται ηλεκτροσυγκόλληση με τον υφιστάμενο χάλυβα που ενδέχεται να μην είναι συγκολλησίμος). Η επιφάνεια του υφιστάμενου σκυροδέματος πρέπει να έχει εκτραχυνθεί με αμμοβολή ή μηχανικά μέσα μέχρι να αποκαλυφθούν τα αδρανή.



Εικόνα 88: Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος. (Σπυράκος 2004, σελ.71)

Η μέθοδος έχει ευρεία εφαρμογή όμως συνίσταται προσοχή λόγω της συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος μέχρι να αναλάβει πλήρως την αντοχή του ενώ η αρχική διατομή παραμένει σχεδόν αμετάβλητη. Τα δύο στοιχεία που συνδέονται συμπεριφέρονται ως ενιαία διατομή με αποτέλεσμα η συστολή ξήρανσης να παρεμποδίζεται και να δημιουργούνται εφελκυστικές τάσεις. Αν οι τάσεις αυξηθούν η νέα στρώση σκυροδέματος μπορεί να ρηγματωθεί ή να αποκολληθεί για αυτό προτείνεται η χρήση χημικών πρόσθετων ή η αντικατάσταση του τσιμέντου από μη συρρικνούμενη κονία. (Σπυράκος 2004, σελ.71-72)

A7.2.2 Ενίσχυση δοκών με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

Ο μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιείται και για την επισκευή των δοκών αλλά είναι και η συνηθέστερη και αποτελεσματικότερη μέθοδος ενίσχυσης δοκών καθώς μπορεί να αυξήσει και την καμπτική και τη διατμητική αντοχή.

Πριν τη σκυροδέτηση του μανδύα τοποθετούνται νέοι διαμήκεις οπλισμοί στην εφελκυστική παρειά και συνδετήρες περιμετρικά της δοκού. Για το μανδύα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο έγχυτο όσο και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Για κατασκευαστική ευκολία προτιμάται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Αν δεν είναι δυνατή η θραύση της πλάκας στην περιοχή πάνω από τη θλιβόμενη παρειά της δοκού για να κατασκευαστεί κλειστός μανδύας, επιλέγεται

ανοικτός μανδύας. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την εξασφάλιση της επαρκούς αγκύρωσης των συνδετήρων. (Σπυράκος 2004, σελ.81-82)



Εικόνα 89: Κατασκευή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό.

A7.3 Ενισχύσεις σε κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων

A7.3.1 Ενίσχυση με προσθήκη επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων ή FRP

Η χρήση των επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή FRP είναι μία τεχνική που χωρίς αμφιβολία προσφέρει σημαντικά στην ενίσχυση του κόμβου με αύξηση της διατμητικής τους αντοχής, αλλά και με σημαντική αύξηση της πλαστιμότητάς τους. Η εφαρμογή της τεχνικής στην πράξη είναι δύσκολη, ίσως και ανέφικτη, αν στον κόμβο συντρέχουν δοκοί και προς τις δύο διευθύνσεις. (Δρίτσος 2005, σελ.284)

A7.3.2 Ενίσχυση σε κόμβους δοκών - υποστυλωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

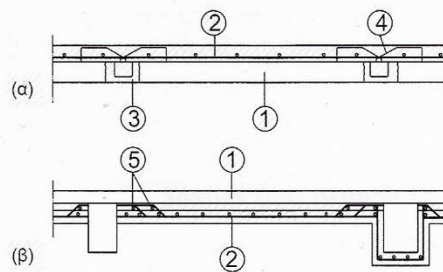
Γενικά, θεωρείται μια δύσκολη τεχνική καθώς πρέπει να κατασκευαστεί μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος για κάθε δομικό μέλος που συντρέχει στον κόμβο. Επιπλέον, χρειάζεται διάτρηση της πλάκας για να τοποθετηθούν οι σύνδεσμοι. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.749)

A7.4 Ενισχύσεις σε πλάκες

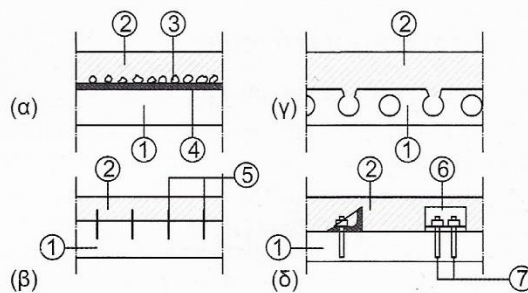
A7.4.1 Ενίσχυση με αύξηση του πάχους ή του οπλισμού της πλάκας

Ενίσχυση στην πλάκα γίνεται όταν προκύπτει ότι η αντοχή της πλάκας είναι ανεπαρκής. Η πλάκα μπορεί να ενισχυθεί με αύξηση του πάχους της από την πάνω πλευρά με έγχυτο σκυρόδεμα ή με αύξηση του πάχους με έγχυτο σκυρόδεμα και προσθήκη νέου οπλισμού στην κάτω πλευρά με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Για τη σωστή σύνδεση παλαιού και νέου

σκυροδέματος πρέπει να γίνει εκτράχυνση της παλαιάς επιφάνειας ή την επίστρωση της επιφάνειας με ρητίνη και χρήση βλήτρων και αγκυρίων. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.755)



Αύξηση του πάχους της πλάκας και προσθήκη νέου οπλισμού: (α) αύξηση πάχους προς τα επάνω· (β) αύξηση πάχους προς τα κάτω με προσθήκη νέου οπλισμού· 1 = υφιστάμενη πλάκα· 2 = πρόσθετος οπλισμός· 3 = φωλιά αγκύρωσης· 4 = κεκαμμένες ράβδοι αγκύρωσης· 5 = συγκολλημένες συνδετήριες ράβδοι· 6 = αναρτημένοι σύνδεσμοι.



Λεπτομέρειες σύνδεσης νέας στρώσης με το παλαιό σκυρόδεμα σε πλάκα: (α) σύνδεση του νέου με το παλαιό σκυρόδεμα μέσω εποξειδικής ρητίνης· (β) σύνδεση μέσω κοχλίων που αγκυρώνονται με εποξειδική ρητίνη· (γ) σύνδεση μέσω υφιστάμενων κενών σε πλάκα με κενά· (δ) σύνδεση μέσω γωνιακών ελασμάτων· 1 = υφιστάμενη πλάκα· 2 = νέα πλάκα· 3 = ρυζάκι· 4 = εποξειδική ρητίνη· 5 = κοχλίες που αγκυρώνονται με εποξειδική ρητίνη· 6 = γωνιακό έλασμα· 7 = κοχλίες αγκύρωσης ή μπετονόκαρφα.

Εικόνα 90: Ενίσχυση σε πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.756)

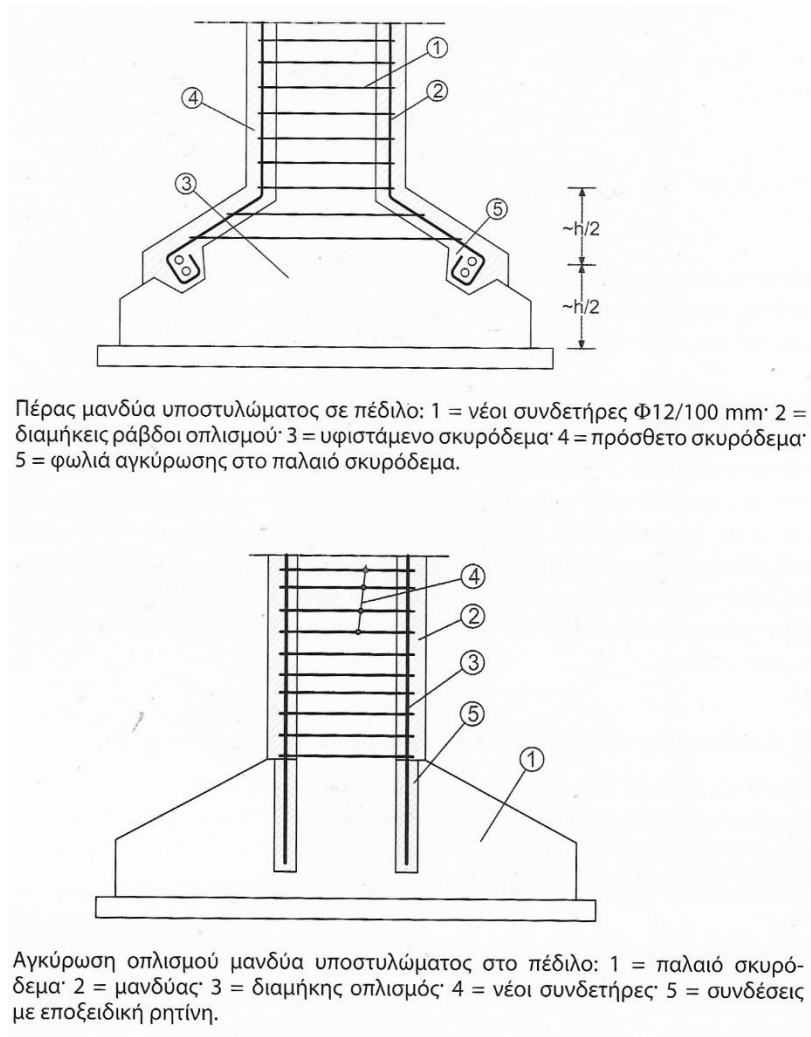
A7.5 Ενισχύσεις στη θεμελίωση

Η ενίσχυση της θεμελίωσης μπορεί να γίνει με δύο τρόπους είτε με σύνδεση του υποστυλώματος σε πέδιλο είτε με ενίσχυση πεδίων.

A7.5.1 Σύνδεση του μανδύα υποστυλώματος σε πέδιλο

Αν η κρίσιμη περιοχή του υποστυλώματος σε κάμψη είναι στο άνω και κάτω άκρο, τότε ο μανδύας του υποστυλώματος πρέπει να εκτείνεται πέρα από το σημείο στο οποίο το

υποστύλωμα συνδέεται με το πέδιλο, ώστε οι ράβδοι του οπλισμού να έχουν το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.757)



Εικόνα 91: Τεχνική σύνδεσης του μανδύα υποστυλώματος σε πέδιλο. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.758)

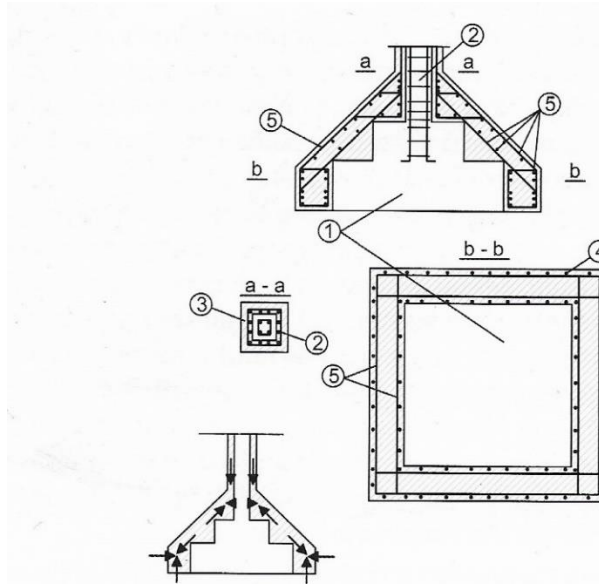
A7.5.2 Ενίσχυση πέλδλων

Η αύξηση της επιφάνειας του πέλδλου γίνεται αν είναι ανεπαρκής η φέρουσα επιφάνεια λόγω λανθασμένης αρχικής εκτίμησης της φέρουσας ικανότητας του εδάφους ή λόγω αύξησης των αξονικών φορτίων στο θεμέλιο από την προσθήκη νέων δομικών στοιχείων. Υπάρχουν δύο διατάξεις για την αύξηση της επιφάνειας του πέλδλου.

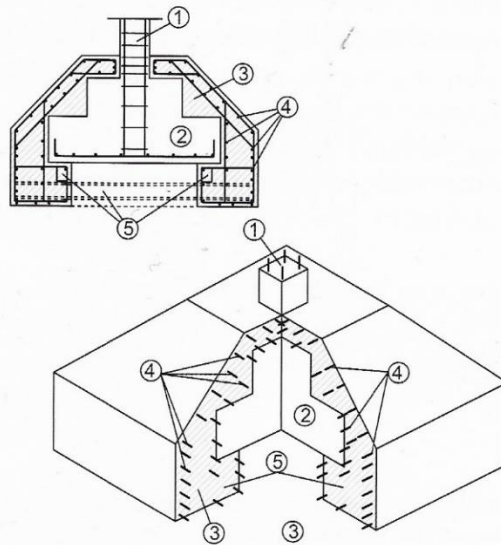
Η πρώτη διάταξη είναι πιο απλή και χρησιμοποιείται όταν η ενίσχυση του πέλδλου επεκτείνεται στο υποστύλωμα με μορφή μανδύα. Οι λοξές δυνάμεις που αναπτύσσονται για τη μεταφορά της πίεσης του εδάφους στο μανδύα του υποστυλώματος παραλαμβάνονται με

οπλισμό ορθογωνικής μορφής (ορθογωνικοί δακτύλιοι) σχηματίζονται ή με μεγάλες υπερκαλύψεις (μάτιση) ή με συγκόλληση.

Η δεύτερη διάταξη είναι περίπλοκη και απαιτείται κάτω από το υπάρχον πέδιλο. Σε αυτή τη λύση, είναι αναγκαία η προσωρινή υποστήριξη του κτιρίου και πρέπει να γίνεται μέριμνα για την αποφυγή καθίζησης λόγω υποσκαφής. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.757)



Ενίσχυση πεδίλου-υποστυλώματος: 1 = υφιστάμενη θεμελίωση· 2 = υφιστάμενο υποστύλωμα· 3 = οπλισμένοι μανδύας· 4 = πρόσθετο σκυρόδεμα· 5 = πρόσθετος οπλισμός.

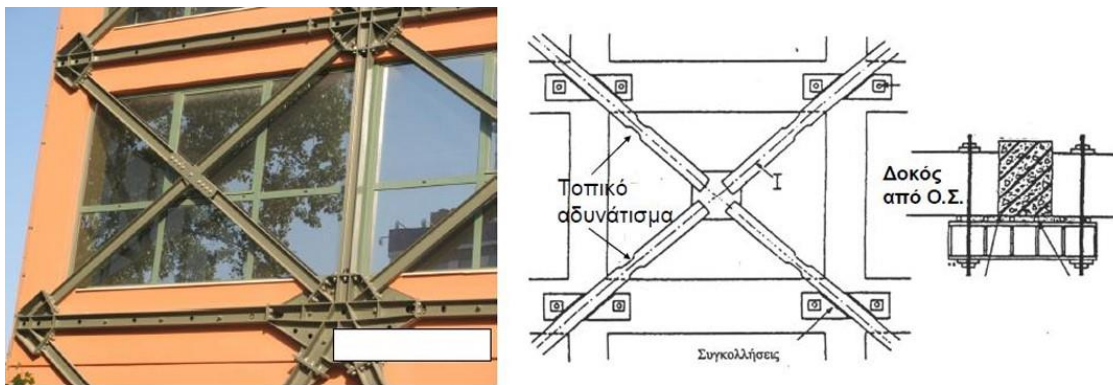


Ενίσχυση πεδίλου χωρίς ενίσχυση υποστυλώματος: 1 = υφιστάμενο υποστύλωμα· 2 = υφιστάμενη θεμελίωση· 3 = πρόσθετο σκυρόδεμα· 4 = πρόσθετος οπλισμός· 5 = μεταλλική δοκός.

Εικόνα 92: Πρώτη και δεύτερη διάταξη. (Πενέλης και Πενέλης 2022, σελ.759)

Α7.6 Ενίσχυση με μεταλλικά δικτυωτά συστήματα εντός πλαισίων

Η μέθοδος αυτή προσφέρει σημαντική αύξηση στην αντοχή και στη δυσκαμψία του φορέα. Συμβάλλει επίσης στην αύξηση της πλαστιμότητας του. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε ισόγειους μαλακούς ορόφους κτιρίων, καθώς και σε βιομηχανικούς χώρους. Σκοπός της μεθόδου είναι η απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας μέσω της μεγάλης ανελαστικής παραμόρφωσης των μεταλλικών διαγώνιων. Κρίσιμα σημεία είναι οι συνδέσεις των μεταλλικών στοιχείων με τον υπάρχοντα φέροντα οργανισμό, ο λυγισμός των διαγώνιων και οι μεγάλες εντάσεις στους κόμβους που πιθανόν να οδηγήσουν στην ανάγκη ενίσχυσης τους. Αυτή η μέθοδος υπερτερεί γιατί τα μεταλλικά στοιχεία έχουν μικρό ίδιο βάρος, μεγάλη ταχύτητα κατασκευής καθώς και ευκολία επισκευής μετά από κάποιο ισχυρό σεισμό. (Σπυράκος 2004, σελ. 98-99)



Εικόνα 93: Λεπτομέρειες σύνδεσης μεταλλικών δικτυωμάτων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)



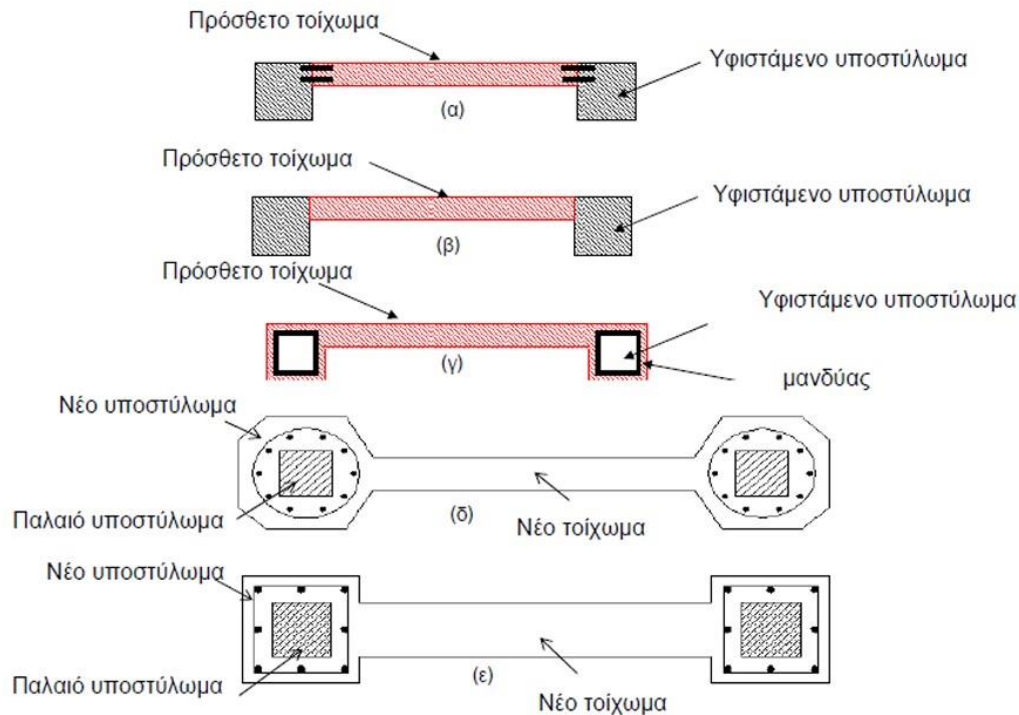
Εικόνα 94: Εξωτερικά μεταλλικά συστήματα σε κτίριο. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

Η επέμβαση στο παραπάνω κτίριο έχει αλλοιώσει αρχιτεκτονικά τις όψεις του. Αν υπήρχε αρχιτεκτονικός σχεδιασμός για το εξωτερικό της ενίσχυσης και δεν ήταν ορατός ο μεταλλικός σκελετός το αρχιτεκτονικό και αισθητικό αποτέλεσμα θα ήταν πιο άρτιο.

A7.7 Ενίσχυση με κατασκευή τοιχώματος εντός υφιστάμενου πλαισίου

Η προσθήκη νέων τοιχωμάτων εντός υφισταμένων πλαισίων της κατασκευής θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα. Η μέθοδος εφαρμόζεται επίσης για να διορθωθούν σφάλματα σχεδιασμού που σχετίζονται με τη μόρφωση του φορέα και ειδικότερα όταν διαπιστώνεται ασυμμετρία κατανομής δυσκαμψίας καθ' ύψος ή εκκεντρότητες δυσκαμψίας σε κάτοψη. Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι η παραλαβή των σεισμικών δυνάμεων να γίνεται κυρίως από τα νέα τοιχώματα. Με τον τρόπο αυτό αποφορτίζονται από πλευρικές δυνάμεις τα παλαιά υποστυλώματα, τα οποία θα φέρουν κυρίως τα κατακόρυφα φορτία της κατασκευής.

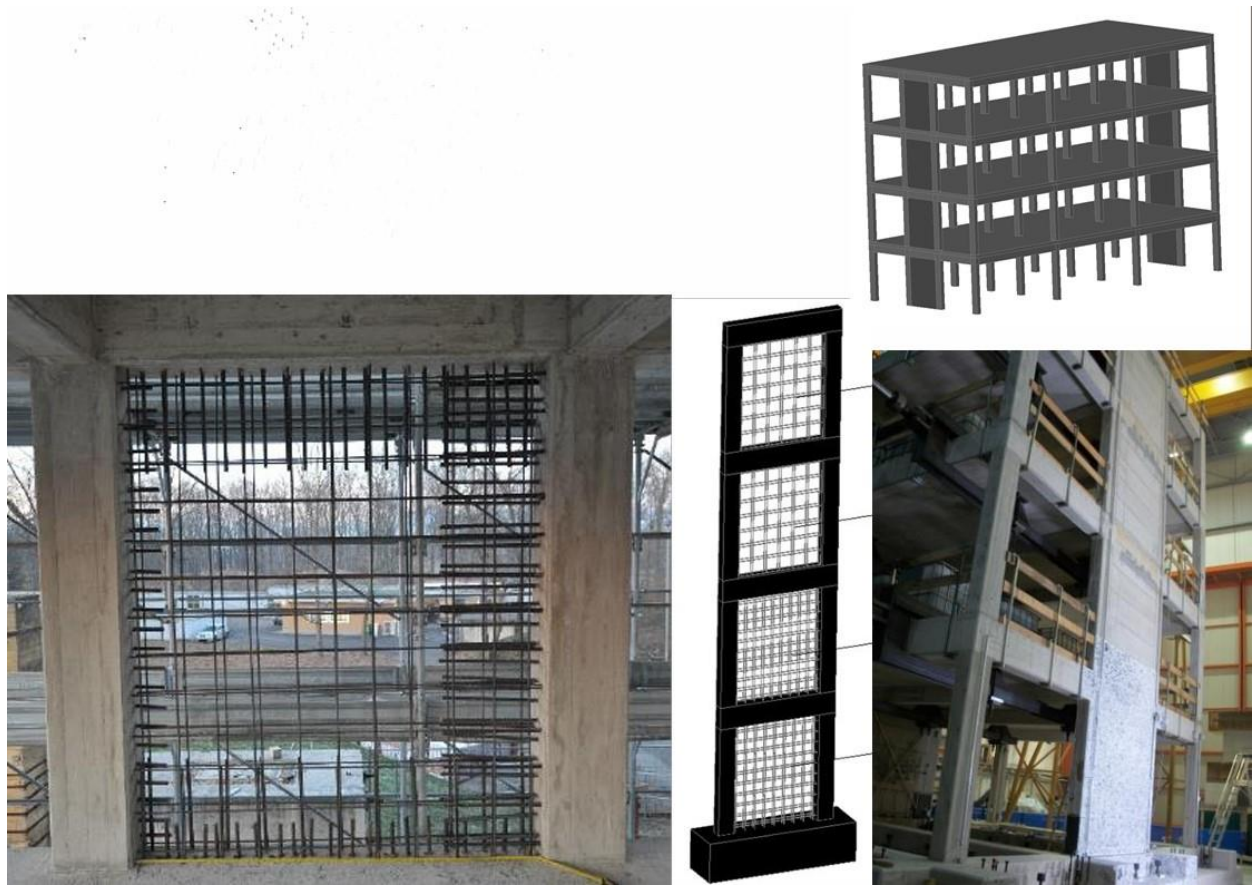
Τα προστιθέμενα τοιχώματα μπορούν να κατασκευάζονται από έγχυτο σκυρόδεμα, μπορούν να είναι προκατασκευασμένα ή μπορούν να κατασκευάζονται από συμπαγείς οπτόπλινθους ή τσιμεντόπλινθους. Συνήθως το νέο τοίχωμα καλύπτει το φάτνωμα και ενσωματώνει τις δοκούς και τα υποστυλώματα του πλαισίου. Έχει μικρότερη διατομή σε σχέση με τα υφιστάμενα υποστυλώματα και συνδέονται μεταξύ τους με βλήτρα. Για την κατασκευή απαιτείται εκτεταμένη διάτρηση πλακών και σημαντικές επεμβάσεις στη θεμελίωση. Γενικά η μέθοδος θεωρείται αρκετά παρεμβατική.



Τυπικές διατομές τοιχωμάτων κατασκευαζόμενες εντός πλαισίων (α) με περιμετρική σύνδεση μέσω διατμητικών συνδέσμων, (β) απλού γεμίσματος (γ,δ,ε) τοιχωματοποίηση

Εικόνα 95: Περιπτώσεις κατασκευής τοιχωμάτων εντός υφιστάμενων πλαισίων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

Στην περίπτωση της τοιχωματοποίησης η επέμβαση είναι πολύ έντονη. Συνδέονται υποστυλώματα, το τοίχωμα και χρησιμοποιείται και νέος οπλισμός. Σε αυτή την περίπτωση ενσωματώνεται και η δοκός. Οι πλευρές των υφιστάμενων υποστυλωμάτων αυξάνονται κατά 6 -7 cm και απαιτείται μεγάλη επέμβαση στη θεμελίωση.



Εικόνα 96: Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των υφιστάμενων πλαισίων. (αρχείο Μπισκίνη Δ.)

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

Δρίτσος, Σ. (2005). *Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα*. Πάτρα, σελ. 212-215, 228-232, 248-50

Πενέλης, Γ., & Πενέλης, Γ. (2022). *Κτίρια από σκυρόδεμα σε σεισμογενής περιοχές*. Αθήνα: Κλειδάριθμος, σελ. 738-740, 755, 757-758

Σπυράκος, Κ. (2004). *Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, σελ. 70-71, 85-92, 95-99

Β ΜΕΡΟΣ – ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Β1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τοιχοποιία είναι ένα σύνθετο δομικό σύστημα που αποτελείται από φυσικά ή τεχνητά λιθωσώματα και συνδετικό κονίαμα. Η τοιχοποιία αποτέλεσε το επικρατέστερο δομικό υλικό για την διαμόρφωση του κατακόρυφου φέροντος οργανισμού μέχρι την εμφάνιση του χάλυβα τον 20^ο αιώνα. Στα αρχαιότητα χρησιμοποιούνταν η ξηρή δόμηση μόνο με λιθωσώματα που ήταν το βασικό σύστημα δόμησης για μεγάλα έργα αλλά και απλές κατασκευές.

Κάθε κατασκευή διαφέρει καθώς συναντώνται διάφορες δομικές μορφές. Η δομική μορφή επηρεάζεται από τη σύσταση και την προέλευση των υλικών, την επεξεργασία που έχουν υποστεί οι λίθοι και τον τρόπο δόμησης.

Η τοιχοποιία διακρίνεται σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος των τοιχοσωμάτων που είναι κατασκευασμένες, τη λειτουργία τους στο δόμημα αλλά και τον τρόπο δόμησης τους.

1)Τοιχοποιίες ανάλογα με το είδος των τοιχοσωμάτων: Η προέλευση των τοιχοσωμάτων μπορεί να είναι είτε από φυσικό προϊόν είτε βιομηχανικό.

i) Τοιχοποιίες από Τεχνητούς λίθους (πλινθοδομές): Το υλικό των τοιχοσωμάτων είναι ένα βιομηχανικό προϊόν είτε επί τόπου είτε στο εργοστάσιο. Το κύριο χαρακτηριστικό των τεχνητών τοιχοσωμάτων είναι ότι έχουν καθορισμένο σχήμα και τυποποιημένες διαστάσεις. Οι τοιχοποιίες είναι οπτοπλινθοδομές, τσιμεντοπλινθοδομές και ωμοπλινθοδομές.

ii) Τοιχοποιίες από Φυσικούς λίθους (λιθοδομές): Το υλικό τους είναι φυσικοί λίθοι που προέρχονται από ανθεκτικά πετρώματα, τα οποία με βαθμό κατεργασίας αποκτούν το κατάλληλο σχήμα για τη χρήση στην κατασκευή κάθε έργου.

- Με κονίαμα: Λιθοδομές και χυτές τοιχοποιίες
- Χωρίς κονίαμα: Ξηρολιθοδομές ή Ξηρολιθιές

2)Τοιχοποιίες ανάλογα με τη λειτουργία στο δόμημα:

Οι τοιχοποιίες είναι φέρουσες, πληρώσεως και αντιστήριξης.

3)Τοιχοποιίες ανάλογα με το τρόπο δόμησης:

Οι τοιχοποιίες είναι συμπαγείς ή τρίστρωτες (με πυρήνα). Σε μια κατακόρυφη τομή συμπαγούς τοίχου δεν διακρίνονται ξεχωριστές στρώσεις. Η τρίστρωτη τοιχοποιία αποτελείται

από δύο κατακόρυφες εξωτερικές στρώσεις και πυρήνα από λιθορριπή που είναι χυτό κονίαμα με μικρούς λίθους. Η εσωτερική και η εξωτερική παρειά πρέπει να συνδέονται με διάτονους λίθους (κλειδιά). Οι διάτονοι λίθοι τοποθετούνται και κατά μήκος και κατά ύψος σε διάφορες θέσεις σε όλη την έκταση της τοιχοποιίας.

B2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

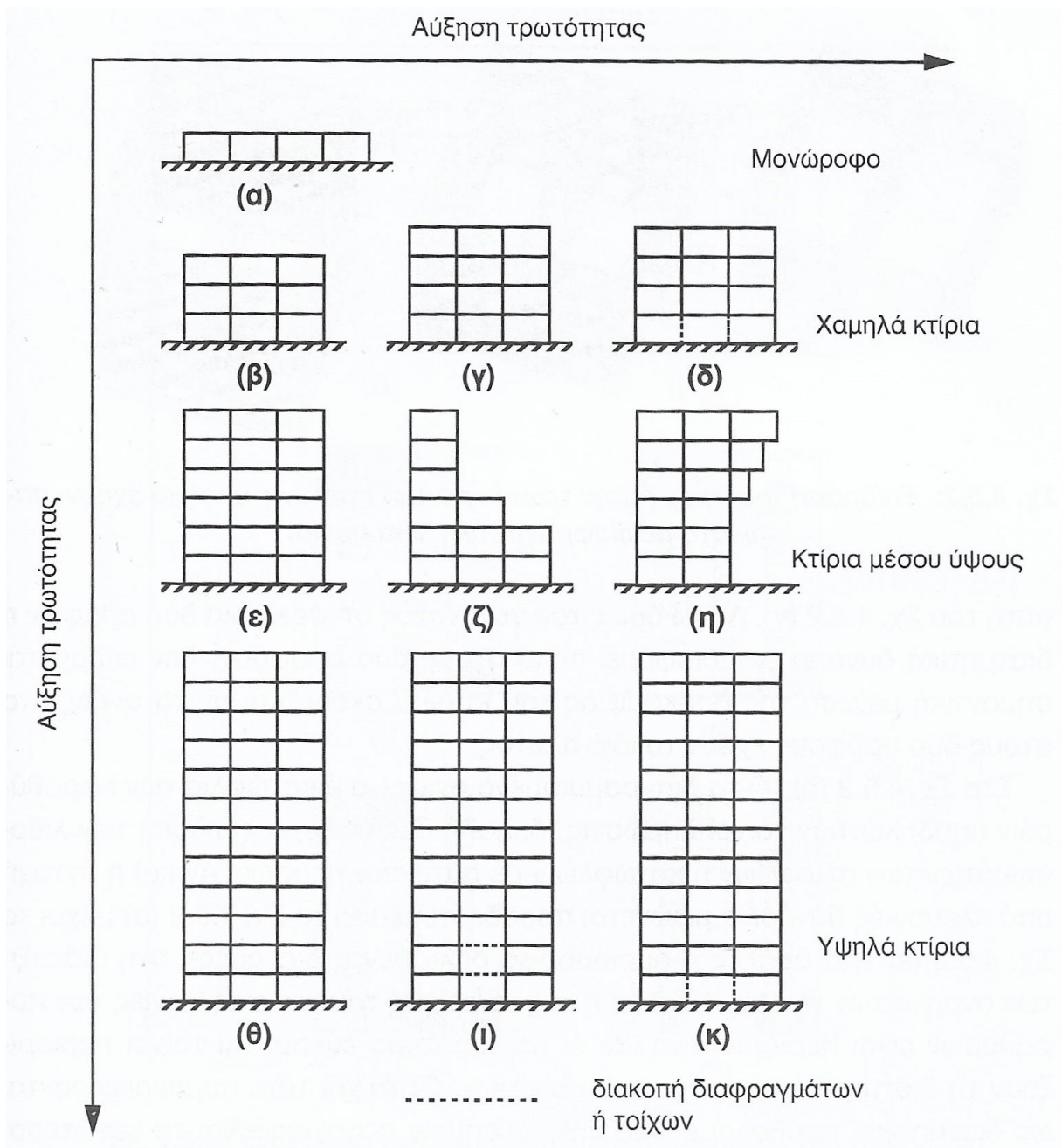
B2.1 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗΣ ΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

Γενικά, οι κανόνες μόρφωσης που ακολουθούνται για την φέρουσα τοιχοποιία είναι παρόμοιες με αυτούς που ακολουθούνται και για το φορέα οπλισμένου σκυροδέματος. Κάποιοι από αυτούς αφορούν την απλότητα της κάτοψης, την τοποθέτηση των ανοιγμάτων, τη διάταξη και την κατανομή των τοίχων και το ύψος και ο αριθμός των ορόφων.

Η τελική μορφή σε κάτοψη και καθ' ύψος εξαρτώνται από το διαθέσιμο χώρο του οικοπέδου και την ανάγκη λειτουργικότητας ανάλογα με τη χρήση της κατασκευής. Η επίδραση της μορφολογίας του κτιρίου στην τρωτότητα του είναι αρκετά σημαντική.

B2.1.1 Ύψος και συμμετρία καθ' ύψος

Η αύξηση της τρωτότητας του κτιρίου είναι ανάλογη του ύψους του κτιρίου. Τα μονώροφα κτίρια έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε σεισμό σε σχέση με τα πολυώροφα. Στα πολυώροφα κτίρια η τρωτότητα σχετίζεται και με την ύπαρξη ασυμμετρίας καθ' ύψος. Στην Ελλάδα συνήθως τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία αποτελούνται από δύο ή τρεις ορόφους ενώ σπάνια συναντώνται κτίρια με περισσότερους ορόφους. (Καραντώνη 2012, σελ. 192-193)

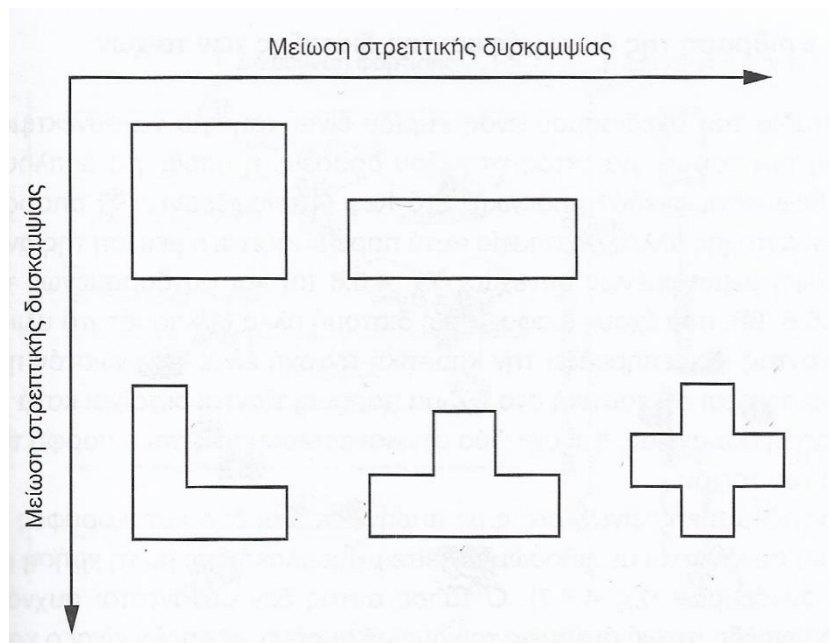


Εικόνα 97: Η τρωτότητα του κτιρίου ανάλογα με το ύψος και τη συμμετρία του. (Καραντώνη 2012, σελ.193)

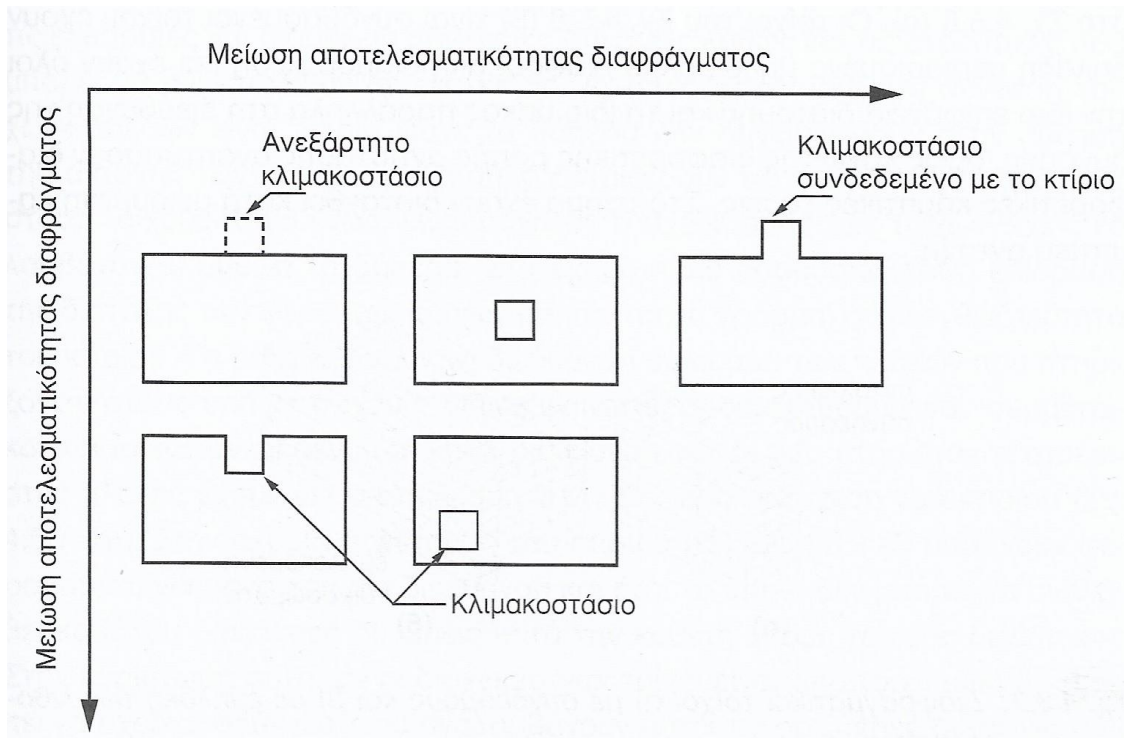
B2.1.2 Μορφή κάτοψης

Η μορφή και το σχήμα της περιμέτρου του κτιρίου έχει μεγάλη σημασία καθώς επηρεάζει τη στρεπτική δυσκαμψία του κτιρίου. Η απλότητα της κάτοψης εξασφαλίζει ομαλή μεταφορά των δυνάμεων. Αν το σχήμα της κάτοψης είναι περίπλοκο μπορεί να γίνει διαχωρισμός με αρμούς και να δημιουργηθούν ξεχωριστά τμήματα που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις συμμετρίας. Επιπρόσθετα, σημαντική επίδραση στη στρεπτική δυσκαμψία του

κτιρίου έχει και η τοποθέτηση του κλιμακοστασίου στην κάτοψη, καθώς η διακοπή της πλάκας στη περιοχή του κλιμακοστασίου επηρεάζει τη διαφραγματική λειτουργία στα οριζόντια στοιχεία. Ιδιαίτερη σημασία για τα κλιμακοστάσια έχει και το υλικό τους, καθώς τα ξύλινα κλιμακοστάσια είναι εύκαμπτα στοιχεία ενώ τα κλιμακοστάσια από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι δύσκαμπτα στοιχεία και επηρεάζουν διαφορετικά το φορέα. (Καραντώνη 2012, σελ. 196-197)



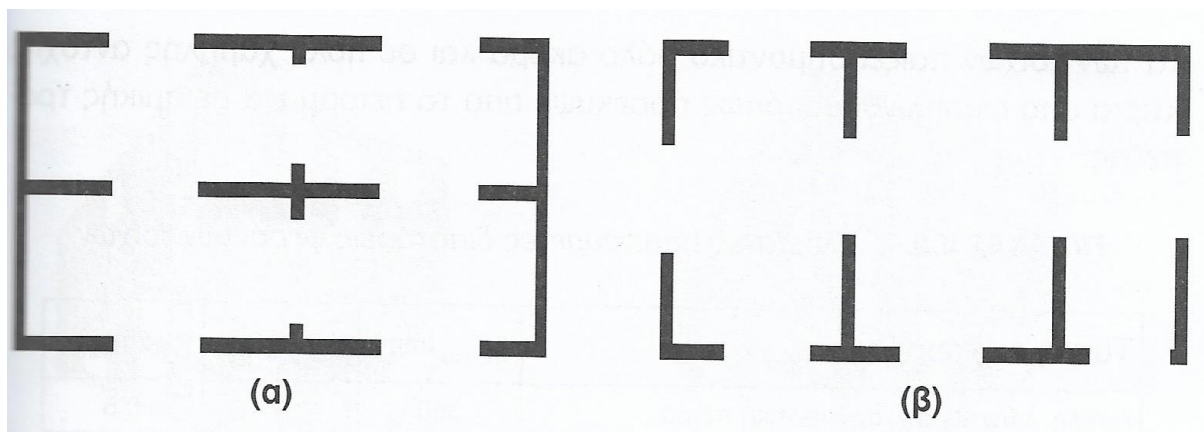
Εικόνα 98: Η στρεπτική δυσκαμψία του κτιρίου ανάλογα με τη μορφή της κάτοψης. (Καραντώνη 2012, σελ.197)



Εικόνα 99: Η θέση του κλιμακοστασίου και η αποτελεσματικότητα του διαφράγματος. (Καραντώνη 2012, σελ.197)

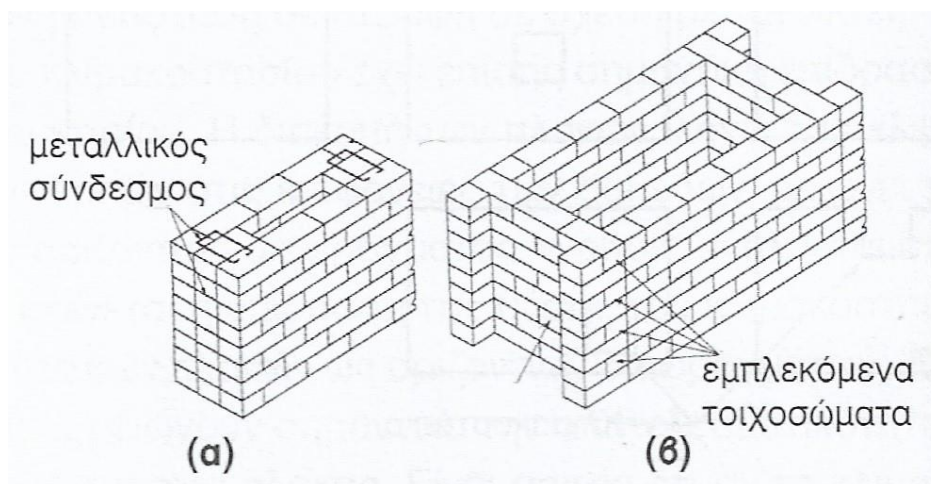
B2.1.3 Διατομή και διάταξη των τοίχων

Η ασυμμετρία στην διάταξη των τοίχων μπορεί να δημιουργήσει στροφή στο κτίριο. Οι φέροντες τοίχοι είναι αναγκαίο να είναι ισοκατανεμημένοι και στις δύο διευθύνσεις και συμμετρικά τοποθετημένοι σε κάθε κατεύθυνση. Προκειμένου να δημιουργείται αντίσταση στη στρέψη οι τοίχοι πρέπει να βρίσκονται στη περίμετρο του κτιρίου και στις γωνίες. (Καραντώνη 2012, σελ. 174-175)



Εικόνα 100: α) συμμετρική και ομοιόμορφη και β) συμμετρική και όχι ομοιόμορφη κατανομή τοίχων σε κάτοψη. (Καραντώνη 2012, σελ.175)

Διαφραγματικός τοίχος είναι οι δίστρωτες ή οι τρίστρωτες τοιχοποιίες που οι κατακόρυφες στρώσεις τους συνδέονται με εμπλοκή ή με μεταλλικούς συνδέσμους. Στην Ελλάδα, συνήθως οι κατακόρυφες στρώσεις δεν συνδέονται και ουσιαστικά δημιουργούνται δύο ασύνδετοι τοίχοι. Αυτός ο τύπος τοίχου έχει τη μεγαλύτερη τρωτότητα. (Καραντώνη 2012, σελ. 198)



Εικόνα 101: Διαφραγματικοί τοίχοι με α) συνδέσμους και β) εμπλοκή των λιθοσωμάτων. (Καραντώνη 2012, σελ.198)

B2.1.4 Μορφή όψεων

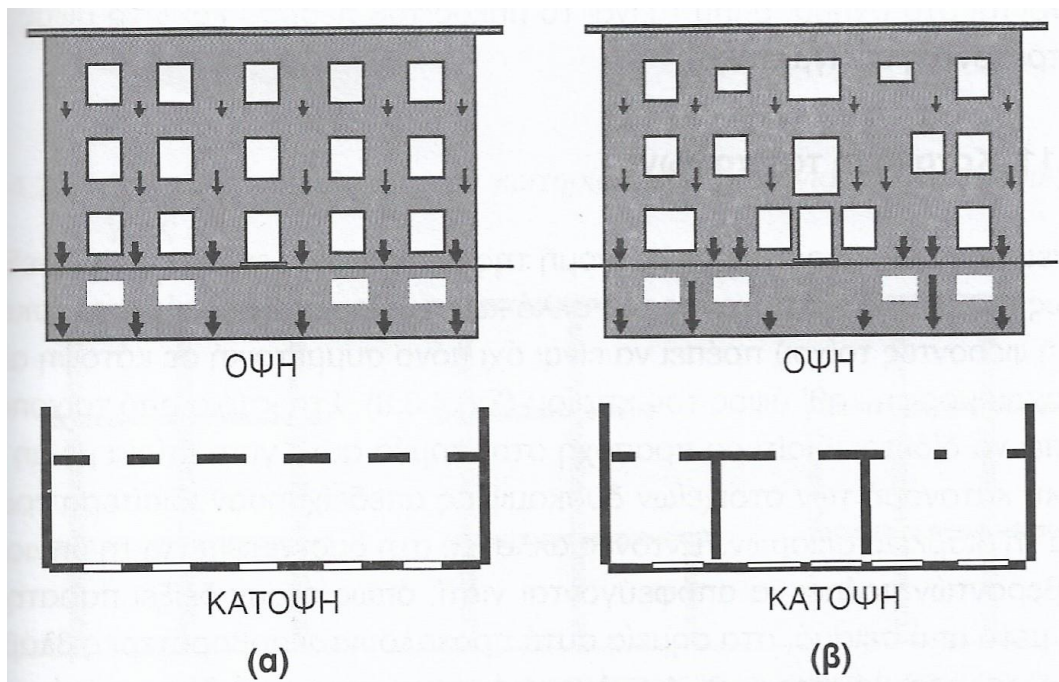
Σημαντική καθίσταται και η μορφή των όψεων καθώς ο φορέας επηρεάζεται από τα ανοίγματα και τους προβόλους. Η κατασκευή μεγάλων προβόλων δεν συνίσταται γιατί σε περίπτωση σεισμού, ασκούνται στους τοίχους συγκεντρωμένες τάσεις. Οι περιοχές αυτές έχουν μεγάλη τρωτότητα και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη μέριμνα κατά την κατασκευή. Για τους προβόλους είναι αναγκαίος ο σωστός υπολογισμός του οπλισμού και η καλή αγκύρωση τους στον τοίχο.

Μεγάλη τρωτότητα εμφανίζουν τα έρκερ (τοίχος εν προβόλω), αφού σε σεισμό υποβάλλονται σε μεγάλη μετακίνηση πλακών – προβόλων που στηρίζονται σε αυτές. Η στήριξη τοίχων σε προβόλους απαγορεύεται. (Καραντώνη 2012, σελ. 173)



Εικόνα 102: Μερική κατάρρευση έρκερ. (Καραντώνη 2012, σελ.173)

Επιπλέον, την τρωτότητα της φέρουσας τοιχοποιίας την επηρεάζουν και το μέγεθος και η θέση των ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα δεν πρέπει να δημιουργούνται κάτω από περιοχές που συγκεντρώνονται μεγάλα φορτία (π.χ. στέγη) και τα οριζόντια διαζώματα δεν πρέπει να διακόπτονται από αυτά. Για τη συμμετρία των όψεων πρέπει τα ανώφλια να βρίσκονται στην ίδια στάθμη και τα ανοίγματα πρέπει να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα και στις δύο διευθύνσεις και σε θέσεις που να εξασφαλίζεται η συμμετρία των πεσσών σε κάθε διεύθυνση. (Καραντώνη 2012, σελ. 179-180)



Εικόνα 103: α) συμμετρική και β) μη συμμετρική διάταξη ανοιγμάτων σε όψη. (Καραντώνη 2012, σελ.179)

B2.2 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΕΛΛΙΠΟΥΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

B2.2.1 Βλάβες λόγω ελλιπούς διαφραγματικής λειτουργίας

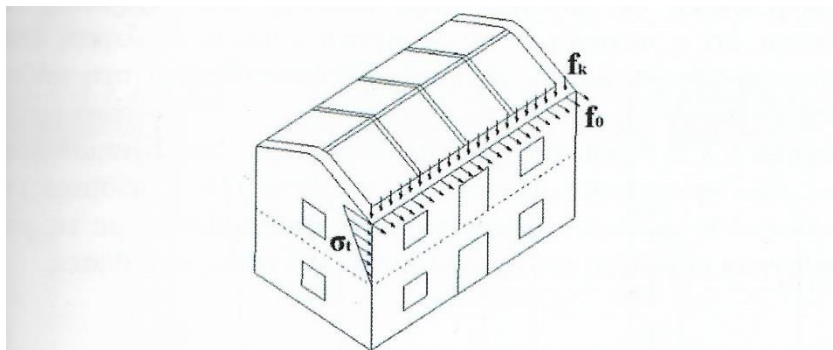
Η κατασκευή διαζωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα αυξάνει την αντοχή του κτιρίου έναντι σεισμικών δράσεων. Διαφραγματική λειτουργία εξασφαλίζουν τα πατώματα και το διάζωμα στη στάθμη της στέγης. Η εκ των υστέρων κατασκευή διαζώματος στη στάθμη της στέγης είναι εύκολη όταν υπάρχει κενό μεταξύ του τοίχου και του ελκυστήρα του ζευκτού (σπάνια συνήθως). Η κατασκευή διαζώματος σε ενδιάμεση στάθμη είναι δύσκολη.

Τα διαζώματα βελτιώνουν τη σύνδεση μεταξύ των τοίχων και των πατωμάτων, δεν συμβάλλουν στην ανάπτυξη τοπικών μηχανισμών και οι σεισμικές δυνάμεις κατανέμονται ομοιόμορφα. Σε παλαιές κατασκευές τα διαζώματα είναι εύκαμπτα, κατασκευασμένα από ξύλο ενώ σε νέες κατασκευές είναι δύσκαμπτα, κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Συνήθως, οι βλάβες που εμφανίζονται είναι καμπουριάσματα στην παρειά της τοιχοποιίας ή απόκλιση της τοιχοποιίας από την κατακόρυφο.

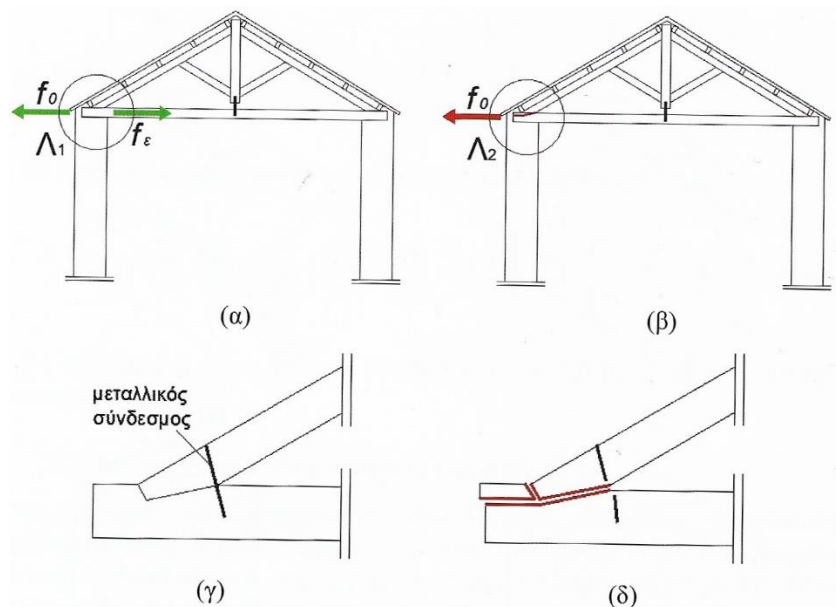
B2.2.2 Βλάβες από οριζόντιες ωθήσεις της στέγης

Οι βλάβες από τις οριζόντιες ωθήσεις της στέγης προκαλούνται στην τοιχοποιία όταν δεν υπάρχουν στοιχεία ανάληψης του εφελκυσμού, δηλαδή όταν απουσιάζουν οι ελκυστήρες ή όταν δεν υπάρχει σωστή σύνδεση με τον αμείβοντα. Η στέγη ασκεί στους τοίχους μια κατακόρυφη κατανεμημένη θλιπτική δύναμη f_k και μια οριζόντια κατανεμημένη ώθηση f_o . Η οριζόντια ώθηση f_o προκαλεί εφελκυστικές τάσεις σ_t στους εγκάρσιους τοίχους και κατακόρυφες ρωγμές.

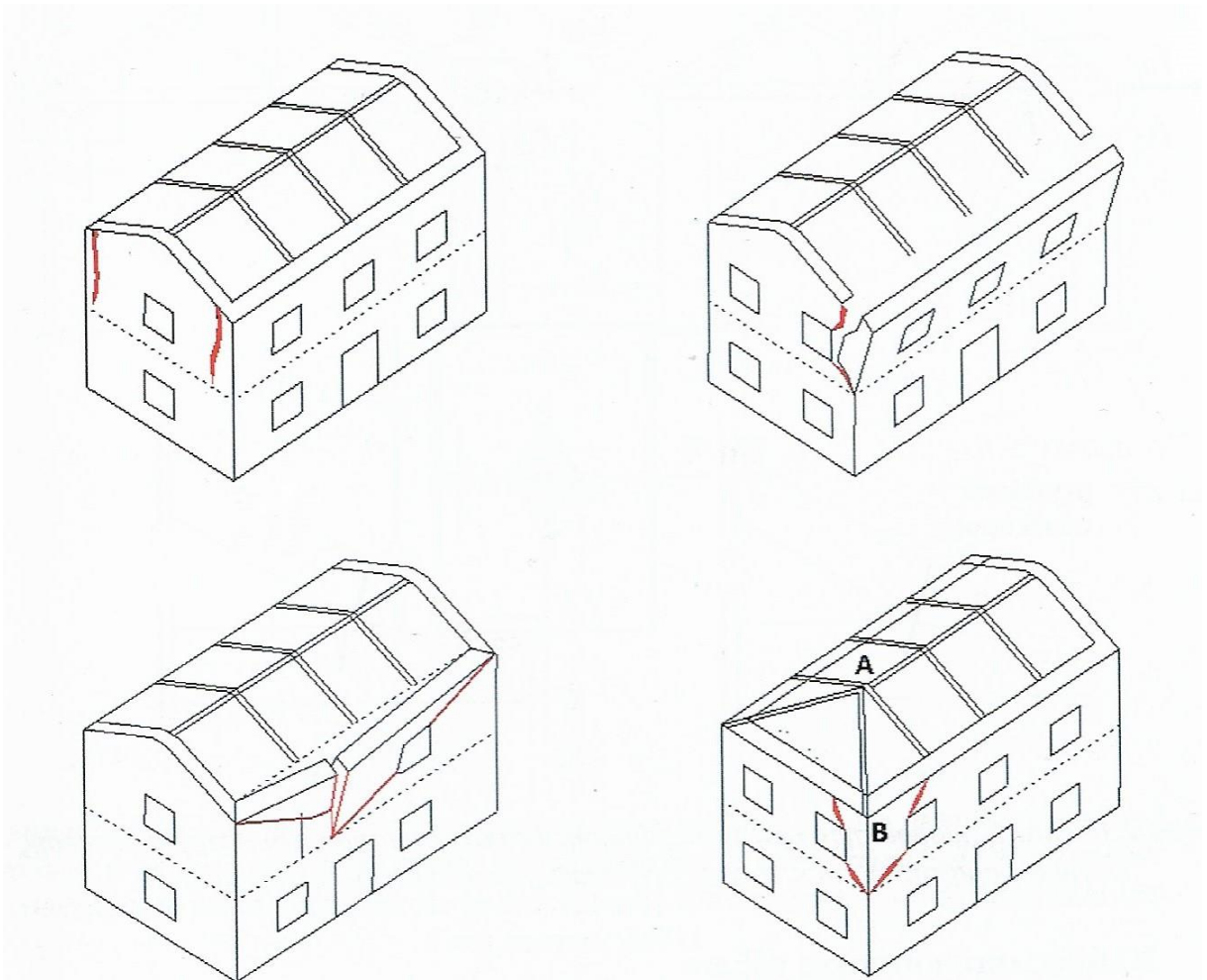


Εικόνα 104: Κατανομή δυνάμεων και ανάπτυξη τάσης από ωθήσεις της στέγης. (Σπυράκος 2019, σελ.37)

Αν στην τοιχοποιία υπάρχει ελκυστήρας ή διάζωμα μπορεί να αναπτυχθούν βλάβες αν αστοχήσει ένα μέλος ή μια σύνδεση της στέγης. Λόγω αστοχίας της εντορμίας (ειδικός τρόπος σύνδεσης δύο τεμαχίων ξύλου, κατά τον οποίο η κατάλληλα διαμορφωμένη άκρη του ενός σφηνώνεται μέσα σε επίσης κατάλληλα διαμορφωμένη κοιλότητα του άλλου), στη σύνδεση του αμείβοντα με τον ελκυστήρα, η οριζόντια ώθηση της στέγης f_o δεν παραλαμβάνεται από τον ελκυστήρα αλλά από τους τοίχους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζονται βλάβες στην τοιχοποιία. (Σπυράκος 2019, σελ. 36-38)



Εικόνα 105: α) εξισορρόπηση οριζόντιας ώθησης f_o από ελκυστήρα, β) αστοχία σύνδεσης και μεταφοράς f_o στους τοίχους, γ) και δ) λεπτομέρειες. (Σπυράκος 2019, σελ.38)

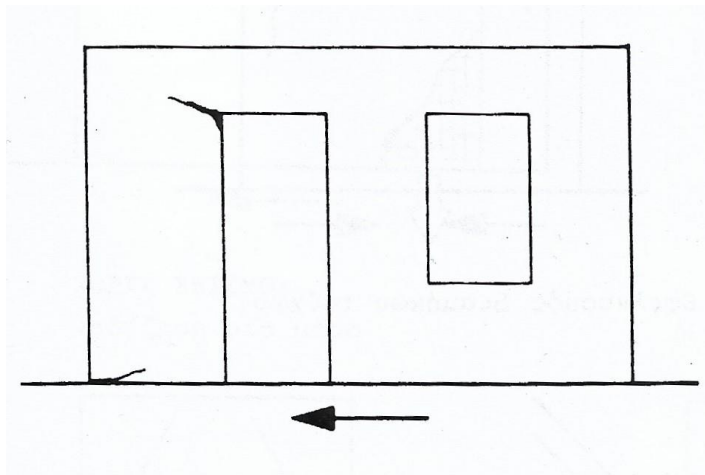


Εικόνα 106: Ανάπτυξη ρωγμών λόγω ωθήσεων της στέγης. (Σπυράκος 2019, σελ.37)

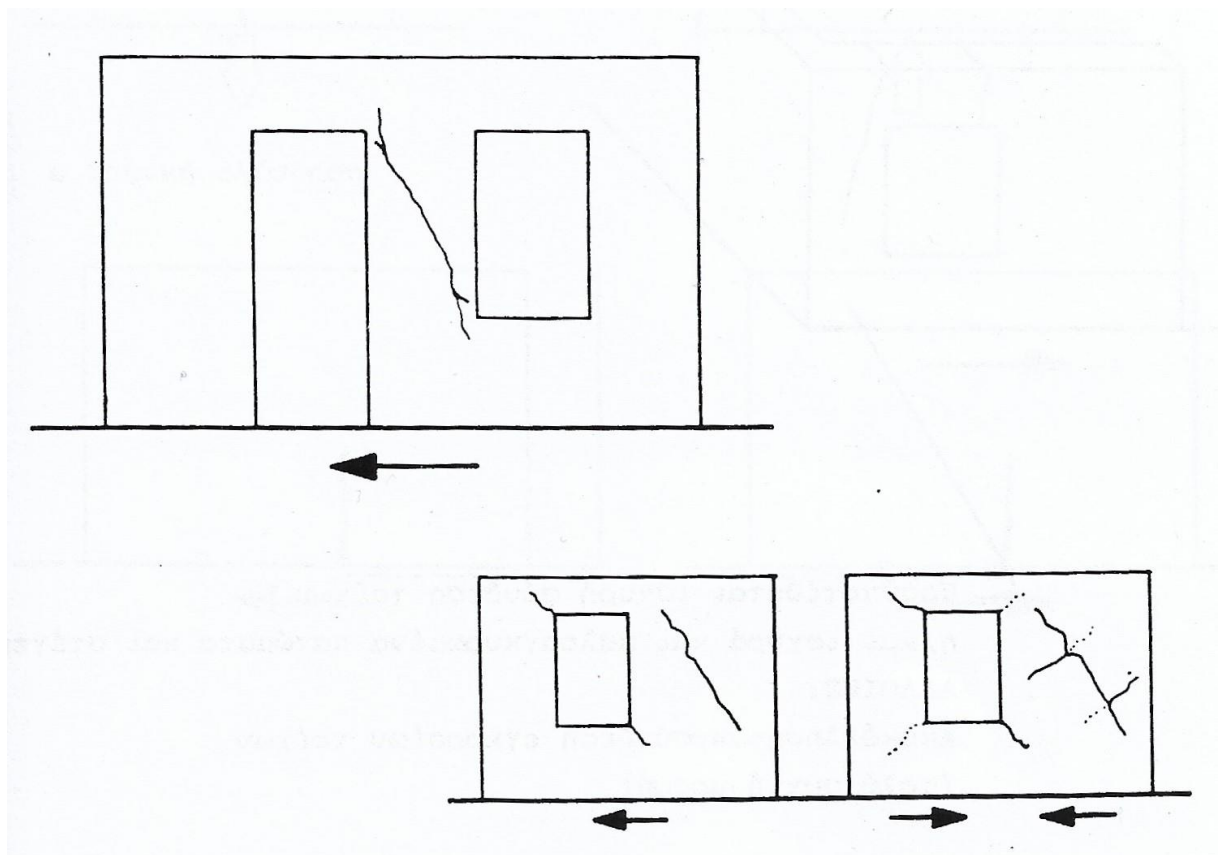
Β.2.2.3 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΟΥ

Β2.2.3.1 Βλάβες λόγω σεισμού στους πεσσούς

Οι βλάβες στους πεσσούς δεν συναντώνται συχνά. Μπορούν να εμφανιστούν σε τοιχοποιίες με καλή δόμηση και κατάσταση του τοιχώματος, καθώς και καλή λειτουργία πατώματος – στέγης.



Εικόνα 107: Κάμψη πεσσών. Εμφάνιση οριζόντιων ρωγμών. (Τάσιος 1992, σελ.133)



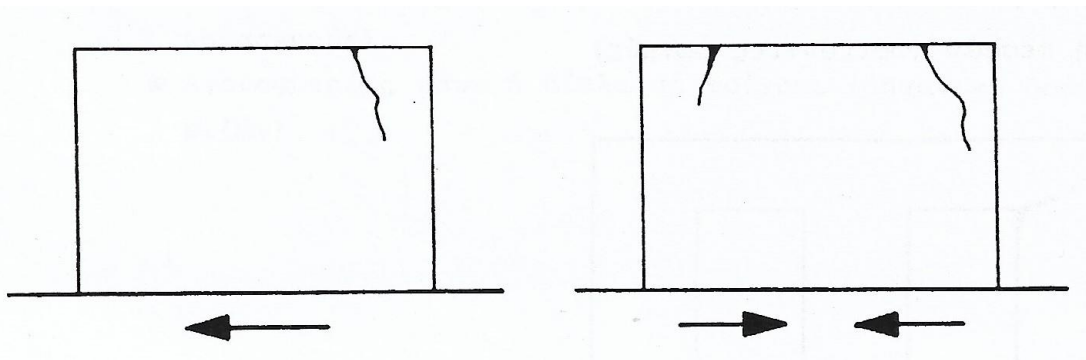
Εικόνα 108: Διάτμηση πεσσών. Εμφάνιση λοξών ή χιαστί ρωγμών. (Τάσιος 1992, σελ.133)



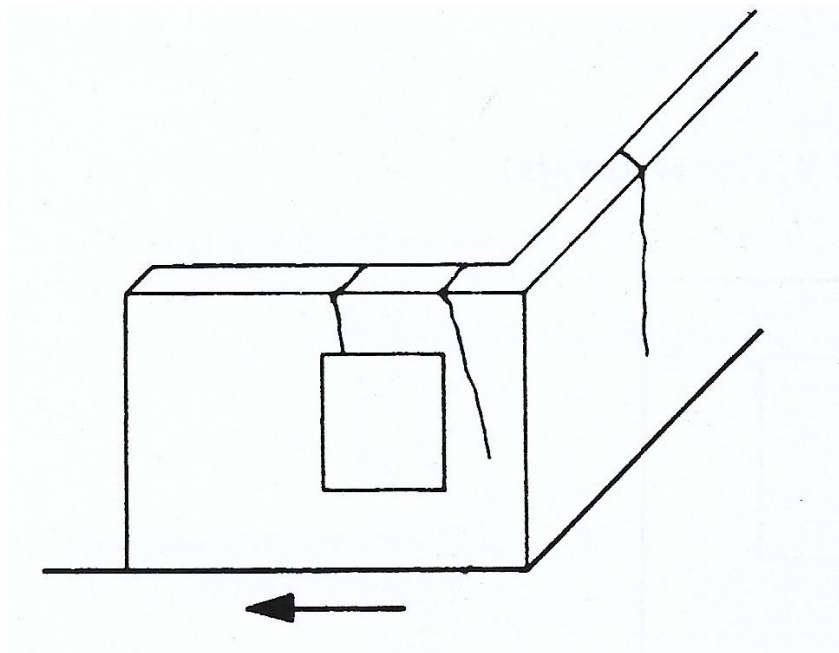
Εικόνα 109: Διάτμηση πεσσού. Εμφάνιση χιαστί ρωγμής. (Σπυράκος 2019, σελ.44)

B2.2.3.2 Βλάβες λόγω κατακόρυφων εφελκυστικών ρηγμάτων

Οι βλάβες λόγω κατακόρυφων εφελκυστικών ρηγμάτων μπορούν να εμφανιστούν είτε στο πάνω μέρος της τοιχοποιίας είτε στο κάτω μέρος της τοιχοποιίας. Οι βλάβες στο πάνωμέρος των τοίχων επηρεάζονται και από άλλα στοιχεία όπως η στέγη.



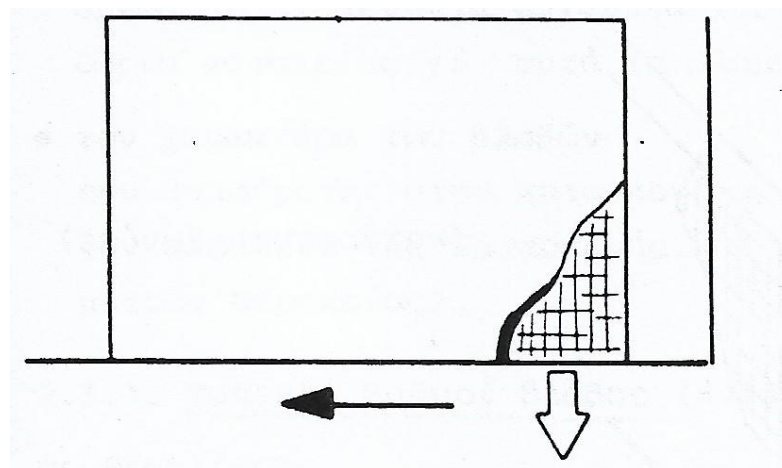
Εικόνα 110: Εμφάνιση καμπτικών ρωγμών λόγω πλημμελούς έδρασης της στέγης. (Τάσιος 1992, σελ.134)



Εικόνα 111: Εμφάνιση καμπτικών ρωγμών σε εγκάρσιους τοίχους. (Τάσιος 1992, σελ.134)

Στην παραπάνω περίπτωση (εικόνα) πρέπει να υπάρχει ισχυρή σύνδεση των δύο τοίχων και η στέγη και τα πατώματα να είναι καλά αγκυρωμένα, αλλιώς οι εγκάρσιοι τοίχοι αποκολλούνται. Αυτή είναι μια πολύ συχνή μορφή βλάβης.

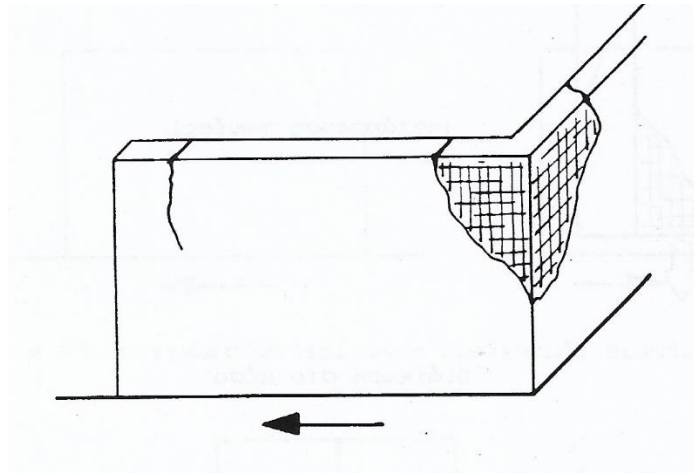
Η ανάπτυξη των βλαβών στο κάτω μέρος των τοίχων επηρεάζονται άμεσα από το έδαφος.



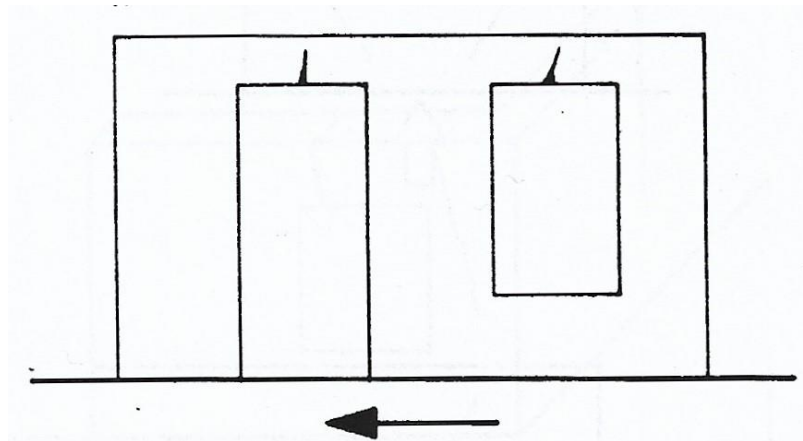
Εικόνα 112: Εμφάνιση τοπικής καθίζησης και κατάρρευση γωνίας. (Τάσιος 1992, σελ.135)

B2.2.3.3 Βλάβες λόγω ισχυρής κατακόρυφης συνιστώσας σεισμού

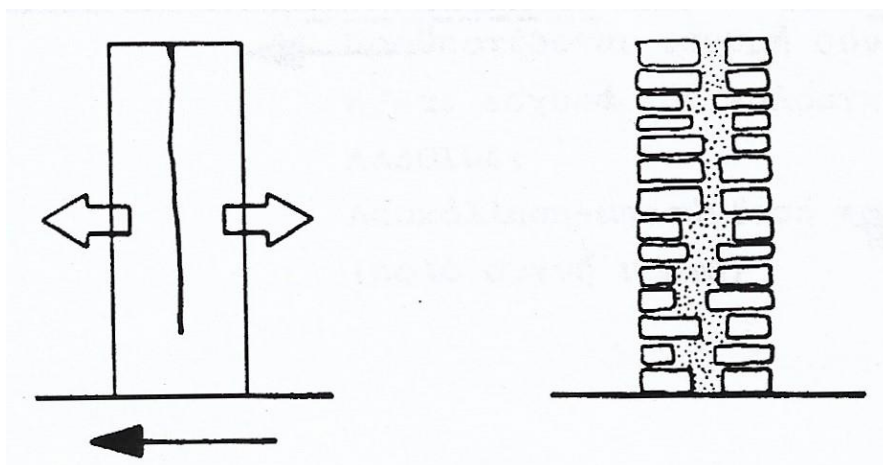
Οι βλάβες λόγω ισχυρής κατακόρυφης συνιστώσας σεισμού αφορούν κυρίως περιοχές που βρίσκονται κοντά στο επίκεντρο του σεισμού.



Εικόνα 113: Κατάρρευση γωνίας λόγω ισχυρών διατμητικών τάσεων. (Τάσιος 1992, σελ.136)



Εικόνα 114: Καμπτικές ρωγμές στα υπέρθυρα. (Τάσιος 1992, σελ.136)

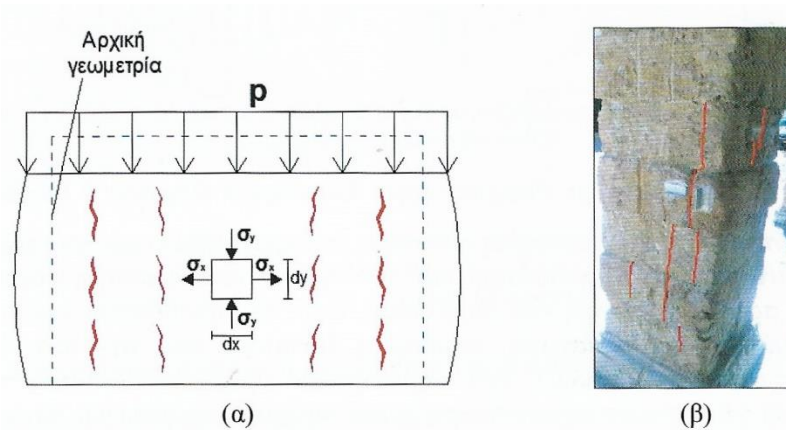


Εικόνα 115: Ανάπτυξη εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων διάρρηξης. (Τάσιος 1992, σελ.136)

Οι εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις αν δεν υπάρχει αλληλεμπλοκή των τοιχοσωμάτων και οι παρειές είναι ανεξάρτητα δομημένες οδηγούν σε κατάρρευση της παρειάς ή ολόκληρης της τοιχοποιίας.

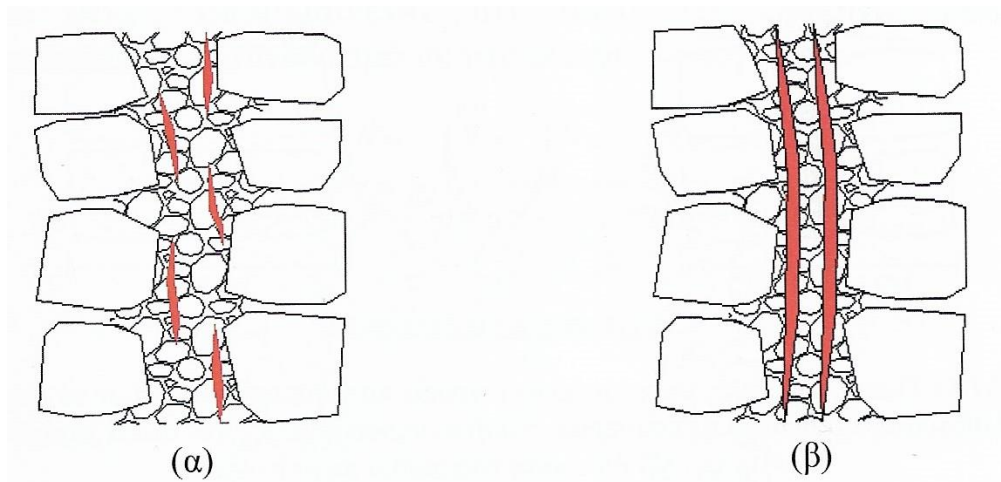
B2.4 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΘΛΙΠΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Όταν επιδρά ένα κατακόρυφο θλιπτικό φορτίο σε ένα στοιχείο, αναπτύσσεται θλιπτική τάση σ_y και δημιουργείται διόγκωση κάθετα στη διεύθυνση του φορτίου. Αν η φόρτιση υπερβεί την αντοχή του στοιχείου τότε το τμήμα ρηγματώνεται κατά μήκος. Η ανάπτυξη των ρωγμών εξαρτάται από το μέγεθος της φόρτισης, τα μηχανικά χαρακτηριστικά του κονιάματος και των λίθων και από τον τρόπο δόμησης της τοιχοποιίας.



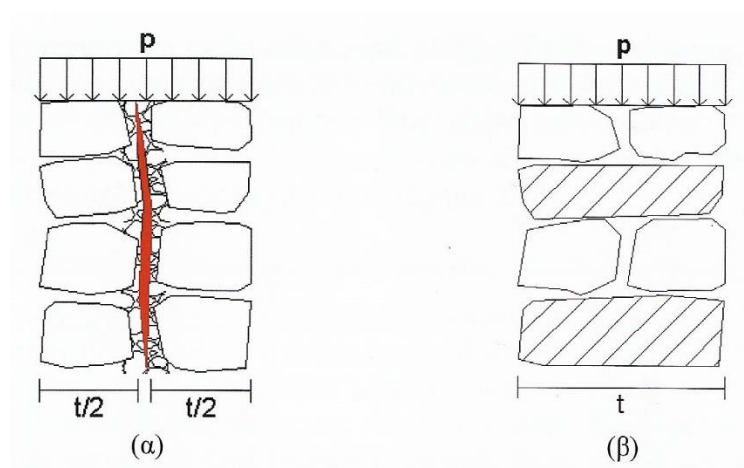
Εικόνα 116: α) ανάπτυξη θλιπτικών τάσεων σ_y και εφελκυστικών τάσεων σ_x , β) ρωγμές σε πεσσό τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.32)

Σε μονόστρωτες και δίστρωτες τοιχοποιίες αναπτύσσονται ρωγμές στην όψη της τοιχοποιίας ενώ στις τρίστρωτες (και στις δίστρωτες) τοιχοποιίες αναπτύσσονται κατακόρυφες ρωγμές κατά μήκος της ασθενούς εσωτερικής στρώσης που αποτελείται από μικρούς λίθους και κονίαμα. Οι κατά μήκος ρωγμές του στοιχείου αναπτύσσονται σε 3 φάσεις. Αρχικά, εμφανίζεται αποκόλληση της επικάλυψης αν υπάρχει, ύστερα δημιουργούνται ασυνεχείς κατακόρυφες ρωγμές στις όψεις και στο εσωτερικό του τοίχου και τέλος οι ρηγματώσεις του δεύτερου σταδίου συνδέονται και δημιουργούν ρωγμές μεγάλου μήκους που μπορούν να διαχωρίσουν τον τοίχο σε δύο ή τρία κατακόρυφα στοιχεία. (Σπυράκος 2019, σελ. 32-34)



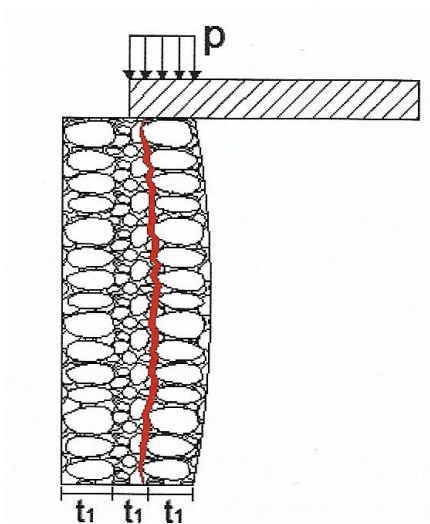
Εικόνα 117: Ανάπτυξη ρωγμών σε ασθενή στρώση τρίστρωτης τοιχοποιίας α) 2^η φάση: μικρές ρωγμές, β) 3^η φάση: μεγάλες ρωγμές. (Σπυράκος 2019, σελ.33)

Σε δίστρωτες ή τρίστρωτες τοιχοποιίες με ασύνδετες στρώσεις η εμφάνιση των ρωγμών μπορεί να εμφανιστεί αστοχία λυγισμού γιατί αποσιάζουν οι εγκάρσιοι σύνδεσμοι.



Εικόνα 118: α) ανάπτυξη ρωγμής σε τοιχοποιία χαμηλής ποιότητας χωρίς σύνδεση, β) σωστή δόμηση τοιχοποιίας με χρήση διάτονων λίθων. (Σπυράκος 2019, σελ.34)

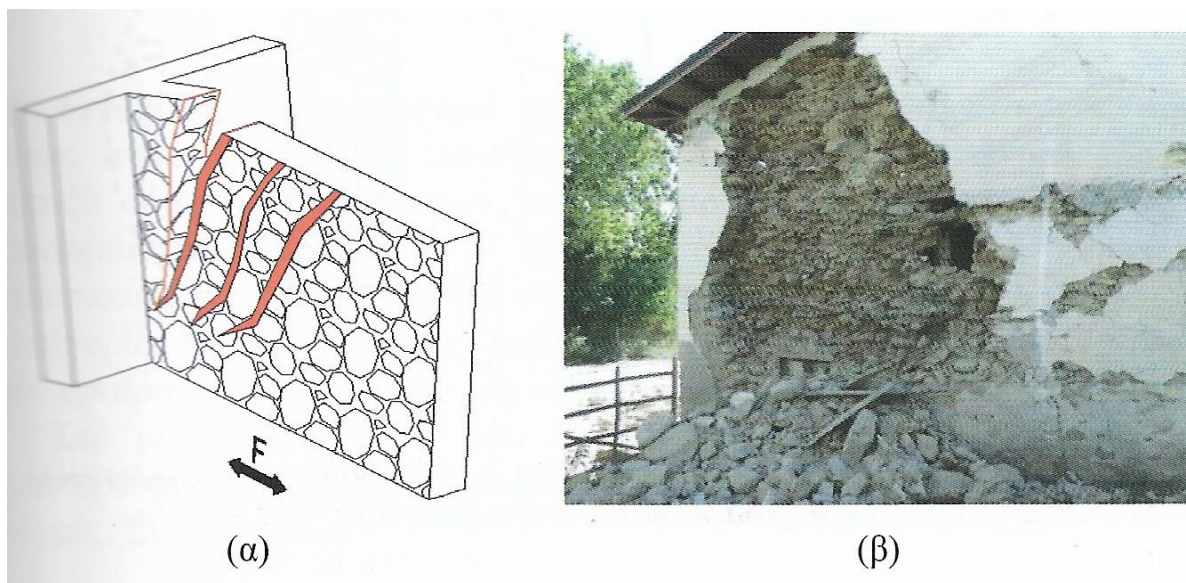
Τέλος, πρέπει να δίνεται προσοχή στην περίπτωση που τα πατώματα εδράζονται σε τμήμα του τοίχου έκκεντρα, ασκώντας κατακόρυφο φορτίο σε ένα τμήμα της τοιχοποιίας.



Εικόνα 119: Λυγισμός σε εσωτερική στρώση τρίστρωτης τοιχοποιίας λόγω έκκεντρης φόρτισης από το πάτωμα. (Σπυράκος 2019, σελ.34)

B2.5 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

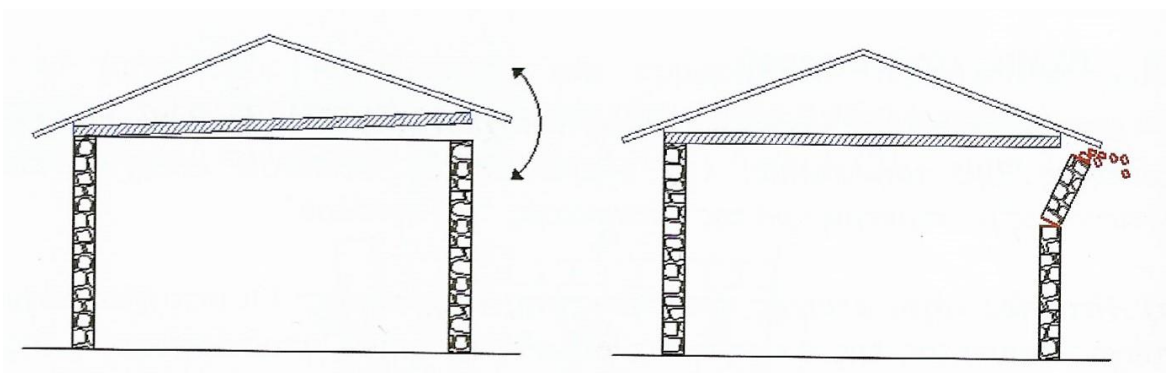
Η χαμηλή ποιότητα των υλικών στην τοιχοποιία μπορεί να οδηγήσει στην τοπική αποδιοργάνωση της. Οι πιο συνήθεις περιπτώσεις είναι οι δίστρωτες και οι τρίστρωτες τοιχοποιίες που αποτελούνται από λιθοσώματα και κονιάματα χαμηλών μηχανικών αντοχών. Επιπλέον, είναι αναγκαία η σωστή σύνδεση των δύο παρειών με διάτονους λίθους.



Εικόνα 120: α) ανάπτυξη ρωγμών λόγω χαμηλής ποιότητας των υλικών, β) αποκόλληση της εξωτερικής παρειάς τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.41)

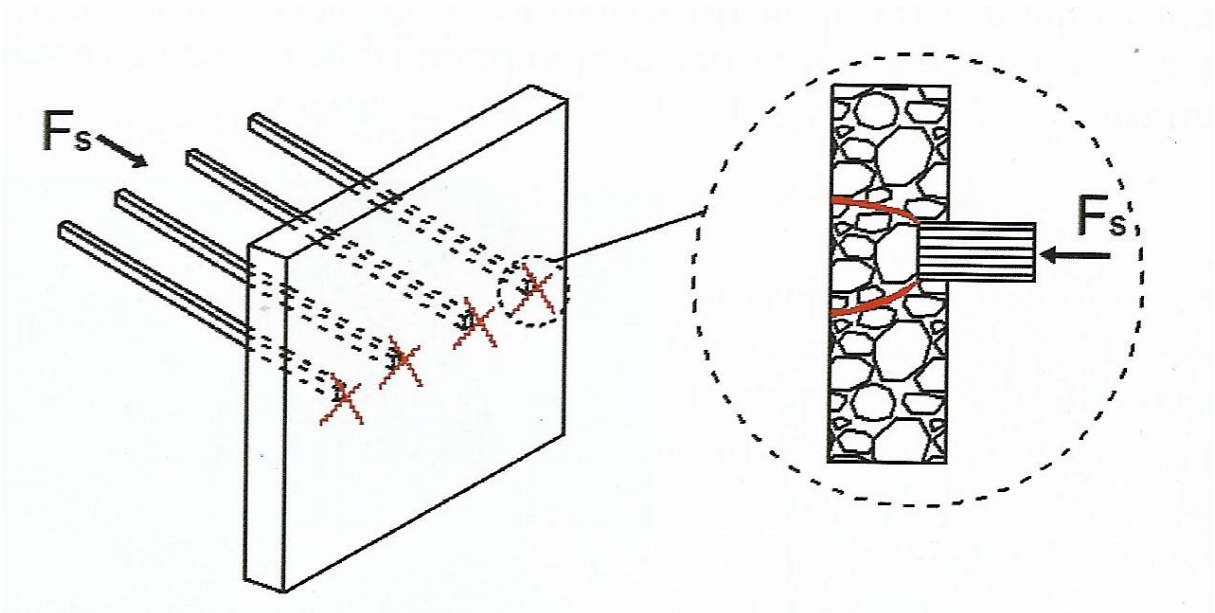
Άλλη μια περίπτωση που η ποιότητα των υλικών είναι σημαντική, είναι σε περιπτώσεις ανεπαρκούς σύνδεσης των οριζόντιων και των κατακόρυφων στοιχείων. Αναπτύσσεται αστοχία

λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης μεταξύ ενός δύσκαμπτου διαφράγματος και των τοίχων, όταν το διάφραγμα συγκρούεται με τους τοίχους ή τείνει να στρίψει.



Εικόνα 121: Αστοχία στην περιοχή σύνδεσης οριζόντιων στοιχείων και τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.42)

Τέλος, μια περίπτωση που δημιουργείται αστοχία είναι όταν σε φτωχή ποιοτικά τοιχοποιία με μικρό πάχος εδράζονται οριζόντια στοιχεία – δοκοί. (Σπυράκος 2019, σελ. 41-42)



Εικόνα 122: Αστοχία λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης του διαφράγματος και των τοίχων. (Σπυράκος 2019, σελ.42)

B2.6 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΚΑΚΟΤΕΧΝΙΩΝ

Η κατασκευή της λιθοδομής είναι αναγκαίο να γίνεται με προσεκτικό τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι κακοτεχνίες. Η δόμηση ξεκινάει από τα βασικά σημεία των τοίχων δηλαδή από τα άκρα και τις γωνίες και μετά προχωράει προς το κύριο σώμα. Στις γωνίες είναι αναγκαία η καλή σύνδεση των λίθων. Επιπρόσθετα, η δόμηση ξεκινάει από κάτω προς τα πάνω και κάθε στρώση πρέπει να ολοκληρώνεται πλήρως πριν την επόμενη.

Προτείνεται οι λίθοι να μην έχουν μεγάλο ύψος καθώς θραύονται πιο εύκολα. Αν έχουν μεγάλο ύψος πρέπει να τοποθετούνται με τη μεγάλη πλευρά οριζόντια για καλύτερη έδραση. Μεγαλύτερη αντοχή έχουν τα λίθινα στοιχεία με σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίεδου, άρα καλό είναι τα λίθινα κομμάτια να μην έχουν πολύ μεγαλύτερο ύψος από το πλάτος τους. Επιπλέον, επιτυγχάνεται καλύτερη σύνδεση των λίθων όταν κάθε κομμάτι κολλάει με τα διπλανά του σε μεγάλη επιφάνεια και κατά μήκος και κατά πλάτος.

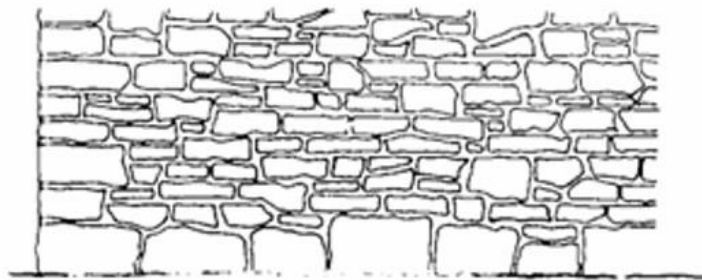
Το συνδετικό κονίαμα μεταξύ των λίθων έχει μεγάλη σημασία όταν χρησιμοποιούνται λίθοι ακανόνιστου σχήματος ενώ σε λιθοδομές με κανονικό σχήμα λίθων δεν επηρεάζει την τοιχοποιία σε μεγάλο βαθμό. Γενικά, όλες οι πλευρές των λίθων πρέπει να περιβάλλονται με κονίαμα και να μην υπάρχουν κενά μεταξύ τους. Επίσης, οι λίθοι είναι αναγκαίο να έχουν μορφή που επιτρέπει την καλή προσαρμογή με τους παρακείμενους λίθους.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής οι λίθοι πρέπει να έχουν μέγεθος κατάλληλο για μπορούν να μετακινηθούν εύκολα. Για να έχουν σωστή αλληλεμπλοκή μεταξύ τους και άρα η τοιχοποιία μεγαλύτερη αντοχή προτείνεται οι διαστάσεις να κυμαίνονται: ύψος 15 – 20 cm, πλάτος 20 – 25 cm και μήκος 30 – 40 cm.

Η κανονική διαμόρφωση ενός τοίχου γίνεται με χρήση ενός δρομικού λίθου όπου οι μακρές έδρες του θα είναι παράλληλες προς το μήκος του τοίχου και ένας μπατικός λίθος ή αλλιώς διάτονος όπου οι μακρές του έδρες θα είναι κάθετες στην επιφάνεια του τοίχου. Στην ανώτερη στρώση της δομής οι λίθοι πρέπει να έχουν την αντίθετη διάταξη. Συνήθως το πάχος του τοίχου είναι το λιγότερο 45 cm.

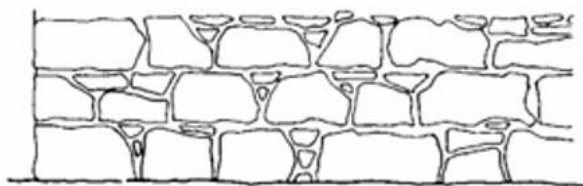
Όσο αφορά τους αρμούς χωρίζονται σε αρμούς κατασκευής και αρμούς διαστολής. Οι αρμοί κατασκευής είναι επιφάνειες αναγκαστικής διακοπής της κατασκευής ή επιφάνειες στις οποίες θα στηριχθούν άλλες κατασκευές. Οι αρμοί διαστολής μειώνουν το μήκος των τοίχων για να αποφεύγονται οι θερμικές διαστολές που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες.

Οι ξηρολιθοδομές σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως σε πρόχειρες κατασκευές όμως η δόμηση τους είναι απαιτητική. Επειδή δεν υπάρχει κονίαμα η αντοχή της ξηρολιθοδομής σχετίζεται με την καλή συνοχή των λίθων. Τα κενά μεταξύ των λίθων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερα για να μη μειώνεται η αντοχή και στα σημεία που υπάρχουν κενά τοποθετούνται λατύπες δηλαδή μικρά κομμάτια πέτρας που αποκόπηκε κατά την εξόρυξη ή κατά τη λάξευση ενός πέτρινου όγκου. Γενικά, προτείνεται η χρήση πλακοειδών λίθων μικρού ύψους. Για τις ξηρολιθοδομές θεωρούνται ακατάλληλες οι κροκάλες καθώς επιτρέπουν στήριξη σε λίγα σημεία των λίθων.

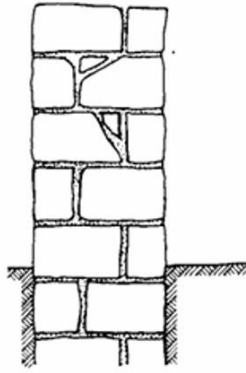


Εικόνα 123: Λιθοδομή με πλακοειδείς λίθους. (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997, σελ. 144)

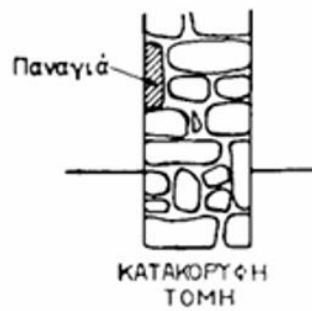
Από την άλλη, οι αργολιθοδομές συναντώνται περισσότερο στην Ελλάδα. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζονται τόσο φέροντες τοίχοι ανωδομής όσο και τοίχοι θεμελίων. Για την κατασκευή διαστρώνεται κονίαμα στη βάση και μετά τοποθετούνται αργοί λίθοι ο ένας δίπλα στον άλλο. Οι λίθοι χτυπιούνται με σφυρί ώστε να φύγει το περισσευούμενο κονίαμα. Τα μικρά κενά μεταξύ των λίθων συμπληρώνονται με μικρούς λίθους (τσιβίκια). (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997, σελ. 135-148)



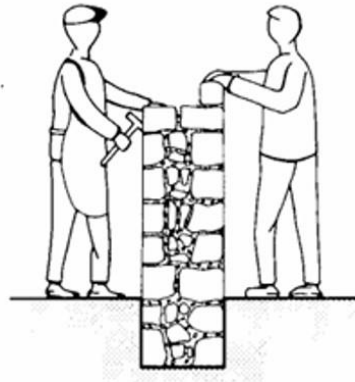
Εικόνα 124: Αργολιθοδομή με τσιβίκια. (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997, σελ. 144)



Εικόνα 125: Τομή λιθοδομής κανονικής δόμησης με δρομικό και μπατικό λίθο. (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997, σελ.145)



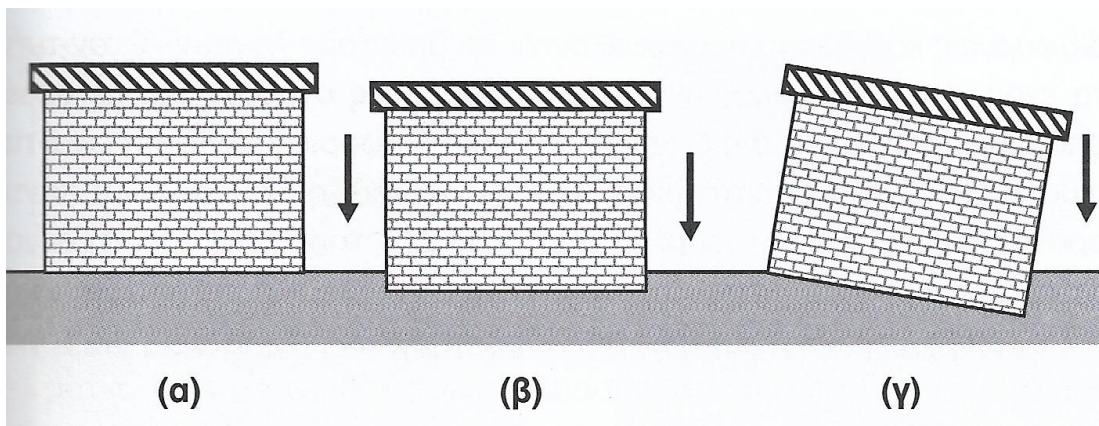
Εικόνα 126: Κακή δόμηση με όρθιο λίθο στη μια πλευρά (παναγιά). (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997, σελ. 145)



Εικόνα 127: Κακή δόμηση λιθοδομής με ασύνδετες τις δύο πλευρές (κακή εμπλοκή των λίθων). (Ευγενίδειο ίδρυμα 1997, σελ.147)

B2.7 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ Ή ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Αρκετές φορές οι βλάβες που οφείλονται στις διαφορικές καθιζήσεις συγχέονται με εκείνες που εμφανίζονται λόγω σεισμού. Τα προβλήματα του εδάφους και της θεμελίωσης δεν είναι ορατά και για να διερευνηθούν χρειάζεται εκσκαφή. Σε παλαιά κτίρια η θεμελίωση είναι συνήθως αβαθής και σε συνδυασμό με κακή ποιότητα εδάφους οι βλάβες είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν. Αν η θεμελίωση είναι δύσκαμπτη τότε το κτίριο καθιζάνει ολόσωμα.

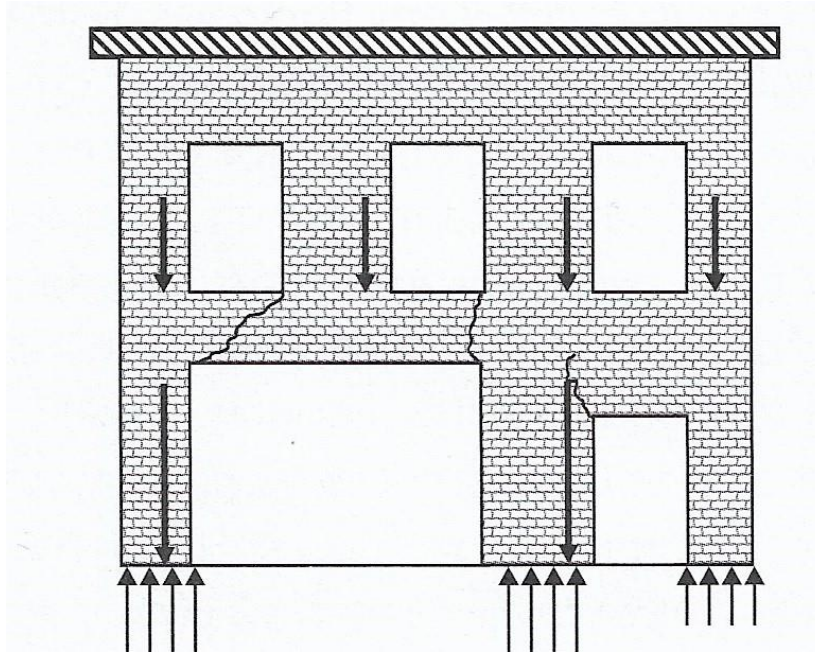


Εικόνα 128: α) αρχική κατασκευή, β) ολική καθίζηση κατασκευής ομοιόμορφη, γ) γραμμική. (Καραντώνη 2012, σελ.333)

Οι περισσότερες βλάβες στην ανωδομή δεν δημιουργούνται από ολόσωμη καθίζηση αλλά από διαφορική. Για αυτό το λόγο δημιουργούνται και ρωγμές. Τα αίτια τους είναι:

- **Αστογία θεμελίωσης λόγω υπερφόρτισης:** Η υπερφόρτιση μπορεί να οφείλεται σε λανθασμένη μελέτη άρα η εμφάνιση βλαβών ξεκινάει μετά την κατασκευή του έργου ή οφείλεται σε μεταγενέστερες τροποποιήσεις στην ανωδομή.

Αυτό συμβαίνει όταν στο ισόγειο κατασκευάζονται μεγάλα ανοίγματα στο ισόγειο. Με αυτό τον τρόπο μεταφέρονται στους πεσσούς μεγάλες δυνάμεις που επιβάλλουν στο έδαφος μεγάλες τάσεις. Οι συγκεντρωμένες τάσεις προκαλούν καθίζηση και εμφανίζονται ρωγμές στα οριζόντια στοιχεία που συντρέχουν στους πεσσούς.



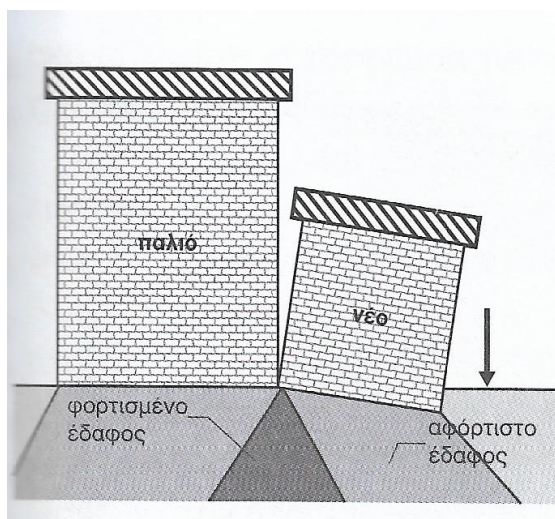
Εικόνα 129: Ανάπτυξη ανομοιομορφων τάσεων στο έδαφος θεμελίωσης. (Καραντώνη 2012, σελ.333)

- **Διαφορικές καθιζήσεις:** Όταν τα τμήματα ενός κτιρίου θεμελιώνονται σε διαφορετική στάθμη και τα θεμέλια αποτελούνται από διαφορετικά υλικά ή έχουν διαφορετική διατομή τότε η διαφορετική καθίζηση είναι συνήθης.

Αν η διαφορετική καθίζηση είναι αρκετά μικρή, μπορεί να μην υπάρχουν ορατές βλάβες γιατί το κονίαμα των αρμών της τοιχοποιίας συμπιέζεται χωρίς να εμφανισθούν ρηγματώσεις.

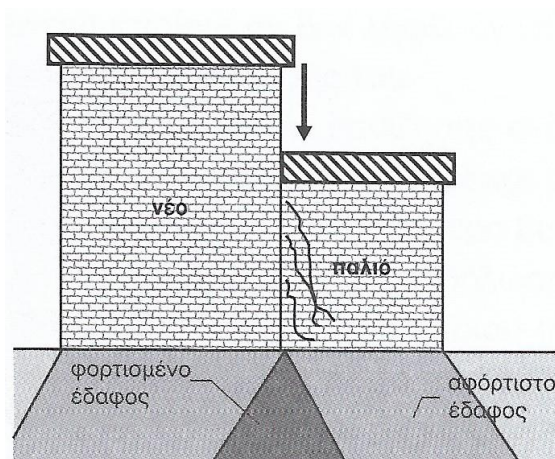
Άλλη μια περίπτωση διαφορετικής καθίζησης εμφανίζεται όταν δίπλα σε υφιστάμενο κτίσμα προστίθεται νέο. Η μορφή της ρωγμής εξαρτάται από τον όγκο και τον τρόπο σύνδεσης των τμημάτων. Αν τα δύο τμήματα δεν συνδέονται με κοινά λιθοσώματα τότε εμφανίζεται κατακόρυφη ρωγή στην ένωση των δύο τμημάτων. Αν τα δύο τμήματα συνδέονται με κοινά λιθοσώματα τότε εμφανίζονται ρωγμές κοντά στην ένωση σε τρωτά σημεία του τρωτότερου κτιρίου.

Αν γίνει προσθήκη μικρού νέου κτίσματος σε μεγάλο κτίριο τότε η προσθήκη θεμελιώνεται σε αφόριστο έδαφος που όταν φορτιστεί καθιζάνει. Η προσθήκη αποκολλάται από το υφιστάμενο κτίριο και στο σημείο αναπτύσσεται υγρασία.



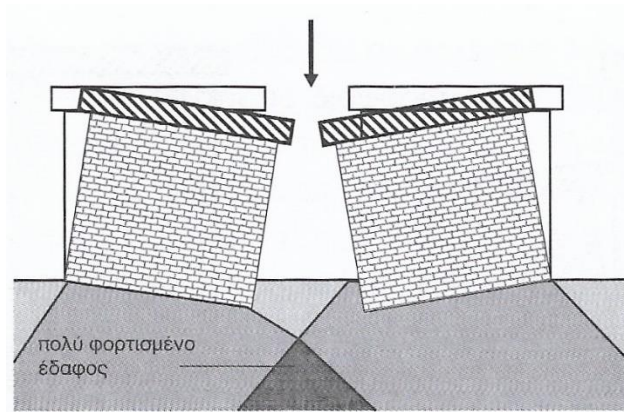
Εικόνα 130: Προσθήκη νέου μικρού κτίσματος σε υφιστάμενο. (Καραντώνη 2012, σελ.335)

Αν γίνει προσθήκη μεγάλου νέου κτίσματος σε μικρό κτίριο τότε στην κοινή πλευρά θα αυξηθούν οι τάσεις στο έδαφος, το υφιστάμενο κτίριο θα γείρει προς το νέο που το εμποδίζει και λόγω της οριζόντιας δύναμης δημιουργούνται ρωγμές.



Εικόνα 131: Προσθήκη νέου μεγάλου κτίσματος σε υφιστάμενο. (Καραντώνη 2012, σελ.335)

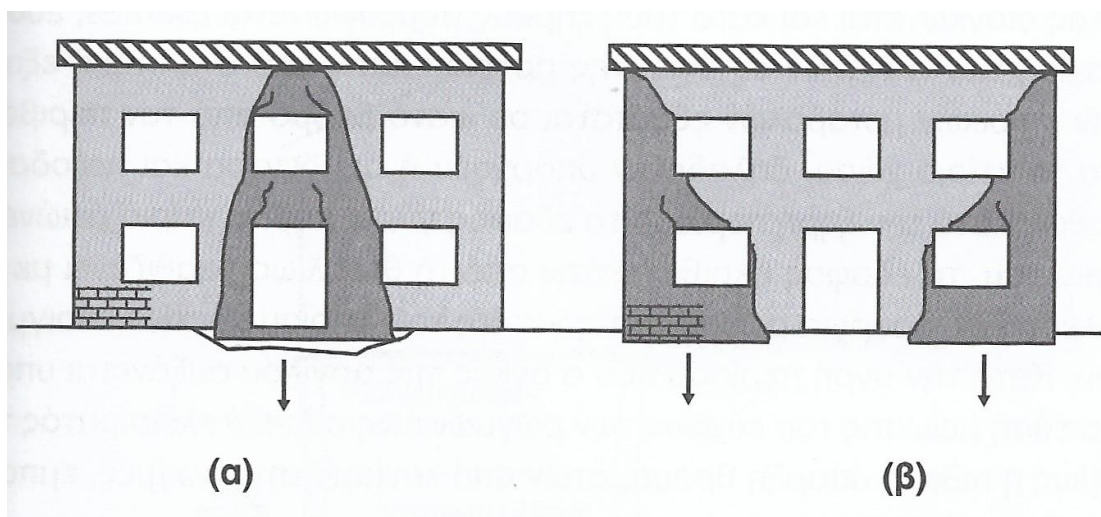
Αν δύο βαριά γειτονικά κτίρια απέχουν μικρή απόσταση μεταξύ τους τότε μπορεί να συγκλίνουν λόγω ανάπτυξης τάσεων στο ενδιάμεσο έδαφος. Αν η θεμελίωση είναι δύσκαμπτη τότε τα κτίρια θα παραμορφωθούν ολόσωμα χωρίς να παρουσιάσουν βλάβες. Αν η θεμελίωση είναι εύκαμπτη, δημιουργείται διαφορική καθίζηση και παρουσιάζονται ρηγματώσεις στα εφελκόμενα τμήματα.



Εικόνα 132: Γειτονικά κτίρια. (Καραντώνη 2012, σελ.336)

- **Υποσκαφή θεμελίων:** Η υποσκαφή οφείλεται στον υπόγειο υδάτινο ορίζοντα κάτω από τη θεμελίωση μπορεί να παρασύρει το έδαφος και τα θεμέλια να υποχωρήσουν. Η βλάβη που εμφανίζεται είναι απόκλιση των τοίχων από την κατακόρυφο και έντονη ρηγμάτωση όγω διαφορετικής καθίζησης. Η υποσκαφή επίσης μπορεί να εμφανίζεται λόγω διαρροής υδάτων από το ίδιο το κτίριο ή το διπλανό του. Σε αυτή τη περίπτωση τα αποτελέσματα είναι ορατά μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα.

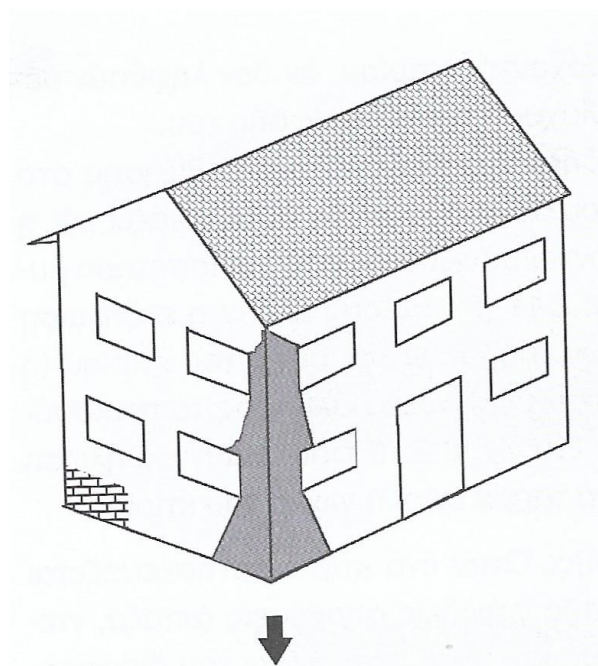
Άλλη μια περίπτωση που προκαλεί υποσκαφή είναι η εκσκαφή σε όμορα οικοπέδα που οδηγεί σε εκτόνωση του εδάφους κάτω από τη θεμελίωση προς το μέρος της εκσκαφής.



Εικόνα 133: Βλάβες λόγω υποσκαφής α) στο μέσο και β) στα άκρα του τοίχου. (Καραντώνη 2012, σελ.337)

- **Συμπύκνωση του εδάφους θεμελίωσης:** Όταν ένα κτίριο κατασκευάζεται πάνω σε πρόσφατες γαιώδεις αποθέσεις (π.χ. μπάζα) χωρίς να έχει προηγηθεί συμπύκνωση, τότε

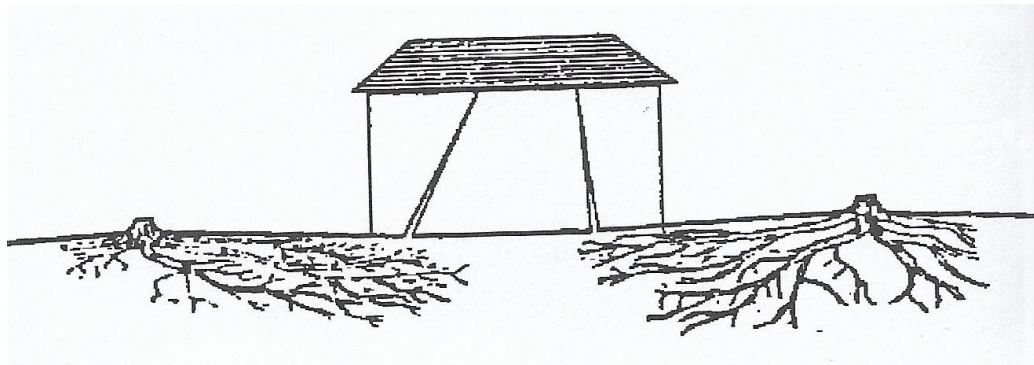
λόγω του διαφορετικού βαθμού συμπίκνωσης θα δημιουργηθεί διαφορετική καθίζηση και ρηγμάτωση.



Εικόνα 134: Τοπική καθίζηση στη γωνία του κτιρίου. (Καραντώνη 2012, σελ.338)

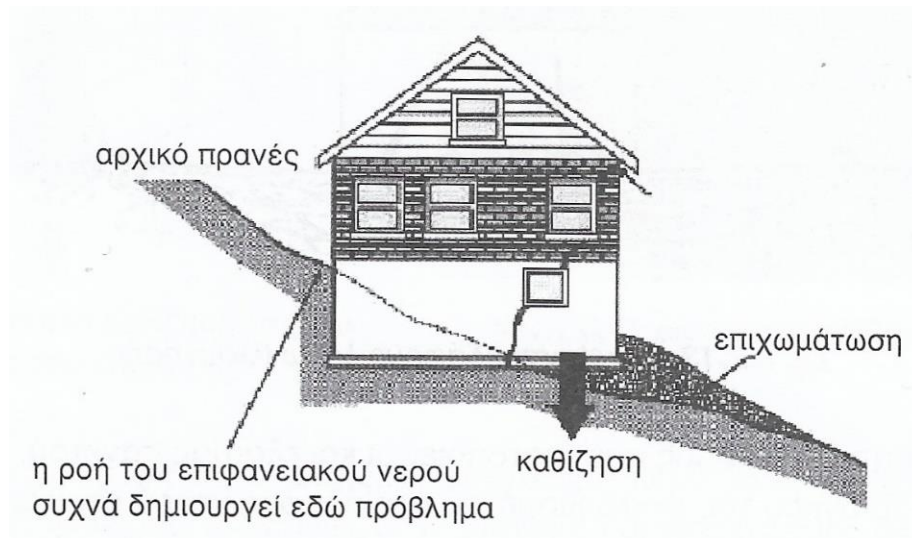
- **Κίνηση του εδάφους θεμελίωσης:** Η πιο συνήθης περίπτωση κίνησης του εδάφους είναι όταν εντοπίζονται αβαθείς θεμελιώσεις σε αργιλικό έδαφος. Κατά τους υγρούς μήνες η άργιλος διογκώνεται και κατά τους ξηρούς μήνες συρρικνώνεται. Η μεταβολή του όγκου της αργίλου σε ένα κτίριο εξαρτάται και από τον περιβάλλοντα χώρο (π.χ. αν υπάρχει φύτευση, πεζοδρόμιο). Κατά την ξηρή περίοδο, το έδαφος γύρω από το κτίριο μειώνει τον όγκο του ενώ το έδαφος κάτω από τη θεμελίωση καθιζάνει και αναπτύσσονται ρωγμές στις γωνίες του κτιρίου και τα ανοίγματα. Κατά την υγρή περίοδο, ο όγκος του αργίλου αυξάνεται και υπάρχει τάση μείωση του εύρους των ρωγμών. Η ύπαρξη θραυσμάτων από κονίαμα στις ρωγμές εμποδίζει το κλείσιμό τους.

Η διόγκωση του εδάφους επηρεάζεται και από τη φύτευση και τις ρίζες των δέντρων.



Εικόνα 135: Ανάπτυξη βλάστησης στο έδαφος. (Καραντώνη 2012, σελ.339)

Επιπρόσθετα, ένας άλλος λόγος μετακίνησης του εδάφους είναι η ύπαρξη πρανούς. Τα αργίλικά εδάφη με κλίση μεγαλύτερη με 1:10 τείνουν να ολισθαίνουν προς τα κάτω. Για την αποφυγή του φαινομένου χρειάζεται να κατασκευαστεί τοίχος αντιστήριξης. Ακόμα, η επιχωμάτωση τμήματος του πρανούς για την εξασφάλιση επίπεδης επιφάνειας θεμελίωσης μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα αν δεν έχει πραγματοποιηθεί σωστή συμπίκνωση. (Καραντώνη 2012, σελ. 332-341)



Εικόνα 136: Διαφορική καθίζηση λόγω ελλιπούς συμπίκνωσης του επιχώματος. (Καραντώνη 2012, σελ.340)

Γενικά, συνήθως οι ρωγμές που οφείλονται στο έδαφος είναι διαγώνιες.

B2.8 ΒΛΑΒΕΣ ΛΟΓΩ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ

Οι περιβαλλοντικές δράσεις δρουν με αργό ρυθμό στην κατασκευή και πολλές φορές δεν λαμβάνονται υπόψη έγκαιρα. Σε πολλές περιπτώσεις οι περιβαλλοντικές δράσεις σχετίζονται με την ύπαρξη νερού ή υγρασίας και αν δεν αντιμετωπισθούν με σωστό τρόπο, η τοιχοποιία αποδιοργανώνεται και αποσυντίθενται με αποτέλεσμα να προκαλείται η γήρανση του έργου. Η δράση του νερού μπορεί να είναι φυσική, μηχανική ή χημική.

Η φυσική δράση του νερού και η αύξηση του όγκου του οδηγεί σε μικρές ρωγμές και αποδιοργάνωση του κονιάματος αρμού. Η μηχανική δράση του νερού που είναι η διάβρωση των λίθων από το νερό της βροχής σε ανεπίχριστες λιθοδομές και η διάβρωση του επιχρίσματος σε επιχρισμένες λιθοδομές και στη συνέχεια των λίθων. Η χημική δράση συμβαίνει αν στο νερό υπάρχουν αραιά χημικά οξέα. Η υγρασία υδατμών στο εσωτερικό της τοιχοποιίας έχει ως συνέπεια φυσική και χημική δράση του νερού.

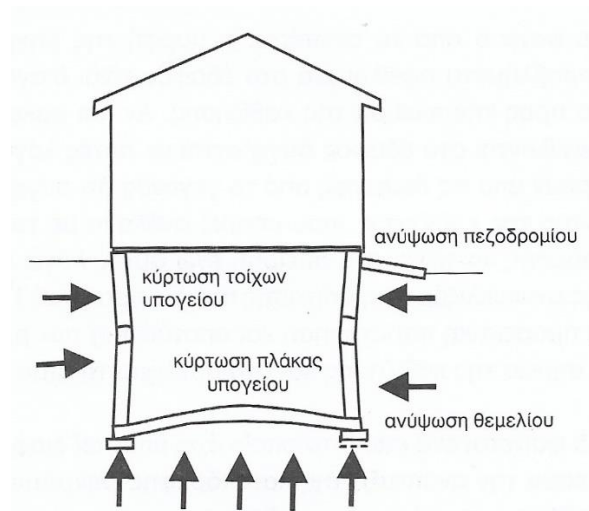
Στις υφιστάμενες τοιχοποιίες συναντάται συχνά ανερχόμενη υγρασία που προκαλεί διάβρωση του συνδετικού κονιάματος σε μεγάλο ύψος πάνω από το έδαφος.



Εικόνα 137: Διάβρωση επιχρίσματος και κονιάματος από ανερχόμενη υγρασία. (SIKA Hellas)

Επιπρόσθετα, σημαντικό ρόλο έχει η υγρασία σε σημεία εδράσεως στεγών, υδρορροών ή σε σημεία επαφής με όμορα κτίσματα. Όταν συγκρατείται υγρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλείται διάβρωση του συνδετικού κονιάματος με αποτέλεσμα τη δημιουργία εσωτερικών κοιλοτήτων. Μέσω των κοιλοτήτων μειώνεται η αντοχή της τοιχοποιίας καθώς χαλάει η σύνδεση των τοιχοσωμάτων.

Λόγω παγετού το έδαφος μπορεί να διογκωθεί. Για αυτό το λόγο αυξάνεται ο όγκος του εγκλωβισμένου νερού στο έδαφος και το νερό μετατρέπεται σε πάγο. Έτσι δημιουργείται ανύψωση του εδάφους που επηρεάζει το σύνολο της κατασκευής. (Καραντώνη 2012, σελ. 339)



Εικόνα 138: Παραμορφώσεις λόγω παγωμένου εδάφους. (Καραντώνη 2012, σελ.339)

Η κρυστάλλωση αλάτων στην επιφάνεια της τοιχοποιίας έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση εξανθημάτων κυρίως στο κονίαμα και σε τούβλα που δεν έχουν ψηθεί σωστά. Αν συμβαίνει στη μάζα της τοιχοποιίας οδηγεί σε διάρρηξη του υλικού.

Λόγω της ύπαρξης νερού στο σώμα της τοιχοποιίας οδηγεί σε ανάπτυξη φυτών στην τοιχοδομή. Τα φυτά δημιουργούν τάσεις και αποσάθρωση του κονιάματος.

B2.9 ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΜΙΚΤΟ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Τα κτίρια με μικτό φέρον οργανισμό (λιθοδομή στο ισόγειο και ξυλόπηκτη τοιχοποιία στον όροφο) πλεονεκτούν στο σεισμό σε σχέση με τα κτίρια που όλοι οι όροφοι τους αποτελούνται από λιθοδομή. Αυτό οφείλεται γιατί στον όροφο η κατασκευή έχει μικρότερο βάρος άρα και η οριζόντια ώθηση στη λιθοδομή είναι μειωμένη. Επιπλέον, αν η ξυλόπηκτη λιθοδομή έχει και διαγώνια στοιχεία αυξάνεται η αντοχή της σε εφελκυσμό. Ακόμα, η λιθοδομή στο ισόγειο αν διαθέτει ξυλοδεσιά έχει βελτιωμένη αντισεισμική συμπεριφορά και αυξημένη αντοχή σε τέμνουσα και παραμορφώσεις.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι βλάβες στο τμήμα της ξυλόπηκτης τοιχοποιίας εντοπίζονται στο κάτω μέρος όπου είναι σε επαφή με τη στέψη της λιθοδομής. Η βασική αιτία της βλάβης είναι η διαμόρφωση του φορέα καθώς η λιθοδομή είναι άκαμπτη ενώ η ξυλόπηκτη τοιχοποιία είναι πιο εύκαμπτη. Άλλη μια αιτία των βλαβών είναι η ύπαρξη εντόμων και υγρασίας στα ξύλινα στοιχεία. (Σπυράκος 2019, σελ. 46-47)



Εικόνα 139: Βλάβη σε ξυλόπηκτη τοιχοποιία. (Σπυράκος 2019, σελ.46)

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

Καραντώνη , Φ. (2012). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Σχεδιασμός και επισκευές*. Αθήνα: Παπασωτηρίου, σελ. 168-183, 190-198, 327-343

Σπυράκος , Κ. (2019). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΙΚΕ, σελ. 25-26, 32-38, 41-47

Τάσιος, Θ. (1992). *Η μηχανική της τοιχοποιίας*. Αθήνα: Συμμετρία, σελ. 133-136

Τζάρτζανος, Ζ. (1997). *Οικοδομική - τόμος Ι*. Αθήνα: Ευγενίδειο ίδρυμα, σελ. 135-148

B3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Όπως και στα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα η αποτίμηση των βλαβών είναι εξαιρετικά σημαντική και ακολουθούνται παρόμοιες μέθοδοι για τη συλλογή στοιχείων, τον οπτικό έλεγχο αλλά και τις ενόργανες μετρήσεις. Οι παρατηρήσεις που θα προκύψουν από τον οπτικό έλεγχο θα καταγραφούν σε κατόψεις, όψεις και τομές της κατασκευής.

B3.1 Μέθοδοι και όργανα διάγνωσης βλαβών

B3.1.1 Μη καταστροφικοί έλεγχοι

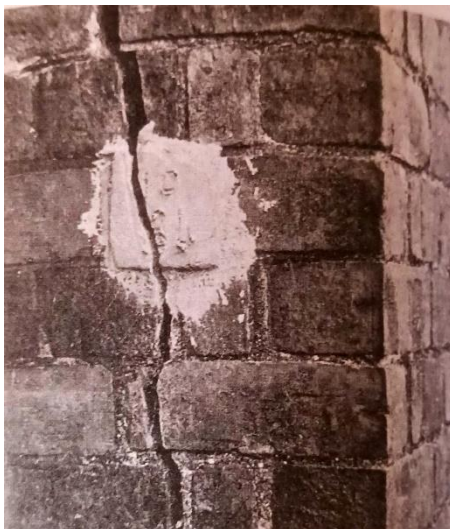
B3.1.1.1 Μέτρηση εύρους ρωγμών

Σε στοιχεία όπου υπάρχουν ρωγμές είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται με ειδικές συσκευές καθώς τα χείλη της ρωγμής δεν είναι παράλληλες ευθείες. Αυτό συμβαίνει γιατί το εύρος της ρωγμής μπορεί να παρουσιάζει έντονη μεταβολή οπότε χρειάζονται μετρήσεις σε πολλές θέσεις. (Σπυράκος 2019, σελ. 51-52)

Η μέτρηση του εύρους γίνεται με μεγεθυντικούς φακούς με ενσωματωμένη μετρητική κλίμακα ενώ μπορεί να χρειάζεται και πρόσθετος τεχνητός φωτισμός. Για τον προσδιορισμό της χρονικής εξέλιξης του εύρους των ρωγμών χρησιμοποιούνται ρωγμόμετρα. Τα ρωγμόμετρα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το σημείο που χρειάζεται να τοποθετηθούν, τα επίπεδης επιφάνειας και τα γωνιακά. Τα ρωγμόμετρα επίπεδης επιφάνειας είναι δύο κατευθύνσεων και χρησιμοποιείται για παρακολούθηση οριζόντιων ή κατακόρυφων μετακινήσεων με μεγάλη ακρίβεια, σε επίπεδη επιφάνεια. Αποτελείται από δύο μέρη που αλληλοκαλύπτονται σε ένα τμήμα τους. Το κάτω μέρος είναι διαφανές και διαθέτει κλίμακα με σταυρόνημα. Η τοποθέτηση γίνεται με βίδες ή με κόλλα. Τα γωνιακά ρωγμόμετρα παρακολουθούν ρωγμές σε γωνίες. Αν χρησιμοποιηθεί ζεύγος μετρητών η παρακολούθηση μπορεί να είναι τρισδιάστατη. Ένας άλλος τρόπος για τη μέτρηση του βάθους των ρωγμών μικρού εύρους χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα που η λειτουργία τους βασίζεται στην εκπομπή υπερήχων.

Ο πιο απλός τρόπος για να διαπιστωθεί αν μία λεπτή ρωγμή είναι ενεργός, (δηλαδή εξακολουθεί να αυξάνεται το εύρος της ή το μήκος της), είναι η τοποθέτηση μικρής ποσότητας βερνικιού νυχιών πάνω στην ρωγμή. Αν η κρούστα του βερνικιού ρηγματωθεί, τότε η ρωγμή διευρύνεται. Σε ρωγμές μεγαλύτερου πλάτους αρκεί η επικόλληση ενός κομματιού από τζάμι ή η τοποθέτηση λεπτού στρώματος γύψου πάνω στη ρωγμή. Επίσης, η συνεχής εποπτεία της

ρωγμής γίνεται και με την τοποθέτηση επιμηκυνσιομέτρων ή πλαστικών εικόνων εκατέρωθεν των χειλιών της.

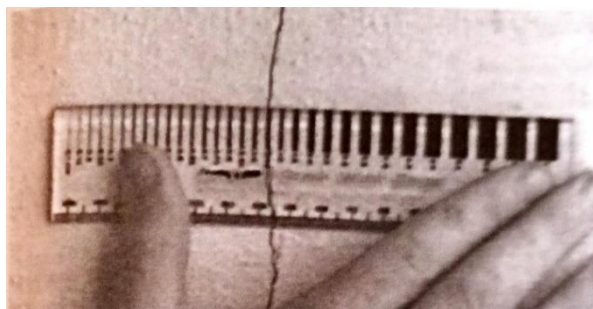


Εικόνα 140: Η ρηγμάτωση του γύψου προδίδει ότι η ρωγμή είναι ενεργός. (Καραντώνη 2012, σελ.144)

Για τη μέτρηση του εύρους μίας ρωγμής χρησιμοποιείται πλαστικός κανόνας που φέρει γραμμές γνωστού πάχους . Η παρακολούθηση της εξέλιξης των ρηγματώσεων μίας κατασκευής γίνεται επίσης με λεπτομερή αποτύπωση, φωτογράφιση και σύγκριση των στοιχείων σε μεταγενέστερο χρόνο με τη νέα κατάσταση στην οποία πιθανώς βρίσκεται η ρωγμή. (Καραντώνη 2012, σελ. 144-145)

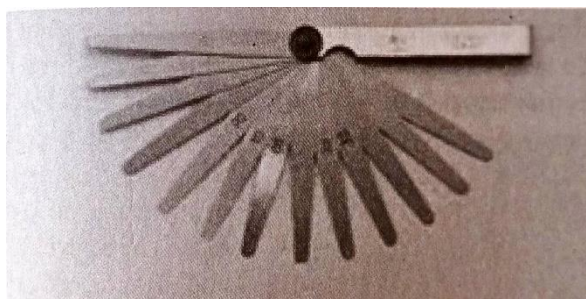


Εικόνα 141: Μέτρηση ρωγμής με ρωγμόμετρο. (Σπυράκος 2019, σελ.51)



Εικόνα 142: Μέτρηση ρωγμής με χάρακα. (Καραντώνη 2012, σελ.145)

Η μέτρηση του εύρους των ρωγμών μπορεί να γίνει και με ελάσματα γνωστού πάχους, τα οποία όταν εισάγονται στη ρωγμή προσδιορίζεται το εύρος της.



Εικόνα 143: Μέτρηση ρωγμής με ελάσματα. (Καραντώνη 2012, σελ.145)

Σημαντική βοήθεια για τον διαχωρισμό νέων και παλιών ρωγμών αποτελεί και η οπτική επισκόπηση. Οι νέες ρωγμές είναι καθαρές και έχουν σαθρά άκρα ενώ οι παλιές έχουν σκόνη, είναι σκούρες και έχουν ομαλά χείλη. Πρέπει επιπρόσθετα να σημειώνεται αν η διάδοση των τυχόν ρωγμών γίνεται μέσω του κονιάματος ή και μέσω των λιθοσωμάτων. (Καραντώνη 2012, σελ. 144-145)

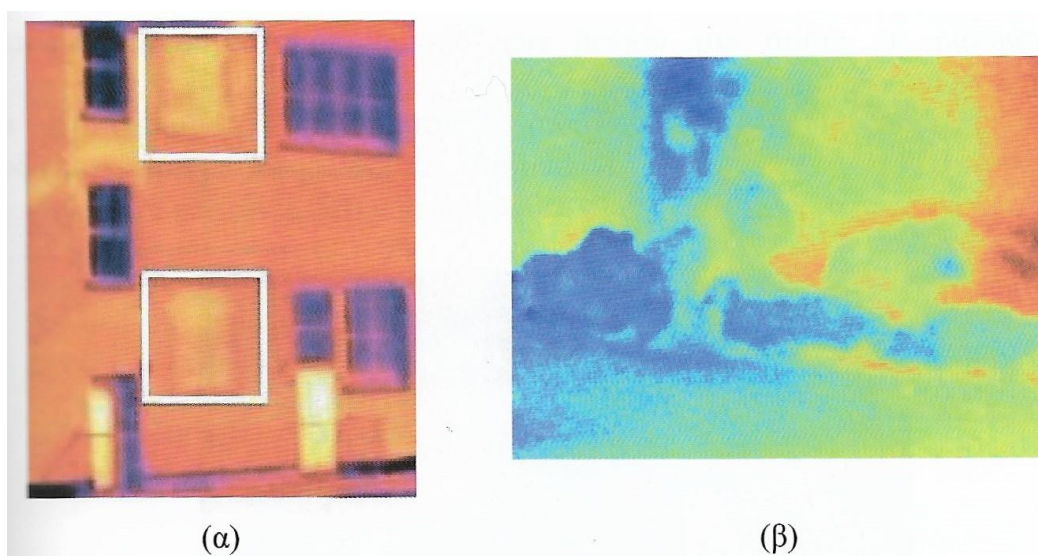
B3.1.1.2 Χρήση ραντάρ

Τα ραντάρ χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της εσωτερικής δομής της τοιχοποιίας δηλαδή τον εντοπισμό κοιλοτήτων και τον προσδιορισμό των υλικών του πυρήνα. Το σύστημα αποτελείται από την κεντρική μονάδα και μια κεραία που σύρεται πάνω στην επιφάνεια της τοιχοποιίας. Αυτά λειτουργούν ως πομπός και δέκτης ηλεκτρομαγνητικού παλμού. Όταν το εκπεμπόμενο κύμα συναντά μια διεπιφάνεια μεταξύ δύο υλικών, το ένα μέρος του κύματος ανακλάται και επιστρέφει στην κεραία και το άλλο διαδίδεται σε μεγαλύτερο βάθος στο εσωτερικό της τοιχοποιίας και ανακλάται πάλι αν συναντήσει άλλη διεπιφάνεια. Κάθε κύμα που επιστρέφεται καταγράφεται από την κεραία και παρέχει πληροφορίες για τη γεωμετρία της επιφάνειας, το χρόνο ανάκλασης και την απόσβεση του κύματος. Τα ανακλώμενα κύματα

μπορούν να προσδιορίσουν ασυνέχειες και πληροφορίες για τα υλικά δόμησης. (Καραντώνη 2012, σελ. 119-120)

B3.1.1.3 Θερμογράφιση με υπέρυθη ακτινοβολία

Η θερμογράφιση της επιφάνειας πραγματοποιείται με θερμοκάμερα. Η μηχανή καταγράφει τη θερμοκρασιακή διαφορά που προκύπτει από τα διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Με τη μέθοδο προσδιορίζονται οι ιδιότητες των υλικών, η μεταγενέστερη πλήρωση ανοιγμάτων, οι επιφάνειες με υγρασία και η παρουσία διαφορετικών υλικών δόμησης πίσω από το επίχρισμα ή η ύπαρξη ζωνών από ξύλο ή η ύπαρξη ελκυστήρων. (Σπυράκος 2019, σελ. 52-53)



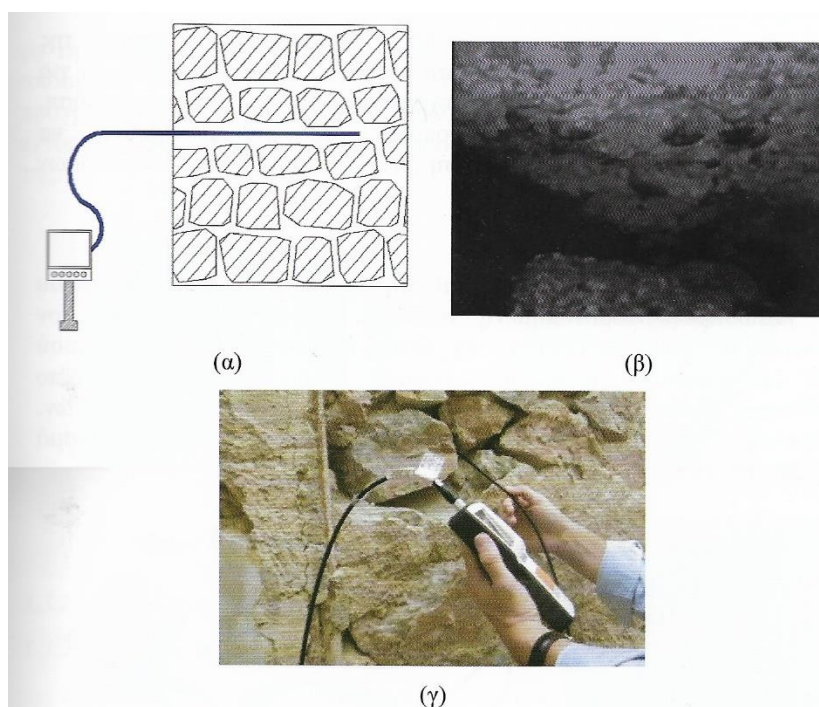
Εικόνα 144: α) άνοιγμα που έχει πληρωθεί μεταγενέστερα β) ύπαρξη υγρασίας (μπλε χρώμα). (Σπυράκος 2019, σελ.53)

B3.1.1.4 Ενδοσκόπηση

Η μέθοδος δεν είναι εντελώς μη καταστρεπτική όμως οι σπές που διανοίγονται από το ενδοσκόπιο είναι μικρές και μπορούν να αποκατασταθούν με επίχρισμα. Η μέθοδος μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα μόνο σε επιφάνειες που θα παραμείνουν ανεπίχριστες και έχουν πολύ λεπτούς αρμούς.

Το όργανο διαθέτει ένα εύκαμπτο ή δύσκαμπτο σωλήνα μικρής διαμέτρου, πηγή ψυχρού φωτισμού, βιντεοκάμερα και οθόνη προβολής. Διανοίγεται οπή στον αρμό, καθαρίζεται και εισάγεται ο σωλήνας εντός της τοιχοποιίας και απεικονίζεται το εσωτερικό.

Μέσω της μεθόδου ερευνάται ο τρόπος δόμησης, η παρουσία ενδιάμεσου στρώματος πλήρωσης και η ύπαρξη ρωγμών και κοιλοτήτων. (Σπυράκος 2019, σελ. 54-55)



Εικόνα 145: α) τρόπος εφαρμογής μεθόδου, β) εσωτερικό τοιχοποιίας, γ) όργανα. (Σπυράκος 2019, σελ.55)

B3.1.1.5 Κρουσιμέτρηση

Η δοκιμή με κρουσίμετρο συσχετίζει τη σκληρότητα της επιφάνειας του λιθοσώματος και τη θλιπτική του αντοχή. Κατά τη χρήση της σφύρας στην τοιχοποιία πρέπει να γίνεται κρούση σε επίπεδα και καθαρά λιθοσώματα (απαλλαγμένα από κονίαμα) και η παρεχόμενη ένδειξη αφορά το συγκεκριμένο λιθόσωμα και όχι το σύνολο της τοιχοποιίας. Το όργανο τοποθετείται σε λεία επιφάνεια και υπό γωνία 90° ως προς την επιφάνεια. Συνίσταται να γίνονται 15 κρούσεις σε διαφορετικά σημεία της επιφάνειας της τοιχοποιίας και να εξάγεται ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων. (Σπυράκος 2019, σελ. 53-54)

B3.1.1.6 Δοκιμή χαραγής

Η δοκιμή χαραγής είναι ελάχιστα καταστροφική μέθοδος με την οποία μετριέται η θλιπτική αντοχή του κονιάματος. Μια μεταλλική ακίδα σύρεται με δεδομένη πίεση στην επιφάνεια ενός αρμού και δημιουργεί μια χαραγή. Το εύρος χαραγής συναρτάται με την αντοχή του κονιάματος. (Σπυράκος 2019, σελ. 54)

B3.1.2 Ημι-καταστροφικοί έλεγχοι

B3.1.2.1 Πυρηνοληψία

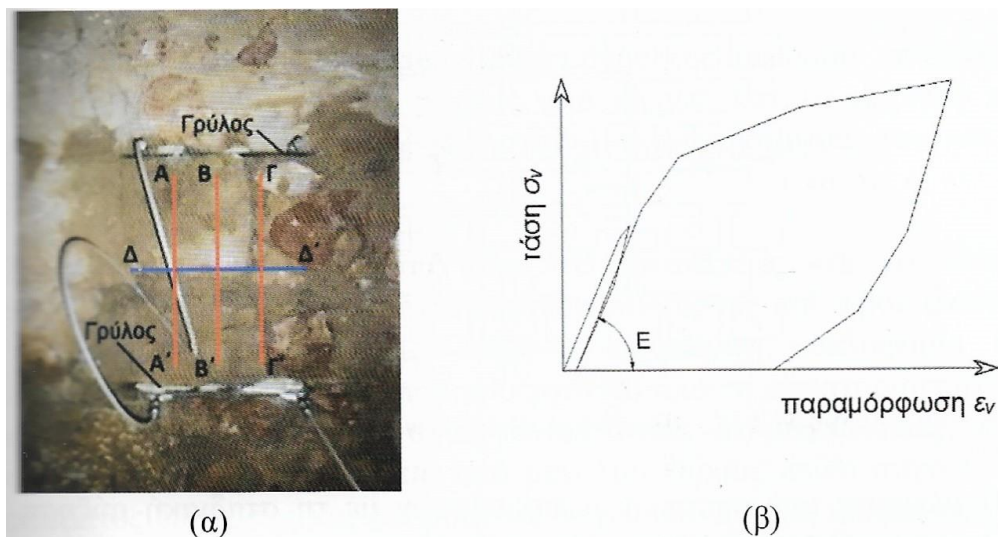
Η λήψη πυρήνων χρησιμοποιείται κυρίως για κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι πυρήνες λαμβάνονται με χρήση διατρητικού μηχανήματος και μέσω αυτών στην τοιχοποιία ελέγχεται η εσωτερική δομή και αν υπάρχει αποτελεσματική ομογενοποίηση στην τοιχοποιία μετά την εισπίεση ενεμάτων. Στην τοιχοποιία ο πυρήνας που λαμβάνεται πρέπει να περιλαμβάνει τμήμα του αρμού και των παράπλευρων λιθοσωμάτων. (Σπυράκος 2019, σελ. 57)

B3.1.2.3 Μέθοδος των επίπεδων γρύλων

Η μέθοδος πραγματοποιείται με τη χρήση ενός ή δύο επίπεδων γρύλων που τοποθετούνται σε σχισμές που διανοίγονται εντός της τοιχοποιίας, κυρίως σε αρμούς. Ο κάθε γρύλος αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες που έχουν συγκολληθεί στα άκρα τους.

Με τη χρήση ενός γρύλου μετράται η ασκούμενη κατακόρυφη τάση και η οριζόντια διατμητική αντοχή σε επιλεγμένη θέση του τοίχου. Με τη χρήση δύο γρύλων υπολογίζεται η καμπύλη τάσεων – παραμορφώσεων της τοιχοποιίας κάθετα στη διεύθυνση των γρύλων.

Για τρίστρωτη τοιχοποιία η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται ανεξάρτητα και στις δύο παρειές. (Σπυράκος 2019, σελ. 57-61)



Εικόνα 146: Χρήση δύο γρύλων α)εφαρμογή στο πεδίο, β) καμπύλη τάσεων – παραμορφώσεων. (Σπυράκος 2019, σελ. 61)

B3.1.3 Ενόργανη παρακολούθηση της κατασκευής

Η ενόργανη παρακολούθηση είναι χρήσιμη διαδικασία για τη λήψη αποφάσεων όσο αφορά επεμβάσεις σε σημαντικές κατασκευές όπως διατηρητέα κτίρια και μνημεία. Αυτή η διαδικασία γίνεται εκτάκτως ή σε μόνιμη βάση ή σε τακτά χρονικά διαστήματα. Μέσα από το σύστημα εξάγονται πληροφορίες για την εξέλιξη των βλαβών και επαληθεύεται η αποτελεσματικότητα υφιστάμενων επεμβάσεων.

Μέσω της μεθόδου εντοπίζεται αν η φάση όπου βρίσκονται οι βλάβες της κατασκευής είναι σε κρίσιμο σημείο. Όταν το σημείο που έχει οριστεί ως κρίσιμο (συνήθως σημείο πριν την κατάρρευση) ξεπεραστεί, το σύστημα εμφανίζει ειδοποιήσεις και χρειάζονται άμεσα μέτρα προσωρινής υποστήλωσης στην κατασκευή.

Σε ένα σύστημα μόνιμης ή έκτακτης παρακολούθησης συνδυάζονται διάφορα όργανα τα οποία πραγματοποιούν μετρήσεις τοπικά (ρωγμόμετρα), αισθητήρες με οπτικές ίνες και μετρήσεις που αφορούν το σύνολο της κατασκευής (επιταχυνσιογράφοι). (Σπυράκος 2019, σελ. 73-74)

Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα στην Ελλάδα όπου έχουν εγκατασταθεί όργανα για παρακολούθηση τυχόν βλαβών από σεισμό, διέλευση βαρέων οχημάτων και ρωγμές είναι ο Όσιος Λουκάς και η μονή Δαφνίου.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

Καραντώνη , Φ. (2012). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Σχεδιασμός και επισκευές*. Αθήνα: Παπασωτηρίου, σελ. 117-146

Σπυράκος , Κ. (2019). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΙΚΕ, σελ. 51-58, 73

B4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Τα κριτήρια επιλογής επεμβάσεων που καλείται ο μηχανικός να εξετάσει για την αντιμετώπιση των βλαβών στη φέρουσα τοιχοποιία είναι παρόμοια με τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται και για τους φορείς από οπλισμένο σκυρόδεμα. Υπάρχουν όμως μερικές σημαντικές διαφορές.

- Τις περισσότερες φορές η αντιμετώπιση των βλαβών είναι πιθανό να αφορά παραδοσιακά ή ιστορικά κτίρια. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπόψη και να διερευνηθεί η προέλευση και οι ιδιότητες των υφιστάμενων υλικών. Αυτό συμβαίνει γιατί πρέπει να εξασφαλιστεί η συμβατότητα των υφιστάμενων και των νέων υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την επέμβαση ώστε να υπάρχει καλή πρόσφυση των υλικών και ομοιομορφία για καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα.
- Άλλο ένα σημαντικό στοιχείο είναι η προσπελασιμότητα στο εργοτάξιο, ώστε να κριθεί αν είναι εύκολη η μεταφορά των υλικών και αν υπάρχει λειτουργικός χώρος για την τοποθέτηση των υλικών και την εύκολη πρόσβαση των τεχνιτών στο πεδίο.
- Επιπρόσθετα, η αντιμετώπιση των βλαβών σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία δεν απαιτεί μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη όσο αφορά τον εξοπλισμό που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί κάθε επέμβαση καθώς οι τρόποι επέμβασης συνήθως είναι πιο παραδοσιακοί.

B5 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

B5.1 Άμεσα μέτρα προσωρινής υποστύλωσης

Καθίσταται απαραίτητο η εφαρμογή των άμεσων μέτρων προσωρινής υποστύλωσης να γίνεται με πολύ προσεκτικό τρόπο, καθώς η δομή της φέρουσας τοιχοποιίας είναι ευαίσθητη. Η λάθος υποστύλωση μπορεί να δημιουργήσει ακόμα μεγαλύτερη βλάβη στην επιφάνεια του στοιχείου. Επιπλέον, κρίνεται αναγκαία η προετοιμασία του εδάφους πριν τοποθετηθεί η υποστύλωση, ιδιαίτερα αν το έδαφος είναι ανισόπεδο ή σαθρό.

Αν το έδαφος είναι ανώμαλο πρέπει να φτιαχτεί μια επίπεδη επιφάνεια ώστε να εδραστεί επάνω η κατασκευή. Σε αυτή τη περίπτωση, μπορούμε να γεμίσουμε την επιφάνεια με ένα μαλακό υλικό ή άμμο και από επάνω να τοποθετηθούν σανίδες κάθετα ή μια στην άλλη σαν πάτωμα και να καρφωθούν. Ανάμεσα στις σανίδες μπορεί να μπει γεωύφασμα ώστε να μειωθεί η τριβή. Αν το έδαφος είναι πλακόστρωτο άρα δεν παρουσιάζει μεγάλη ανισοϋψία, τοποθετείται γεωύφασμα και 2 στρώσεις σανίδες.

Αν η υποστύλωση πρέπει να παραμείνει στο πεδίο περισσότερο καιρό αντί για κονίαμα ή άμμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί υγρό μπετό.

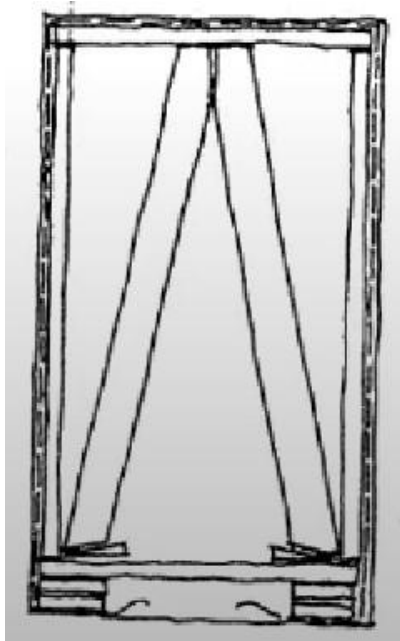
Οι περισσότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στο σπλισμένο σκυρόδεμα.

B5.1.1 Υποστύλωση ανοιγμάτων

Για στερέωση ανοιγμάτων που τείνουν να καταρρεύσουν χρησιμοποιούνται ξύλινες σανίδες με τρόπο που απεικονίζονται στις παρακάτω εικόνες. Στην επιφάνεια όπου ακουμπούν οι σανίδες μπορεί να χρησιμοποιηθεί τσόχα ώστε να μην τραυματιστεί η τοιχοποιία και πλαίσιο από σανίδες. Τα κενά κλείνονται μέσω σφήνας. Η ξύλινη κατασκευή προσαρμόζεται ανάλογα με τον τύπο του ανοίγματος και με το αν πρέπει να εξασφαλίζεται είσοδος στο εσωτερικό του κτιρίου.



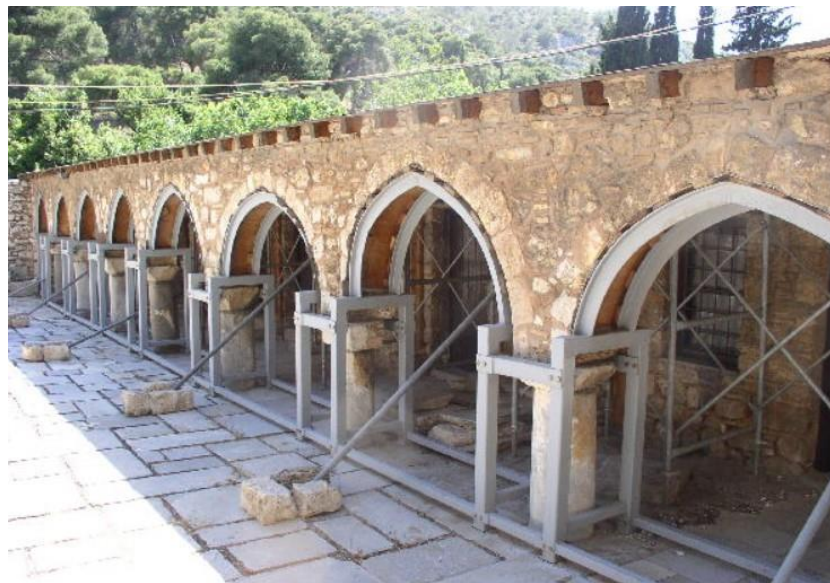
Εικόνα 147: Υποστύλωση που δεν επιτρέπει την είσοδο στο χώρο. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.)



Εικόνα 148: Υποστήλωση που επιτρέπει την είσοδο κατά την αποκατάσταση. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.)

Σε μνημεία μπορούν να εφαρμοστούν και μεταλλικά στοιχεία για υποστήλωση. Η τοποθέτηση των μεταλλικών στοιχείων συνήθως είναι πιο ακριβή και χρειάζεται μελέτη για την εφαρμογή σε κάθε περίπτωση.

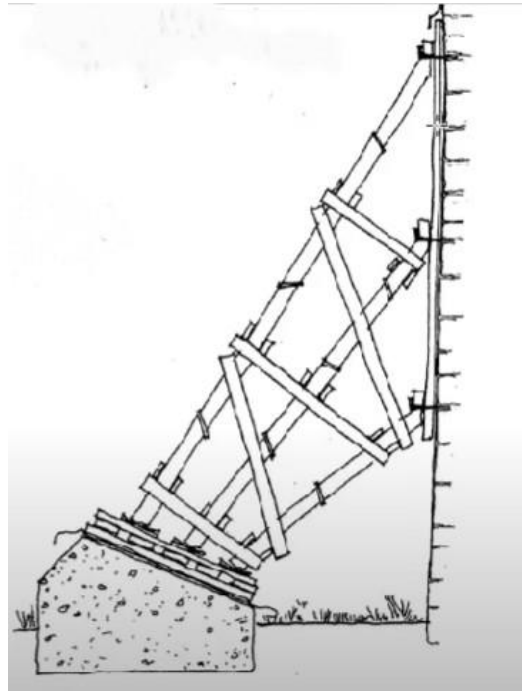
Αν η κατασκευή έχει τοξωτά ανοίγματα μπορεί να υποστηλωθεί με μεταλλικά ικρίωματα για την παραλαβή των κατακόρυφων φορτίων.



Εικόνα 149: Υποστήλωση τοξωτών ανοιγμάτων με μεταλλικό ικρίωμα. (Γκράουτεκ Κατασκευαστική)

B5.1.2 Υποστήλωση τοιχοποιίας

Σε περιπτώσεις όπου η τοιχοποιία αποκλίνει από την κατακόρυφο και κινδυνεύει να αποκολληθεί το γωνιακό τμήμα ή να καταρρεύσει ένα μέρος χρησιμοποιούνται ως υποστήλωση παράλληλα ενωμένα πρίσματα (τριγωνική μορφή).



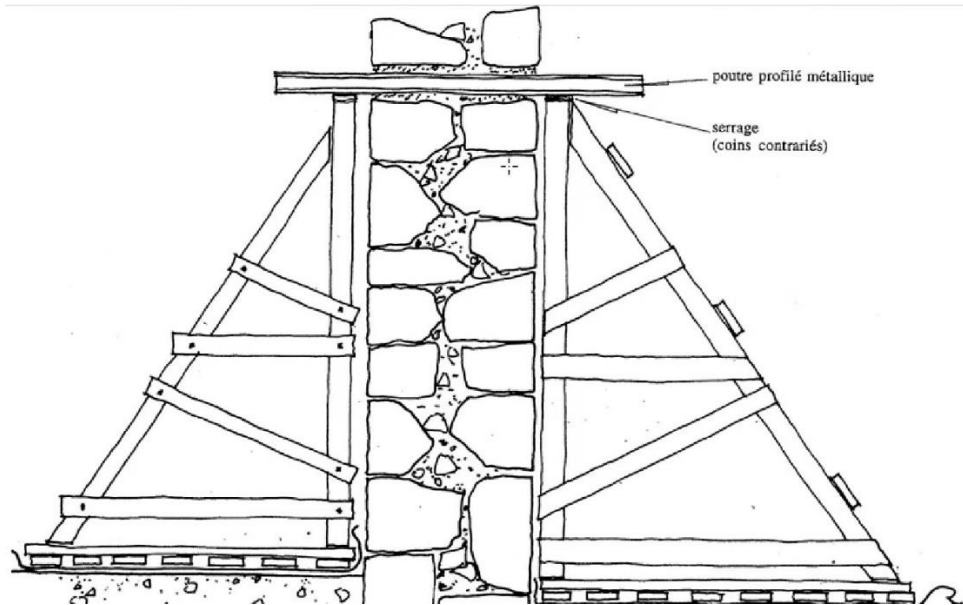
Εικόνα 150: Όψη της μορφής υποστήλωσης σε τμήμα τοιχοποιίας. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.)

Ένας άλλος τρόπος στήριξης είναι η χρήση μεταλλικών κριωμάτων με τη μορφή αντιστήριξης ή δικτυώματος. Η συνήθης λύση είναι να τοποθετούνται οριζόντια δικτυώματα καθ' ύψος της τοιχοποιίας για να μεταφέρουν τον άνεμο και τα άλλα οριζόντια φορτία στα κατακόρυφα δικτυώματα. Τα εξωτερικά έργα υποστήριξης δεν εμποδίζουν την επισκευή των στοιχείων.



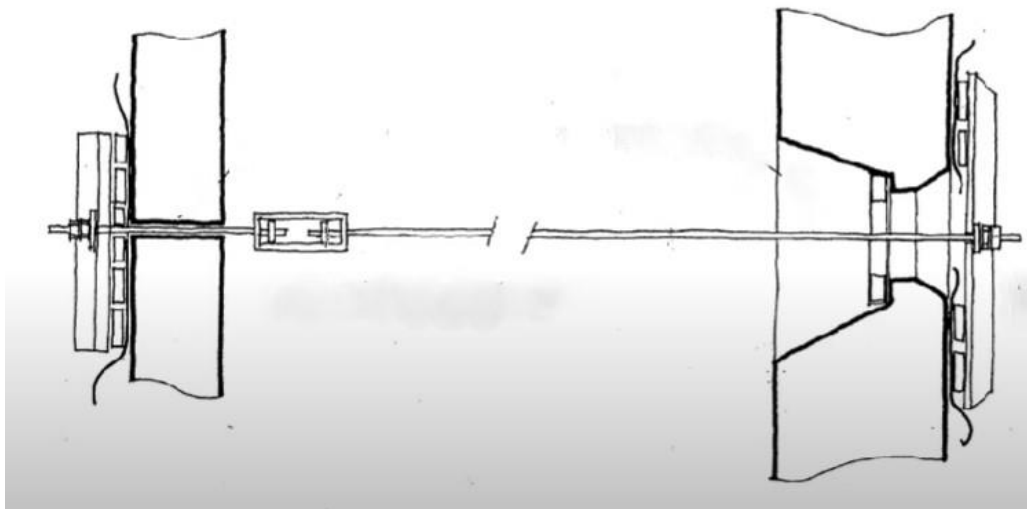
Εικόνα 151: Χρήση μεταλλικών κριωμάτων σε φέρουσα τοιχοποιία. (Αβδελάς)

Αν ένας τοίχος χρειάζεται εσωτερικά και εξωτερικά γίνεται τα κριώματα να ενωθούν με οριζόντια στοιχεία, αν υπάρχει η δυνατότητα να τρυπηθεί η τοιχοποιία. Με αυτό τον τρόπο η σταθερότητα αυξάνεται και ο τοίχος δεν κινδυνεύει από κατάρρευση.



Εικόνα 152: Υποστύλωση της τοιχοποιίας και εσωτερικά και εξωτερικά. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.)

Ακόμα ένας τρόπος υποστύλωσης είναι αντί να στηρίξω εξωτερικά έναν τοίχο (γιατί συνήθως προς τα έξω αποκλίνει) γίνεται να του ασκηθεί δύναμη εσωτερικά με ελκυστήρες. Οι ελκυστήρες όταν είναι προσωρινοί είναι από συρματόσχοινο ενώ όταν είναι μόνιμοι είναι από προεντεταμένο χάλυβα. Στο εξωτερικό μέρος αγκυρώνονται σε ξύλινες πλάκες για να μην ασκηθεί μεγάλη δύναμη τοπικά στην τοιχοποιία και την τραυματίσει.



Εικόνα 153: Εφαρμογή ελκυστήρα σε τοιχοποιία. (αρχείο Ρουμπιέν Δ.)

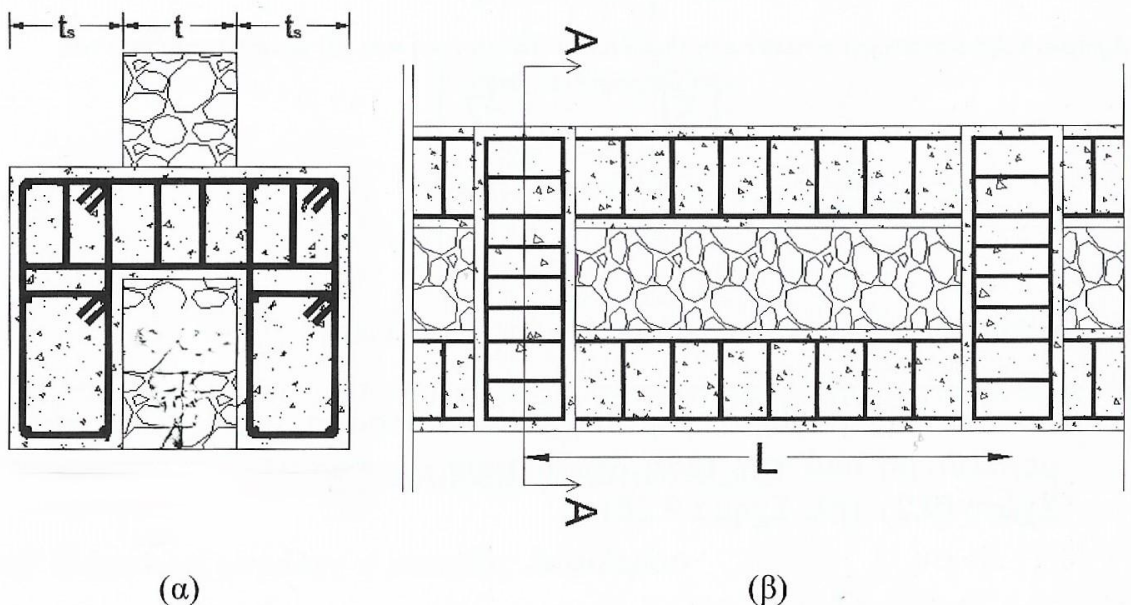
B5.2 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

B5.2.1 Επεμβάσεις στη θεμελίωση

Οι επεμβάσεις στη θεμελίωση έχουν αυξημένη δυσκολία, καθώς τα θεμέλια δεν είναι προσπελάσιμα. Πολλές φορές, αστοχίες εκδηλώνονται λόγω της θεμελίωσης ή του εδάφους θεμελίωσης. Η ανάγκη για ενίσχυση των θεμελίων προκύπτει συνήθως όταν πραγματοποιούνται εκσκαφές στα όμορα οικοπέδα και το βάθος των εκσκαφών είναι μεγαλύτερο από τη θεμελίωση του κτιρίου.

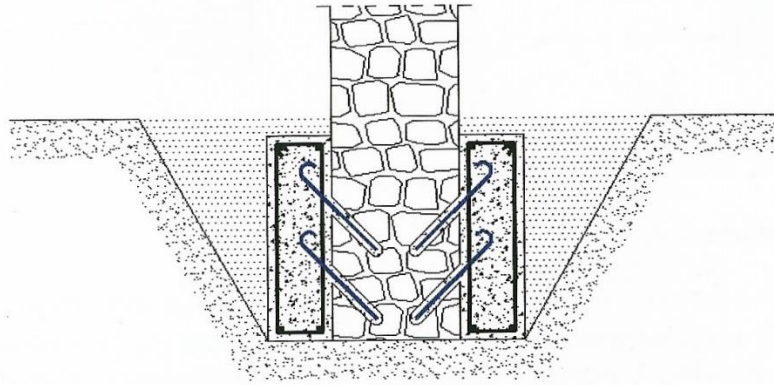
B5.2.1.1 Ενίσχυση της θεμελίωσης με προσθήκη δοκών

Για την ενίσχυση της θεμελίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο δοκοί ενίσχυσης από οπλισμένο σκυρόδεμα που κατασκευάζονται δίπλα από την υφιστάμενη θεμελίωση και συνδέονται με εγκάρσιες δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ορίζεται με t το πάχος της υφιστάμενης θεμελίωσης ενώ με t_s το πάχος της δοκού ενίσχυσης. Οι δοκοί ενίσχυσης πρέπει να είναι επαρκώς δύσκαμπτες και οι εγκάρσιες δοκοί πρέπει να τοποθετούνται σε κατάλληλες διαστάσεις L για να μεταφέρουν ομοιόμορφα τα φορτία στο έδαφος. (Σπυράκος 2019, σελ.240-243)



Εικόνα 154 Αύξηση πλάτους θεμελίωσης με δοκούς ενίσχυσης και εγκάρσιες δοκούς. α) τομή A-A, β) κάτοψη. (Σπυράκος 2019, σελ.241)

Ένας άλλος τρόπος ενίσχυσης του θεμελίου είναι να χρησιμοποιούνται μόνο δοκοί ενίσχυσης οι οποίες ακυρώνονται στο σώμα της λιθοδομής με εγκάρσιες μεταλλικές ράβδους.

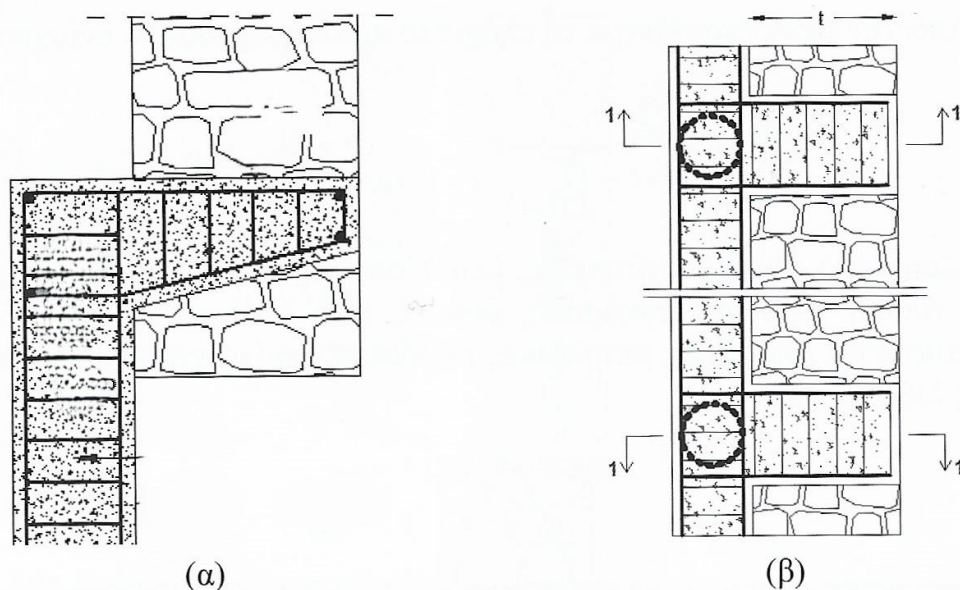


Εικόνα 155 Αύξηση πλάτους θεμελίωσης με δοκούς ενίσχυσης και εγκάρσιους συνδέσμους. (Σπυράκος 2019, σελ.243)

B5.2.1.2 Ενίσχυση της θεμελίωσης με πασσάλους

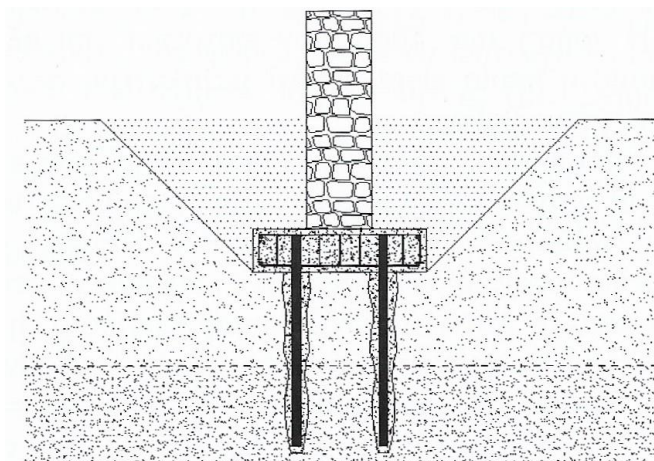
Η ενίσχυση της θεμελίωσης με πασσάλους βοηθά ταυτόχρονα να ενισχυθεί και το έδαφος θεμελίωσης. Αυτό συμβαίνει όταν οι επιφανειακές στρώσεις του εδάφους θεμελίωσης παρουσιάζει μειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά. Οι πάσσαλοι ενισχύουν την εδαφική αντίσταση που είναι αυξημένη σε εδαφικές στρώσεις που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος.

Για τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία, η ενίσχυση με πασσάλους μεγάλης ή μεσαίας διατομής παρουσιάζει πρακτικές δυσκολίες, καθώς χρειάζονται ειδικού τύπου μηχανήματα για τη μεταφορά. Η μέθοδος επιλέγεται όταν στο εργοτάξιο μπορούν να κατασκευαστούν οι πάσσαλοι περιμετρικά της κατασκευής.



Εικόνα 156: Ενίσχυση της θεμελίωσης με πασσάλους μεγάλης διαμέτρου: α) τομή 1 - 1, β) κάτοψη. (Σπυράκος 2019, σελ.244)

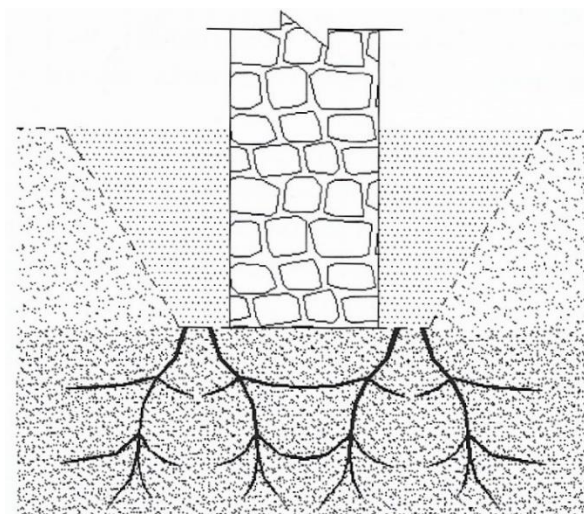
Αντίθετα, η ενίσχυση των θεμελίων με μικροπασσάλους είναι αρκετά διαδεδομένη. Η τοποθέτηση των μικροπασσάλων γίνεται εύκολα με κοινά μηχανήματα. Με αυτό το τρόπο, επιτρέπεται η κατασκευή πασσάλων και στις δύο παρειές του τοιχώματος. Ανάλογα με τα μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους, οι μεταλλικοί πάσσαλοι τοποθετούνται είτε μόνοι τους στο έδαφος είτε εγκιβωτίζονται στο σκυρόδεμα. Για τη σύνδεση των πασσάλων κατασκευάζεται κεφαλόδεσμος. Η διάμετρος των μικροπασσάλων κυμαίνεται από 8 – 15 cm. (Σπυράκος 2019, σελ. 243-245)



Εικόνα 157: Ενίσχυση της θεμελίωσης με μικροπασσάλους. (Σπυράκος 2019, σελ.244)

B5.2.1.3 Ενίσχυση του εδάφους θεμελίωσης

Προκειμένου να βελτιωθούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους θεμελίωσης γίνεται εμποτισμός του εδάφους με κατάλληλα κονιάματα μικρού ιξώδους. Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε εδάφη με μεγάλη διαπερατότητα ή σε ρηγματωμένο βράχο. (Σπυράκος 2019, σελ.245)



Εικόνα 158: Ενίσχυση εδάφους θεμελίωσης με ενέσιμα κονιάματα. (Σπυράκος 2019, σελ.245)

B5.2.2 Αρμολόγημα

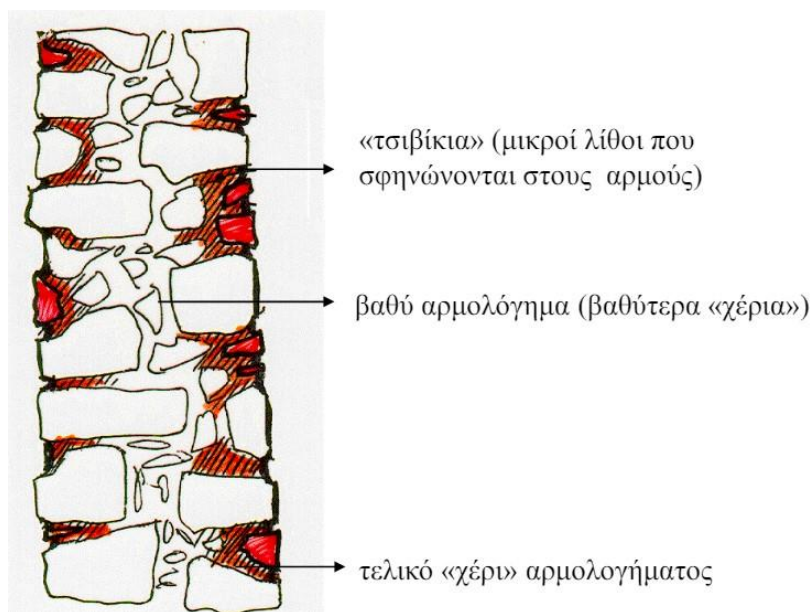
Αρμολόγημα είναι η αντικατάσταση του κονιάματος των αρμών με νέο ισχυρότερο κονίαμα. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του τοίχου, σε παλιές τοιχοποιίες όπου το υφιστάμενο κονίαμα έχει υποστεί έντονη διάβρωση. Υπάρχουν δύο κατηγορίες αρμολογήματος το βαθύ και το τελικό.

B5.2.2.1 Βαθύ αρμολόγημα

Το βαθύ αρμολόγημα χρησιμοποιείται συχνά λόγω χαμηλού κόστους. Μέσω της διαδικασίας αυξάνεται η αντοχή της τοιχοποιίας ανάλογα με το βαθμό αντικατάστασης του υφιστάμενου κονιάματος δόμησης χαμηλής αντοχής από νέο κονίαμα με καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, με αυτό τον τρόπο αποκαθίσταται η συνάφεια του κονιάματος δόμησης με τα λιθосώματα της παρειάς. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι:

1. Καθαίρεση των υφιστάμενων επιχρισμάτων αν υπάρχουν.
2. Καθαίρεση του κονιάματος αρμού σε βάθος 7 cm .
3. Διαβροχή τοιχοποιίας με νερό με χρήση χαμηλής πίεσης μέχρι κορεσμού. Συνίσταται προσοχή καθώς το νερό δεν πρέπει να παρακρατηθεί ή να επικαθίσει στην τοιχοποιία.
4. Τοποθέτηση του νέου κονιάματος στους αρμούς σε πατητές στρώσεις πάχους 2 – 3 cm προκειμένου να συμπιέζεται και να φεύγει ο αέρας ώστε να αποφεύγεται η συστολή ξήρανσης. (Επειδή το υφιστάμενο κονίαμα δεν αφαιρείται πλήρως, η συνεργασία υφιστάμενου και νέου κονιάματος είναι αναγκαία.)
5. Διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας των αρμών, στην ίδια επιφάνεια με τη λιθοδομή χωρίς να σχηματίζονται εσοχές ή προεξοχές. (τελικό αρμολόγημα βλ. στο επόμενο κεφάλαιο)

Συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εφαρμογή της μεθόδου γιατί μπορεί να οδηγήσει σε χαλάρωμα της συνοχής ή και απόσπαση των λιθосωμάτων. Η μέθοδος βελτιώνει την μηχανική αντοχή της τοιχοποιίας όταν η τοιχοποιία έχει πάχος μέχρι 30 cm. Η επέμβαση του αρμολογήματος θεωρείται απλή επισκευή αν εφαρμόζεται μονόπλευρα η σε τοιχοποιία με σημαντικό πάχος. Προτείνεται για πιο αποτελεσματική αποκατάσταση, η μέθοδος να εφαρμόζεται όταν η τοιχοποιία πρόκειται να επιχριστεί για να προστατεύεται στο μέγιστο.. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του νέου κονιάματος πρέπει να είναι πιο χαμηλά από τα μηχανικά χαρακτηριστικά των λιθосωμάτων.



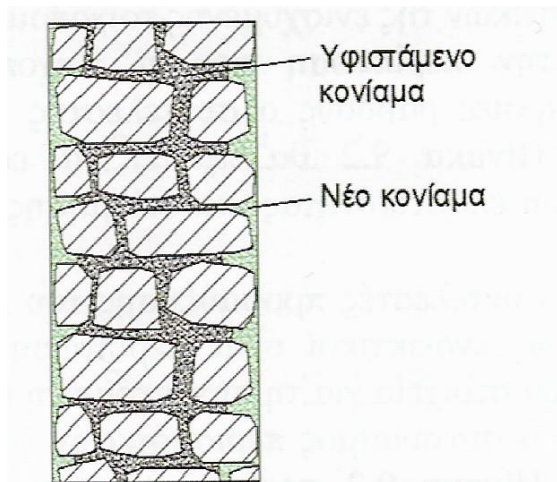
Εικόνα 159: Διαδικασία για βαθύ αρμολόγημα. (αρχείο Γεωργιάδη Α.)

B5.2.2.2 Τελικό αρμολόγημα

Με το τελικό αρμολόγημα αντικαθίσταται το επιφανειακό κονίαμα ή το επίχρισμα προκειμένου να πληρωθούν και να στεγανωθούν οι αρμοί. Με την κάλυψη των αρμών προστατεύεται το εσωτερικό της τοιχοποιίας από περιβαλλοντικές δράσεις και επιτυγχάνεται αισθητική αποκατάσταση των όψεων.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι παρόμοια με αυτή για το βαθύ αρμολόγημα, όμως στο τέλος διαμορφώνεται η τελική επιφάνεια των αρμών, στην ίδια επιφάνεια με τη λιθοδομή χωρίς να σχηματίζονται εσοχές ή προεξοχές.

Αν οι παρειές εξωτερικά επιχριστούν, τότε δεν εφαρμόζεται τελικό αρμολόγημα γιατί έχει αυξημένες αισθητικές απαιτήσεις. Είναι απαραίτητο να καθορίζονται οι ιδιότητες για το τελικό χρώμα, την κοκκομετρία των υλικών που χρησιμοποιούνται και τη τελική υφή. (Σπυράκος 2019, σελ.247-249)



Εικόνα 160: Τελικό αρμολόγημα σε εξωτερικές παρειές. (Σπυράκος 2019, σελ.248)

B5.2.3 Ενέματα

Η χρήση των ενεμάτων πραγματοποιείται στα εσωτερικά κενά της τοιχοποιίας για τη βελτίωση των μηχανικών της χαρακτηριστικών. Η τεχνική είναι κατάλληλη για επέμβαση στη μάζα της τοιχοποιίας που αποτελούνται από μεγάλο ποσοστό κενών ή παρουσιάζει ρωγμές στο εσωτερικό της. Με την επέμβαση τα κενά μειώνονται και η σύνδεση μεταξύ των λιθοσωμάτων είναι καλύτερη. Επομένως, αυξάνεται η αντοχή και η δυσκαμψία του σώματος. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας βελτιώνονται λόγω της εφελκυστικής αντοχής του ενέματος και της συνάφειας τους με τα λιθοσώματα. Ουσιαστική σημασία έχει, τα ενέματα που χρησιμοποιούνται να είναι σταθερού όγκου, ώστε να μην μεταβάλλονται γιατί διαφορετικά η μέθοδος δεν έχει αποτέλεσμα. Τέλος, για την εφαρμογή του υλικού απαιτούνται εξειδικευμένα συνεργεία και εξοπλισμός.

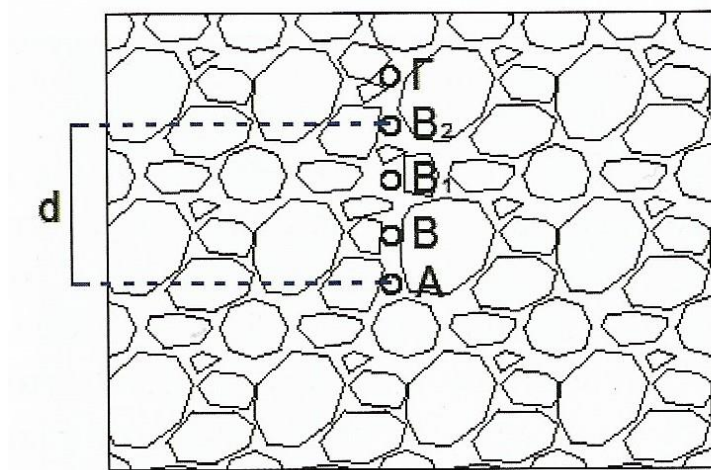
Με τα ενέματα δεν αλλοιώνονται οι όψεις ενός κτιρίου αρχιτεκτονικά και για αυτό το λόγο, η μέθοδος είναι κατάλληλη για χρήση διατηρητέα κτίρια. Η χρήση προϋποθέτει ενέματα κατάλληλης σύνθεσης που να εξασφαλίζουν συμβατότητα με τα υφιστάμενα υλικά. Η επέμβαση δεν είναι αναστρέψιμη οπότε πρέπει να σχεδιαστεί με σωστό τρόπο και να ικανοποιούνται οι συνθήκες συμβατότητας.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι:

1. Καθαρισμός του τοίχου, όπου πραγματοποιείται μετά την καθαίρεση του επιχρίσματος αν υπάρχει. Καθαρισμός της επιφάνειας με νερό και υψηλή ή χαμηλή πίεση (η υψηλή πίεση χρειάζεται προσοχή για να μην αποδιοργανωθεί η τοιχοποιία). Ο καθαρισμός

μπορεί να πραγματοποιηθεί με ατμό, πεπιεσμένο αέρα, αμμοβολή, βούρτσα και ειδικά χημικά συστατικά.

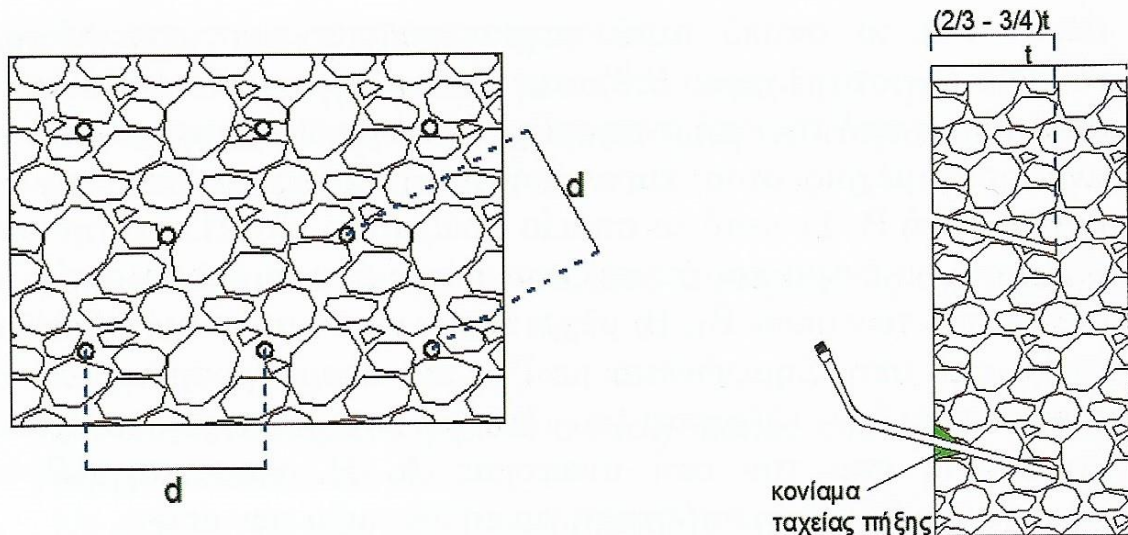
2. Αρμολόγημα και σφράγιση των ρωγμών. Η διαδικασία του αρμολογήματος γίνεται προκειμένου να αποφεύγεται η απώλεια του ενέματος από ρωγμές ή αδύνατους αρμούς. Τα κονιάματα πρέπει να είναι συμβατά με τα υφιστάμενα υλικά.
3. Καθορισμός βέλτιστης απόστασης οπών. Πριν διανοιχθούν οι οπές, είναι αναγκαίο να επιλεγεί η απόσταση διάνοιξης των οπών. Αρχικά κατασκευάζεται μια οπή αναφοράς (σημείο A) και μια σειρά οπών σε διάφορες αποστάσεις από την οπή αναφοράς. Από την οπή αναφοράς εισάγεται ένεμα μέχρι να εξέλθει από την οπή B. το σημείο B φράζεται. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να φραχθούν τα σημεία B1, B2. Το Γ είναι η πιο απομακρυσμένη οπή, όπου δεν εξέρχεται το ένεμα όταν πραγματοποιείται ενεμάτωση από την οπή αναφοράς A. η απόσταση $A * B_2 = d$ είναι η βέλτιστη απόσταση για τη διάνοιξη των οπών.



Εικόνα 161: Απόσταση d - οπές ενεμάτωσης. (Σπυράκος 2019, σελ.251)

4. Διάνοιξη των οπών. Αφού έχει καθοριστεί η απόσταση d, κατασκευάζονται οι υπόλοιπες οπές για την ενεμάτωση με διάταξη ισόπλευρου τριγώνου πλευράς d. με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο όγκος της τοιχοποιίας που δεν φτάνει το ένεμα. Οι οπές για την ενεμάτωση εφαρμόζονται στην ίδια πλευρά του τοίχου. Το βάθος της διάνοιξης των οπών πρέπει να είναι μεταξύ 2/3 και 3/4 του πάχους του τοίχου και να πραγματοποιούνται με κλίση από πάνω προς τα κάτω για να διευκολύνεται η ενεμάτωση. Για τη διάνοιξη συνιστάνται περιστροφικά τρυπάνια και όχι κρουστικά για να μην βλαφθεί η τοιχοποιία.

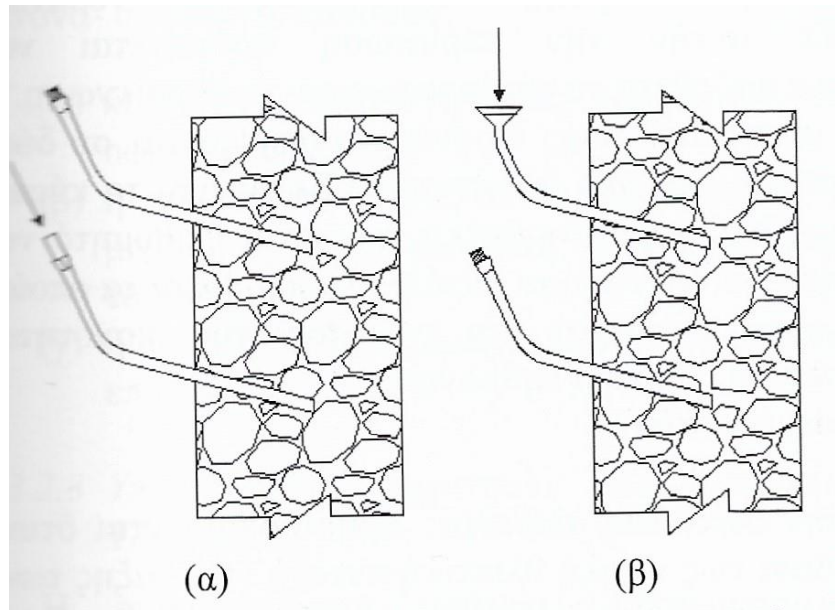
5. Τοποθέτηση των σωλήνων πλήρωσης και αρίθμηση τους. Στις οπές εισάγονται σωλήνες πλήρωσης περιμετρικά των οποίων τοποθετείται κονίαμα ταχείας πήξης, για να σταθεροποιηθούν οι σωληνίσκοι και να αποφευχθεί η έξοδος του ενέματος.



Εικόνα 162: Διάνοιξη οπών, αποστάσεις και εφαρμογή σωληνίσκων. (Σπυράκος 2019, σελ.252)

6. Πλήρωση και διαβροχή του τοίχου μέχρι κορεσμού. Ο τοίχος πλένεται για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα από τη διάνοιξη της οπής. Διαβροχή του τοίχου μέχρι κορεσμού προκειμένου να αποφευχθεί η απορρόφηση νερού από το ένεμα στη φάση της ενεμάτωσης.
7. Ενεμάτωση. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του τοίχου και των ενεμάτων επιλέγεται μια από τις 2 ακόλουθες μεθόδους ενεμάτωσης:
- Ομογενοποίηση με πίεση: το ένεμα εισάγεται στο εσωτερικό της τοιχοποιίας με πίεση μέσω αντλίας. Η πίεση επιλέγεται με βάση την ποιότητα της τοιχοποιίας και το ποσοστό των οπών. Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε τοίχους που είναι πολύ αποδιοργανωμένοι γιατί να μπορεί να δημιουργήσει παραπάνω βλάβη. Η ενεμάτωση αρχίζει από χαμηλά σημεία προς τα υψηλά. Η επιλογή χαμηλής πίεσης δεν επιτρέπει την ομοιόμορφη και πλήρη διάχυση του ενέματος στο εσωτερικό της τοιχοποιίας αφήνοντας κενά. Η επιλογή υψηλής πίεσης μπορεί να καταστρέψει την τοιχοποιία και να εσωκλείει αέρα. Η κατάλληλη πίεση προκύπτει από δοκιμές.
 - Ομογενοποίηση με βαρύτητα: χρησιμοποιείται σε τοιχοποιίες με σχετικά μεγάλα κενά. Με αυτό το τρόπο μειώνεται το ποσοστό των κενών που έχουν

μεγάλες διαστάσεις. Χρειάζεται προσοχή για τη σωστή στήριξη των σωληνίσκων.



Εικόνα 163: Ομογενοποίηση με α)πίεση, β) βαρύτητα. (Σπυράκος 2019, σελ.253)

Τα ενέματα ανάλογα με το ποσοστό εφαρμογής πάνω στην τοιχοποιία χωρίζονται σε καθολικά και τοπικά. Τα καθολικά ενέματα χρησιμοποιούνται για πλήρη ομογενοποίηση της τοιχοποιίας ενώ τα τοπικά για επέμβαση μικρού βαθμού.

Τα ενέματα ανάλογα με τα συστατικά τους, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα οργανικά ή ρητινούχα και τα ανόργανα. Τα οργανικά ενέματα είναι τα:

- Ενέματα με βάση οργανική ρητίνη: Έχουν πολύ υψηλή αντοχή, πρόσφυση με τα υφιστάμενα υλικά και πήξη σε μικρο χρονικό διάστημα.
- Ενέματα με ρεοπλαστικά: Έχουν μεγάλη ρευστότητα και μικρή συρρίκνωση και συνήθως εφαρμόζονται σε πολύ μικρές ρωγμές.

Τα ανόργανα ενέματα είναι:

- Ενέματα με βάση την υδραυλική άσβεστο: Όταν επιθυμείται μεσαία ως υψηλή θλιπτική αντοχή. Εμφανίζουν μεγάλη συρρίκνωση και χρειάζονται μεγαλύτερο χρόνο ωρίμανσης. Η υδραυλική άσβεστος έχει κοινά μηχανικά χαρακτηριστικά με τα υφιστάμενα υλικά της τοιχοποιίας.
- Ενέματα με βάση το τσιμέντο: Όταν επιθυμείται υψηλή ως πολύ υψηλή θλιπτική αντοχή. Συνήθως δεν χρησιμοποιούνται ευρέως πλέον, καθώς είναι ασύμβατα με τα

υφιστάμενα υλικά και πολλές φορές μπορούν να δημιουργήσουν μεγαλύτερη βλάβη. Έχουν χαμηλό κόστος.

- Τριμερή ενέματα: Χρησιμοποιείται ως εναλλακτική λύση για τα ενέματα με υδραυλική άσβεστο σε διατηρητέα κτίρια ή τα κτίρια από λιθοδομή. Αποτελούνται από υδράσβεστο σε σκόνη, φυσική ποζολάνη, μικρό ποσοστό ρευστοποιητή και χαμηλό ποσοστό λευκού τσιμέντου.

Στην αρχή της διαδικασίας είναι αναγκαίο να δίνεται προσοχή στην κατάσταση της θεμελίωσης. Πραγματοποιείται δοκιμή ώστε να εμφανιστούν κενά ή ρηγματώσεις, αν υπάρχουν στη θεμελίωση. Αυτό χρησιμεύει γιατί αν υπάρχουν κενά το ένεμα μπορεί να διαφύγει προς τα κάτω και το υλικό να χαθεί. Εφόσον διαπιστωθεί ότι υπάρχουν κενά, αρχικά χρησιμοποιείται ένεμα με χονδρόκοκκη σύσταση ώστε τα κενά να πληρωθούν. Έπειτα, η διαδικασία της ενεμάτωσης συνεχίζεται κανονικά με τη σύσταση του ενέματος που είναι κατάλληλη για την τοιχοποιία. (Σπυράκος 2019, σελ.249-254)

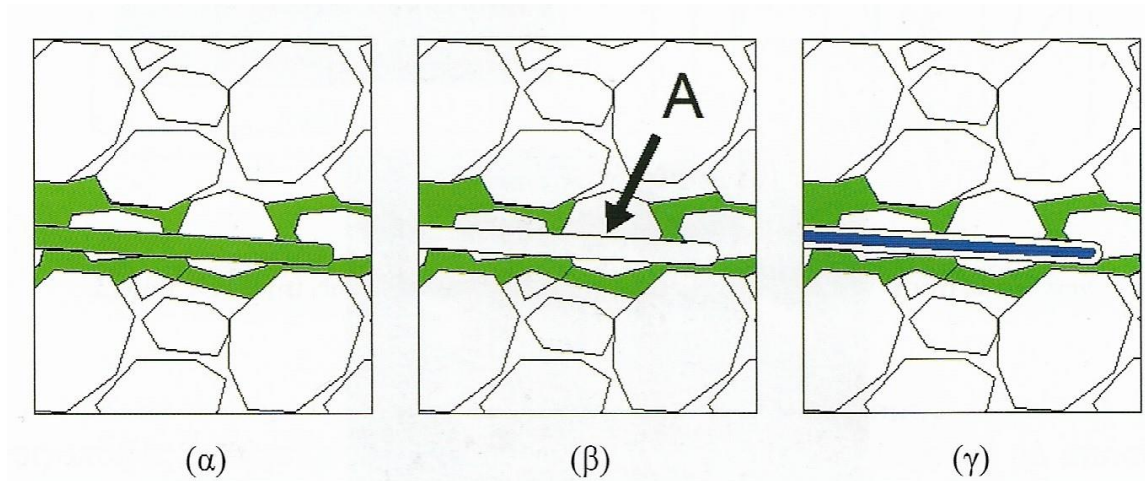
B5.2.4 Ενίσχυση με εγκάρσιους συνδέσμους

B.5.2.4.1 Ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία

Η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν η τοιχοποιία είναι δίστρωτη ή τρίστρωτη αλλά δεν συνδέονται με διάτονες. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η πιθανότητα αποκόλλησης της εσωτερικής και της εξωτερικής παρειάς. Για να αποφευχθεί η διάβρωση του οπλισμού, χρησιμοποιείται ανοξείδωτος χάλυβας. (Σπυράκος 2019, σελ. 262-264) Η διαδικασία εφαρμογής είναι:

1. Κατασκευή οπών με περιστροφικό τρυπάνι. Η διάμετρος των οπών πρέπει να είναι 5 mm παραπάνω από τη διάμετρο του οπλισμού που θα τοποθετηθεί (διάμετρος οπής περίπου 20 – 50 mm). Οι οπές ανοίγονται ανά 50 cm.
2. Καθαρισμός των οπών με χρήση πεπιεσμένου αέρα για την απομάκρυνση των τριμμάτων.
3. Τοποθέτηση του οπλισμού και ενεμάτωση. Χρειάζεται συμβατότητα του ενέματος και της τοιχοποιίας. Η τοποθέτηση του οπλισμού γίνεται με δύο τρόπους.
 - i. Ο πρώτος τρόπος είναι τοποθέτηση του οπλισμού και ενεμάτωση. Η ενεμάτωση μπορεί να γίνει είτε με πίεση είτε με βαρύτητα. Συνίσταται προσοχή στη διάχυση του ενέματος περιμετρικά της οπής (π.χ. σε αργολιθοδομές που χαρακτηρίζονται από μεγάλο ποσοστό κενών). Για να μειωθεί η διάχυση χρησιμοποιούνται κονιάματα ταχείας πήξης.

- ii. Για λιθοδομές με υψηλό ποσοστό κενών, τοποθετούνται μεταλλικά στοιχεία σε 3 φάσεις. Κατά την πρώτη φάση πραγματοποιείται ενεμάτωση στην οπή. Στη δεύτερη φάση, η οπή διανοίγεται και καθαρίζεται για να τοποθετηθεί ο οπλισμός. Και τέλος, στην τρίτη φάση, πληρώνεται η οπή με τελική ενεμάτωση. Έτσι, μειώνονται τα κενά γύρω από τις θέσεις τοποθέτησης του οπλισμού.

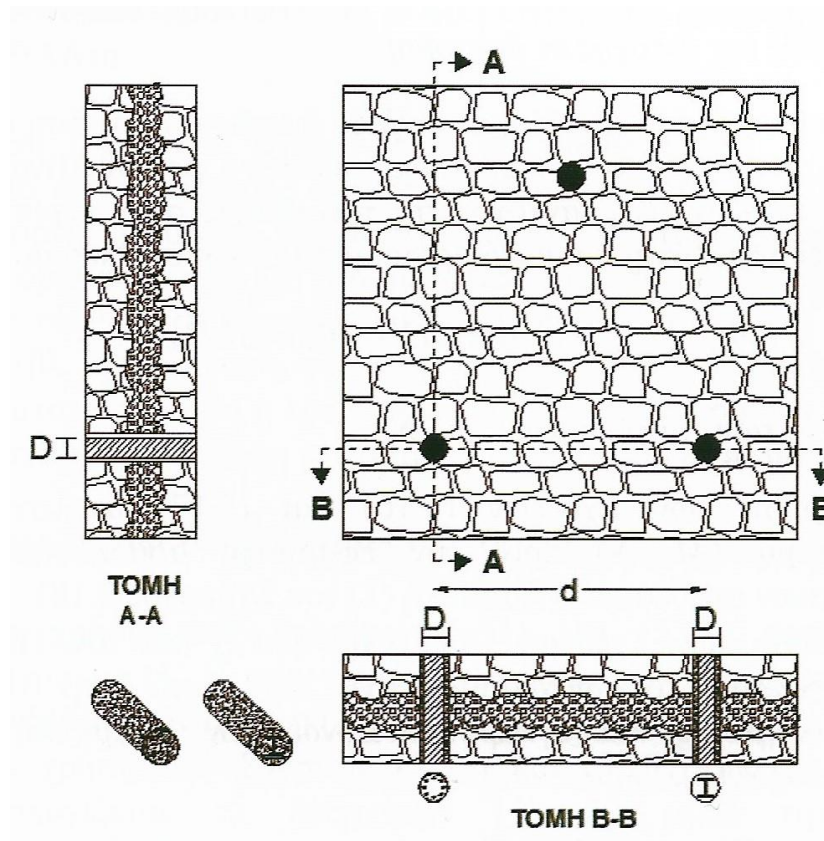


Εικόνα 164: Ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία (2ος τρόπος). (Σπυράκος 2019, σελ.263)

B.5.2.4.2 Ενίσχυση με διάτονες συνδέσμους

Η μέθοδος είναι πιο παρεμβατική από αυτή των μεταλλικών στοιχείων. Για τη σύνδεση των εξωτερικών στρώσεων χρησιμοποιούνται διάτονες με χαλύβδινο οπλισμό που εγκιβωτίζεται σε μη συρρικνούμενο σκυροδέμα. (Σπυράκος 2019, σελ. 266-267) Η διαδικασία εφαρμογής είναι:

1. Κατασκευή οπών με περιστροφικό τρυπάνι και χρήση νερού για τη μείωση της θερμοκρασίας. Η διάμετρος των οπών D κυμαίνεται από 10 – 15 cm . Οι οπές ανοίγονται ανά 80 - 150 cm. Αν υπάρχουν πολλά κενά στην τοιχοποιία δημιουργείται πρόβλημα, όμως αν έχει προηγηθεί ομογενοποίηση της τοιχοποιίας δεν παρουσιάζεται πρόβλημα.
2. Καθαρισμός των οπών με χρήση πεπιεσμένου αέρα για την απομάκρυνση των τριμμάτων.
3. Τοποθέτηση του οπλισμού και του μη συρρικνούμενου σκυροδέματος.



Εικόνα 165: Ενίσχυση τρίστρωτης φέρουσας τοιχοποιίας με διάτονες συνδέσμους. (Σπυράκος 2019, σελ.267)

B.5.2.4.3 Ενίσχυση με επιμήκη λιθοσώματα – γέφυρες

Τα επιμήκη λιθοσώματα – γέφυρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί για τις διάτονες από σκυρόδεμα. Οι γέφυρες τοποθετούνται σε διαμπερή τοιχοποιία μετά από αφαίρεση λιθοσωμάτων. Στην τοιχοποιία τοποθετούνται και στις δύο παρειές του τοίχου, ομοιόμορφα ώστε να υπάρχουν 2 ανά m^2 κάθε όψης. (Σπυράκος 2019, σελ. 270)

B5.2.5 Ενίσχυση με μανδύες

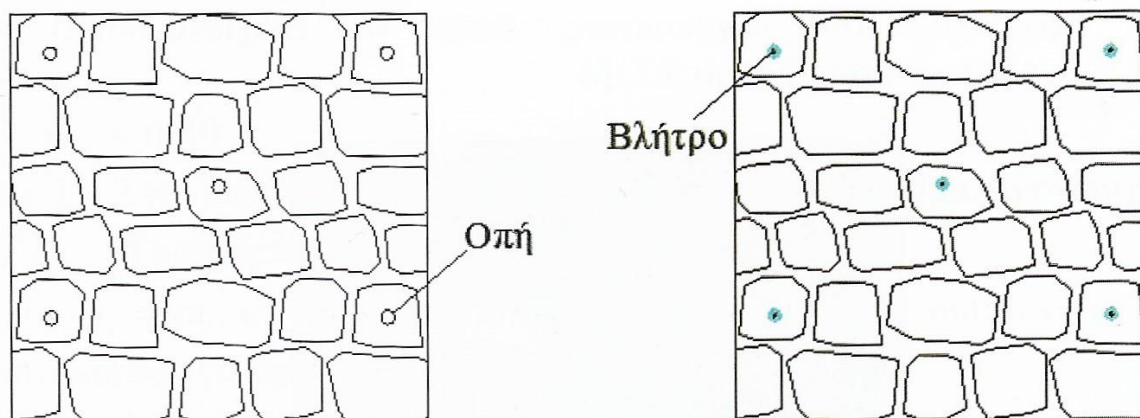
Τονίζεται ότι η χρήση μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος δεν προτείνεται για διατηρητέα κτίρια ή μνημεία.

B5.2.5.1 Οπλισμένο ή ινοπλισμένο επίχρισμα

Το οπλισμένο επίχρισμα είναι πολύ αποτελεσματική μέθοδος ενίσχυσης όταν εφαρμόζεται και στις δύο παρειές αλλά ακόμα και αν εφαρμοστεί μονόπλευρα μπορεί να αυξηθεί η αντοχή της τοιχοποιίας. Συνήθως εφαρμόζεται περισσότερο σε οπτοπλινθοδομές. Σε λιθοδομές, πριν την εφαρμογή του οπλισμένου επιχρίσματος μπορεί να χρειάζεται ομογενοποίηση της τοιχοποιίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανόργανα υλικά με μεγάλη

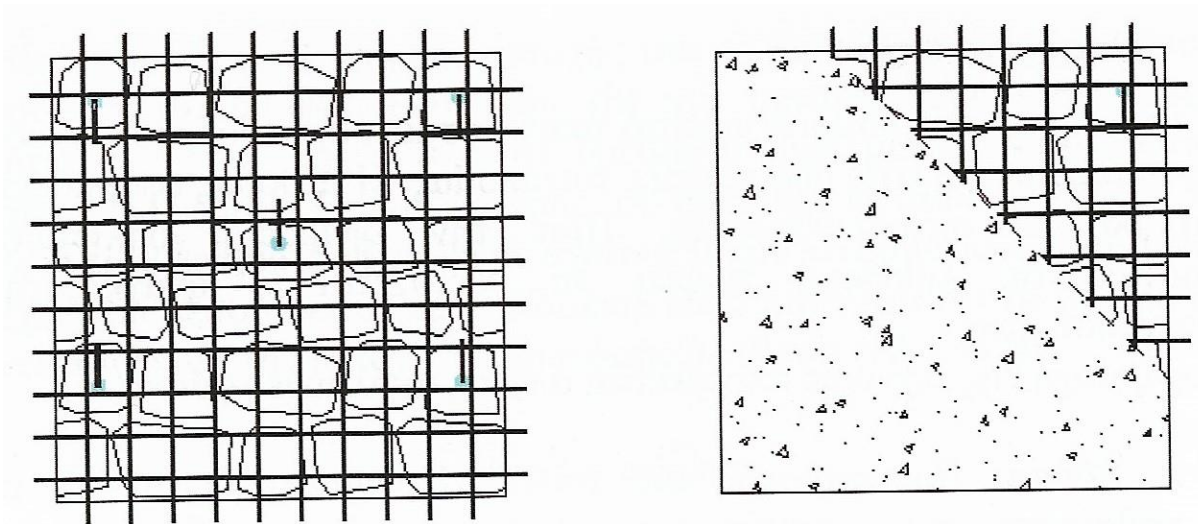
αντοχή σε μορφή πλέγματος υάλου ή άνθρακα ή χάλυβα υψηλής αντοχής. Αν χρησιμοποιηθούν ίνες διευκρινίζεται ότι έχουν 5 φορές μεγαλύτερη αντοχή από το ατσάλι. Με αυτή τη μέθοδο αυξάνονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας, όμως τα μεταλλικά στοιχεία είναι πιο ευάλωτα σε οξείδωση και διάβρωση. Η διαδικασία εφαρμογής είναι:

1. Καθαίρεση του υφιστάμενου επιχρίσματος εφόσον υπάρχει, βούρτσισμα και πλύσιμο της επιφάνειας με νερό ή αέρα χαμηλής πίεσης. Επισκευή ρωγμών ή τοπικών βλαβών. Εάν χρειάζεται γίνεται και ομογενοποίηση της τοιχοποιίας.
2. Κατασκευή οπών σε λίθους με περιστροφικό τρυπάνι. Διανοίγονται 4 ή 5 οπές ανά m^2 . Η διάνοιξη πρέπει να γίνεται εναλλακτικά στις δύο παρειές και υπό ελαφρά γωνία για να διευκολύνεται η ενεμάτωση της οπής γύρω από το μεταλλικό βλήτρο.
3. Τοποθέτηση μεταλλικών βλήτρων με διάμετρο 4 – 8 mm και σφράγιση με κονίαμα καθώς η συνεργασία της επιφάνειας επαφής της λιθοδομής με το πλέγμα μπορεί να είναι προβληματική.



Εικόνα 166: Διάνοιξη των οπών και τοποθέτηση των βλήτρων. (Σπυράκος 2019, σελ.271)

4. Τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος. Το πλέγμα τοποθετείται σε απόσταση 2 cm από τον τοίχο. Όταν το πλέγμα τοποθετηθεί πρέπει να καμφθούν τα άκρα των βλήτρων υπό γωνία 90° .

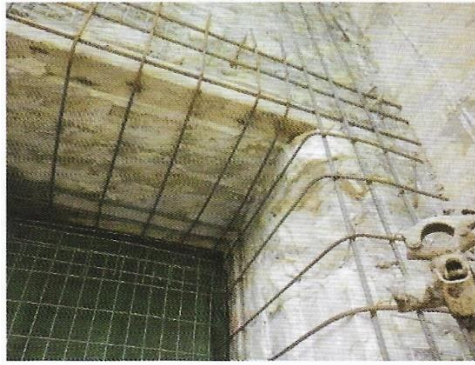


Εικόνα 167: Τοποθέτηση πλέγματος και εφαρμογή επιχρίσματος. (Σπυράκος 2019, σελ.272)



Εικόνα 168: Εφαρμογή ινοπλισμένου επιχρίσματος σε λιθοδομή. (SIKA Hellas)

5. Εφαρμογή του επιχρίσματος (συνήθως έχει βάση το τσιμέντο) σε δύο στρώσεις. Το πάχος του επιχρίσματος κυμαίνεται από 3 – 6 cm. Δεν απαιτείται κατασκευή ξυλότυπου αφού συνήθως χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο τσιμεντοκονίαμα. Πριν την εφαρμογή του επιχρίσματος, ο τοίχος πρέπει να έχει διαβραχεί μέχρι κορεσμού για να μην απορροφήσει το νερό του επιχρίσματος. Αν το κονίαμα είναι συρρικνούμενο, πρέπει ο τοίχος να διαβρέχεται για αρκετές μέρες για να ελαχιστοποιηθεί η συρρίκνωση του.



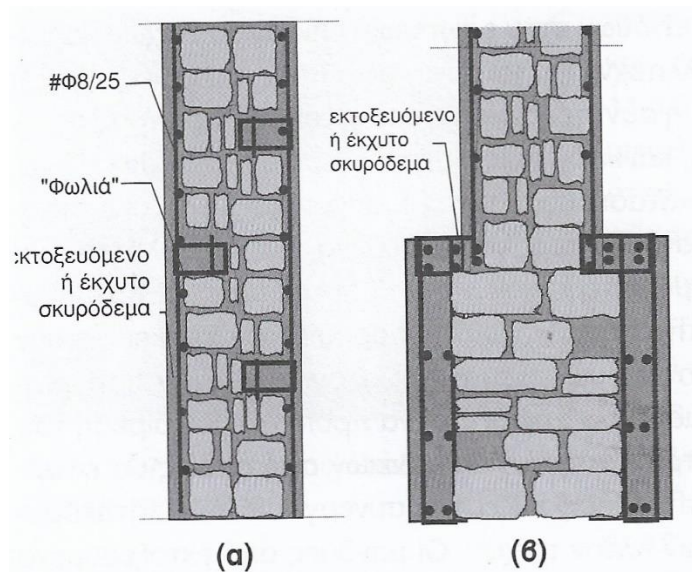
Εικόνα 169: ενίσχυση της τοιχοποιίας με οπλισμένο επίχρισμα. (Σπυράκος 2019, σελ. 272)

Για την περίπτωση διατηρητέων κτιρίων και μνημείων, η μέθοδος είναι αναστρέψιμη σε ένα βαθμό και έχει κόπο. Το νέο υλικό έχει υψηλή αντοχή και καλή πρόσφυση με τη λιθοδομή όμως πρέπει να επιτρέπεται η διαπνοή της τοιχοποιίας. (Σπυράκος 2019, σελ.270-273)

B5.2.5.2 Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

Η χρήση μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος αυξάνει την αντοχή και τη δυσκαμψία των κατασκευών από τοιχοποιία. Προτείνεται το πάχος του μανδύα να είναι ≥ 10 cm. οι μανδύες μπορεί να είναι είτε από έγχυτο είτε από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η διαδικασία εφαρμογής είναι:

1. Αφαίρεση του υφιστάμενου κονιάματος εφόσον υπάρχει, καθαρισμός της επιφάνειας και τράχυνση του τοίχου.
2. Τοποθέτηση δομικού πλέγματος .
3. Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος, 5 cm πάχος προκειμένου να προστατεύεται από διάβρωση ο οπλισμός. Αν το πάχος του μανδύα είναι πάνω από 5 cm, η εφαρμογή του μανδύα γίνεται σε 2 στρώσεις. Αν το σκυρόδεμα είναι έγχυτο το πάχος του μανδύα μπορεί να φτάσει τα 10 cm.
4. Αν ο μανδύας είναι αμφίπλευρος και όχι μονόπλευρος, τότε για να συνδεθούν σωστά οι μανδύες στις δύο παρειές διανοίγονται διαμπερείς οπές ανά 0,5 - 1 m και χρησιμοποιούνται μεταλλικές ράβδοι (αγκύρια) που συνδέουν τα πλέγματα του οπλισμού. Αν αυτό δεν μπορεί να εφαρμοστεί, ο μανδύας μπορεί να αγκυρωθεί στον τοίχο με φωλιές.



Εικόνα 170: Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε α) ανωδομή και β) θεμέλιο λιθοδομής. (Καραντώνη 2012, σελ.468)

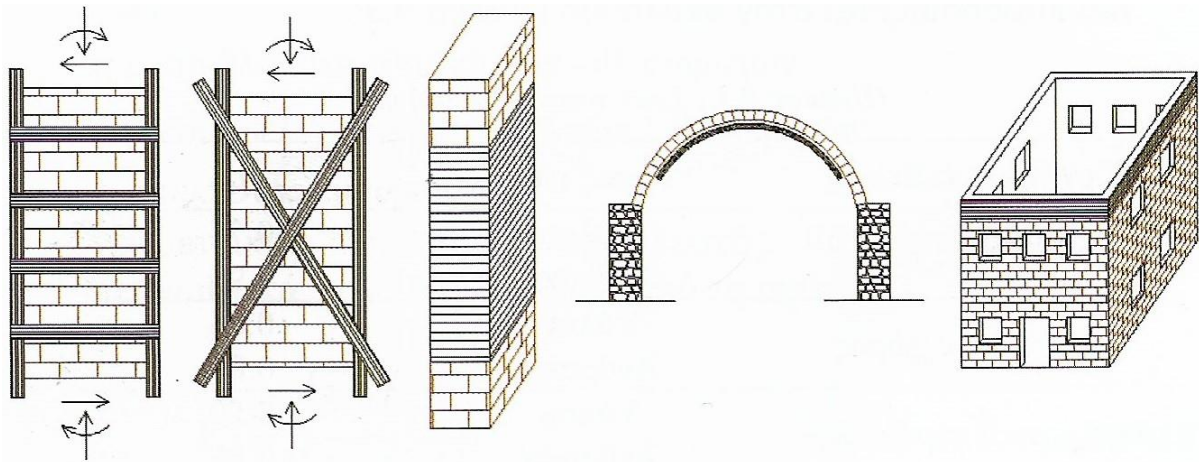
Για μανδύα σε πολώροφο κτίριο είναι αναγκαίο να εξασφαλίζεται η συνεργασία των μανδύων κάθε ορόφου. Αν το πάτωμα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα συνδέεται με το μανδύα μέσω ηλεκτροσυγκόλλησης του παλαιού και του νέου οπλισμού. (Σπυράκος 2019, σελ.277-278)

B5.2.6 Ενίσχυση με σύνθετα υλικά

Τα σύνθετα υλικά αποτελούνται από ίνες υψηλής αντοχής και μέτρου ελαστικότητας που εμποτίζονται σε μήτρα από οργανικά ή ανόργανα συστατικά. Με αυτό τον τρόπο το σύνθετο υλικό αποκτά καλύτερες μηχανικές ιδιότητες.

Οι ίνες που χρησιμοποιούνται είναι είτε από άνθρακα (ανθρακονήματα) είτε από ύαλο (υαλονήματα). Οι μήτρες είναι είτε ανόργανες είτε οργανικές. Οι ανόργανες μήτρες περιέχουν τσιμεντοειδή ή υδραυλική άσβεστο και ανόργανα πρόσμικτα ενώ οι οργανικές περιέχουν ρητίνες. Συνήθως, σε διατηρητέα κτίρια ή μνημεία προτιμάται ανόργανη μήτρα από υδραυλική άσβεστο καθώς έχει μεγαλύτερη συμβατότητα με παραδοσιακά υλικά.

Στην τοιχοποιία, τα σύνθετα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητα και η δυσκαμψία των τοίχων και των πατωμάτων ή για σύνδεση μεταξύ των μελών (σύνδεση εγκάρσιων τοίχων). (Σπυράκος 2019, σελ. 280)

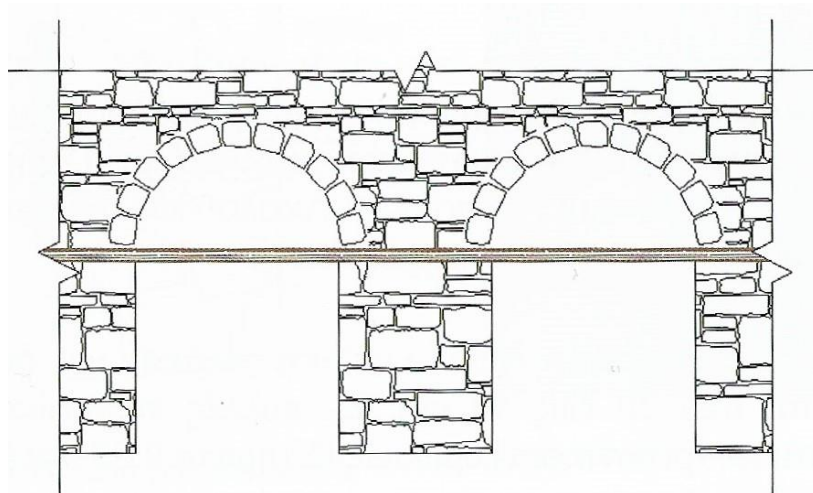


Εικόνα 171: Εφαρμογή σύνθετων υλικών στην τοιχοποιία. (Σπυράκος 2019, σελ.281)

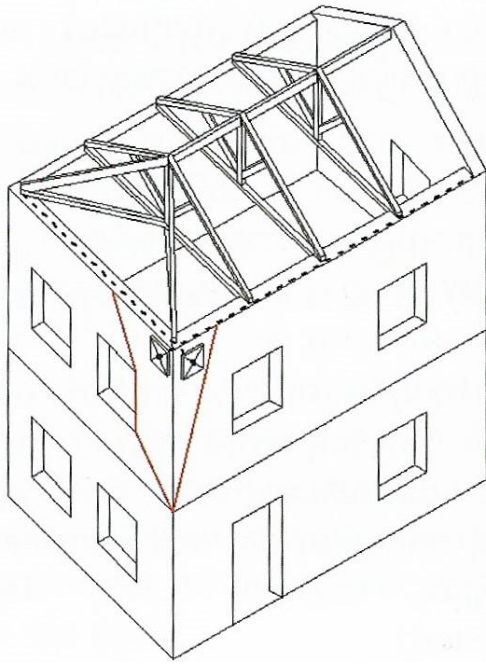
B5.2.7 Επεμβάσεις με ελκυστήρες

Η ενίσχυση της τοιχοποιίας με μεταλλικούς ελκυστήρες χρησιμοποιείται ως μέθοδος από τα παλαιά χρόνια. Μέσω των ελκυστήρων βελτιώνεται η σύνδεση των τοίχων και αν υπάρχουν τόξα αναλαμβάνουν τις ωθήσεις που προκαλούν.

Οι μεταλλικοί ελκυστήρες μπορεί να είναι παθητικοί ή ελαφρώς προεντεταμένοι. Οι παθητικοί ξύλινοι ελκυστήρες ενσωματώνονται στις στάθμες των ορόφων ή των στεγών ή τοποθετούνται στη γένεση των τόξων. Όταν οι ελκυστήρες είναι προσωρινοί πρέπει να λυγίζουν και να είναι από συρματόσχοινο, ενώ αν είναι μόνιμοι κατασκευάζονται από προεντεταμένο χάλυβα και είναι τεντωμένοι. (Σπυράκος 2019, σελ. 297-298)



Εικόνα 172: Ενίσχυση τόξων με ξύλινους ελκυστήρες. (Σπυράκος 2019, σελ.297)



Εικόνα 173: Σύνδεση εγκάρσιων τοίχων μέσω ελκυστήρων. (Σπυράκος 2019, σελ.298)

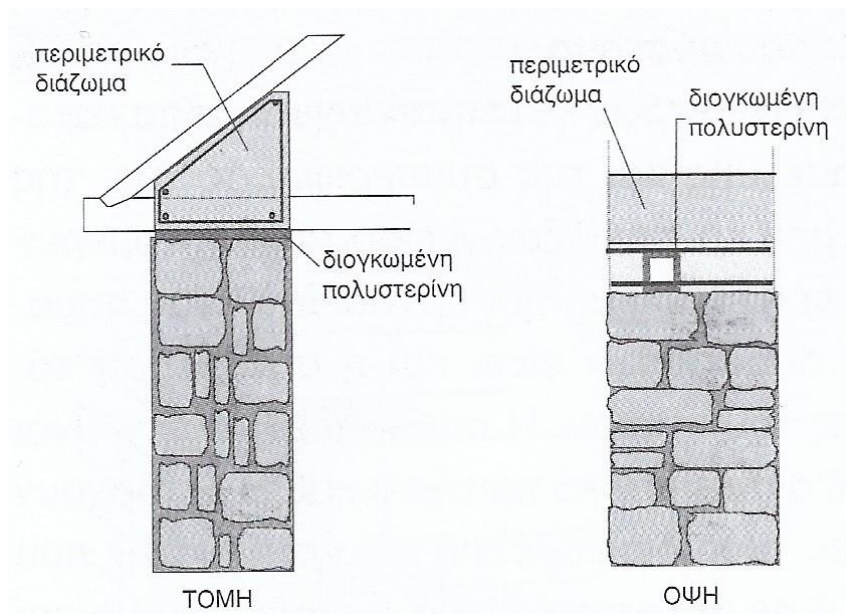
B5.2.8 Επεμβάσεις με διαζώματα

Οι επεμβάσεις με διαζώματα (για αύξηση διαφραγματικής λειτουργίας) και ελκυστήρες παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες όσον αφορά τη βελτίωση συμπεριφοράς της κατασκευής. Η εφαρμογή των διαζωμάτων είναι πιο παρεμβατική αλλά αρκετά σημαντική αφού τα διαζώματα κατανέμουν αποτελεσματικά τα σεισμικά φορτία στους πεσσούς.

B5.2.8.1 Κατασκευή διαζώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα στη στάθμη της στέγης

Αν υπάρχει αρκετό κενό μεταξύ ελκυστήρα και τοίχου (συνήθως σπάνια), για τη κατασκευή του περιμετρικού διαζώματος ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

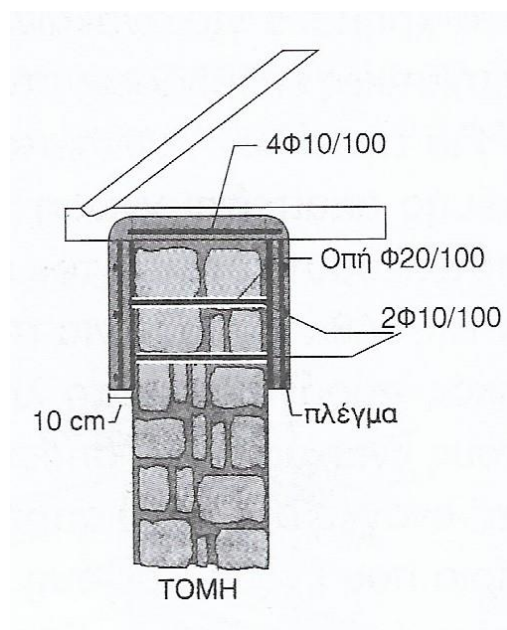
1. Αφαίρεση μερικών σειρών κεραμιδιών
2. Τοποθέτηση του οπλισμού
3. Δημιουργία ξυλότυπου και έγχυση σκυροδέματος
4. Μέτρα προστασίας για τους ελκυστήρες των ζευκτών που περικλείονται από σκυρόδεμα. Οι ελκυστήρες περιβάλλονται με διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 2 cm. Η διογκωμένη πολυστερίνη αφαιρείται όταν πήξει το σκυρόδεμα προκειμένου να υπάρχει κυκλοφορία αέρα και να μην σαπίσουν τα ξύλα.



Εικόνα 174: Οριζόντιο διάζωμα σε στέγη με μεγάλη κλίση. (Καραντώνη 2012, σελ.462)

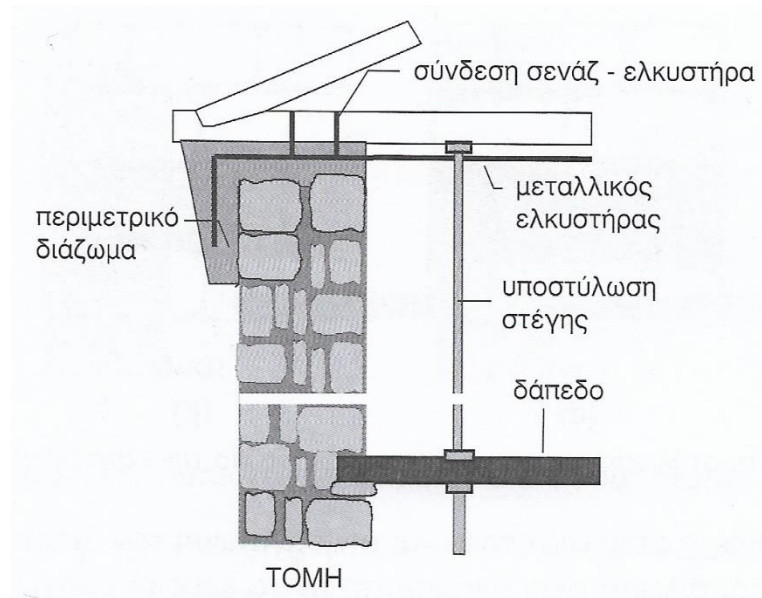
Όταν η τοιχοποιία είναι ανεπίχριστη, το διάζωμα μπορεί να μην εκτείνεται μέχρι την εξωτερική παρειά του τοίχου αλλά να αφήνεται τμήμα της διατομής για να γίνει επένδυση με το υλικό του τοίχου.

Ένας άλλος τρόπος είναι η κατασκευή οριζόντιου διαζώματος – τύπου κολάρου. Η σύνδεση των στρώσεων γίνεται με ράβδους που τοποθετούνται σε διαπερείς οπές ανά 1 m. Στο τέλος, οι οπές πληρούνται με τσιμεντένεμα. (Καραντώνη 2012, σελ. 460-463)



Εικόνα 175: Κατασκευή οριζόντιου διαζώματος - τύπου κολάρου. (Καραντώνη 2012, σελ.462)

Αν δεν υπάρχει αρκετός χώρος λόγω μικρής κλίσης της στέγης, για να κατασκευαστούν διαζώματα με τον παραπάνω τρόπο, η κατασκευή απαιτεί υποστύλωση και υπερύψωση της στέγης με γρύλους. Ένας άλλος τρόπος είναι η αφαίρεση μιας ζώνης λίθων και η κατασκευή διαζώματος μπορεί να γίνει στο κενό που δημιουργήθηκε.



Εικόνα 176: Διάζωμα σε στέγη με μικρή κλίση και υποστύλωση. (Καραντώνη 2012, σελ.463)

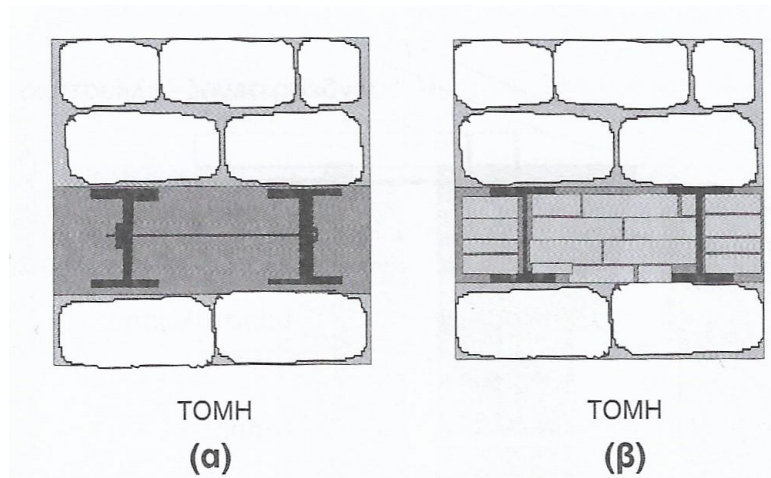
B5.2.8.2 Κατασκευή διαζώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα σε ενδιάμεσες στάθμες

Η κατασκευή διαζώματος σε ενδιάμεση στάθμη είναι δύσκολη ιδιαίτερα αν πρέπει να εφαρμόζεται σε όλο το πάχος του τοίχου. Για τη κατασκευή του περιμετρικού διαζώματος ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

1. Καθαίρεση του τοίχου και κατασκευή του διαζώματος σε δύο στάδια. Σε κάθε στάδιο κατασκευάζεται διάζωμα στο μισό πάχος του τοίχου. Είναι απαραίτητη η υποστύλωση του τοίχου, αν το καθαιρούμενο τμήμα έχει μεγάλο μήκος. Αν η κατασκευή του διαζώματος γίνεται τμηματικά και η ποιότητα της τοιχοποιίας είναι καλή δεν χρειάζεται υποστύλωση.
2. Εφόσον χρειάζεται υποστύλωση χρησιμοποιούνται σιδηροδοκοί διατομής διπλού T. Μετά την τοποθέτηση της σιδηροδοκού στη μια παρειά γίνεται καθαίρεση στην άλλη παρειά. Οι σιδηροδοκοί των δύο παρειών συνδέονται με κοχλίες.

Αν δεν πραγματοποιηθεί υποστύλωση, τα διαζώματα κατασκευάζονται σε δύο στάδια. Αρχικά, καθαιρείται το μισό πάχος του τοίχου, οπλίζεται με διαμήκη οπλισμό και συνδετήρες. Στο δεύτερο στάδιο ακολουθείται η ίδια διαδικασία και για το υπόλοιπο πάχος του τοίχου και συγκολλούνται οι οπλισμοί. Τέλος γίνεται έγχυση του σκυροδέματος.

Όταν η τοιχοποιία είναι ανεπίχριστη, το διάζωμα μπορεί να μην εκτείνεται μέχρι την εξωτερική παρειά του τοίχου αλλά να αφήνεται τμήμα της διατομής για να γίνει επένδυση με το υλικό του τοίχου. (Σπυράκος 2019, σελ. 463-466)



Εικόνα 177: Υποστύλωση τοίχου με σιδηροδοκούς για την κατασκευή διαζώματος. (Καραντώνη 2012, σελ.464)

B5.2.9 Επεμβάσεις σύνδεσης και τοπικής ανακατασκευής τοίχων και συρραφής ρωγμών

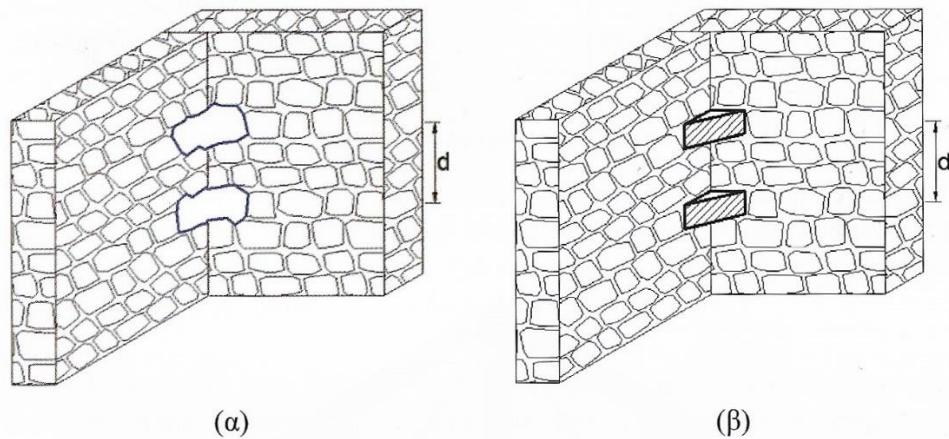
B5.2.9.1 Σύνδεση εγκάρσιων τοίχων

Η σωστή σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων αποτελεί προϋπόθεση για την αποφυγή τοπικών μηχανισμών και την καλή μεταφορά των φορτίων στο φορέα. Για την αποκατάσταση της σύνδεσης υπάρχουν διάφοροι τρόποι επέμβασης.

B5.2.9.1.1 Λιθοσυρραφή

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται και για την αποκατάσταση σε βλάβες γωνιών τοίχων. Η προσθήκη λιθοσωμάτων συρραφής εφαρμόζεται με την παρακάτω διαδικασία: (Σπυράκος 2019, σελ. 334)

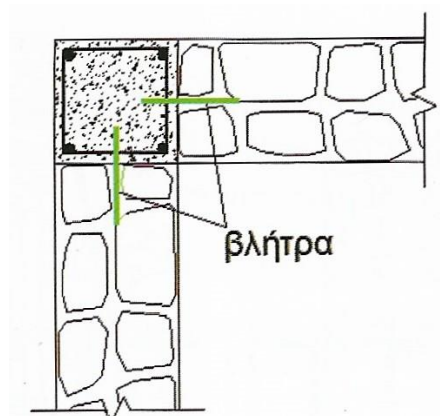
1. Καθαίρεση λιθοσωμάτων στον εγκάρσιο τοίχο.
2. Αντικατάσταση των λιθοσωμάτων που καθαιρέθηκαν από νέα λιθοσώματα και πλήρωση των κενών με κονίαμα σταθερού όγκου.
3. Επανάληψη της διαδικασίας κάθε $d = 0,5 - 1$ m και στις δύο παρειές του τοίχου.



Εικόνα 178: α) καθαίρεση λιθοσωμάτων, β) τοποθέτηση λιθοσωμάτων συρραφής. (Σπυράκος 2019, σελ.334)

B5.2.9.1.2 Χύτευση υποστύλωματος από οπλισμένο σκυρόδεμα

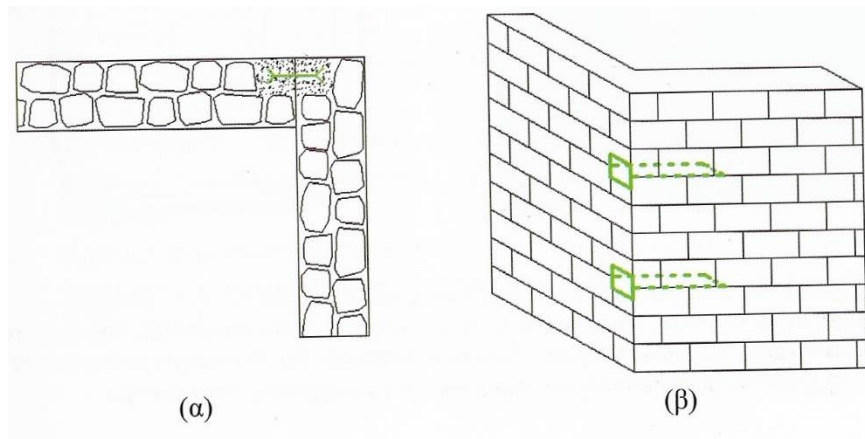
Η χύτευση υποστύλωματος από οπλισμένο σκυρόδεμα στη σύνδεση μεταξύ εγκάρσιων τοίχων πραγματοποιείται μετά από καθαίρεση των λιθοσωμάτων της περιοχής. Εφαρμόζονται βλήτρα για να αυξάνεται η συνοχή των εγκάρσιων τοίχων με το νέο υποστύλωμα. Το υποστύλωμα προτείνεται να έχει ελάχιστο διαμήκη οπλισμό 4Φ14 και εγκάρσιο οπλισμό Φ8/20. (Σπυράκος 2019, σελ. 334-335)



Εικόνα 179: Χύτευση υποστύλωματος και σύνδεση με βλήτρα. (Σπυράκος 2019, σελ.335)

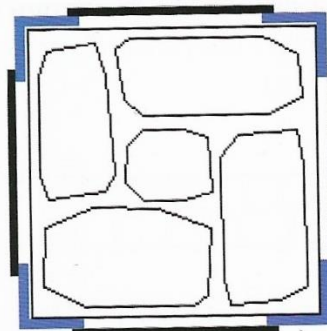
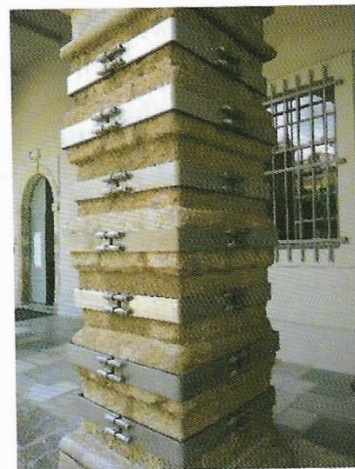
B5.2.8.9.3 Χρήση μεταλλικών στοιχείων

Άλλη μια μέθοδος είναι η χρήση μεταλλικών στοιχείων όπως τα τζινέτια και τα ελάσματα. Αυτά εφαρμόζονται μεταξύ διαδοχικών στρώσεων λιθοσωμάτων με χρήση ισχυρού κονιάματος. Αν η τοιχοποιία είναι λιθοδομή χωρίς σαφείς οριζόντιους αρμούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ράβδοι μικρής διατομής. Ένας άλλος τρόπος για να συνδεθούν εγκάρσιοι τοίχοι είναι η χρήση μεταλλικών γωνιών, καλά αγκυρωμένες στους τοίχους.



Εικόνα 180: α) τζινέτια, β) ελάσματα. (Σπυράκος 2019, σελ.335)

Για υποστυλώματα από φέρουσα τοιχοποιία μπορεί να γίνει περίσφιγξη με μεταλλικές λάμες και κοχλίες. Αλλιώς μπορεί να χρησιμοποιηθούν γωνιακά ελάσματα που τοποθετούνται στις γωνίες των υποστυλωμάτων. Στα ελάσματα ηλεκτροσυγκολλούνται εγκάρσιοι μεταλλικοί σύνδεσμοι ανά 150 mm ύψος. Το ελάχιστο πάχος των μεταλλικών στοιχείων είναι 5 mm. (Σπυράκος 2019, σελ. 335-336)

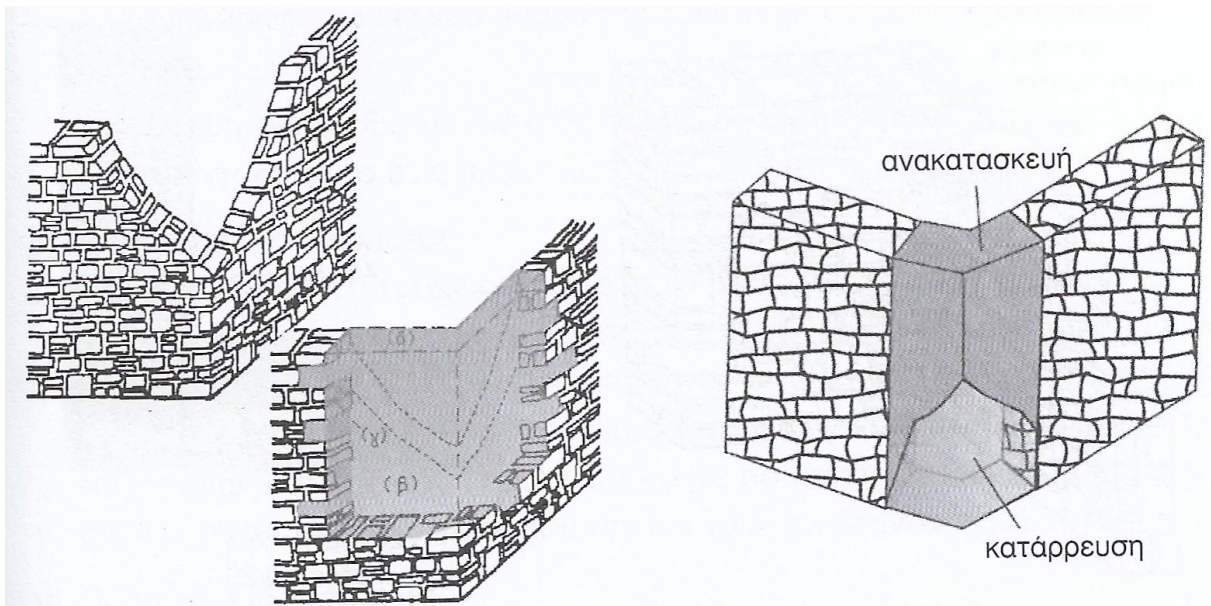


Εικόνα 181: Περίσφιγξη με μεταλλικές γωνίες και ηλεκτροσυγκολλημένους εγκάρσιους συνδέσμους. (Σπυράκος 2019, σελ.336)

B5.2.9.1.4 Βλάβες γωνιών τοίχων

Μια συνηθισμένη βλάβη είναι κατάρρευση γωνιών είτε στο πάνω μέρος είτε στο κάτω μέρος λόγω σεισμού ή καθιζήσεων κυρίως σε κτίρια χωρίς πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος ή σενάζ. (Καραντώνη 2012, σελ. 454-456) Η επέμβαση σε περίπτωση κατάρρευσης γωνίας είναι:

1. Υποστύλωση της στέγης
2. Καθαίρεση των χαλαρών τμημάτων των τοίχων
3. Καθαρισμός της επιφάνειας και κτίσιμο με σωστή τοποθέτηση των λιθοσωμάτων
4. Αν χρειάζεται ενίσχυση της γωνίας τότε κατασκευάζεται οριζόντιο διάζωμα και τοποθετούνται τζινέτια για την καλύτερη συνεργασία του σκυροδέματος με την τοιχοποιία.

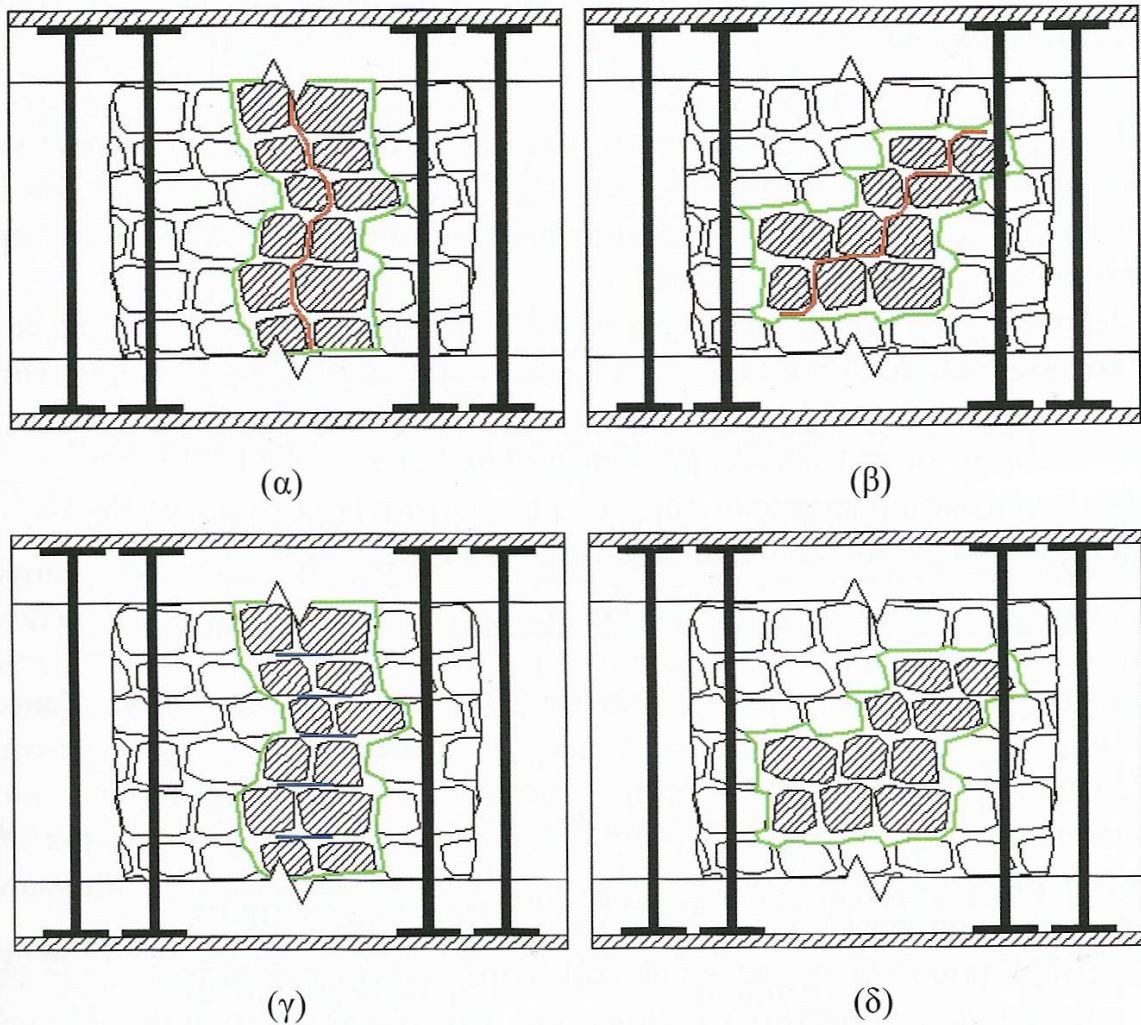


Εικόνα 182: Αποκατάσταση γωνίας με βλάβες στο άνω και στο κάτω μέρος. (Καραντώνη 2012, σελ.455)

B5.2.9.1.5 Αποκατάσταση ρωγμών

Οι ρωγμές αν δεν αποκατασταθούν έγκαιρα μπορούν να οδηγήσουν σε εμφάνιση διαμπερών ρωγμών, αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας, θραύση των λιθοσωμάτων ή και των διαζωμάτων. Ο στόχος της επισκευής είναι η αποκατάσταση της μονολιθικότητας και των μηχανικών χαρακτηριστικών του κονιάματος και των λίθων. Για αυτούς τους λόγους η επισκευή των ρωγμών γίνεται με την παρακάτω διαδικασία. (Σπυράκος 2019, σελ. 337-338)

1. Υποστύλωση, αν είναι αναγκαίο, των οριζόντιων στοιχείων (στέγες και πατώματα).
2. Καθαίρεση των λιθοσωμάτων που βρίσκονται γύρω από τη ρωγή.
3. Αντικατάσταση των λιθοσωμάτων και σύνδεση τους με κονίαμα και μεταλλικούς συνδέσμους. Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι πρέπει να τοποθετούνται με εναλλαγή και στις δύο παρειές ανά απόσταση ίση με το πάχος του τοίχου t .
4. Αρμολόγημα με κονίαμα σταθερού όγκου.



Εικόνα 183: Εμφάνιση διαμπερούς ρωγμής, υποστύλωση και αποκατάσταση. (Σπυράκος 2019, σελ.337)

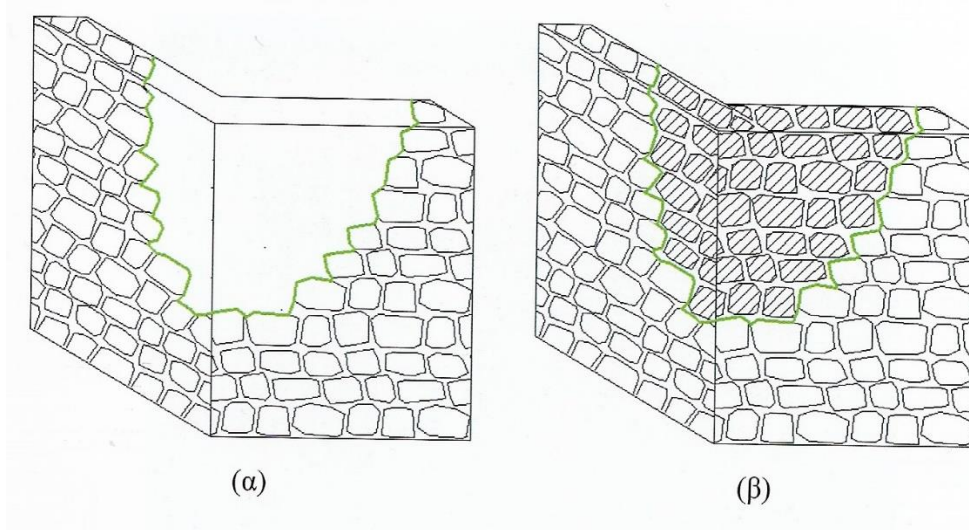
Αν η ρωγή βρίσκεται στη σύνδεση εγκάρσιων τοίχων, εφαρμόζονται οι μέθοδοι λιθοσυρραφής ή η χύτευση νέου υποστυλώματος ή η σύνδεση με μεταλλικά στοιχεία. Οι μέθοδοι εφαρμόζονται αφού έχουν καθαριθεί τα λιθοσώματα που βρίσκονται γύρω από τη ρωγή.

Αν το εύρος των ρωγμών είναι μέχρι 5 mm γίνεται σφράγιση της ρωγμής με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο αρμολόγημα. Αν οι ρωγμές είναι πολλαπλές εφαρμόζεται η διαδικασία της ομογενοποίησης μαζί με αρμολόγημα.

B5.2.9.1.6 Τοπική ανακατασκευή σοβαρών βλαβών

Αν η τοιχοποιία έχει υποστεί σοβαρές βλάβες όπως μερική κατάρρευση ή απόκλιση από τη κατακόρυφο πρέπει η επέμβαση να είναι πιο παρεμβατική. Συνήθως καθαιρείται τμήμα της τοιχοποιίας και ανακατασκευάζεται τοπικά ή συνολικά. Οι επεμβάσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για παρειές δίστρωτων ή τρίστρωτων τοιχοποιιών που έχουν έντονη κύρτωση.

Συνίσταται τα νέα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην επέμβαση να έχουν όσο πιο συμβατές ιδιότητες γίνεται με τα υφιστάμενα υλικά. Επιπρόσθετα, τα νέα λιθώματα πρέπει να έχουν σωστή αλληλεμπλοκή μεταξύ τους και κατάλληλη αντοχή προκειμένου να μην παρουσιάσουν ρηγματώσεις που σε συνδυασμό με την υγρασία μπορεί το στοιχείο να διαβρωθεί. Αν η επέμβαση αφορά σύνδεση εγκάρσιων τοίχων μπορεί να γίνει ενίσχυση και με μεταλλικά στοιχεία. (Σπυράκος 2019, σελ. 338-339)

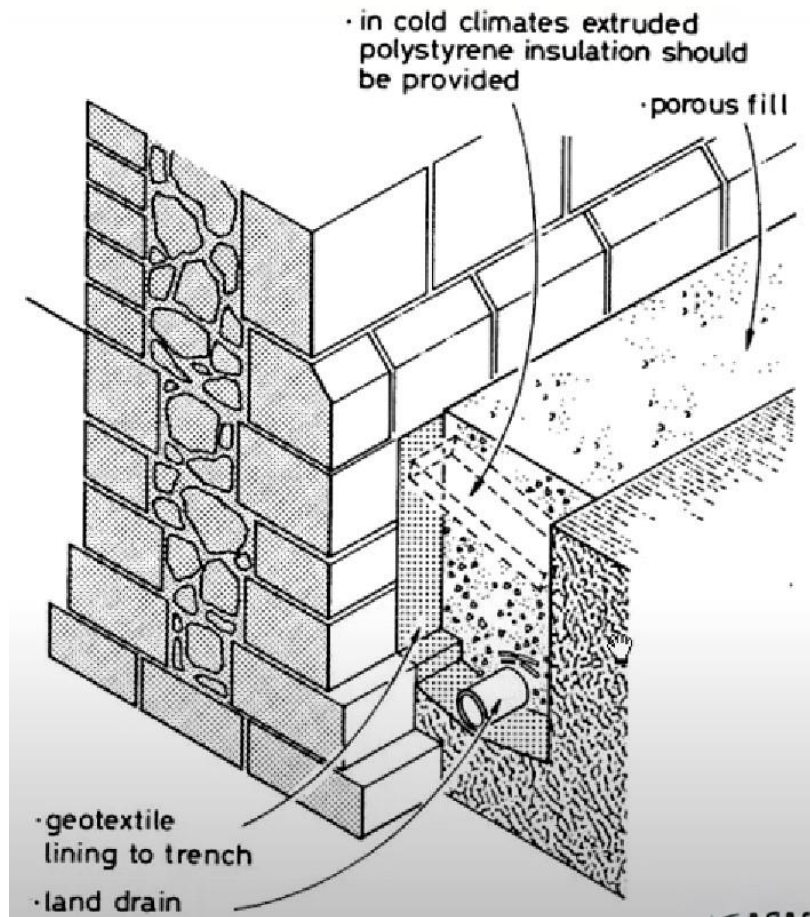


Εικόνα 184: α) καθαίρεση βλαμμένου τμήματος και β) ανακατασκευή. (Σπυράκος 2019, σελ.339)

B5.2.10 Αντιμετώπιση ανοδικής υγρασίας

Η στεγάνωση είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση της ανερχόμενης υγρασίας που πλήττει τα θεμέλια και μέσα από αυτά ανεβαίνει στην τοιχοποιία. Για να δημιουργηθεί στεγάνωση ανοίγεται αύλακα αποστράγγισης παράλληλα με το θεμέλιο. Ύστερα, στεγανώνεται ο αρμός με κονίαμα καθώς δεν πρέπει να εισχωρήσει υγρασία από το έδαφος στη λιθοδομή. Το

εσωτερικό της αύλακας ντύνεται με γεώφασμα και τοποθετείται διάτρητος σωλήνας με μικρή κλίση ώστε τα νερά που συγκεντρώνονται εκεί, να φεύγουν μέσω της κλίσης προς το δίκτυο αποχέτευσης. Το κενό που μένει πάνω από την αύλακα γεμίζεται με μεγάλα χαλίκια που επιτρέπουν στην υγρασία να κυκλοφορήσει στο σωλήνα ενώ το χώμα δεν το επιτρέπει αυτό αφού έχει πιο συμπαγή μάζα.



Εικόνα 185: Αντιμετώπιση ανοδικής υγρασίας με αύλακα αποστράγγισης. (Ρουμπιέν)

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

Καραντώνη , Φ. (2012). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Σχεδιασμός και επισκευές*. Αθήνα: Παπασωτηρίου, σελ. 447-477

Σπυράκος , Κ. (2019). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΙΚΕ, σελ. 240-250, 262, 266-267, 270-279, 280-282, 296-298, 332-339

Γ ΜΕΡΟΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Η διαδικασία που εφαρμόστηκε για κάθε επέμβαση έχει αναλυθεί στα κεφάλαια Α6, Α7 και Β5 της εργασίας. Η κάθε επισκευή ή ενίσχυση εφαρμόζεται είτε λόγω ύπαρξης βλαβών είτε λόγω αλλαγής χρήσης της κατασκευής (ανάγκη για αύξηση φέρουσας ικανότητας και δυσκαμψίας).

Γ1 Επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

Γ1.1 Επεμβάσεις σε βιομηχανικά κτίρια του Βόλου

Ο Βόλος είναι μια πόλη με μεγάλο απόθεμα βιομηχανικών κτιρίων. Τα τελευταία χρόνια οι τοπικές αρχές τις πόλης έχουν προσπαθήσει να αποκαταστήσουν αρκετά τέτοια κτίρια προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν και οι κάτοικοι να γνωρίσουν το βιομηχανικό παρελθόν και την ιστορία τις περιοχής. Με την επανάχρηση του βιομηχανικού αποθέματος η πόλη δημιούργησε ένα βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξης και λειτουργίας. Αυτές οι αλλαγές πραγματοποιήθηκαν σε διάστημα 35 ετών από το 1985 – 2020. Σε αυτό το διάστημα καταγράφηκαν και διασώθηκαν μέσα από νέα χρήση 27 από συνολικά 40 υφιστάμενα εγκαταλελειμμένα εργοστάσια. Οι νέες τις που προτάθηκαν ικανοποιούν δημόσιες ανάγκες του τόπου. Τα κτίρια που θα παρουσιαστούν παρακάτω έχουν φορέα οπλισμένου σκυροδέματος και η αποκατάσταση τις έχει ολοκληρωθεί. Οι επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν έγιναν είτε λόγω αλλαγής χρήσης και αύξησης φορτίων είτε λόγω ύπαρξης βλαβών.

Γ1.1.1 Καπναποθήκη Αλαμανή



Εικόνα 186: Άποψη του κτιρίου πριν και μετά την επανάχρηση. (αρχείο Αδαμάκη)

Η εταιρεία καπνού Αλαμανή ιδρύθηκε στην Καρδίτσα το 1926. Μετά από καταστροφικούς σεισμούς κατασκευάστηκε νέο κτίριο στο Βόλο το 1956. Το εργοστάσιο αποτελούνταν από 4 ορόφους και ημιυπόγειο και είχε φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ο Ά και ο Β όροφος έχει κατασκευαστεί με το σύστημα δοκός επί στύλου. Ο Γ όροφος είναι ελεύθερος υποστυλωμάτων δηλαδή πλαισιωτή κατασκευή. Ο Δ όροφος είναι μεταγενέστερη προσθήκη και έχει καλυφθεί με μεταλλική στέγη. Το κτίριο έχει επιλυθεί στατικά χωρίς αντισεισμικούς κανόνες (κτίρια πριν το 1959) με κάποιες συστάσεις. Στο μέσο του μήκους εντοπίζεται αντισεισμικός αρμός διαστολής και επιπλέον χρησιμοποιούνται μεγάλα τοιχία μήκους 2m σε τις τις γωνίες του κτιρίου.

Η πρόταση επανάχρησης περιλάμβανε το μετασχηματισμό τις κατασκευής σε κτίριο με χώρους κατοικιών, καταστημάτων και χώρων στάθμευσης. Μετά από οπτικό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχαν εμφανείς βλάβες, αποκολλήσεις ή καθιζήσεις. Η αποκατάσταση περιλάμβανε:

- Ενίσχυση των υποστυλωμάτων 35 * 35 cm με έγχυτο μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10 cm.
- Ενίσχυση των πλακών με νέα πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους πάνω από την υφιστάμενη 10 cm.
- Ενίσχυση τις θεμελίωσης (μεμονωμένα πέλατα και συνδετήριες δοκοί) με νέα (πλάκα γενικής κοιτόστρωσης πάχους 10 cm).
- Τέλος, προτάθηκε η κατασκευή προβόλων σε όλους τις ορόφους του κτιρίου με μεταλλικές διατομές IPE160 και στήριξη σε υφιστάμενες δοκούς και τις νέες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος με τη βοήθεια μεταλλικών λαμών.



Εικόνα 187: Άποψη του κτιρίου πριν και μετά την επανάχρηση. (αρχείο Αδαμάκη)

Γ1.1.2 Καπνεργοστάσιο Ματσάγγου



Εικόνα 188: Το κτίριο πριν και μετά την επανάχρηση. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.97)

Η καπνοβιομηχανία Ματσάγγου ιδρύθηκε στο Βόλο το 1890 και αποτελείται από 4 διαφορετικά κτίρια, κτισμένα σε 4 διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η επέμβαση αφορά το νεότερο κατασκευής κτίριο (1937) που έχει χαρακτηριστεί ως διατηρητέο και σήμερα στεγάζει το οικονομικό τμήμα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο δομικός φορέας αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα σε κατασκευαστικό κάρναβο $5 * 5$ m, τις τα τοιχία του ημιυπόγειου είναι κατασκευασμένα από φέρουσα λιθοδομή πάχους 70 cm. Περιμετρικά τις λιθοδομής εδράζονται υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος. Η αποκατάσταση περιλάμβανε:

- Ενίσχυση των υποστυλωμάτων με έγχυτο μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10 cm και η τελική επιφάνεια δεν επιχρίστηκε.
- Αποκατάσταση των αποσαθρωμένων τμημάτων των δοκών με κονιάματα υψηλής αντοχής.
- Οι δύο εξωτερικές όψεις που έχουν χαρακτηριστεί διατηρητέες, ενισχύθηκαν εσωτερικά με έγχυτο μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 25 cm. Στη μη διατηρητέα όψη του ακάλυπτου χώρου τοποθετήθηκε μανδύας εξωτερικά που χρησιμοποιήθηκε για στήριξη τις δεύτερης μεταλλικής όψης – φίλτρου ηλιοπροστασίας. Αυτή η επέμβαση επηρέσε αισθητικά και λειτουργικά το κτίριο.
- Στην πλάκα του Δ ορόφου εντοπίστηκαν βλάβες λόγω συνεχούς έκθεσης σε υγρασία. Η πλάκα αποξηλώθηκε και ανακατασκευάστηκε με μεταλλική κατασκευή για να δημιουργηθεί η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
- Η θεμελίωση από μεμονωμένα πέλματα ενισχύθηκε με νέα πλάκα γενικής κοιτόστρωσης και τη δημιουργία στεγανολεκάνης (αύλακα αποστράγγισης) για την αποφυγή ανοδικής υγρασίας.



Εικόνα 189: Ενίσχυση της υφιστάμενης πλάκας με νέα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.98)



Εικόνα 190: Τοποθέτηση συνεχούς μανδύα στην εξωτερική - μη διατηρητέα όψη του ακάλυπτου χώρου, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για στήριξη της δεύτερης μεταλλικής όψης - φίλτρου ηλιοπροστασίας. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.98)

Γ1.1.3 Κίτρινη καπναποθήκη



Εικόνα 191: Κτίριο κίτρινης καπναποθήκης στο Βόλο. (Χάνου 2019)

Το κτίριο της κίτρινης καπναποθήκης κατασκευάστηκε το 1926, χαρακτηρίστηκε διατηρητέο μνημείο το 1993 και σήμερα ανήκει στο πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Αποτελείται από 5 ορόφους και ημιπόγειο. Είναι μεικτή κατασκευή με εξωτερικούς τοίχους από λιθοδομή

πάχους 60 cm και εσωτερικά έχει φέρων οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα σε κατασκευαστικό κάρναβο 5 * 5 m. Η αποκατάσταση περιλάμβανε:

- Ενίσχυση των υποστυλωμάτων με έγχυτο μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10 cm.
- Ενίσχυση των πλακών με νέα πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους πάνω από την υφιστάμενη 10 cm.
- Ενίσχυση τις θεμελίωσης με νέα πλάκα γενικής κοιτόστρωσης πάχους 50 cm.
- Ενίσχυση στο εσωτερικό του κτιρίου τις φέρουσας λιθοδομής με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 10 cm.



Εικόνα 192: Άποψη της κίτρινης καπναποθήκης. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.99)

Γ1.2 Ξενοδοχείο On Residence (Θεσσαλονίκη)



Εικόνα 193: Διατηρητέα όψη του κτιρίου μετά την αποκατάσταση. (ΚΤΙΠΙΟ 2022)

Το κτίριο του Όλυμπος Νάουσα κατασκευάστηκε το 1926 στην παραλία τις Θεσσαλονίκης και βρίσκεται σε τμήμα του αστικού ιστού όπου έχει χαρακτηριστεί ιστορικός τόπος. Το κτίριο χαρακτηρίστηκε ως έργο τέχνης και ιστορικό διατηρητέο μνημείο. Οι επεμβάσεις ήταν αναγκαίες καθώς το ξενοδοχείο αναβαθμίστηκε και δημιουργήθηκε εστιατόριο. Έγινε προσπάθεια η επέμβαση στο υφιστάμενο κτίριο και η κατασκευή νέου τμήματος να εναρμονίζεται με το φυσικό περιβάλλον και να δημιουργείται μια βιώσιμη κατασκευή.

Η διατηρητέα όψη έπρεπε να αποκατασταθεί και να ενσωματωθεί στο σύγχρονο κτίριο. Οι επεμβάσεις έγιναν για να ενισχύσουν την ασφάλεια και την αρμονική συνύπαρξη υφιστάμενου και νέου χώρου. Η αποκατάσταση περιλάμβανε:

- Αντιστήριξη της διατηρητέας όψης με μεταλλικό ικρίωμα πριν την έναρξη των εργασιών. Ο φορέας προσωρινής αντιστήριξης και η διατηρητέα όψη θεμελιώθηκαν με κατάλληλα διατεταγμένους πασσάλους. Η αντιστήριξη έγινε με 6 χαλύβδινα πλαίσια με διαγώνιους συνδέσμους σε δύο διευθύνσεις για την παραλαβή των οριζόντιων φορτίων

και του σεισμού. Εκατέρωθεν της τοιχοποιίας τοποθετήθηκαν δοκοί που συνδέθηκαν με τα χαλύβδινα πλαίσια μέσω δοκών προβόλων.

- Για την αποκατάσταση της διατηρητέας όψης απομακρύνθηκε το επίχρισμα και τα σαθρά τμήματα σκυροδέματος και αποκαταστάθηκε η οπτοπλινθοδομή. Ύστερα, εφαρμόστηκαν αναστολέας διάβρωσης μέσω εμποτισμού στο σκυρόδεμα και αντιδιαβρωτικά υλικά στο σιδηροπλισμό. Αποκαταστάθηκε ογκομετρικά, η αρχική διατομή του σκυροδέματος με επισκευαστικό κονίαμα. Τέλος, εφαρμόστηκε αναστολέας διάβρωσης και δημιουργήθηκε υδροαπωθητική επιφάνεια για προστασία του σκυροδέματος.
- Καθαίρεση και ανακατασκευή του φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Σύνδεση της διατηρητέας όψης με το νέο φέρων οργανισμό. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής της πλάκας του Β ορόφου, η διατηρητέα όψη συνδέθηκε πλήρως με το νέο φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εξασφαλίστηκε η μονολιθική στατική λειτουργία της κατασκευής μέσω χημικών βλήτρων και ήλων που διατάχθηκαν κατάλληλα κατά μήκος των νέων δοκών και υποστυλωμάτων.



Εικόνα 194: Προσωρινή αντιστήριξη διατηρητέας όψης. (ΚΤΙΠΙΟ 2022, σελ.65)



Εικόνα 195: Εσωτερικό της κατασκευής κατά τη φάση της αποκατάστασης. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.64)

Γ2 Επεμβάσεις σε κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία



Εικόνα 196: Το κτίριο μετά την αποκατάσταση. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.115)

Το διατηρητέο κτίριο κτίστηκε το 1940, βρίσκεται στο Δήμο Αμαρουσίου και είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα αρχιτεκτονικής εξοχικής κατοικίας της εποχής. Οι επεμβάσεις ήταν αναγκαίες λόγω αλλαγής χρήσης του κτιρίου από κατοικία σε χώρο πολιτισμού. Προκειμένου να επιτευχθεί η ζητούμενη στατική ενίσχυση εφαρμόστηκε ένας συνδυασμός

διαφόρων επεμβάσεων. Η τοιχοποιία ήταν δίστρωτη λιθοδομή με πάχος 70 cm με ακανόνιστους λίθους με μεγάλα κενά μεταξύ τους και ρηγματώσεις. Επιπλέον, η ποιότητα του συνδετικού κονιάματος ήταν αρκετά κακή.

Πιο συγκεκριμένα, λόγω του πάχους της τοιχοποιίας 70 cm και των δύο στρώσεων προέκυψε η ανάγκη χρήσης βλήτρων και λόγω της κακής ποιότητας του συνδετικού κονιάματος εφαρμόστηκαν ενέματα για ομογενοποίηση της τοιχοποιίας. Επιπρόσθετα, η απαίτηση για βελτίωση της συμπεριφοράς του κτιρίου σε στατικές και σεισμικές φορτίσεις οδήγησε στην ανάγκη χρήσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Έχει μεγάλη σημασία ότι το κτίριο δεν έχει χαρακτηριστεί ως μνημείο και για αυτό το λόγο επιτρέπεται η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, διαφορετικά θα έπρεπε οι επεμβάσεις να είναι σύμφωνες με τις αρχές επεμβάσεων σε μνημεία.



Εικόνα 197: Το κτίριο πριν την αποκατάσταση. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.116)



Εικόνα 198: Το κτίριο πριν την ολοκλήρωση της αποκατάστασης. (ΚΤΙΡΙΟ 2022, σελ.122)

Γενικά, η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η παρακάτω:

- Αφαίρεση παλαιού επιχρίσματος λιθοδομής.
- Καθαρισμός της επιφάνειας, των αρμών και των ρωγμών με αμμοβολή κατάλληλης πίεσης.
- Αρμολόγημα και σφράγιση των ρωγμών.
- Διάτρηση και τοποθέτηση σωληνίσκων.
- Πλύσιμο και διαβροχή της τοιχοποιίας μέχρι κορεσμού.
- Εφαρμογή ενεμάτων – ομογενοποίηση.
- Τοποθέτηση πλέγματος οπλισμού και βλήτρων στην εσωτερική πλευρά της λιθοδομής.
- Κατασκευή μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην εσωτερική πλευρά της λιθοδομής.
- Κατασκευή οπλισμένου επιχρίσματος στην εξωτερική πλευρά της λιθοδομής.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

Αδαμάκης , Κ. (2023, Ιανουάριος). Αποκατάσταση βιομηχανικών κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. *ΚΤΙΠΙΟ(1)*, σσ. 91-100.

Βεργούλης , Π. (2022, Φεβρουάριος). Στατική ενίσχυση φέρουσας τοιχοποιίας. *ΚΤΙΠΙΟ(2)*, σσ. 115-122

Νανούσης, Ν., Μέλλης, Σ., Αρμάος, Θ., ΜΕΤΕ ΣΥΣΜ Α.Ε., & ΕΛΕΜΚΑ Α.Ε. (2022, Ιούνιος). Στατική μελέτη και κατασκευή ξενοδοχείου "On Residence". *ΚΤΙΠΙΟ(6)*, σσ. 64-69.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, οι βλάβες στο φέρον οργανισμό μιας κατασκευής είναι τα πλέον σημαντικά στοιχεία για την αποτίμηση της δομικής κατάστασης της κατασκευής. Μέσω των κατάλληλων ελέγχων (οπτικών ελέγχων και μετρήσεων) είναι αναγκαίο να διαπιστώνεται ο βαθμός της βλάβης. Ανάλογα με το σημείο και το δομικό στοιχείο που εμφανίζεται η βλάβη μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά το φέροντα οργανισμό. Ο μηχανικός πρέπει να κρίνει αν χρειάζονται άμεσες επεμβάσεις για την έγκαιρη αποκατάσταση του κτιρίου και την προστασία της ανθρώπινης ζωής. Προκειμένου να εφαρμοστούν σωστές επεμβάσεις χρειάζεται να γίνουν κατανοητές οι αιτίες της βλάβης. Τις περισσότερες φορές είναι αποτελεσματική η χρήση δύο ή περισσότερων τεχνικών επισκευής ή ενίσχυσης για κάθε μορφή φθοράς. Τέλος, τονίζεται ότι η εφαρμογή των τεχνικών επισκευών και ενισχύσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις κτιρίων όπου δεν έχουν εμφανιστεί βλάβες, αλλά απαιτείται αλλαγή χρήσης των χώρων και κατά συνέπεια αλλαγή φορτίων.

Βιβλιογραφία

- Αδαμάκης , Κ. (2023, Ιανουάριος). Αποκατάσταση βιομηχανικών κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. *ΚΤΙΡΙΟ(1)*, σσ. 91-100.
- Βεργούλης , Π. (2022, Φεβρουάριος). Στατική ενίσχυση φέρουσας τοιχοποιίας. *ΚΤΙΡΙΟ(2)*, σσ. 115-122.
- Δρίτσος, Σ. (2005). *Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα*. Πάτρα.
- Καραντώνη , Φ. (2012). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Σχεδιασμός και επισκευές*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Νανούσης, Ν., Μέλλης, Σ., Αρμάος, Θ., ΜΕΤΕ ΣΥΣΜ Α.Ε., & ΕΛΕΜΚΑ Α.Ε. (2022, Ιούνιος). Στατική μελέτη και κατασκευή ξενοδοχείου "On Residence". *ΚΤΙΡΙΟ(6)*, σσ. 64-69.
- Πενέλης , Γ., & Πενέλης, Γ. (2022). *Κτίρια από σκυρόδεμα σε σεισμογενής περιοχές*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Πετρίδης, Χ. (2017). Γήρανση των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. *ΚΤΙΡΙΟ(9)*, σσ. 77-84.
- Πόραβος , Α. (2023). *Λιθοδομή - από την παράδοση στην εξέλιξη*. Αθήνα : Ατρείδων κύκλος.
- Σπυράκος , Κ. (2004). *Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- Σπυράκος , Κ. (2019). *Κατασκευές από τοιχοποιία - Αποτίμηση και επεμβάσεις για σεισμικά φορτία*. Αθήνα: ΕΡΓΟΝΟΜΟΣ ΙΚΕ.
- Στεφανίδου , Μ. (2022, Απρίλιος). Πρόσμεικτα Κονιαμάτων. *ΚΤΙΡΙΟ(4)*, σσ. 79-84.
- Στεφανίδου, Μ. (2023, Απρίλιος). Η γήρανση των δομικών υλικών. *ΚΤΙΡΙΟ(4)*, σσ. 85-94.
- Τάσιος, Θ. (1992). *Η μηχανική της τοιχοποιίας*. Αθήνα: Συμμετρία.
- Τζάρτζανος, Ζ. (1997). *Οικοδομική - τόμος Ι*. Αθήνα: Ευγενίδειο ίδρυμα.
- ΦΕΚ 2493_B_18-04-2023. (2023). Κανονισμός Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων Τοιχοποιίας (Κ.Α.Δ.Ε.Τ.).
- ΦΕΚ 3197_B_22-06-2022. (2022). Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Διαδικτυακοί τόποι

Αγγελής Γ., *Σκέψεις για την αρχιτεκτονική του ανεπίχριστου οπλισμένου σκυροδέματος*, Archetype, 13/12/2023,

<https://www.archetype.gr/blog/arthro/skepsis-gia-tin-architektoniki-tou-anepichristou-oplismenou-skirodematos>

Γιαννόπουλος Ιω. & Γιαννόπουλος Πλ., *Βλάβες από σεισμό σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα*,

http://www.teetrip.tee.gr/giannop_1.pdf

Δέμης Σ., *Σχεδιασμός ανθεκτικότητας κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος- Προβλήματα και προοπτικές*, 22^ο Φοιτητικό συνέδριο «Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών 2015», 10/01/2024

<http://www.episkeves2.civil.upatras.gr/wp-content/uploads/2016/03/Demis-Presentation-2016.pdf>

Διακουμάκης, *Επισκευή και ενίσχυση φέρουσας τοιχοποιίας λιθοδομής*, 26/04/2023

<https://www.diakoumakis.gr/el/ypiresies/episkeyi-kai-enischysi-feroyisas-toichopoiias-lithodomis>

Θωμόπουλος Δ., Τραβασάρος Ν., Τραβασάρος Δ., Αχτύπη Χ., *Ξενοδοχείο "ON Residence", η αναβίωση του ιστορικού "Όλυπος Νάουσα" στη Θεσσαλονίκη*, ktirio.gr, 28/07/2023

<https://ktirio.gr/el/%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%B1/%CE%BE%CE%B5%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%87%CE%B5%CE%B9%CE%B1/%CE%BE%CE%B5%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF-on-residence,-%CE%B7-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CF%8C%CE%BB%CF%85%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%82-%CE%BD%CE%AC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%B8%CE%B5%CF%83%CF%83%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%AF%CE%BA%CE%B7>

Κουρτίνα Μ., Παύλου Ε., Αδαμάκης Κ., *Η αρχιτεκτονική των καπναποθηκών στον Ελλαδικό χώρο*, 25/07/2024

<https://wp.vidarchives.gr/wp-content/uploads/2022/05/%CE%97-%CE%91%CE%A1%CE%A7%CE%99%CE%A4%CE%95%CE%9A%CE%A4%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%97-%CE%A4%CE%A9%CE%9D-%CE%9A%CE%91%CE%A0%CE%9D%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%98%CE%97%CE%9A%CE%A9%CE%9D-%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%9D-%CE%95%CE%9B%CE%9B%CE%91%CE%94%CE%99%CE%9A%CE%9F-%CE%A7%CE%A9%CE%A1%CE%9F.pdf>

Μαυρουλέας Γ., *Ελαττώματα ή βλάβες στο μπετόν*, MONOSEIS, 15/08/2012,

<https://monwseis.gr/1-2/>

Παπακρηστίδης Αρ., *Οι διατάξεις για πρωτοβάθμιο και δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο σε δημόσια κτίρια*, Michanikos.gr, 20/12/2023

<https://www.michanikos.gr/index/articles/%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1/%CE%BF%CE%B9-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%AC%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%80%CF%81%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CE%BF-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CE%BF-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%AD%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%BF-%CF%83%CE%B5-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1-%CE%BA%CF%84%CE%AF%CF%81%CE%B9%CE%B1-r13857/>

Παπακρηστίδης Αρ., *Όσα προβλέπονται για τον προσεισμικό έλεγχο σε δημόσια κτίρια*, CONSTRUCTION, 18/05/2023

<https://constructionmag.gr/uncategorized/aristeidis-papachristidis-osa-provlepontai-gia-ton-proseismiko-elegcho-se-dimosia-ktiria/>

Ροββά Κ., *Σεισμός στη Λευκάδα – Γιατί άντεξαν στα ρίχτερ κτίρια 150 ετών*, Agriniopress, 13/11/2023

<https://www.agriniopress.gr/seismos-sti-leykada-giati-antexan-s/>

Σιδέρης Κ., *Δομικοί έλεγχοι, Μη καταστροφικοί και ημι-καταστροφικοί έλεγχοι δομικών στοιχείων*,

<https://sideris-konstantinos.blogspot.com/p/blog-page.html>

Σιώμος Ε., *Ενανθράκωση σκυροδέματος προβλήματα και λύσεις*, eletech.gr, 17/12/2023

<https://www.eletech.gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%AC%CE%BA%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82-%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/>

Aqua pure, *Προβλήματα από την υγρασία*, 15/02/2024

<https://aquapure.gr/humidity-problems/>

BuildingHow, Προμέτρηση σκυροδέματος, 25/10/2023

<https://buildinghow.com/el-gr/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%92%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%AF%CE%B1/%CE%A4%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CF%82-%CE%91/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BA%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82>