



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα και Πρόταση
Προσθήκης Μεταλλικής Κατασκευής**

Φοιτητής: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΧΡΙΣΤΟΦΥΛΑΚΗΣ
ΑΜ: 6929

Φοιτητής: ΗΛΙΑΣ ΟΡΦΑΝΟΣ
ΑΜ: 6463

Επιβλέπων Καθηγητής

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΣ

Αθήνα, Σεπτέμβρης 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

Diploma Thesis

**Reinforced Concrete Constructions and Proposal of
adding a Metal Structure**

Student: KONSTANTINOS CHRISTOFILAKIS

Registration Number: 6929

Student: ILIAS ORFANOS

Registration Number: 6463

Supervisor

NIKOLAOS PNEYMATIKOS

Athens, September 2023

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

(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Χριστοφυλάκης Κωνσταντίνος του Ευσταθίου, με αριθμό μητρώου 6929 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών

Χριστοφυλάκης Κωνσταντίνος



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ορφανός Ηλίας του Σάββα, με αριθμό μητρώου 6463 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών

Ορφανός Ηλίας



Περιεχόμενα

Περίληψη	9
Abstract	10
Κεφάλαιο 1^ο.....	11
«Πιθανές Βλάβες Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος Αίτια Βλαβών Και Βλάβες Σε Μέλη Της Κατασκευής»	11
1.1 Παθογένεια Κτιρίων	11
1.2 Επίδραση του Χρόνου	11
1.3 Ανεπαρκής Σχεδιασμός και Κατασκευαστικά Σφάλματα	12
1.3.1 Ανεπαρκής Σχεδιασμός.....	12
1.3.2 Κατασκευαστικά Σφάλματα.....	15
1.4 Φθορές Λόγω Σεισμικών Δονήσεων.....	15
1.5 Βλάβες Σε Μέλη Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος.....	16
1.5.1 Βλάβες Υποστλωμάτων	17
1.5.2 Βλάβες Κόμβων Δοκών-Υποστλωμάτων	21
1.5.3 Βλάβες Τοιχωμάτων.....	22
1.5.4 Βλάβες Δοκών.....	23
1.5.5 Βλάβες Πλακών.....	24
Κεφάλαιο 2^ο.....	25
«Υλικά και Τεχνολογίες Εφαρμογήςτων Επισκευών και Ενισχύσεων Κατασκευών».....	25
2.1 Πολυμερικές Κόλλες	26
2.2 Επισκευαστικά Κονιάματα.....	28
Κεφάλαιο 3^ο.....	30
«Αποτίμηση Κατασκευών Οπλισμένου ΣκυροδέματοςΤεχνολογία Προσδιορισμού Αντοχών»	30
3.1 Γενικά.....	30
3.3 Ημι-καταστροφικοί Έλεγχοι.....	35
3.4 Ενδοτοπικοί Χημικοί Έλεγχοι.....	38
3.5 Έλεγχος Καθολικής Φόρτισης.....	39
Κεφάλαιο 4^ο.....	40
«Ανασχεδιασμός Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος»	40
4.1 Γενικά.....	40
4.2 Στρατηγικές Ενίσχυσης Της Κατασκευής	43
4.3 Ενίσχυση Δοκών.....	44
4.3.1 Καμπτική Ενίσχυση Με Πρόσθετη Στρώση Σκυροδέματος.....	45
4.3.2 Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος Σε Δοκούς.....	45
4.3.3 Καμπτική Ενίσχυση Με Επικολλητά Φύλλα Χάλυβα Ή ΙνοπλισμέναΠολυμερή	47
4.4 Ενίσχυση σε Υποστώματα.....	49

4.4.1	Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος Σε Υποστυλώματα	49
4.4.2	Μανδύες Από Ινοπλισμένα Πολυμερή (FRP).....	51
4.4.3	Χαλύβδινα Ελάσματα.....	52
4.4.4	Ενίσχυση Με Αύξηση Της Διατομής Υποστυλώματος	54
4.4.5	Ενίσχυση Περίσφιξης Υποστυλωμάτων Με Χρήση ΜεταλλικώνΚλωβών.....	55
4.5	Ενίσχυση Τοιχωμάτων	56
4.5.1	Ενίσχυση Πλαισίων Με Τοποθέτηση Δικτυωτών ΣυνδέσμωνΔυσκαμψίας	57
4.6	Ενίσχυση Με Σύνθετα Υλικά	59
4.6.1	Επικολλητά Φύλλα Από Χάλυβα Ή Ινοπλισμένα Πολυμερή.....	59
Κεφάλαιο 5°.....		60
«Τα Στοιχεία Του ΚΑΝ.ΕΠΕ»		60
5.1	Βασικά Στοιχεία ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	60
5.2	Στάθμες Επιτελεστικότητας	61
5.3	Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων	62
5.4	Μέθοδοι ανάλυσης	63
5.4.1	Ελαστική Στατική Ανάλυση.....	63
5.4.2	Ελαστική Δυναμική Ανάλυση Ή Ελαστική Ανάλυση Χρονοιστορίας.....	64
5.4.3	Ανελαστική Στατική Ανάλυση (Push Over Ανάλυση).....	65
5.4.4	Ανελαστική Δυναμική Ανάλυση	65
5.5	Δράσεις.....	66
5.6	Συντελεστές Ασφαλείας	67
5.6.1	Συντελεστές Ασφαλείας Δράσεων	68
5.6.2	Συντελεστές Ασφαλείας Υφιστάμενων Υλικών.....	68
5.6.3	Συντελεστές Ασφαλείας Νέων Υλικών.....	69
5.7	Συντελεστής Συμπεριφοράς Q.....	70
5.8	Τοπικός Δείκτης M.....	70
Κεφάλαιο 6°.....		72
«Μεταλλικά».....		72
6.1	Μεταλλικά.....	72
6.2	Ευρωκώδικες.....	72
6.3	Φορτία Ευρωκώδικα.....	73
6.4	Διατομές Και Κατηγορίες	73
6.5	Ποιότητες Χάλυβα	74
6.6	Τρόποι Και Τύποι Καταπόνησης Οργανισμού.....	74
6.7	Φιλοσοφία Σχεδιασμού	75
6.8	Ικανοτικός Σχεδιασμός.....	75
Κεφάλαιο 7°.....		77

ΜΕΡΟΣ Β	77
7.1 ΓΕΝΙΚΑ	77
7.2 Υφιστάμενα Υλικά	78
7.3 Δεδομένα ορόφου προσθήκης Μεταλλικής Κατασκευής	93
7.4 Υλικά Προσθήκης	99
7.5 Γεωμετρία Μεταλλικού Ορόφου	99
7.5.1 Υποστυλώματα	99
7.5.2 Δοκοί	101
7.5.3 Πλάκα	102
7.6 Έλεγχος Μεταλλικών Μελών	103
7.7 Αποτίμηση Κατασκευής	105
7.8 Οικονομική αποτίμηση	114
7.9 Συμπέρασμα	116
8 Βιβλιογραφία	117
9 Πίνακας Σχημάτων	118
10 Πίνακας Εικόνων	119

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναλυθεί η μέθοδος κατασκευής σύνθετων δομικών μελών, από οπλισμένο σκυρόδεμα και σιδηρά κατασκευή. Επίσης, θα ελεγχθεί η συμπεριφορά του σε σεισμό και σε άλλα φορτία, ενώ παράλληλα θα υπάρξει και οικονομική αποτίμηση, κάτω από το πλαίσιο του ΚΑΝΕΠΕ. Η εργασία χωρίζεται σε δυο μέρη. Στο πρώτο σκέλος γίνεται μια εκτενής αναφορά σε θεωρητικό επίπεδο, πάνω στο οπλισμένο σκυρόδεμα και στα μεταλλικά στοιχεία, καθώς και περιγραφή των βασικών αρχών του ΚΑΝΕΠΕ. Στο δεύτερο σκέλος, περιγράφεται η μελέτη του υφισταμένου κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθώς και η προσθήκη του μεταλλικού φορέα σε αυτό. Επιπλέον, θα ακολουθήσει έλεγχος επάρκειας, ανάλυση των μελών και οικονομική αποτίμηση. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση του κτηρίου πρόκειται για το στατικό πρόγραμμα fespa.

Abstract

In this thesis, the method of manufacturing composite structural members, from reinforced concrete and iron construction, will be analyzed. Also, its behavior in an earthquake and other loads will be checked, while at the same time there will be an economic evaluation, under the framework of KANEPE. The work is divided into two parts. In the first part, an extensive reference is made at a theoretical level, on reinforced concrete and metal elements, as well as a description of the basic principles of KANEPE. In the second part, the study of the existing reinforced concrete building is described, as well as the addition of the metal carrier to it. In addition, there will be due diligence, member analysis and financial valuation. The program used for the analysis of the building is the static program fespa.

Κεφάλαιο 1^ο

«Πιθανές Βλάβες Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος Αίτια Βλαβών Και Βλάβες Σε Μέλη Της Κατασκευής»

1.1 Παθογένεια Κτιρίων

Τα κτίρια μπορούν να ληφθούν υπόψη ως "ζώντες" οργανισμοί, καθώς είναι επηρεασμένοι από παράγοντες που θα έπρεπε να λαμβάνονται υπόψη όσο διαρκεί η σχεδίαση αλλά και όσο διαρκεί η κατασκευή. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η αξιολόγηση του φυσικού περιβάλλοντος όσον αφορά τη φάση της σχεδίασης, συμπεριλαμβανομένων του εδάφους για τη θεμελίωση και των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής. Επίσης, οι ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις για την αντισεισμική προστασία των κτιρίων παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο.

Στην διάρκεια της κατασκευής, είναι υποχρεωτικό να ακολουθούνται οι προβλέψεις των σχεδίων και να χρησιμοποιούνται υλικά που πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές. Τέλος, ο χρόνος παίζει επίσης κρίσιμο ρόλο, καθώς η έλλειψη συντήρησης μειώνει αναπόφευκτα την ζωή της κατασκευής.

Συμβαίνει αρκετά συχνά δυστυχώς, οι προαναφερθέντες παράγοντες να μην λαμβάνουν την προσοχή που χρήζουν, έχοντας ως αποτέλεσμα την παρουσία ατελειών στα κτίρια. Για να διασφαλίσουμε την διάρκεια ζωής των κτιρίων που θέλουμε, είναι απαραίτητο να κατασκευάζονται με καλή ποιότητα εξ αρχής ή να υποβάλλονται σε συνεχόμενες καισοβαρές επισκευές.

1.2 Επίδραση του Χρόνου

Δυστυχώς, είναι αρκετά συνηθισμένο να παρατηρείται φυσική φθορά σε μια κατασκευή καθώς περνά ο χρόνος, ειδικά όταν δεν λαμβάνεται υπόψη η απαραίτητη συντήρηση. Με την πάροδο του χρόνου, το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, συνδυαστικά με την υγρασία, δημιουργεί αντίδραση με το υδροξείδιο του ασβεστίου που εμπεριέχεται στο τσιμέντο, έχοντας ως αποτέλεσμα να εισχωρεί στον οπλισμό. Αυτό οδηγεί στη διάβρωση και τη διόγκωση του οπλισμού, προκαλώντας σπασίματα στο σκυρόδεμα. Ως αποτέλεσμα, μειώνεται το ενεργό εμβαδό των ράβδων οπλισμού, με αρνητικές επιπτώσεις στη φέρουσα ικανότητα των κατασκευαστικών μερών, καθώς και στη συνάφεια του οπλισμού με το

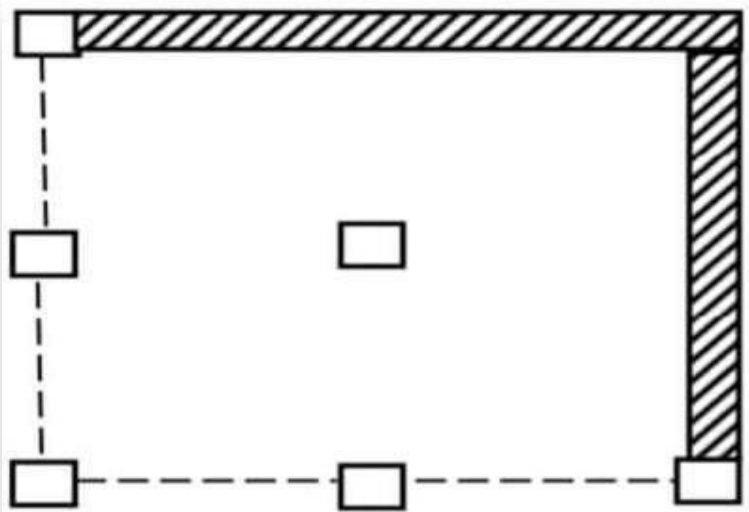
σκυρόδεμα. Η έλλειψη συνάφειας οδηγεί στο να μην μπορούν οι ράβδοι για τον οπλισμό να αντέξουν τις δυνάμεις για τις οποίες έχουν εξ αρχής σχεδιαστεί, με αποτέλεσμα τα κατασκευαστικά μέλη να πράττουν ως μη αρμόδια μέλη και η φέρουσα ικανότητα των ευέλικτων τμημάτων να μειώνεται λόγω της ελεγχόμενης ανοχής του σκυροδέματος σε εφελκυσμό. Έτσι, η κατασκευή δεν μπορεί να αντέξει τα σχεδιασμένα για αυτήν φορτία. Όλο και πιο πρόσφατα παρατηρούνται σοβαρά προβλήματα παλαιότητας στο κτιριακό απόθεμα της χώρας, με τη διάβρωση του οπλισμού να είναι το πιο συνηθισμένο και σημαντικό πρόβλημα. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την διασφάλιση της κατασκευής απέναντι σε επιβαλλόμενες φορτίσεις, όπως είναι ο σεισμός.

1.3 Ανεπαρκής Σχεδιασμός και Κατασκευαστικά Σφάλματα

Παρατηρούνται βλάβες σε κάποιες περιπτώσεις, στα στοιχεία που φέρει μια κατασκευή χωρίς να έχουν προηγηθεί σεισμικές δονήσεις. Κάτι τέτοιο μπορεί να εξαρτάται από παράγοντες όπως:

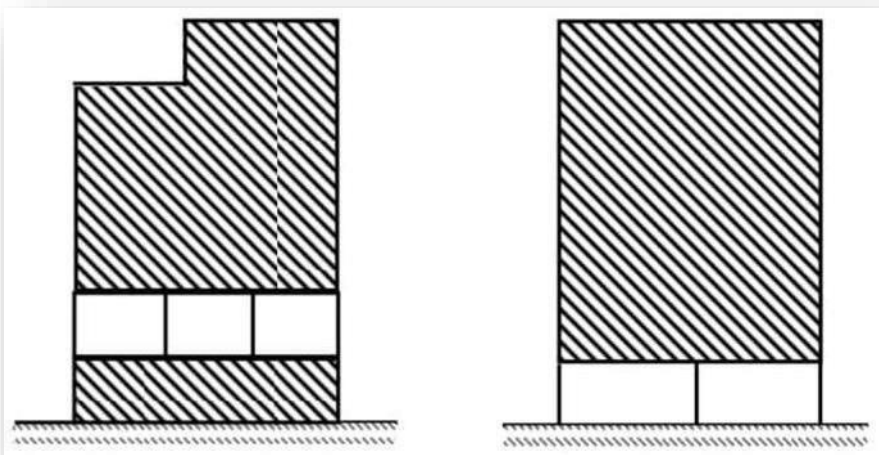
1.3.1 Ανεπαρκής Σχεδιασμός

Οι ασυνήθιστες αποκλίσεις όσο διαρκεί ο σχεδιασμός μιας κατασκευής μπορεί να οφείλονται ή σε λάθος εκτίμηση των φορτίων ή ακόμη και σε ανεπαρκή υπολογισμό της οπλισμού των δομικών μερών της. Ωστόσο, οι λεπτομέρειες που αφορούν το σχέδιο είναι πιο συχνά αίτια προβλημάτων που, αν δεν αντιμετωπιστούν με την απαραίτητη σημασία είναι ικανά να προκαλέσουν σοβαρές δομικές βλάβες. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ακανόνιστη διάταξη σε οριζόντια ή κατακόρυφη κατεύθυνση. Σε ένα όχι κανονικό κτίριο σε οριζόντια θέση (Σχήμα 1), η ένταση των δυνάμεων που προέρχονται από την τάση ανεβαίνουν γιατί υπάρχει ανομοιομορφία στις καμπυλότητες των κατακόρυφων μελών του κτιρίου, έχοντας ως αποτέλεσμα να μην κατανέμονται ομοιόμορφα τα σεισμικά φορτία στο επίπεδο.



Σχήμα 1: Μη Κανονική Κατανομή Των Δυσκαμψιών Κατακόρυφων Μελών

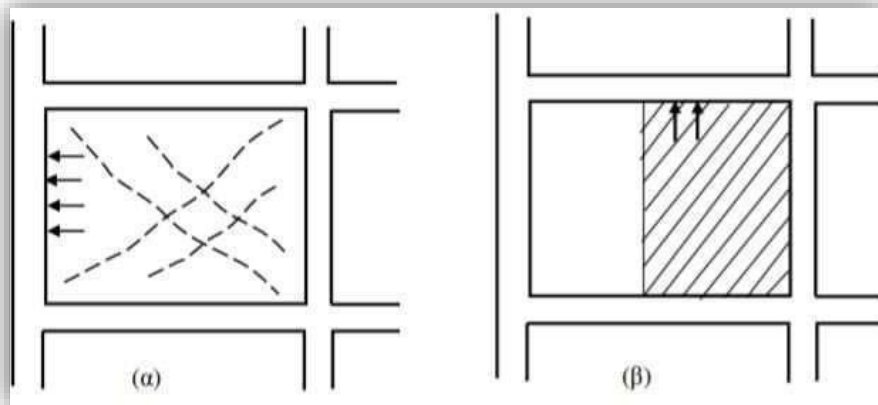
Επιπλέον, οι κατασκευές που φέρουν έντονη μεταβολή στο ύψος, όπως κτίρια με στύλους (Pilotis) ή επίπεδα καταστήματα, όπου συχνά παρατηρείται μαλακός όροφος (Σχήμα 2), είναι πιο εκτεθειμένες σε ισχυρούς σεισμούς. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μη κανονική κατανομή των μαζών κατά το ύψος φέρει πιο σοβαρές επιπτώσεις στη σεισμική απόκριση και συμπεριφορά από ό,τι η μη κανονική κατανομή σε οριζόντια διάταξη..



Σχήμα 2: Έντονη Μεταβολή Δυσκαμψίας στο Ύψος

Επιπλέον, ένα άλλο παράδειγμα αφορά την ύπαρξη φυσικών εμποδίων ή την τοποθέτηση σύντομων υποστλωμάτων. Τέτοιου είδους παραδείγματα γίνονται αντιληπτά σε καθιερωμένα είδη κατασκευών, όπως η ημιυπόγεια δομή (Εικόνα 1.3i), κλιμακοστάσια που οφείλονται σε ενδιάμεσες στηρίξεις (Εικόνα 1.3ii), καταστήματα που διαθέτουν πατάρι ή βιομηχανικούς χώρους, που οι περιμετρικές τοιχοπληρώσεις δεν φτάνουν στο ίδιο ύψος με τη δοκό για τη δημιουργία ανοίγματος (Εικόνα 1.3iii) (Αναφορά: Δρίτσος, 2005).

Τέλος, οι ζημιές μπορεί να προκληθούν λόγω του δυσμενούς αντίκτυπου των τοιχοπληρώσεων στα γειτονικά δομικά στοιχεία, όταν δεν έχει ληφθεί υπόψη η συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια της αρχικής ανάλυσης (Εικόνα 1.4).



Σχήμα 1.3: Δυσμενής Επίδραση Τοιχοπληρώσεων

1.3.2 Κατασκευαστικά Σφάλματα

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, υπάρχουν πολλά διαφορετικά σφάλματα που μπορούν να επηρεάσουν την ακεραιότητα ενός κτιρίου. Ένα πρώτο είδος αυτών των σφαλμάτων αφορά τον ανεπαρκή έλεγχο της ποιότητας των υλικών που χρησιμοποιούνται στον χώρο εργασίας. Παραδείγματα αυτών των σφαλμάτων περιλαμβάνουν την παρουσία αρχικά διαβρωμένου οπλισμού λόγω ανεπαρκούς αποθήκευσης του προμηθευτή, την ανεπάρκεια ελέγχου της ποιότητας που υπήρχε στην αρχή του σκυροδέματος ή την διαφοροποίηση της σύνθεσής του κατά τη φάση της σκυροδέτησης για να διευκολυνθεί η εργασία από το εργοτάξιο.

Μια δεύτερη σημαντική κατηγορία σφαλμάτων σχετίζεται με την ανεπαρκή εφαρμογή των μελετών, δηλαδή την ανεπαρκή τοποθέτηση του οπλισμού που προβλέπεται όσον αφορά τον αριθμό, την πυκνότητα και τη διατομή του, καθώς και τη σωστή αγκύρωση των ράβδων. Επιπλέον, σημαντική επίδραση έχει η καθαριότητα των επιφανειών σκυροδέτησης και η αποφυγή παρουσίας ξένων αντικειμένων αλλά συχνά παραμελείται. Τέλος, παρατηρείται το φαινόμενο της ανεύθυνης συμπεριφοράς ορισμένων συνεργείων, όπως υδραυλικών και ηλεκτρολόγων, οι οποίοι επίτηδες προκαλούν ζημιές στα δομικά στοιχεία του κτιρίου για να εξυπηρετήσουν τις δικές τους ανάγκες, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ζημιά που προκαλείται. Όλα αυτά δείχνουν πόσοσημαντικός είναι ο ρόλος του επιβλέποντα μηχανικού, αλλά πολύ συχνά υποτιμάται από τους ιδιοκτήτες λόγω οικονομικών παραγόντων.

1.4 Φθορές Λόγω Σεισμικών Δονήσεων

Σύμφωνα με τις αρχές του σύγχρονου αντισεισμικού σχεδιασμού, οι κατασκευές προορίζονται να αντιμετωπίζουν σεισμικά φορτία με πλαστικό τρόπο, δηλαδή να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις καταστάσεις σχεδιασμένες στο όριο, με σκοπό τη διάχυση της ενέργειας. Τα δομικά μέλη σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να αναδιανέμουν τις σεισμικές δυνάμεις στην κατασκευή με τον επιθυμητό τρόπο στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των εντάσεων εκ των έσω και την απορρόφηση της σεισμικής πράξης. Σε γενικές γραμμές, η σχεδίαση μιας κατασκευής με αντισεισμική θωράκιση είναι βασισμένη στην πλαστικότητα των μεμονωμένων στοιχείων τους,

δηλαδή στην ικανότητά τους να υποστούν μεγάλες αλλοιώσεις όσο διαρκεί η φόρτισή τους χωρίς να υποστούν σοβαρές βλάβες.

Στον σύγχρονο σχεδιασμό κατασκευών λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη για ανάπτυξη πλαστικών παραμορφώσεων στα δομικά στοιχεία. Αυτές οι παραμορφώσεις λειτουργούν ως μηχανισμοί απορρόφησης της ενέργειας που εισέρχεται σε αυτά κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Για να επιτευχθεί η απαιτούμενη πλαστικότητα στις κρίσιμες περιοχές, όπου αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός της διατομής και της όπλισης των φερόντων στοιχείων. Επίσης, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι ο σχεδιασμός μιας κανονικής κατασκευής για να αντέξει τον μεγαλύτερο πιθανό σεισμό, γνωστός και ως σεισμός σχεδιασμού, είναι συνήθως ακριβός. Επομένως, σε μερικές περιπτώσεις, αποδεκτές είναι μικρές φθορές στην κατασκευή από σεισμό. Ωστόσο, οι αστοχίες δεν πρέπει να είναι απότομες, αλλά πρέπει να υπάρχουν προειδοποιητικά σημάδια σε μορφή ρηγμάτωσης, προκειμένου να προστατεύονται οι χρήστες και να μπορεί να γίνει αποτελεσματική επισκευή.

1.5 Βλάβες Σε Μέλη Κατασκευών Όπλισμένου Σκυροδέματος

Η αποφυγή βλαβών σε κατασκευές είναι πολύ δύσκολη, ακόμα και με σωστό σχεδιασμό και λεπτομερή μελέτη. Οι σύγχρονοι κανονισμοί δέχονται την ύπαρξη μικρών βλαβών στα φέροντα μέρη της κατασκευής, αλλά προτείνουν να περιορίζονται και να είναι επιδιορθώσιμες. Είναι σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψη τον ανθρώπινο παράγοντα που συμμετέχει στη διαδικασία κατασκευής, με στόχο τη μείωση του κόστους. Συχνά παρατηρούμε μακροχρόνια καθυστέρηση στην ολοκλήρωση του έργου, με αποτέλεσμα την εμφάνιση μαλακού ορόφου και ανισότητες στις δυσκαμψίες.

Οι βλάβες σε κατασκευές συνήθως κατηγοριοποιούνται σε πέντε (5) κατηγορίες ανάλογα με το επηρεαζόμενο δομικό στοιχείο. Αυτή η κατάταξη βοηθά τον μηχανικό να αξιολογήσει την κατάσταση της υφιστάμενης κατασκευής και να καθορίσει την κατάλληλη μέθοδο ενίσχυσής της. Οι πέντε κατηγορίες αυτές είναι:

- Βλάβες Υποστυλωμάτων
- Βλάβες Κόμβων Δοκών και Υποστυλωμάτων
- Βλάβες Τοιχωμάτων
- Βλάβες Δοκών
- Βλάβες Πλακών

1.5.1 Βλάβες Υποστυλωμάτων

Οι βλάβες που παρουσιάζονται στα υποστυλώματα είναι από τις πιο συχνές και σοβαρές, καθώς μπορεί να οδηγήσουν σε μερική ή ολική κατάρρευση της κατασκευής σε περίπτωση μετασεισμού. Με βάση τον τρόπο που επηρεάζονται τα υποστυλώματα, οι βλάβες αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: καμπτικού χαρακτήρα και διατμητικού χαρακτήρα.

Οι βλάβες που εμφανίζονται κατά μήκος των καμπτικών περιοχών ενός κτιρίου, όπως οι κορυφές και οι βάσεις των υποστυλωμάτων, είναι κυρίως καμπτικής φύσης. Σε περιοχές με μικρότερη καμπτική ένταση, όπως οι περιμετρικές περιοχές των ανώτερων ορόφων, οι βλάβες εκδηλώνονται ως οριζόντιες ρωγμές. Η έκταση της ρωγμής εξαρτάται από το μέγεθος της βλάβης. Η ρωγμή προκαλείται από την υπέρβαση του ορίου τάσης του χάλυβα σε έλξη λόγω ανεπάρκειας του εγκάρσιου οπλισμού. Στην περίπτωση που υπερβεί το όριο που αντέχει το σκυρόδεμα σε έλξη, η βλάβη κάνει την εμφάνισή της σαν αποκόλληση στην περιοχή που επικαλύπτονται οι οπλισμοί. Δεν πρόκειται για σημαντικής σημασίας βλάβη όταν δημιουργείται εκτός του πυρήνα και οφείλεται στην ύπαρξη υπερπλήρωσης στοιχείων σε μηδαμινή απόσταση μεταξύ τους. Μία άλλη σημαντική βλάβη που παρουσιάζεται σε δομικά στοιχεία που υποστέλλονται υπό υψηλή θλίψη είναι η βλάβη του "ψαθυρού". Αυτή η βλάβη προκαλεί συμπίεση και αποδιοργάνωση της ζώνης που υποστέλλεται και εμφανίζεται τόσο στην άνω όσο και στην κάτω πλευρά του υποστυλώματος. Η βλάβη αυτή προκαλεί συμπίεση και κάμψη των κατακόρυφων ράβδων οπλισμού και συνήθως συμβαίνει σε υποστυλώματα με μικρότερη διατομή από εκείνη που απαιτείται και που βρίσκονται κοντά σε σημεία όπου υπάρχουν δυνατές δοκοί που τα υποστηρίζουν.

Το πιο σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της βλάβης είναι η σημαντική μείωση της αντοχής του υποστυλώματος στον κάμψη, προκαλώντας προβλήματα στη μεταφορά των κατακόρυφων φορτίων. Αυτή η αποτυχία μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτωση στα γειτονικά υποστυλώματα λόγω ανακατανομής των φορτίων. Αυτό το σενάριο μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση της κατασκευής μέσω μιας αλυσιδωτής αποτυχίας των δομικών στοιχείων.

Οι διατμητικές βλάβες εμφανίζονται σε περιοχές των υποστυλωμάτων όπου η διατμητική αντίσταση είναι ανεπαρκής. Ειδικά τα υποστυλώματα με μικρό λόγο διάτμησης είναι ευάλωτα σε αυτές τις βλάβες. Οι δομικοί οργανισμοί που δεν

αντέχουν σε υψηλές καμπτικές ροπές, όπως τα περιμετρικά υποστυλώματα, μπορεί να παρουσιάσουν διάρροια του οπλισμού τους, με αποτέλεσμα να έχουν μειωμένη διατμητική αντίσταση.

Όταν ο λόγος διάτμησης είναι μικρότερος από 2.5, οι βλάβες καμπτικού χαρακτήρα εμφανίζονται συχνά. Συχνά, αυτό το φαινόμενο παρατηρείται σε κατοικίες ή βιομηχανικούς χώρους με παράθυρα ή φεγγίτες στις δύο πλευρές του υποστυλώματος. Λόγω της επιρροής αυτών των βλαβών, θεωρούνται σοβαρότερες. Τα χαρακτηριστικά τους περιλαμβάνουν τη χαμηλή ποιότητα του σκυροδέματος και την έλλειψη επαρκούς διατμητικού οπλισμού.

Πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή στις βλάβες που προκύπτουν από διάτμηση όταν η αστοχία της τοιχοπλήρωσης προχωρά στα υποστυλώματα του πλαισίου. Αυτό συνήθως συμβαίνει σε περιπτώσεις μονόπλευρης και καλά οργανωμένης τοιχοπλήρωσης, όπου η τοιχοπλήρωση είναι περιορισμένη στην περιμετρική περιοχή του πλαισίου με αδύναμα κατακόρυφα στοιχεία. Για να επιλέξουμε την κατάλληλη μέθοδο ενίσχυσης και να λάβουμε μέτρα ασφαλείας, είναι χρήσιμο να κατηγοριοποιήσουμε τις βλάβες στα υποστυλώματα και τα τοιχώματα σε τέσσερις (4) κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

1.5.1.1 ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ Α

Παρατηρούνται μικρές οριζόντιες ρωγμές πλάτους 1-2 mm, οι οποίες προκαλούνται από τοπικές ατέλειες στην κατασκευή. Αυτές οι ρωγμές μπορεί να οφείλονται σε προβλήματα όπως διακοπές στις συνδέσεις, ανεπαρκή αγκύρωση του οπλισμού και μη επαρκή διάτομο κατά την κάμψη.

1.5.1.2 ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ Β

Αυτή η συγκεκριμένη βλάβη αναφέρεται σε ένα ευρύ φάσμα ρωγμών, είτε πρόκειται για εκτεταμένες καμπτικές ροπές είτε για λοξές διατμητικές ρωγμές, με πλάτος μικρότερο του μισού χιλιοστού. Αυτό υποδηλώνει πως δεν φαίνονται οποιεσδήποτε υπολειμματικές μετακινήσεις.

1.5.1.3 ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ C

Αυτός ο τύπος βλάβης εμπεριέχει χιαστί λοξές διατμητικές ρωγμές ή έντονη τοπική σύνθλιψη και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, υπό την προϋπόθεση ότι δεν

φαίνονται σημαντικές μετακινήσεις να απομένουν.

1.5.1.4 ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ D

Αυτή η μορφή βλάβης περιλαμβάνει την πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, τον λυγισμό του δια μήκους οπλισμού, τη διαρροή ή τη θραύση των συνδετήρων στην περιοχή και την ασυνέχεια, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται πτώση του υποστυλώματος. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί πως οι υπολείμματα μετακινήσεις,

είτε οριζόντιες είτε κατακόρυφες (κυρίως), είναι σχετικά μικρές.

1.5.1.5 ΒΑΘΜΟΣ ΒΛΑΒΗΣ E

Πλήρης πτώση του υποστυλώματος.

Στην πρώτη εικόνα παρατηρείται μια καμπτική αστοχία στο υποστύλωμα, η οποία οδηγεί σε μια πλήρη κατάρρευση του υποστυλώματος. Στη δεύτερη εικόνα, υπάρχουν τρεις περιπτώσεις: (α), (β) και (γ). Στις περιπτώσεις (α) και (β)



Εικόνα 1: Ρηγμάτωση Υποστυλώματος Λόγω Κάμψης

παρατηρείται μια διατμητική αστοχία σε ένα σύντομο υποστύλωμα, ενώ στην

περίπτωση (γ) παρουσιάζονται λοξές διατμητικές ρωγμές σε σχήμα χιαστού, με βαθμό c.



(α)



(β)

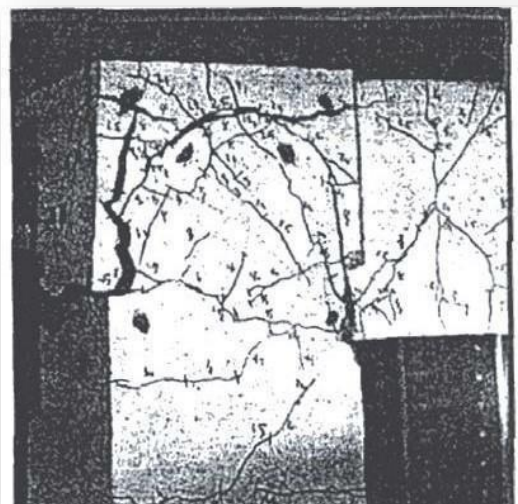


(γ)

Εικόνα 2: Πρόκειται για διατμητική αστοχία μικρού υποστυλώματος στην (α) και (β) εικόνα. Η (γ) περίπτωση πρόκειται για χιαστί λοξές διατμητικές ρωγμές βαθμού c.

1.5.2 Βλάβες Κόμβων Δοκών-Υποστυλωμάτων

Οι βλάβες κόμβων δοκών και υποστυλωμάτων, ακόμη και στα πρώτα στάδια τους, χρήζουν σοβαρής σημασίας από το μηχανικό και φαίνεται να είναι ανησυχητικές για την κατασκευή. Αυτού του είδους οι βλάβες μειώνουν την ακαμψία των φερόντων στοιχείων και καταλήγουν σε μη ελεγχόμενες ανακατανομές της έντασης. Στη εικόνα 3 φαίνεται βλάβη σε ακραίο κόμβο ενώ στην εικόνα 4 σε μεσαίο.



Εικόνα 3: Βλάβη Ακραίου



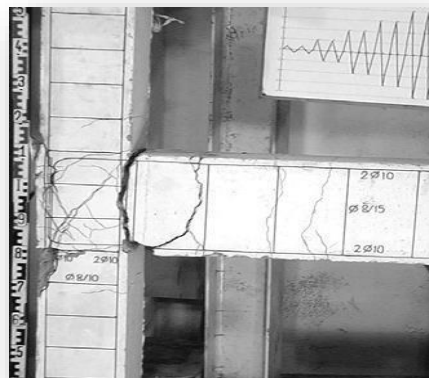
Εικόνα 4: Βλάβες Μεσαίων Κόμβων

1.5.3 Βλάβες Τοιχωμάτων

Οι προκαλούμενες από το σεισμό βλάβες των τοιχίων οπλισμένου σκυροδέματος είναι τριών τύπων :

- 1) Χιαστί Ρήγματα Διατμήσεως
- 2) Ολίσθηση Αρμού Διακοπής Εργασίας
- 3) Βλάβες καμπτικού χαρακτήρα π.χ. Οριζόντιες ρηγματώσεις με συντριβή της θλιβόμενης ζώνης.

Οι ρηγματώσεις στους αρμούς σκυροδετήσεως είναι οι πιο συχνές βλάβες που εμφανίζονται. Η αιτία αυτής της βλάβης είναι η άσχημη σύνδεση μεταξύ του παλιού και του νέου σκυροδέματος. Για αυτόν τον λόγο, οι σύγχρονοι κανονισμοί έχουν θεσπίσει αυστηρές απαιτήσεις για τη διεξαγωγή της εργασίας στους αρμούς. Αυτές περιλαμβάνουν τον καθαρισμό και την υγρασία του παλιού σκυροδέματος, την έγχυση ενός ισχυρού τσιμεντοκονιάματος και τη σκυροδέτηση. Ένα



Εικόνα 5: Διατμητική Βλάβη σε Δοκό

σημαντικό στοιχείο της σύνδεσης ανάμεσα στο παλιό και το νέο σκυρόδεμα είναι η τοποθέτηση ράβδων ενίσχυσης στον αρμό διακοπής της εργασίας, σε μορφή "βλήστρων". Οι συχνές βλάβες αυτού του είδους οδήγησαν στην εφαρμογή αυτών των προϋποθέσεων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτές οι βλάβες δεν προκαλούν την κατάρρευση της κατασκευής, καθώς ο οριζόντιος χαρακτήρας των ρηγματώσεων δεν επηρεάζει την ικανότητα του τοίχου να αντέχει κατακόρυφα φορτία. Ακόμη και από την άποψη της ακαμψίας, το συνολικό δομικό σύστημα επηρεάζεται ελάχιστα.

Οι χιαστί ρωγμές είναι οι πιο συχνές βλάβες μετά των ρηγματώσεων των αρμών. Αυτές αποτελούν είδος διατμητικής αστοχίας με ψαθυρό χαρακτήρα. Επειδή οι ρωγμές είναι χιαστί, η πίεση από τα κατακόρυφα φορτία προκαλεί την αποκόλληση των δύο ισοσκελών τριγώνων που δημιουργούνται κατά μήκος των ρωγμών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευση του τοιχίου. Για αυτόν τον λόγο, οι σύγχρονοι κανονισμοί

απαιτούν την παρουσία ενισχυμένων στύλων στο τέλος κάθε τοιχίου, που θα αναλάβουν τον αξονικό φορτίο μετά τη διατμητική αστοχία. Οι βλάβες καμπτικού χαρακτήρα εμφανίζονται πιο σπάνια, ίσως εξαιτίας του ότι οι υπολογιζόμενες ροπές στα τοίχια είναι μικρότερες από τις πραγματικές. Στην εικόνα 5, το τοίχωμα έχει υποστεί διατμητική βλάβη.

1.5.4 Βλάβες Δοκών

Οι βλάβες των δοκών δεν επηρεάζουν τόσο την ευστάθεια του φορέα και είναι δύο ειδών: α) καμπτικές, β) διατμητικές

1.5.4.1 Καμπτικές Βλάβες

Το άνω πέλμα της δοκού παρουσιάζει κυρίως καμπτικές βλάβες που εκδηλώνονται με εγκάρσιες ρωγμές κοντά στις στηρίξεις. Αυτές οι βλάβες οφείλονται σε σεισμικές ή μακροχρόνιες φορτίσεις. Στο πέλμα που βρίσκεται κάτω, επίσης κοντά στις στηρίξεις, παρατηρούνται επίσης ρωγμές, αλλά με διαφορετικές αιτίες. Η πρώτη αιτία είναι η καμπτική αστοχία της διατομής που οφείλεται στη διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού. Η δεύτερη και συχνότερη αιτία είναι η ανεπαρκής αγκύρωση και η ολίσθηση του οπλισμού στο κάτω πέλμα.

1.5.4.2 Διατμητικές Βλάβες

Οι διατμητικές βλάβες, ιδίως μετά από έναν ισχυρό σεισμό, εμφανίζονται στις περιοχές στήριξης των δοκών και αποτελούν σοβαρό πρόβλημα. Λόγω της ψαθυρής φύσης αυτής της αστοχίας, θεωρείται ανεπιθύμητη. Ένας άλλος τύπος διατμητικής αστοχίας παρατηρείται όταν εφαρμόζονται συγκεντρωμένα φορτία, όπως σε περιπτώσεις "φυτευτών" υποστυλωμάτων ή δευτερεύουσων δοκών, και συχνά οφείλεται σε ανεπαρκή οπλισμό διάτμησης και ανάρτησης. Στην εικόνα 6, παρατηρείται διατμητική βλάβη στη δοκό.

1.5.5 Βλάβες Πλακών

Βλάβες στα επιφανειακά δομικά στοιχεία, δεν έχουν κρίσιμη σημασία καθώς δεν επηρεάζουν την συνολική σταθερότητα του φορέα. Λόγω της υψηλής υπέρστατικότητας που έχουν οι πλάκες, δεν αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα. Οι πιο συχνά εμφανιζόμενοι τύποι βλαβών είναι οι εξής :

- Ρήγματα παράλληλα ή κάθετα προς τους οπλισμούς που βρίσκονται τυχαίες θέσεις
- Ρήγματα κρίσιμων διατομών μεγάλων ανοιγμάτων ή μεγάλων προβόλων κάθετα προς τους κύριους οπλισμούς
- Ρήγματα περιοχών ανωμαλιών κατόψεως , όπως στις γωνίες μεγάλων οπών (φωταγωγοί, ανοίγματα εσωτερικών κλιμακοστασίων)

Ο πρώτος και συνηθέστερος τύπος βλάβης παρουσιάζεται όταν οι υφιστάμενες τριχοειδείς ρωγμές στο σκυρόδεμα διευρύνονται λόγω καμπτικής φόρτισης ή θερμικών αλλαγών που προκαλούνται από τον σεισμό. Σπάνια, αυτή η βλάβη μπορεί να οφείλεται σε καθίζηση στηλών. Ο 2^{ος} και 3^{ος} τύπος βλάβης συνήθως προκαλούνται από την κάθετη συνιστώσα της σεισμικής δράσης. Ο 4^{ος} τύπος βλάβης προκύπτει από τη γαστροχία στις διατρήσεις και επιδεινώνεται από την καμπτική καταπόνηση που προκαλείται από τον σεισμό.

Κεφάλαιο 2^ο

«Υλικά και Τεχνολογίες Εφαρμογής των Επισκευών και Ενισχύσεων Κατασκευών»

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διάφορες υλικές και τεχνικές που ευρέως χρησιμοποιούνται στην αγορά για επισκευές και ενισχύσεις υφιστάμενων κατασκευών. Είναι ιδιαίτερα

σημαντικός ο τομέας αυτός στη χώρα μας λόγω του έντονου σεισμικού φαινομένου, που πάντα απαιτούνται επισκευές μετά από σεισμούς. Επίσης, ο τομέας έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της γήρανσης των κτηρίων που κατασκευάστηκαν με παλαιότερους κανονισμούς και πρέπει να ενισχυθούν.

Συνεπώς, ο τομέας αυτός έχει διπλό ρόλο. Από τη μία πλευρά, ασχολείται με την επισκευή των δομικών και μη στοιχείων μετά από βλάβες, κυρίως σεισμικής προέλευσης, με στόχο την αποκατάσταση της στατικότητας των κτηρίων. Από την άλλη πλευρά, ασχολείται με την ενίσχυση των δομικών στοιχείων, ώστε να μπορούν να αντέχουν μεγαλύτερα φορτία από αυτά για τα οποία αρχικά σχεδιάστηκαν. Αυτό μπορεί να απαιτείται είτε λόγω των παλαιότερων

κανονισμών που προέβλεπαν μικρότερα φορτία και χρήση χαμηλής ποιότητας υλικών κατασκευής, είτε λόγω αλλαγής χρήσης του κτηρίου.



**Εικόνα 6: Συστατικά Πολυμερικής Κόλλας,
Σκληρυντής (πάνω) & Πολυμερές
(εποξικήρητίνη) (κάτω)**

Επομένως, ο τομέας αυτός αναλαμβάνει την αποκατάσταση και ενίσχυση των κτηρίων με σκοπό να διασφαλίσει την ασφάλεια και την αντοχή τους σε σεισμούς και άλλες επιβαρύνσεις.

2.1 Πολυμερικές Κόλλες

Οι πολυμερικές κόλλες δημιουργούνται από την ανάμειξη δύο ουσιών ταυτόχρονα. Η πρώτη (Εικόνα 7) ουσία είναι το πολυμερές υλικό, από όπου παίρνουν και το όνομά τους, και είναι σε υγρή κατάσταση. Η δεύτερη ουσία είναι ο καταλύτης ή σκληρυντής. Με την κατάλληλη αναλογία και επί τόπου ανάμειξη τους, δημιουργείται ένα ισχυρό συγκολλητικό υλικό, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών, λόγω των ιδιοτήτων και των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει.

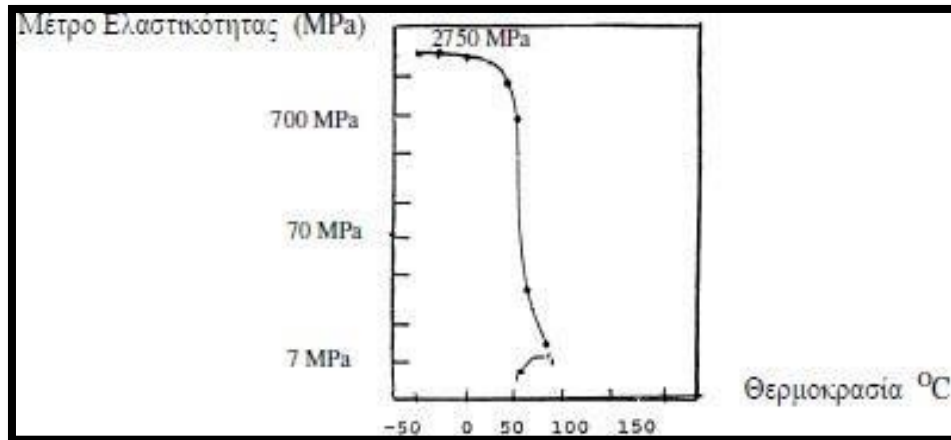
Κάποια από τα πλεονεκτήματα των πολυμερικών κολλών συγκριτικά με άλλα συγκολλητικά υλικά είναι τα εξής:

- Ισοκατανομή φορτίου στην επιφάνεια τους.
- Αποφυγή τοπικών συγκεντρώσεων φορτίου.
- Δημιουργία φράγματος για την υγρασία.
- Πλήρη επαφή μέσω των πολυμερικών κολλών των δύο στοιχείων που συνδέονται.

Κυριαρχούν στην αγορά των επεμβάσεων και επισκευών, 2 είδη από πολυμερικές κόλλες. Πρωταγωνιστούν οι εποξειδικές ρητίνες, κυρίως, και οι πολυμερικές ρητίνες έρχονται δεύτερες. Στην πράξη, ο όρος "ρητίνη" χρησιμοποιείται γενικότερα για να αναφερθεί σε πολυμερικές ρητινοειδείς κόλλες.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι πολυμερικές κόλλες παρουσιάζουν ορισμένα κύρια ελαττώματα κατά την εφαρμογή τους στην πράξη, καθώς και λόγω των ιδιοτήτων τους. Αυτά τα ελαττώματα περιλαμβάνουν:

- Ο περιορισμένος χρόνος χρησιμοποίησης μετά την ανάμιξη των συστατικών. Ο χρόνος εργασιμότητας είναι σχετικά μικρός, καθώς το μείγμα ξεκινά να σκληραίνει μετά την ανάμιξη.
- Τα συνδεδεμένα στοιχεία πρέπει να παραμείνουν αναλλοίωτα για τον χρόνο που απαιτείται για την πλήρη σκλήρυνση του μείγματος. Αυτό σημαίνει ότι δεν επιτρέπεται η χρήση των συνδεδεμένων στοιχείων για κάποιο χρονικό διάστημα.



- Οι πολυμερικές κόλλες έχουν μικρή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Η μηχανική τους αντοχή αρχίζει να μειώνεται σε θερμοκρασίες πάνω από 50°C. Αυτό τις καθιστά ευάλωτες σε περιπτώσεις πυρκαγιάς και απαιτεί τη λήψη κατάλληλων μέτρων πυροπροστασίας.
- Η τιμή της ελαστικότητας του υλικού είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του σκυροδέματος, μετριότατης περίπου 1/10 ή ακόμα και λιγότερο.

Εικόνα 7: Πως Επιδρά η Αύξησης της Θερμοκρασίας στο Μέτρο Ελαστικότητας

Όσο χρησιμοποιούνται οι ρητίνες, είναι αναγκαίο να δίνουμε σημαντική προσοχή στην προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος όπου θα γίνει η εφαρμογή τους. Η αντοχή της σύνδεσης εξαρτάται κυρίως από το ασθενέστερο σημείο σύνδεσης, επομένως είναι σημαντικό να απομακρύνουμε την επιδερμική στρώση του σκυροδέματος και να αποκαλύψουμε τα χοντρόκοκκα αδρανή υλικά, καθώς σε αυτήν την περιοχή η αντοχή είναι μεγαλύτερη. Επιπλέον, η επιφάνεια εφαρμογής χρήζει καθαριότητας και απαλλαγμένη από οποιουδήποτε ρύπου ή σκόνη.

Οι ρητίνες χρησιμοποιούνται σε διάφορες πρακτικές εφαρμογές, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται:

1. Το συγκολλητικό δέσιμο άλλων υλικών του σκυροδέματος.
2. Η αγκύρωση ράβδων του σκληρυμένου σκυροδέματος.
3. Η σύνδεση νωπού ή σκληρυμένου σκυροδέματος με σκληρυμένο σκυρόδεμα.
4. Η επισκευή των ρωγμών στο σκυρόδεμα με τη χρήση της τεχνικής των ρητινενέσεων, η οποία είναι εξαιρετικά δημοφιλής και ευρέως χρησιμοποιούμενη σε σχέση με άλλες εφαρμογές.

2.2 Επισκευαστικά Κονιάματα

Η ευρεία χρησιμοποίηση των επισκευαστικών κονιαμάτων σε εφαρμογές αποκατάστασης και ενίσχυσης κατασκευών είναι κοινή πρακτική, ειδικά όταν απαιτείται επισκευή μικρής πάχους και απαιτείται τέλεια πρόσφυση μεταξύ των παλαιών σκυροδεμάτων και των επισκευαστικών κονιαμάτων. Τα επισκευαστικά κονιάματα χρησιμοποιούνται για την επιδιόρθωση ατελειών στην επιφάνεια του σκυροδέματος.

Παρόλο που η τιμή τους θεωρείται υψηλή γενικά, απαιτείται μικρή ποσότητα για κάθε εφαρμογή και προσφέρουν πληθώρα σημαντικών πλεονεκτημάτων. Επιδιορθώνουν μικρές ατέλειες, βελτιώνουν την εμφάνιση και ενισχύουν την ανθεκτικότητα, εξασφαλίζοντας την καλή λειτουργία του σκυροδέματος.

Στην αγορά βρίσκονται 2 κατηγορίες κονιαμάτων με βάση την βασική 1^η ύλη τους, τα κονιάματα που έχουν βάση το τσιμέντο και τα κονιάματα με πολυμερή:

2.2.1 Τσιμεντοκονιάματα

Τα τσιμεντοκονιάματα είναι αναμεμιγμένα μείγματα που περιλαμβάνουν λεπτόκοκκα αδρανή υλικά, με τον μεγαλύτερο κόκκο να έχει διάμετρο περίπου 2,5 χιλιοστά, τσιμέντο και νερό. Το νερό αποτελεί περίπου το 10-20% του συνολικού βάρους του μίγματος. Κατά τη διαδικασία της ξήρανσης, τα τσιμεντοκονιάματα υφίστανται συστολή, η οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί με την προσθήκη πρόσθετων στο μίγμα που εμποδίζουν τη συστολή, καθώς και υπερευστοποιητών που βελτιώνουν την εργασιμότητα. Συνήθως, τα τσιμεντοκονιάματα είναι διαθέσιμα έτοιμα σε σάκους στην αγορά, και χρήζει μόνο προσθήκης νερού και ανάμειξής τους για να γίνουν έτοιμα προς χρήση.

Τα τσιμεντοκονιάματα είναι κατάλληλα για επιδιορθώσεις σε λεπτά υλικά, όπως επιφανειακές επιδερμικές ρωγμές, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερα πάχη από αυτά που καλύπτονται από πολυμερή κονιάματα. Συνήθεις εφαρμογές περιλαμβάνουν την επιδιόρθωση σημείων σε στοιχεία σκυροδέματος που έχουν υποστεί κάκιστη συμπίκνωση κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης, καθώς και την επιδιόρθωση περιοχών με αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα. Τα τσιμεντοκονιάματα έχουν χαρακτηριστικά παρόμοια με το σκυρόδεμα και εμφανίζουν ακόμα υψηλότερες

αντοχές. Ορισμένα πλεονεκτήματα των τσιμεντοκονιαμάτων παρατίθενται παρακάτω.

1. Επιδεικνύουν υψηλές αντοχές λόγω του ότι η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στο μείγμα είναι μικρή.
2. Έχουν γρήγορο ρυθμό να αναπτύσσονται οι αντοχές, που επιτρέπει την γρήγορη επίτευξη των επιθυμητών αντοχών σε σύγκριση με τα σκυροδεμένα υλικά.
3. Παρουσιάζουν μεγάλη ρευστότητα και εργασιμότητα, εξαιτίας της προσθήκης πλαστικοποιητών πρόσμικτων, χωρίς να μειώνεται η αντοχή τους.

2.2.2 Κονιάματα με Πολυμερή

Τα κονιάματα με πολυμερή παράγονται με δύο τρόπους, παρόμοια με τα πολυμερή σκυροδέματα:

- Αντικατάσταση τσιμέντου με πολυμερές υλικό.
- Αντικατάσταση ενός μέρους του νερού στο μίγμα με υδατοδιαλυτό πολυμερές υλικό



(latex). Στην αγορά, αυτά τα κονιάματα γνωρίζονται συνήθως ως ρητινοκονιάματα, καθώς η ρητίνη είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πολυμερές υλικό. Όπως και τα τσιμεντοκονιάματα, τα κονιάματα με πολυμερή χρησιμοποιούνται για την επιδιόρθωση επιφανειακών βλαβών στο σκυρόδεμα, όπως αποφλοιώση και επιφανειακές ρωγμές, αλλά για ακόμα λεπτότερα στρώματα από αυτά που καλύπτονται από τα τσιμεντοκονιάματα. Σε σύγκριση με τα τσιμεντοκονιάματα, τα

Εικόνα 8: Εφαρμογή Επισκευαστικού Κονιάματος

κονιάματα με πολυμερή εμφανίζουν μικρότερη συστολή κατά την ξήρανση, αλλά έχουν υψηλότερο συντελεστή θερμικής διαστολής.

Κεφάλαιο 3^ο

«Αποτίμηση Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος Τεχνολογία Προσδιορισμού Αντοχών»

3.1 Γενικά

Πρόκειται για ένα υλικό με μακρύ χρονικό περιθώριο ζωής. Καθώς περνά ο χρόνος, αναπτύσσει αντοχή που αυξάνεται, αλλά ταυτόχρονα υποστέλλεται από φθορές που επηρεάζουν και τα άλλα δομικά υλικά. Πριν από οποιαδήποτε μορφή επέμβασης σε μια υφιστάμενη οπλισμένη κατασκευή από σκυρόδεμα, πρέπει να επιβεβαιωθεί η ικανότητά που φέρει. Οι κύριοι έλεγχοι περιλαμβάνουν την αξιολόγηση της αντοχής του σκυροδέματος, την έρευνα για την ύπαρξη οπλισμού στις προβλεπόμενες θέσεις που προβλέπονται από το σχεδιασμό, τη διάμετρο των ράβδων οπλισμού και τις αποστάσεις μεταξύ τους, καθώς και τον έλεγχο της πιθανής διάβρωσης του οπλισμού. Επιπλέον, πραγματοποιούνται έλεγχοι για την ανίχνευση ορατών ρωγμών, αποφλοιώσεων και άλλων ενδείξεων βλαβών που ενδέχεται να έχει υποστεί η κατασκευή.

Η χαμηλή αντοχή του σκυροδέματος λόγω διάβρωσης του οπλισμού και η επέκταση της οξείδωσης στο σκυρόδεμα προκαλούν αποφλοιώση και ρωγμές. Οπτικός έλεγχος αποκαλύπτει ορατές ενδείξεις διαβρωμένων περιοχών, όπως ρωγμές και τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος. Για μια σαφή αξιολόγηση της κατάστασης της κατασκευής, απαιτούνται εργαστηριακοί έλεγχοι διάγνωσης. Σύμφωνα με τις οδηγίες (KAN.ΕΠΕ §3.5.1), οι απαραίτητες μετρήσεις και έλεγχοι μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε στον τόπο της κατασκευής είτε σε εργαστήριο. Η επιλογή των ελέγχων εξαρτάται από το εξεταζόμενο κτίριο. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από αυτούς τους ελέγχους καθορίζουν την κατάλληλη μέθοδο επισκευής ή ενίσχυσης.

Η διαδικασία διάγνωσης βλαβών εφαρμόζεται για αιτίες που επηρεάζουν το σκυρόδεμα κατά τη διάρκεια του χρόνου και όχι μόνο σε βλάβες που προκαλούνται από σεισμούς. Μια κατασκευή, χρήζει διάγνωσης κάθε είδους βλάβης, ανεξαρτήτως αιτίας, και οφείλει να λαμβάνεται υπόψη η επίδρασή τους στην ακεραιότητα της κατασκευής.

Οι έλεγχοι διακρίνονται στις κατηγορίες:

 **Μη καταστροφικοί**

 **Ημι-καταστροφικοί**

 **Επιτόπου Χημικοί**

 **Καθολική Φόρτιση**

3.2 Μη καταστροφικές μέθοδοι

Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι αποσκοπούν στο να προσδιοριστούν ορισμένες ιδιότητες των υλικών που σχετίζονται με την αντοχή τους, χωρίς να προκαλούν φθορά ή καταστροφή. Αυτοί οι έλεγχοι εφαρμόζονται στην κατασκευή χωρίς να απαιτείται κάποια παρέμβαση, δεν είναι τόσο δαπανηροί, είναι ευκολότεροι, γρηγορότεροι και πιο επιθυμητοί από τους ιδιοκτήτες ακινήτων. Παρακάτω φαίνονται οι πιο βασικοί μη καταστροφικοί έλεγχοι.

3.2.1 Οπτικός Έλεγχος

Αυτή η τεχνική είναι λιτ, γρήγορη και οικονομική. Με έναν μεγεθυντικό φακό και με ένα παχύμετρο, καταλήγουμε σε άμεση εκτίμηση του εύρους των ρωγμών, των αποφλοιώσεων και οποιασδήποτε επιφανειακής ατέλειας παρουσιάζει το σκυρόδεμα (Εικ. 10). Ωστόσο, αυτή η μέθοδος δεν μπορεί να ανιχνεύσει εσωτερικά προβλήματα, για τα οποία απαιτούνται περαιτέρω εξειδικευμένοι έλεγχοι.



Εικόνα 9: Προσδιορισμός Πλάτους Ρωγμής

3.2.2 Κρουσιμέτρηση

Η μέθοδος της κρουσιμέτρησης είναι μια μη καταστροφική τεχνική (Εικ.11) που είναι σχετικά απλή και παρουσιάζει ικανοποιητική αξιοπιστία μέχρι τα 30 χιλιοστά βάθος. Αυτή η μέθοδος είναι βασισμένη στη μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας του σκυροδέματος συγκριτικά με τη θλιπτική αντοχή του. Με την αναπήδηση του κρουσίμετρου από την επιφάνεια του σκυροδέματος, μπορούμε να καταλήξουμε σε μια εκτίμηση της σκληρότητας της επιφάνειας αυτής.



Εικόνα 10: Μη Καταστροφική Μέθοδος Κρουσιμέτρησης

Αυτή η μέθοδος έχει λιγότερο ποσοστό σφάλματος σε σκυρόδεμα ηλικίας από 14ημέρες έως τρεις μήνες.

Ένα μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι πως απαιτεί την ρύθμιση του οργάνου κάθε φορά, με βάση τον τύπο του τσιμέντου και την ποιότητα των αδρανών υλικών. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η μέθοδος είναι πιο αξιόπιστη σε λείες και ξηρές επιφάνειες, καθώς η ύπαρξη ακανόνιστων επιφανειών ή επιφανειών με υγρασία μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα. Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα του ελέγχου είναι η ενανθράκωση του σκυροδέματος, και για τον λόγο αυτό συνίσταται η απομάκρυνση μιας λεπτής επιφανειακής στρώσης πάχους μέχρι 5mm από την επιφάνεια που υπόκειται σε έλεγχο. Απλούστερα κρουσίμετρα χρησιμοποιούνται για να εντοπίσουν περιοχές μεγάλων εσωτερικών κενών μέσα στο σκυρόδεμα, τα οποία μπορούν να εντοπιστούν από την αλλαγή του παραγόμενου από την αναπήδηση του οργάνου ήχου.

3.2.3 Χρήση Υπερήχων



Εικόνα 11: Μέθοδος Υπερήχων

Η αξιοποίηση υπερηχητικών κυμάτων ως μη καταστροφική μέθοδος ανίχνευσης βλαβών παρουσιάζει πλεονεκτήματα, όπως χαμηλό κόστος και ευκολία στη χρήση των οργάνων, μαζί με τις πολύτιμες πληροφορίες που μπορεί να παράσχει. Μέσω της εκπομπής υπερήχων μέσα από το σκυρόδεμα και της μέτρησης της ταχύτητάς τους, είναι δυνατό να αξιολογηθεί η ποιότητα και ομοιομορφία του υλικού (Εικόνα 12). Οι μετρήσεις είναι επηρεασμένες από παράγοντες όπως η κατάσταση της επιφάνειας, η θερμοκρασία, η υγρασία, η διαδρομή των υπερήχων και, προφανώς, από την παρουσία οπλισμού, εσωτερικών ελαττωμάτων και πυκνότητας του σκυροδέματος. Το όργανο που χρησιμοποιείται αποτελείται από μία γεννήτρια υπερήχων, έναν πομπό και έναν δέκτη σε μορφή κρυστάλλων, καθώς και έναν μετρητή χρόνου που καταγράφει τον χρόνο που απαιτείται για τη διάβαση των υπερήχων από το εξεταζόμενο στοιχείο. Συνιστάται η χρήση μιας λιπαντικής ουσίας μεταξύ των κρυστάλλων και της επιφάνειας του εξεταζόμενου στοιχείου, προκειμένου να διασφαλιστεί η παροχή υπερήχων σεολόκληρη τη μάζα του σκυροδέματος.

Μέσω αυτής της μεθόδου, πέραν του εντοπισμού των ατελειών, μπορούμε να εκτιμήσουμε τη θλιπτική αντοχή και την ελαστικότητα του σκυροδέματος. Επιπλέον, μπορούμε να μετρήσουμε τυχόν μεταβολές στις ιδιότητές του κατά τη διάρκεια του χρόνου. Ωστόσο, ως μειονέκτημα αναφέρεται η πιθανή επηρεασμένη ακρίβεια των αποτελεσμάτων λόγω της πυκνότητας και της διαφορετικής κατανομής των διαστάσεων των υλικών που αποτελούν το σκυρόδεμα.

3.2.4 Μαγνητικές Μέθοδοι

Με τη χρήση μαγνητικών πεδίων, είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε το πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος, καθώς και τη θέση και τη διάμετρο του οπλισμού, με αναφορά στην επιφάνεια του σκυροδέματος (Εικ. 14).



Εικόνα 12: Μαγνητική Μέθοδος

Ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης συσκευής, η μέτρηση της επικάλυψης μπορεί να παρουσιάζει ένα σφάλμα περίπου $\pm 10\%$ για βάθος μέχρι 180 mm. Ωστόσο, οι συσκευές αυτής της μεθόδου έχουν την ικανότητα ανίχνευσης με ακρίβεια μόνο την εξωτερική στρώση του οπλισμού. Συνεπώς, η αξιοπιστία τους μειώνεται όταν αντιμετωπίζουν περισσότερες στρώσεις οπλισμού.

3.3 Ημι-καταστροφικοί Έλεγχοι

Όσον αφορά τους ημι-καταστροφικούς ελέγχους, είναι προφανές ότι υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά τη βλάβη που μπορεί να προκληθεί στην κατασκευή. Επιπλέον, οι δειγματοληψίες ισχύουν για μια συγκεκριμένη κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος. Σε περιπτώσεις όπου στο ίδιο έργο έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερες από μία κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος, απαιτείται ο αντίστοιχος αριθμός δειγματοληψιών και ελέγχων για κάθε μία από αυτές. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κυριότεροι ελέγχοι που πραγματοποιούνται.

3.3.1 Πυρηνοληψία

Λόγω του υπολογίσιμου ποσοστού σφάλματος που συνδέεται με τις μη καταστροφικές μεθόδους διάγνωσης βλαβών, οι διεθνείς κανονισμοί απαιτούν την παράλληλη λήψη κυλινδρικών πυρήνων (γνωστοί και ως "καρότα") από τα στοιχεία της κατασκευής που εξετάζονται. Με τη λήψη πυρήνων, μπορούμε να αξιολογήσουμε όχι μόνο τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, αλλά και τη γενική κατάσταση του, τη θέση και τη διάμετρο των ράβδων οπλισμού, τυχόν εσωτερικές ατέλειες στη δομή του σκυροδέματος, ακόμη και τα αποτελέσματα προηγούμενων επεμβάσεων.

Η λήψη των πυρήνων γίνεται με ειδικό μηχάνημα και η διάμετρός τους κυμαίνεται από 10-15 εκ, αν και πρέπει να είναι τουλάχιστον τρεις φορές το μέγεθος του μεγαλύτερου αδρανούς υλικού που χρησιμοποιήθηκε στο συγκεκριμένο σκυρόδεμα. Ο λόγος του ύψους προς τη διάμετρο του πυρήνα κυμαίνεται από 0,95 -2,00. Οι πυρήνες οφείλουν να απέχουν περίπου 8 εκ. από τις άκρες του



εξεταζόμενου στοιχείου. Μετά τη λήψη, οι πυρήνες υποβάλλονται σε εργαστηριακούς

Εικόνα 13: Λήψη Πυρήνα για Εργαστηριακό Έλεγχο

ελέγχους προκειμένου να δώσουν αποτελέσματα. Για τον έλεγχο της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος είναι αναγκαίοι τουλάχιστον τρεις πυρήνες, ενώ σε περίπτωση επανέλεγχου μπορεί να είναι αναγκαίοι μέχρι 12 πυρήνες συνολικά. Επιπλέον, προτείνεται η λήψη δύο επιπλέον πυρήνων σε περίπτωση ατελειών σε ένα δοκίμιο.

Κατά τη διαδικασία λήψης πυρήνων από το σκυρόδεμα, ο οπλισμός αποκαλύπτεται και ένα τμήμα του αφαιρείται για να υποβληθεί σε έλεγχο με σκοπό να προσδιοριστούν οι ιδιότητές του. Ωστόσο, δεν πραγματοποιούνται έλεγχοι θλίψης στους πυρήνες σκυροδέματος που περιέχουν οπλισμό, καθώς η παρουσία της ράβδου μπορεί να επηρεάσει την αντοχή τους. Επιπρόσθετα οι παράγοντες που τροποποιούν τα αποτελέσματα του ελέγχου, είναι η θέση του πυρήνα καθ' ύψος του δοκιμίου καθώς και η διεύθυνση κοπής τους ως προς τη διεύθυνση σκυροδέτησης των εξεταζόμενων μελών.

3.3.2 Χρήση Εξολκέα

Με τη χρήση της μεθόδου του εξολκέα, μπορούμε να μετρήσουμε επί τόπου τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, η οποία προσεγγίζεται μέσω ειδικών διαγραμμάτων. Ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής συνδέεται με τη δύναμη που απαιτείται για να εξαχθεί ένα ειδικό μπουλόνι από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Μια εναλλακτική μέθοδος για τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής είναι η συγκόλληση μιας ειδικής κυκλικής μεταλλικής πλάκας στην επιφάνεια του σκυροδέματος, η οποία τείνει να αποσπαστεί με τη χρήση ενός ειδικού οργάνου μέχρι να προκληθεί η θραύση του σκυροδέματος. Αυτή η μέθοδος έχει πλεονεκτήματα έναντι της λήψης πυρήνων, καθώς μπορεί να παράσχει γρηγορότερα αποτελέσματα με ικανοποιητική ακρίβεια.

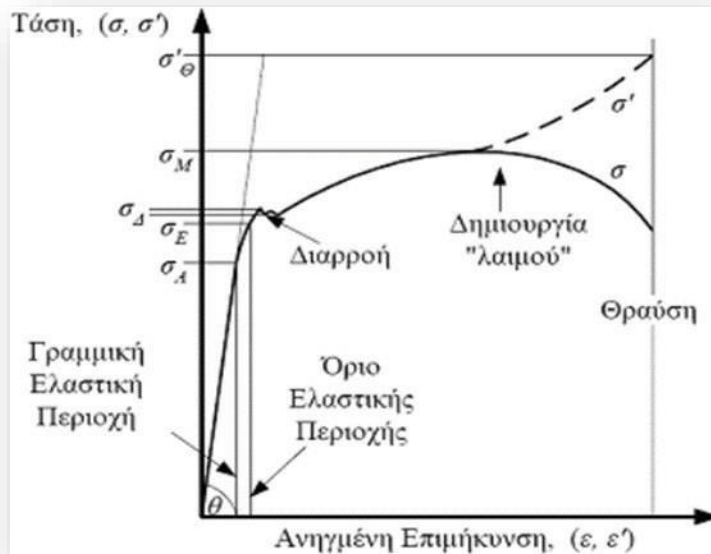


Εικόνα 14: Έλεγχος με Χρήση Εξολκέα

Τέλος, μια παραλλαγή αυτής της μεθόδου, αν και λιγότερο αξιόπιστη, είναι η εισαγωγή μεταλλικής ράβδου στη μάζα του σκυροδέματος, και η θλιπτική αντοχή καθορίζεται από το βάθος διείσδυσης της ράβδου.

3.3.3 Έλεγχος Εφελκυστικής Αντοχής του Χάλυβα

Αυτή η μέθοδος θεωρείται η πιο σταθερή για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του οπλισμού από χάλυβα. Σε αυτήν τη μέθοδο, λαμβάνεται ένα τμήμα της ράβδου μήκους 30 εκατοστών, το οποίο υποβάλλεται σε αξονικό έλεγχο εφελκυσμού για τη μέτρηση της εφελκυστικής αντοχής και του ορίου διαρροής του (Σχήμα 5). Ωστόσο, αυτή η μέθοδος έχει το μειονέκτημα του υψηλού κόστους και του χρόνου που είναι αναγκαίο για την εκτέλεσή της.



Σχήμα 4: Διάγραμμα Τάσεων – Παραμορφώσεων Χάλυβα

3.4 Ενδοτοπικοί Χημικοί Έλεγχοι

Οι ενδοτοπικοί χημικοί έλεγχοι γίνονται κυρίως για την απόκτηση πληροφοριών όσο αφορά τη διάρκεια ζωής του σκυροδέματος. Παρακάτω περιγράφονται 2 τέτοιοι έλεγχοι που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία.

3.4.1 Έλεγχος Ενανθράκωσης

Η ενανθράκωση είναι η διαδικασία μείωσης του pH και της αλκαλικότητας του σκυροδέματος λόγω της αντίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με τα συστατικά που έχει το τσιμέντο. Ως αποτέλεσμα της επιφανειακής ενανθράκωσης, η αλκαλική προστασία της επικάλυψης του σκυροδέματος μειώνεται, οδηγώντας σε διάβρωση.

Για τον προσδιορισμό του βάθους ενανθράκωσης, χρησιμοποιείται ένα διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Όταν η τιμή του pH υπερβαίνει το 9,5, το σκυροδέμα αποκτά μια βιολετί απόχρωση. Στη συνέχεια, η "χρωματισμένη" επιφάνεια συγκρίνεται με τα αποτελέσματα άλλων ελέγχων που αναδεικνύουν την παρουσία βλάβης. Σε περιοχές υψηλής οξύτητας, όπου η τιμή του pH είναι κάτω από το 9, το σκυροδέμα δεν υποστηρίζει αλλαγή χρώματος.

3.4.2 Έλεγχος Χλωριόντων

Ο συγκεκριμένος έλεγχος είναι μια σχετικά νέα μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ποσότητας χλωριδίων που υπάρχουν μέσα στο σκυρόδεμα. Η υπέρβαση του επιτρεπόμενου ορίου χλωριδίων θεωρείται σοβαρή ένδειξη διάβρωσης της κατασκευής.

3.5 Έλεγχος Καθολικής Φόρτισης

Η μέθοδος της καθολικής φόρτισης χρησιμοποιείται ως μια τελευταία προσέγγιση για τον έλεγχο κτιρίων όταν η φέρουσα ικανότητά τους είναι αβέβαιη, ειδικά στην περίπτωση κτιρίων χωρίς αρχικά διαθέσιμα σχέδια για την ανάκτηση απαραίτητων πληροφοριών. Η ανάλυση των φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί πρόκληση, ιδίως για κατασκευές που σχεδιάστηκαν βάσει παλαιότερων κανονισμών, καθώς είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η αντίδρασή τους σε ισχυρές σεισμικές δονήσεις. Η καθολική φόρτιση συνήθως εφαρμόζεται όταν υπάρχουν ενδείξεις υπέρβασης των επιτρεπόμενων τάσεων κάτω από συγκεκριμένες φορτίσεις. Ο έλεγχος καθολικής φόρτισης έχει μικροδονήσεις ή άλλες μεθόδους μέτρησης, και στοχεύει στον υπολογισμό δυναμικών χαρακτηριστικών της κατασκευής, όπως η βασική περίοδος και η απόσβεση, ή τμημάτων που παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για πιθανές ατέλειες. Επιπλέον, για να μετρηθούν οι μετακινήσεις και οι παραμορφώσεις του φορέα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπλέον κατακόρυφη φόρτιση.

Κεφάλαιο 4^ο

«Ανασχεδιασμός Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος»

4.1 Γενικά

Μετά την αξιολόγηση για την οριστική μελέτη της κατασκευής και την εκτίμηση της ανεπάρκειας της ή της επικινδυνότητας πιθανών βλαβών, πραγματοποιείται η μελέτη ανασχεδιασμού. Σε αυτήν περιλαμβάνεται η τεχνική περιγραφή και τα σχέδια των επεμβάσεων που είναι να γίνουν. Οι περιγραφές αφορούν τον φορέα, τις τοιχοπληρώσεις και τις αστοχίες τους (το είδος φθοράς, η θέση και η αιτία), τους εφαρμοζόμενους κανονισμούς, τις παραδοχές των φορτίσεων και τους αναλυτικούς υπολογισμούς. Επιπλέον, περιγράφονται οι επεμβάσεις που απαιτούνται, τα νέα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και η συνοχή τους με τον υφιστάμενο φορέα.

Τα σχέδια παρουσιάζουν την υπάρχουσα δομή και τα μη-φέροντα στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων πιθανών αφαιρέσεων και λεπτομερειών σχετικά με τις συνδέσεις των νέων στοιχείων ή υλικών με τα υπάρχοντα. Το τεύχος υπολογισμών περιλαμβάνει λεπτομερείς υπολογισμούς με τις αντίστοιχες υποθέσεις, φορτία και στατικές προσομοιώσεις, καθώς και τη μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε. Παράλληλα, παρέχεται μια έκθεση που περιγράφει τις τεχνικές προδιαγραφές των νέων υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων ποιότητας και αντοχής. Τέλος, παρουσιάζονται όλα τα απαιτούμενα μέτρα μετά την ολοκλήρωση των εργασιών και οι απαιτούμενες διαδικασίες συντήρησης για τη διατήρηση της κατασκευής.

Η ανασχεδίαση κατασκευών στην Ελλάδα, μια χώρα με υψηλό κίνδυνο σεισμών, συνήθως εφαρμόζεται μόνο σε περιπτώσεις επισκευής και ενίσχυσης κτιρίων μετά από έναν σεισμό. Όταν υπάρχουν βλάβες σε μια κατασκευή, τότε είναι αναγκαίος ο ανασχεδιασμός. Ωστόσο, στις περιπτώσεις κατασκευών χωρίς βλάβες, η μειωμένη σεισμική ασφάλεια που προκύπτει από έναν σύγχρονο αναλυτικό υπολογισμό, βάσει των σύγχρονων κανονισμών, δεν αποτελεί επαρκές κριτήριο για την απόφαση ανασχεδιασμού. Η απόφαση αυτή είναι πολύπλοκη και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η σημασία της κατασκευής, το κόστος, η ηλικία και ο υπολειπόμενος χρόνος ζωής για την καθορισμό των κριτηρίων αποδοχής για τον ανασχεδιασμό.

Μπορεί να επιλεγθεί μια ασφαλής λύση ενίσχυσης της κατασκευής, είτε πλαταίνοντας

την αντοχή και την ακαμψία της, είτε πληθαίνοντας την ικανότητά της για μεγάλες παραμορφώσεις χωρίς να υποστεί ζημιές..

Διακρίνονται λοιπόν 3 στρατηγικές αντισεισμικής ενίσχυσης με βάση την σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής που επιδιώκεται:

- Ύψωση δυσκαμψίας και αντοχής της κατασκευής
- Ύψωση πλαστιμότητας της κατασκευής
- Ύψωση δυσκαμψίας, αντοχής και πλαστιμότητας της κατασκευής.

Επιπλέον, μπορούμε να θεωρήσουμε ως ενίσχυση κάθε διαδικασία που μειώνει την εισαγόμενη σεισμική δράση στην κατασκευή, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απαιτούμενη σεισμική της ικανότητα.

Ωστόσο, η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου και της συγκεκριμένης τεχνικής κατασκευής μπορεί να αποτελέσει πρόκληση. Αρχικά, πρέπει να εκτιμηθούν όλες οι διαθέσιμες εναλλακτικές διαδικασίες, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες και τους νομικούς, πολεοδομικούς και άλλους περιορισμούς. Έπειτα, πρέπει να εξεταστούν άλλοι σημαντικοί παράγοντες, όπως το κόστος και το διάστημα της επέμβασης, ο βαθμός ενόχλησης για τους κατοίκους και η διαθεσιμότητα εξειδικευμένου προσωπικού.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαν να αναφερθούν τρεις κύριοι λόγοι για τον ανασχεδιασμό:

- Υποχρεωτική τήρηση των κανονισμών, είτε λόγω αλλαγής στη χρήση της κατασκευής είτε λόγω αλλαγών στους κανονισμούς ή για άλλους λόγους.
- Επιθυμία του ιδιοκτήτη για βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής (κυρίως σε σχέση με σεισμούς), προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος για τους κατοίκους (προστασία από κατάρρευση) ή να περιοριστούν οι ζημιές (οικονομική προστασία).
- Επιδιόρθωση βλαβών, συνήθως μετά από ισχυρό σεισμό, και πιθανή ενίσχυση για βελτιωμένη αντοχή σε μελλοντικές καταστάσεις έντασης.

Ο ανασχεδιασμός, ακολουθεί γενικά τα ακόλουθα στάδια:

1. **Νέα σύλληψη του έργου.** Αυτό το στάδιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιπτώσεις αντισεισμικού σχεδιασμού, ειδικά όταν η ερμηνεία των

βλαβών έχει δείξει ότι προήλθαν από κακή αρχική σύλληψη του έργου ή από ανεπιτυχείς επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της ζωής του (π.χ. προσθήκες ύψος ή επέκταση).

2. **Επανεκτίμηση των δράσεων σχεδιασμού.** Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι οι ευρείες ενισχύσεις, είτε κατακόρυφες είτε οριζόντιες, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού βάρους της κατασκευής. Ως αποτέλεσμα, αλλάζουν και τα οριζόντια φορτία που δρουν στην κατασκευή κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Αυτή η μεταβολή οφείλεται σε δύο αιτίες. Αφενός, στην αλλαγή των κατακόρυφων δράσεων που συνδυάζονται με τις σεισμικές δυνάμεις. Αφετέρου, στην αλλαγή της δυσκαμψίας της κατασκευής λόγω των ενισχύσεων (πιθανώς, μετακίνηση της ιδιοπεριόδου της κατασκευής προς μικρότερες τιμές, προκαλώντας μεγαλύτερη τεταγμένη του φάσματος απόκρισης και, συνεπώς, μεγαλύτερα συμβατικά σεισμικά φορτία).
3. **Νέα ανάλυση της κατασκευής,** όπως αυτή θα διαμορφωθεί μετά τις επεμβάσεις. Κατά την εν λόγω φάση, απαιτείται ειδική προσοχή κατά την αξιολόγηση των νέων αυξημένων δυσκαμψιών στα στοιχεία που υποβάλλονται σε ενίσχυση, καθώς και των μειωμένων δυσκαμψιών στα στοιχεία που δεν πρόκειται να υποστούν ενίσχυση και είχαν εμφανίσει μικρές ατέλειες στην προηγούμενη ανάλυση.
4. **Αναδιαστασιολόγηση των στοιχείων που πρόκειται να ενισχυθούν,** καθώς και εκ νέου έλεγχος των στοιχείων για τα οποία δεν προβλέπεται ενίσχυση.
5. Για τον υπολογισμό του φορτίου και της απόκρισης του συστήματος μετά την ενίσχυση, απαιτείται η κατανόηση της ακαμψίας και της ευελιξίας των ενισχυμένων στοιχείων, καθώς και των νέων πρόσθετων στοιχείων, προκειμένου να καθοριστεί ο συντελεστής συμπεριφοράς τους. Επιπλέον, για τον προσδιορισμό των διαστάσεων, απαιτείται η γνώση της φορητικής ικανότητας των ενισχυμένων στοιχείων..

Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ, οποιαδήποτε παρέμβαση σε μια υφιστάμενη κατασκευή, είτε αυτή έχει βλάβες είτε όχι, έχει ως στόχο τον ανασχεδιασμό της και υλοποιείται μέσω της προσθήκης νέων υλικών ή στοιχείων στα υφιστάμενα δομικά στοιχεία.

4.2 Στρατηγικές Ενίσχυσης Της Κατασκευής

Μια κατασκευή που θεωρείται ελαττωματική είτε λόγω ήδη υφιστάμενων σεισμικών δονήσεων είτε λόγω πιθανών μελλοντικών δονήσεων, πρέπει να ενισχυθεί. Φυσικά, η ενίσχυση που θα σχεδιαστεί και θα εφαρμοστεί πρέπει να αφορά τα δομικά στοιχεία που παραμένουν ανέπαφα και παραμένουν σε καλή γεωμετρική και δομική κατάσταση. Για παράδειγμα, κόμβοι με σοβαρή ζημιά και πλήρη αποσύνθεση του σκυροδέματος είναι απαράδεκτοι για αναπαραγωγή.

Επιπλέον, είναι προφανές ότι η ενίσχυση μιας υπάρχουσας κατασκευής βασίζεται σε δύο παράλληλες και αλληλεξαρτώμενες φιλοσοφίες. Καταρχάς, η ενίσχυση μπορεί να είναι αποτέλεσμα του σχεδιασμού και της ενίσχυσης της συνολικής κατασκευής. Αναλυτικότερα, η κατασκευή αντιμετωπίζεται ως ένα σύνολο και ο στόχος του ανασχεδιασμού είναι η μείωση των πιο αδύναμων σημείων της κατασκευής και η καλύτερη κατανομή της ενέργειας που εισέρχεται στην κατασκευή από τη σεισμική διέγερση. Φυσικά, η ενέργεια αυτή για την υπάρχουσα και μη ενισχυμένη κατάσταση είναι συγκεκριμένη και μπορεί να υπολογιστεί κατά την αξιολόγηση. Συνεπώς, πρακτικά και με βάση την απόδοση και το κόστος που μπορεί να αντέξει ο κύριος του έργου, σχεδιάζονται ολοκληρωμένα σενάρια ενίσχυσης που επιτρέπουν στη νέα ενισχυμένη κατασκευή να αντέξει την αυξημένη κινητική ενέργεια του σταδίου του ανασχεδιασμού. Επιπλέον, είναι προφανές ότι η ενίσχυση ως ένα σύνολο και όχι απλά των μεμονωμένων δομικών στοιχείων, απαιτεί την εισαγωγή νέων δομικών στοιχείων στην κατασκευή. Αυτό συνεπάγεται σημαντικές κατασκευαστικές προκλήσεις, καθώς και την ανάγκη για συνεκτικότητα μεταξύ των νέων και υπάρχοντων υλικών.

Συνολικά, η ενίσχυση μιας κατασκευής για την επίτευξη επιθυμητής σεισμικής συμπεριφοράς μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους:

1. Αυξάνοντας τη δυσκαμψία του συνόλου του φορέα και τη συμπεριφορά της κατασκευής, μέσω ενίσχυσης των υφισταμένων στοιχείων, όπως αύξηση του πάχους των υφιστάμενων τοιχωμάτων.
2. Αυξάνοντας την πλαστιμότητα της κατασκευής μέσω ενίσχυσης των υφισταμένων στοιχείων, για να μπορούν να απορροφήσουν περισσότερη ενέργεια, όπως με τη χρήση πυκνών συνδετήρων, ελασμάτων ή επικολλητών πολυμερών φύλλων.

3. Αυξάνοντας ταυτόχρονα τη δυσκαμψία και την πλαστιμότητα μέσω ενίσχυσης των υφισταμένων στοιχείων, κυρίως με μανδύες στα υποστυλώματα και αύξηση του πάχους των τοιχωμάτων.
4. Ενίσχυση της πλαστιμότητας, της αντοχής και της δυσκαμψίας μέσω της προσθήκης νέων τοιχείων και ενίσχυσης των υφιστάμενων στύλων με μανδύες.
5. Ενσωμάτωση μεθόδων στην κατασκευή που αποσκοπούν στη μείωση της μεταφερόμενης σεισμικής ενέργειας, όπως η μέθοδος της σεισμικής μόνωσης.

Αυτοί οι τρόποι ενίσχυσης εφαρμόζονται ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο και τις απαιτήσεις για την αντοχή και τη συμπεριφορά της κατασκευής κατά την σεισμική δράση.

Γενικά, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για την αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής του κτιρίου είναι η εμφάνιση τοιχωμάτων εντός των πλαισίων, καθώς και η προσθήκη δικτυωτών συστημάτων ή τοιχωμάτων ως συνέχεια των υφισταμένων υποστυλωμάτων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση μανδύων στα υπάρχοντα υποστυλώματα και η προσθήκη τοιχωμάτων ως επέκταση των στύλων θεωρούνται επιλογές που αποσκοπούν στην αύξηση της πλαστιμότητας. Τέλος, η συνδυασμένη και κατευθυνόμενη εφαρμογή αυτών των λύσεων θεωρείται αποτελεσματική για την αύξηση τόσο της δυσκαμψίας όσο και της πλαστιμότητας της κατασκευής. Γενικά, η εφαρμογή λύσεων που απαιτούν σημαντικές παρεμβάσεις στο υπάρχον στατικό σύστημα πρέπει να αντιμετωπίζεται με σύνεση λόγω του κόστους και της πιθανής αλλαγής στη συμπεριφορά της κατασκευής.

4.3 Ενίσχυση Δοκών

Όπως συμβαίνει με κάθε δομικό στοιχείο, η επισκευή των δοκών αποτελεί προτεραιότητα σε περιπτώσεις μετασεισμικών ζημιών. Αυτή η επισκευή μπορεί να γίνει μέσω ενεσίων ρητινών και κολλητικών υλικών για ελαφριές ρηγματώσεις ή μέσω πλήρους αντικατάστασης με δοκό ίσης διατομής για σοβαρές ζημιές.

Όσον αφορά την ενίσχυση των δοκών, αυτή χωρίζεται σε κατηγορίες ανάλογα με το εντατικό μέγεθος που στοχεύει να αυξήσει την αντοχή τους. Έτσι, υπάρχουν τεχνικές που αυξάνουν την κάμψη, τεχνικές που αυξάνουν την διατμητική αντοχή, καθώς και τεχνικές που αυξάνουν και τις δύο αντοχές ταυτόχρονα.

4.3.1 Καμπτική Ενίσχυση Με Πρόσθετη Στρώση Σκυροδέματος

Για την αύξηση της ικανότητας παραλαβής ροπής σε μια δοκό, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορες μεθόδους σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Μία από αυτές είναι η προσθήκη μιας νέας στρώσης σκυροδέματος στο εφελκυόμενο πέλμα της δοκού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορούμε επίσης να ενισχύσουμε το θλιβόμενο πέλμα με μια στρώση σκυροδέματος για να αυξήσουμε το μοχλοβραχίονα των εσωτερικών δυνάμεων του στοιχείου (ΚΑΝ.ΕΠΕ. παράγραφος 8.2.1.3.β). Αυτή η επέμβαση εμπεριέχει την τοποθέτηση καινούριων εφελκυόμενων οπλισμών και τη χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 50-100 χιλιοστών σε όλο το πλάτος της δοκού. Για να δημιουργηθεί μια πλήρης μονολιθική διατομή, πρέπει να επεξεργαστεί η υφιστάμενη επιφάνεια μέσω υδροβολής, ηλεκτρικού βελονιού ή αέρος. Παράλληλα, απαιτείται η χρήση διατμητικών συνδέσμων, όπως χάλυβας, μονότμητα ή δίτμητα βλήτρα με χημική ή μηχανική αγκύρωση, ή ηλεκτροσυγκόλληση των νέων ράβδων στις υφιστάμενες. Σημειώνεται ότι η συγκόλληση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αντοχή του χάλυβα, επομένως συνήθως προτιμούνται τα βλήτρα. Σε περίπτωση που απαιτείται η χρήση ηλεκτροσυγκόλλησης, αυτή πρέπει να γίνεται με βάση τις διατάξεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων και να διασφαλίζεται η επαρκής και αξιόπιστη αγκύρωση των υφισταμένων ράβδων οπλισμού.

4.3.2 Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος Σε Δοκούς

Σε περιπτώσεις όπου η αντοχή μιας δοκού σε κάμψη δεν πληροί τα κριτήρια σχεδιασμού, μπορεί να γίνει ενίσχυση με την προσθήκη νέου οπλισμού στα πέλματά της. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε όλο το πλάτος της δοκού, δημιουργώντας έναν μονόπλευρο μανδύα Ο/Σ. Το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος κυμαίνεται συνήθως από 7 έως 10 εκατοστά. Πριν εφαρμοστεί η μέθοδος, είναι απαραίτητη η πλήρης αποφόρτιση της ενισχυόμενης δοκού. Ο έλεγχος της δοκού πραγματοποιείται με βάση τον συνδυασμό της σύνθετης διατομής ως μονολιθικής, αλλά σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., οι τιμές έντασης διαιρούνται με έναν συντελεστή 0,85 ή οι αντοχές πολλαπλασιάζονται με έναν συντελεστή 0,85. Επιπλέον, πρέπει να ελεγχθεί η διεπιφάνεια για τη μεταβίβαση των φορτίων από τον αρχικό φορέα στο ενισχυμένο μέλος. Σε αυτήν την περίπτωση, υπολογίζεται η διατμητική αντίσταση της διεπιφάνειας σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

(παράγραφος 8.1.1.), και πρέπει να είναι το λιγότερο 35% πιο μεγάλη από τη δύναμη που δρα σε αυτήν. (Καπετανάκος, 2018). Η διατμητική αντίσταση της διεπιφάνειας είναι εξαρτημένη από το εμβαδόν της και τους μηχανισμούς βλήτρου και τριβής που χρησιμοποιούνται για τη μεταβίβαση των δυνάμεων.



Εικόνα 15: Ενίσχυση κάτω πέλατος δοκών (Βαρδακαστάνης Οικοδομική, 2020)

4.3.3 Καμπτική Ενίσχυση Με Επικολλητά Φύλλα Χάλυβα Ή Ινοπλισμένα Πολυμερή
Πρόκειται για μια λύση που βελτιώνει την καμπτική αντοχή των δοκών, αυξάνοντας την ακαμψία και μειώνοντας τις παραμορφώσεις και, συνεπώς, τις ρηγματώσεις στα δομικά στοιχεία. Η λειτουργία της βασίζεται στον αντιστατικό οπλισμό των στοιχείων και στην ανάληψη εφελκυστικών τάσεων.

Ένα από τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η αγκύρωση των ελασμάτων, ειδικά στις άκρες τους, όπου η ασυνέχεια μπορεί να προκαλέσει έντονες διατμητικές και καμπτικές τάσεις και, συνεπώς, απόσχιση του υφιστάμενου σκυροδέματος που συνήθως έχει χαμηλή εφελκυστική αντοχή.

Επομένως, δύο κρίσιμα στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι ο απαιτούμενος μήκος αγκύρωσης των υλικών ενίσχυσης και η θέση της αγκύρωσης, καθώς επηρεάζουν την πιθανότητα απόσχισης. Επιπλέον, η αγκύρωση των υφασμάτων είναι ένα κρίσιμο σημείο, καθώς πρέπει να αποφεύγεται η διάβρωσή τους και η πρόωρη αποκόλληση από το υφιστάμενο σκυρόδεμα.



Εικόνα 16: Εφαρμογή υφασμάτων ινοπλισμένων πολυμερών σε δοκό για αύξηση καμπτικής αντοχής αριστερά και καμπτικής & διατμητικής δεξιά (Σφακιανάκης 2018).

4.3.4 Μεταλλικοί Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας

Οι συνδέσμοι δυσκαμψίας κυρίως αποτελούνται από μεταλλικά υλικά, καθώς ο χάλυβας είναι ιδιαίτερα κατάλληλος λόγω των ευνοϊκών μηχανικών του ιδιοτήτων. Ο χάλυβας μπορεί να υποστεί μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις και να απορροφήσει μεγαλύτερη σεισμική ενέργεια. Οι μεταλλικοί συνδέσμοι δυσκαμψίας χρησιμοποιούνται για την αύξηση της αντοχής στο πλάγιο φορτίο. Με την προσθήκη των συνδέσμων δυσκαμψίας, οι σεισμικές δυνάμεις κυρίως αναλαμβάνονται από τις αξονικές δυνάμεις των συνδέσμων. Η ενίσχυση της κατασκευής με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας δεν επιτρέπει την εμφάνιση αστοχίας μέσω της δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων.



Εικόνα 17: Ενίσχυση με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας

4.4 Ενίσχυση σε Υποστυλώματα

4.4.1 Μανδύες Οπλισμένου Σκυροδέματος Σε Υποστυλώματα

Ο αντισεισμικός ανασχεδιασμός μιας υφιστάμενης κατασκευής συχνά περιλαμβάνει επεμβάσεις στα υποστυλώματα. Όταν παρουσιάζονται βλάβες, η λύση μπορεί να είναι είτε η επισκευή των αρχικών χαρακτηριστικών του υποστυλώματος, είτε η βελτίωσή τους μέσω ενίσχυσης. Η ενίσχυση μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από την ύπαρξη βλαβών, ενώ συνήθως προηγείται επισκευή σε περιπτώσεις βλαβών. Τα υποστυλώματα αποτελούν σημαντικά στοιχεία για τον αντισεισμικό σχεδιασμό μιας κατασκευής και συνήθως επικεντρώνονται οι επεμβάσεις σε αυτά κατά τη μελέτη αποτίμησης και ανασχεδιασμού. Επιπλέον, τα υποστυλώματα και γενικά τα κατακόρυφα στοιχεία είναι συχνά οι τομείς που υποστηρίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό βλαβών λόγω σεισμού, καθώς υφίστανται σημαντικές παραμορφώσεις και απαιτούν αυξημένη πλαστιμότητα.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ενίσχυσης υφιστάμενων υποστυλωμάτων που παρουσιάζουν αδυναμία στην αντοχή, τη δυσκαμψία και την πλαστιμότητά τους είναι η αύξηση των διαστάσεων της διατομής με την κατασκευή ενός μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η συγκεκριμένη τεχνική παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα. Από τη μία πλευρά, δεν αλλάζει η αρχιτεκτονική εμφάνιση της ενισχυμένης κατασκευής με την προσθήκη νέων υλικών, ενώ από την άλλη πλευρά, βελτιώνει το επίπεδο πυροπροστασίας. Επιπλέον, η κατασκευή ενός μανδύα που περιβάλλει το υφιστάμενο

στοιχείο οδηγεί σε μείωση της ευαισθησίας στην κάμψη και αύξηση της δυσκαμψίας της διατομής.

Ανάλογα με την μορφή του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του μανδύα, οι πλέον διαδεδομένες μορφές μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος που κατασκευάζονται στην πράξη είναι τα ακόλουθα (Καπετανάκος, 2018):

- 4.4.1.1 Μανδύες Έγχυτου Σκυροδέματος
- 4.4.1.2 Μανδύες Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος
- 4.4.1.3 Μανδύες Ειδικών Σκυροδέματος Ή Τσιμεντοκονιαμάτων



Εικόνα 18: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος (Πανεπιστήμιο Πατρών, 2020)

4.4.2 Μανδύες Από Ινοπλισμένα Πολυμερή (FRP)

Τα ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) είναι προηγμένα υλικά που αποτελούνται από ινώδεις δομές υψηλής αντοχής και ελαστικότητας, οι οποίες συγκολλώνται με μια σκληρυμένη μήτρα ρητίνης. Οι ίνες λειτουργούν ως αρματωτικό υλικό για τη μεταφορά φορτίων, ενώ η μήτρα ρητίνης παρέχει συνοχή στο σύστημα, μεταφέρει τα φορτία στις ίνες και προστατεύει αυτές από το περιβάλλον. Η μήτρα ρητίνης είναι ένα πολυμερές υλικό, ενώ οι πιο συνηθισμένες ίνες που χρησιμοποιούνται είναι γυαλί, αραμίδιο και άνθρακας. Τα FRP μπορούν να παρουσιάζουν διάφορες μορφές, όπως ταινίες, πάνελ, ράβδοι, καλώδια και τενόντες, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενίσχυση για την αντίσταση σε κάμψη, διάτμηση, τοπική ενίσχυση δομικών στοιχείων, προένταση φορέων ή ακόμη και για την ολοκληρωτική μορφοποίηση δομικών μελών, όπως δοκούς και επιφανειακά στοιχεία. Τα συνθετικά υλικά παρουσιάζουν χαρακτηριστικά όπως το χαμηλό βάρος, υψηλή αντοχή σε σχέση με το βάρος και εξαιρετική ελαστικότητα σε σχέση με το βάρος. Επιπλέον, τα περισσότερα ινοπλισμένα πολυμερή είναι ανθεκτικά στην ηλεκτροχημική διάβρωση. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό τους είναι η σχεδόν γραμμική συμπεριφορά έντασης-παραμόρφωσης μέχρι την αστοχία τους. Τα FRP αποτελούν μια καινοτόμα επιλογή για την ενίσχυση κατασκευών, προσφέροντας βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.

Παρά το γεγονός ότι οι μήτρες μπορούν να υποστούν πλαστική παραμόρφωση, οι ίνες συνήθως εμφανίζουν ελαστική συμπεριφορά. Επειδή όμως η συνολική συμπεριφορά του συνθετικού υλικού κυρίως καθορίζεται από τις ινώδεις δομές, οι οποίες αναλαμβάνουν τη μεταφορά του φορτίου, τα ινοπλισμένα πολυμερή υλικά που χρησιμοποιούνται για την επισκευή και ενίσχυση κατασκευών σπάνια υποστηρίζουν πλαστική παραμόρφωση ή διαρροή. Αντίθετα, η αστοχία συνήθως εκδηλώνεται με τον τρόπο της θραύσης, όταν το υλικό ξεπερνά το όριο αντοχής του. Για παράδειγμα, οι ίνες άνθρακα που χρησιμοποιούνται εμπορικά έχουν αντοχή σε εφελκυσμό που κυμαίνεται από 2100 MPa έως 6800 MPa, με μια συνηθισμένη τιμή περίπου 3500 MPa, και ελαστική αντοχή από 215 GPa έως 700 GPa. Η επιμήκυνση κατά τη θραύση κυμαίνεται από 0,2% έως 2,5%, ανάλογα με τον τύπο της ίνας και τη μέθοδο κατασκευής. Η εξωτερική ενίσχυση με έναν μανδύα από ινοπλισμένα πολυμερή υλικά είναι κατάλληλη για πληθώρα εφαρμογών.

Αντιπροσωπευτικές χρήσεις είναι οι ακόλουθες:

- 4.4.2.1 Ενίσχυση Της Φέρουσας Ικανότητας Της Κατασκευής.
- 4.4.2.2 Παθητική Περίσφιξη Για Βελτιστοποίηση Της Ικανότητας Ανάληψης Σεισμικών Φορτίων.
- 4.4.2.3 Έλεγχος Ρηγματώσεως Και Συρραφή Ρωγμών.



Εικόνα 19: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με ΙΟΠ (Δασκαλάκης Τεχνική Κατασκευαστική Μελετητική, 2020)

4.4.3 Χαλύβδινα Ελάσματα

Ο συνηθέστερος τρόπος για την επιβολή εξωτερικής περίσφιξης χωρίς να αυξηθεί η διατομή του υποστυλώματος είναι μέσω της χρήσης επικολλητών χαλύβδινων διατομών. Ένας διαδεδομένος τρόπος επίτευξης αυτού είναι με τη χρήση ενός μεταλλικού κλουβιού, το οποίο αποτελείται από την προσαρμογή τεσσάρων μεταλλικών γωνιακών στις κορυφές του υποστυλώματος και τη σύσφιξή τους με ειδικά κλειδιά για να επιβληθεί η περίσφιξη. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθούν επικολλητά χαλύβδινα κολάρα και λάμες, με συνήθες πάχος 1-2 mm, που περιβάλλουν ολόκληρη τη διατομή του ενισχυόμενου υποστυλώματος. Αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν την επιβολή της περίσφιξης χωρίς να απαιτείται αύξηση της διατομής του υποστυλώματος.

Μια εναλλακτική μέθοδος για την ενίσχυση υποστυλωμάτων, ιδίως με κυκλική διατομή, είναι η κατασκευή ενός ολόκληρου μανδύα από μέταλλο. Όταν η καμπτική

αντοχή της υφιστάμενης δοκού δεν είναι ικανοποιητική, μπορούν να προστεθούν επιπλέον ελαστάματα από χάλυβα ή ακόμα και κολλημένες μεταλλικές διατομές που τοποθετούνται γύρω από τη δοκό. Η χρήση κολλημένων διατομών σε σχήμα ανεστραμμένου Π είναι κοινή όταν απαιτείται έντονη ενίσχυση.

Αντί να συνδεθούν με κοχλίες, τα ελαστάματα από χάλυβα μπορούν να επικολληθούν στην επιφάνεια του σκυροδέματος με τη χρήση εποξικής κόλλας, με σκοπό να αυξηθεί η καμπτική αντοχή της δοκού. Η επικόλληση των ελασμάτων είναι πολύ πιο απλή σε σύγκριση με τη διάτρηση του σκυροδέματος και την τοποθέτηση κοχλιών. Επιπλέον, οι εργασίες ενίσχυσης μπορούν να πραγματοποιηθούν γρήγορα, με ελάχιστη επιβάρυνση τόσο για την υφιστάμενη κατασκευή όσο και για τους κατοίκους του κτιρίου (Καπετανάκος, 2018).



Εικόνα 20: Ενίσχυση υποστυλώματος με χαλύβδινες λάμες (Καϊρης, Χατζηβασιλειάδης, 2008)

4.4.4 Ενίσχυση Με Αύξηση Της Διατομής Υποστυλώματος

Η ενίσχυση υφιστάμενων υποστυλωμάτων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της κατασκευής εξωτερικού μανδύα σκυροδέματος, που στοχεύει στην αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας μέσω της αύξησης των γεωμετρικών διαστάσεων της διατομής. Αυτή η ενέργεια αποδεικνύεται αποτελεσματική σε περιπτώσεις σοβαρών βλαβών ή όταν υπάρχουν μελλοντικά φορτία ή αλλαγή χρήσης που θα επιβαρύνουν το υποστύλωμα. Η ενίσχυση υλοποιείται με την προσθήκη νέων στρωμάτων σκυροδέματος, νέου κατακόρυφου οπλισμού και εγκάρσιων οπλισμών για τη δημιουργία μονολιθικής σύνδεσης μεταξύ των διαφορετικών υλικών. Σε περιπτώσεις πάχους μανδύα μεγαλύτερου από 8cm, απαιτείται η χρήση ξυλοτύπου και έγχυτου σκυροδέματος με κατάλληλες διατάξεις για την επιτυχή χύτευση. Σε περιπτώσεις με μικρότερο πάχος μανδύα, είναι ενδεδειγμένη η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Τέλος, η χρήση μανδύα με σκυροτσιμεντόπηγμα ή ειδικών σκυροδεμάτων αποτελεί μια επιλογή για ειδικές περιπτώσεις, υπό την προϋπόθεση ότι διατίθεται κατάλληλο εκπαιδευμένο προσωπικό (Καπετανάκος, 2018).



Εικόνα 21: Τοποθέτηση νέων κατακόρυφων οπλισμών μανδύα. Ο μανδύας συνεχίζει και στο ανώτερο υποστύλωμα οπότε και οι ράβδοι διαπερνούν την πλάκα (προσωπικό αρχείο).

4.4.5 Ενίσχυση Περίσφιξης Υποστυλωμάτων Με Χρήση ΜεταλλικώνΚλωβών

Η εξωτερική περίσφιξη υποστυλωμάτων μπορεί να γίνει με χαλύβδινο κλωβό που δημιουργείται με κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα μαζί με πυκνά οριζόντια χαλύβδινα κολλάρα, ή με πλήρη χαλύβδινα φύλλα.



Εικόνα 22: Ενίσχυση περίσφιξης υποστυλώματος με χρήση χαλύβδινων μεταλλικών ελασμάτων (Τεχνική κλωβού)

4.5 Ενίσχυση Τοιχωμάτων

Η ενίσχυση των τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων μπορεί να γίνει είτε με περίσφιξη είτε με προσθήκη στρώσεων σκυροδέματος και αύξηση των γεωμετρικών διαστάσεων. Οι εφαρμογές για τα υποστύλωματα απαιτούν κάποιες τροποποιήσεις λόγω του μήκους και της λειτουργίας τους. Η περίσφιξη των τοιχωμάτων είναι πιο προβληματική λόγω του μήκους τους, αλλά μπορεί να επιτευχθεί μέσω μεταλλικών κλωβών ή ινοπλισμένων πολυμερών. Αυτές οι μέθοδοι αυξάνουν την ικανότητα να αντέχουν σε καμπτική και διατμητική ένταση. Η προσθήκη μεταλλικού κλωβού είναι πρακτική και επιτρέπει την προσωρινή ενίσχυση τοιχωμάτων που εκτέθηκαν σε μετασεισμικά βάρη.

Όσον αφορά τους μανδύες στα τοιχώματα, αυτοί μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τον αριθμό των πλευρών ενίσχυσης. Μπορεί να αυξηθεί μόνο το πάχος του τοιχώματος με μονή ή διπλή ενίσχυση για ελαφριά διατμητική ενίσχυση, αλλά μπορεί επίσης να αυξηθούν ταυτόχρονα το πάχος και το μήκος του μανδύα. Αυτή η λύση είναι προτιμητέα για την ενίσχυση σε κάμψη και διάτμηση, επιτρέποντας επίσης τον σχηματισμό των άκρων σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις κατευθυντήριες γραμμές. Πρέπει να διασφαλιστεί η συνέχεια της ενίσχυσης σε όλους τους ορόφους, για την οποία απαιτούνται τρύπες για την τοποθέτηση δισδιαγώνιων οπλισμών.

Οι κατασκευαστικές διατάξεις καθορίζουν ελάχιστο πάχος ενίσχυσης των 50 mm για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και 80 mm για έγχυτο σκυρόδεμα. Επίσης, προβλέπουν τη χρήση διαμπερών βλητρών. Είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί τουλάχιστον μία κατηγορία σκυροδέματος υψηλότερη από το υφιστάμενο επίπεδο (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε 2001).



Εικόνα 24: Παράδειγμα προσωρινής ενίσχυσης τοιχώματος ισογείου με μεταλλικό κλωβό



Εικόνα 23: Παράδειγμα προσωρινής ενίσχυσης τοιχώματος ισογείου με μανδύα

4.5.1 Ενίσχυση Πλαισίων Με Τοποθέτηση Δικτυωτών Συνδέσμων Δυσκαμψίας

Πραγματοποιήθηκε ενίσχυση επιλεγμένων φανωμάτων του υφιστάμενος φορέα μέσω της προσθήκης μεταλλικών κατακόρυφων διαγώνιων συνδέσμων. Αυτή η μέθοδος αποτελεί μία από τις συνήθεις ενισχύσεις στις κατασκευές με πλαστικό φέροντα οργανισμό για την αντιμετώπιση σεισμικών φορτίων. Με την προσθήκη των συνδέσμων, ακυρώνεται η αξονική δύναμη του χαλβά στα πλαίσια, καθώς ο χαλβάς έχει την ικανότητα να υποστεί μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις. Αυτό το χαρακτηριστικό του τον καθιστά κατάλληλο για την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας. Μέσω αυτής της μεθόδου ενίσχυσης, επιτυγχάνεται κυρίως η αύξηση της δυσκαμψίας της κατασκευής, ενώ μπορεί επίσης να επιτευχθεί σημαντική αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας. Η τοποθέτηση των δικτυωτών συνδέσμων προσφέρει επίσης το πλεονέκτημα της ελαφρότητας στα κατακόρυφα φορτία του φορέα, ενώ ελάχιστα επηρεάζει την αρχιτεκτονική εμφάνιση του κτηρίου και τον φωτισμό των εσωτερικών χώρων. Όσον αφορά τη διαστασιολόγηση των συνδέσμων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις θέσεις των συνδέσεων με την υφιστάμενα κατασκευή, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής μεταφορά δυνάμεων ανάμεσα στα στοιχεία που προστίθενται

και αυτά που υπάρχουν. Επιπλέον, η χρήση δικτυωτών συνδέσμων μπορεί να μεταβάλει πλήρως τη σεισμική συμπεριφορά του αρχικού φορέα, ανακατανέμοντας τις δυνάμεις σε διάφορα μέρη του φέροντος συστήματος και απαιτώντας επιπλέον συμβάσεις. Οι δικτυωτοί σύνδεσμοι παίρνουν την ονομασία τους από τη διάταξη τους, που σχηματίζει ένα δίκτυο με τους διάφορους συνδετήρες και τα κόμβους του συστήματος. Αυτή η προσέγγιση αποτελεί μια συνηθισμένη μέθοδο ενίσχυσης κατασκευών με πλαστική φέρουσα δομή, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα σεισμικά φορτία με αποτελεσματικότητα. Οι προσθήκες συνδέσμων ακυρώνουν την αξονική δύναμη των πλαισίων και επιτρέπουν μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις. Αυτό είναι επιθυμητό για την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας. Η ενίσχυση με συνδέσμους αυξάνει κυρίως την δυσκαμψία και μπορεί να επιτευχθεί επίσης αύξηση της αντοχής και πλαστικότητας. Επιπλέον, η εύκολη τοποθέτηση των συνδέσμων επιτρέπει τη μείωση του φορτίου στον φορέα και τη διατήρηση της αισθητικής του κτηρίου και του φωτισμού των εσωτερικών χώρων. Στη διαστασιολόγηση των συνδέσμων πρέπει να ληφθεί υπόψη η ασφαλής μεταφορά δυνάμεων μεταξύ των στοιχείων. Οι δικτυωτοί σύνδεσμοι διατομείς τον οργανισμό και σχηματίζουν ένα δίκτυο με τον φορέα. Η διαστασιολόγηση του δικτύου προκύπτει από τον συνδυασμό των εκάστοτε βελτιωμένων διαγώνιων ενώ οι θλιβόμενοι διαγώνιοι μπορούν να αγνοηθούν.



Εικόνα 25: Αντισεισμική ενίσχυση κατασκευής με χιαστί διαγώνιους συνδέσμους

4.6 Ενίσχυση Με Σύνθετα Υλικά

4.6.1 Επικολλητά Φύλλα Από Χάλυβα Ή Ινοπλισμένα Πολυμερή

Η ενίσχυση των οπλισμένων σκυροδεμάτων με επικολλητά φύλλα από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRPS) είναι μια δημοφιλής τεχνική που χρησιμοποιείται λόγω της ευκολίας εφαρμογής της. Αντί για την παραδοσιακή χρήση χαλύβδινωνελασμάτων, πλέον χρησιμοποιούνται επίσης φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή, παρουσιάζοντας αρκετά πλεονεκτήματα. Μία από τις προκλήσεις που υπήρχαν μέχρι σήμερα ήταν η δυσκολία εφαρμογής αυτών των τεχνικών. Ωστόσο, η επιστημονική έρευνα σε αυτόν τον τομέα οδήγησε στην ανάπτυξη μιας νέας τεχνικής ενίσχυσης που χρησιμοποιεί σύνθετα υλικά που περιλαμβάνουν ινώδη υλικά, όπως άνθρακας, γυαλί ή αραμίδιο, που ενσωματώνονται είτε σε εποξειδικές ρητίνες είτε ως υφαντά υλικά, με σκοπό να προσφέρουν αντίστοιχα δύσκαμπτα ή εύκαμπτα υλικά με μία ή δύο διευθύνσεις (FRP). Η τεχνική ενίσχυσης με FRP μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά είδη στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως δοκοί, πλακοδοκοί, πλάκες, υποστυλώματα, τοιχία και κόμβους, καθώς και σε στοιχεία από ξύλο.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τένοντες ή ως μέσο ενίσχυσης στο σκυρόδεμα, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με προεντεταμένο χάλυβα ή χάλυβα οπλισμού. Η διαδικασία εφαρμογής τους ως οπλισμός ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος ή φέρουσας τοιχοποιίας περιλαμβάνει τη χρήση εποξειδικών ρητινών για την επικόλλησή τους στις εξωτερικές επιφάνειες των δομικών στοιχείων, με τισίνες να είναι προσανατολισμένες έτσι ώστε να αντέχουν σε εφελκυστικές δυνάμεις.

Εικόνα 26: Ενίσχυση δομικών μελών με ινοπλισμένα πολυμερή



Κεφάλαιο 5^ο

«Τα Στοιχεία Του ΚΑΝ.ΕΠΕ»

5.1 Βασικά Στοιχεία ΚΑΝ.ΕΠΕ

Ο Κανονισμός Επεμβάσεων σε Κατασκευές (ΚΑΝ.ΕΠΕ) περιλαμβάνει λεπτομερείς κανονιστικές προδιαγραφές για την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ορισμένα από τα βασικά στοιχεία του ΚΑΝ.ΕΠΕ που αφορούν την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι τα εξής:

1. Υλικά: Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ προδιαγράφει τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για το σκυρόδεμα, το χάλυβα, τις αποχρώσεις και άλλα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις για την ποιότητα, την αντοχή, την αντοχή στη διάβρωση και την ελαστικότητα των υλικών.
2. Σχεδιασμός: Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ παρέχει λεπτομερείς οδηγίες για τον σχεδιασμό των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτό περιλαμβάνει τις διαστάσεις, τις αρμονίες, τις αποστάσεις αρμών, τους υπολογισμούς των αντοχών, των αποκλίσεων και των παραμορφώσεων, καθώς και τις απαιτήσεις για την αντοχή στην πυρκαγιά, την αντοχή σε σεισμούς και άλλες φορτίσεις.
3. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες: Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ περιλαμβάνει λεπτομερείς οδηγίες για την εκτέλεση των κατασκευαστικών εργασιών από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως η διαμόρφωση των οπλισμών, η εφαρμογή του σκυροδέματος, ο έλεγχος της ποιότητας και η εφαρμογή των μεθόδων ελέγχου.
4. Επιθεωρήσεις και πιστοποιήσεις: Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ καθορίζει τις απαιτήσεις για τις επιθεωρήσεις και τις πιστοποιήσεις των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Περιλαμβάνονται οι διαδικασίες έγκρισης του σχεδιασμού, οι ελέγχοι ποιότητας κατά την κατασκευή και οι τελικές επιθεωρήσεις για την αξιολόγηση της ποιότητας της κατασκευής.

Αυτά είναι μερικά από τα βασικά στοιχεία του ΚΑΝ.ΕΠΕ που σχετίζονται με την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο ΚΑΝ.ΕΠΕ είναι ένας κανονισμός που ισχύει στην Ελλάδα και μπορεί να υπάρχουν παρόμοιες

κανονιστικές προδιαγραφές σε άλλες χώρες. Για μια πλήρη κατανόηση των λεπτομερειών και των απαιτήσεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ, συνιστάται η αναφορά στον επίσημο κείμενο του κανονισμού και η συμβουλή με ειδικούς του τομέα.

5.2 Στάθμες Επιτελεστικότητας

Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της διαδικασίας κατασκευής έργων ή της παραγωγής, όπου οι εργασίες εκτελούνται σε διάφορα στάδια ή σταθμούς με συγκεκριμένα αποτελέσματα και στόχους.

Γενικά, οι σταθμοί επιτελεστικότητας περιγράφουν την πρόοδο και την εξέλιξη ενός έργου ή μιας διαδικασίας, επιτρέποντας την αξιολόγηση της προόδου και την προσδιορισμό ενδεχόμενων σημείων προβληματισμού ή αναβάθμισης. Οι σταθμοί επιτελεστικότητας μπορούν να διαμορφωθούν ανάλογα με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου έργου ή διαδικασίας.

Ακολουθεί μια εκτενέστερη ανάλυση των σταθμών επιτελεστικότητας σε ένα κατασκευαστικό έργο:

5.2.1 Στάδιο Προετοιμασίας

1. Ανάλυση απαιτήσεων και συγκρότηση ομάδας έργου: Σε αυτήν τη φάση, γίνεται η λεπτομερής ανάλυση των απαιτήσεων του έργου και συγκροτείται μια ομάδα αρμόδιων επαγγελματιών για τη διεξαγωγή του έργου.
2. Σχεδιασμός και έγκρισή σχεδίων: Σε αυτήν τη φάση, γίνεται ο σχεδιασμός του έργου με βάση τις απαιτήσεις που έχουν οριστεί. Τα σχέδια υποβάλλονται για έγκριση από τις αρμόδιες αρχές ή πελάτες.
3. Απόκτηση αδειών και άδειων κατασκευής: Σε αυτό το στάδιο, εξασφαλίζονται οι απαιτούμενες άδειες και άδειες για την έναρξη και την εκτέλεση του έργου.

5.2.2 Στάδιο Κατασκευής

1. Κατεδάφιση ή εκκαθάριση: Εάν απαιτείται, πραγματοποιείται η κατεδάφιση ή εκκαθάριση της περιοχής όπου θα πραγματοποιηθεί το έργο.
2. Θεμελίωση και βάσεις: Σε αυτό το στάδιο, γίνεται η κατασκευή των θεμελίων και των βάσεων που θα υποστηρίξουν το κτίριο ή το έργο.
3. Κατασκευή οργανικής δομής: Σε αυτήν τη φάση, γίνεται η κατασκευή των οργανικών δομικών στοιχείων, όπως τοίχοι, δοκοί, στέγες κ.λπ.
4. Ολοκλήρωση εσωτερικής και εξωτερικής υποδομής: Σε αυτό το στάδιο, ολοκληρώνεται η εσωτερική και εξωτερική υποδομή, όπως ηλεκτρολογικά, υδραυλικά, κλιματισμός, συστήματα ασφαλείας κ.λπ.

5. Τελικοί έλεγχοι και δοκιμές: Πριν από την παράδοση του έργου, πραγματοποιούνται τελικοί έλεγχοι και δοκιμές για την επιβεβαίωση της ποιότητας και της λειτουργικότητας του έργου.

5.2.3 Στάδιο Ολοκλήρωσης

1. Τελικά φινιρίσματα και εσωτερική διακόσμηση: Σε αυτήν τη φάση, πραγματοποιούνται τελικά φινιρίσματα και εσωτερική διακόσμηση του κτιρίου ή του έργου.
2. Τοποθέτηση εξοπλισμού και επίπλων: Εάν απαιτείται, γίνεται η τοποθέτηση του αναγκαίου εξοπλισμού και των επίπλων στον χώρο.
3. Τελικοί έλεγχοι και πιστοποίηση: Πριν από την παράδοση του έργου, πραγματοποιούνται τελικοί έλεγχοι για την επιβεβαίωση της ολοκλήρωσης και πιστοποίηση της συμμόρφωσης προς τις προδιαγραφές και τους κανονισμούς.

5.3 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων

Η αξιοπιστία των δεδομένων επηρεάζει την ποιότητα και την ασφάλεια των κατασκευαστικών έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία των δεδομένων περιλαμβάνουν την πηγή των δεδομένων, τις μεθόδους μέτρησης, την επεξεργασία των δεδομένων και την πιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Για την επίτευξη υψηλής στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων στην κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα, μπορούν να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω πτυχές:

- Πιστοποιημένες πηγές δεδομένων: Είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται πηγές δεδομένων που έχουν επαληθευτεί και πιστοποιηθεί για την αξιοπιστία τους, όπως εργαστήρια δοκιμών, πιστοποιημένοι προμηθευτές και κανονισμοί που περιγράφουν τις απαιτήσεις για τα υλικά και την κατασκευή.
- Ακριβείς μέθοδοι μέτρησης: Οι μέθοδοι μέτρησης για τα υλικά, την προετοιμασία του σκυροδέματος και την τοποθέτηση του ατσάλινου ενίσχυσης πρέπει να είναι ακριβείς και να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές.
- Σωστή επεξεργασία δεδομένων: Οι διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων πρέπει να γίνονται με προσοχή και ακρίβεια, προκειμένου να αποφευχθούν σφάλματα και παρανοήσεις. Επίσης, πρέπει να διατηρείται κατάλληλη τεκμηρίωση για την καταγραφή και ανίχνευση τυχόν προβλημάτων.
- Ανεξάρτητος έλεγχος και επαλήθευση: Οι δεδομένες που σχετίζονται με την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να υποβληθούν σε ανεξάρτητο

έλεγχο και επαλήθευση από ανεξάρτητους επαγγελματίες, επιθεωρητές ή εργαστήρια δοκιμών, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία των δεδομένων.

Η συνδυασμένη εφαρμογή όλων των παραπάνω πτυχών θα οδηγήσει σε υψηλή στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων για την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα και θα ενισχύσει την ασφάλεια και την ποιότητα των κατασκευαστικών έργων.

5.4 Μέθοδοι ανάλυσης

Στο πλαίσιο της κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι ανάλυσης για την επίτευξη ασφαλούς και αξιόπιστης σχεδίασης και κατασκευής. Οι πιο κοινές μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιούνται στον τομέα του οπλισμένου σκυροδέματος περιλαμβάνουν τα εξής:

Μέθοδος Πλαστικού Σχεδιασμού: Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ανάλυση του σκυροδέματος υπό πλαστική μορφή, δηλαδή υποθέτει ότι τα υλικά συμπεριφέρονται πλαστικά κατά τη διάρκεια του φορτίου. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη σχεδίαση δοκών και στηριζόμενων πυλώνων.

Μέθοδος Οροφοειδούς Σχεδιασμού: Αυτή η μέθοδος αναλύει τον οροφοειδή χώρο ως ένα συνολικό σύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τη συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια σεισμικής δράσης. Χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση πλαισίων κτιρίων και περιλαμβάνει τη μονωτική βάση, το συντελεστή μεταβολής σταθερών και την ανάλυση σεισμικής δράσης

Μέθοδος Γραμμικής Ανάλυσης: Αυτή η μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή ότι τα υλικά συμπεριφέρονται γραμμικά κατά τη διάρκεια του φορτίου. Χρησιμοποιείται για απλούς υπολογισμούς και προσεγγίσεις στην ανάλυση των κατασκευών.

Μέθοδος Μη Γραμμικής Ανάλυσης: Αυτή η μέθοδος λαμβάνει υπόψη τη μη γραμμική συμπεριφορά των υλικών και των συνδέσμων κατά τη διάρκεια του φορτίου. Χρησιμοποιείται για πιο ακριβείς αναλύσεις και προβλέψεις συμπεριφοράς, ειδικά σε περιπτώσεις σεισμού.

5.4.1 Ελαστική Στατική Ανάλυση

Η ελαστική στατική ανάλυση είναι μια μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των μετακινήσεων, των αντιδράσεων και των εσωτερικών δυνάμεων σε κατασκευές κατά την προσήλωση τους. Κατά την ελαστική στατική ανάλυση, θεωρείται ότι τα υλικά συμπεριφέρονται ελαστικά, δηλαδή ακολουθούν τον νόμο του

Hooke και δεν υπερβαίνουν την αντοχή τους.

Αρχικά, ορίζεται η γεωμετρία της κατασκευής, προσδιορίζοντας τις διαστάσεις, τους συνδέσμους και τα σημεία αρχής και τέλους των μελών της κατασκευής. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται τα εξωτερικά φορτία που δρουν στην κατασκευή, όπως οι κατανεμημένοι φορείς, οι δυνάμεις, τα στατικά φορτία και τα σεισμικά φορτία. Με βάση τα εφαρμοσμένα φορτία και τις γεωμετρικές παράμετρος, υπολογίζονται οι αντιδράσεις στα σημεία αρχής και τέλους των μελών και οι μετακινήσεις των κόμβων της κατασκευής. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι εσωτερικές δυνάμεις (μετακινήσεις και στρεπτικά ροπής) που δρουν στα μέλη της κατασκευής, με βάση τις αντιδράσεις και τις μετακινήσεις. Τέλος, πραγματοποιείται έλεγχος των μελών της κατασκευής για την αντοχή τους σε σχέση με τις υπολογισμένες εσωτερικές δυνάμεις. Αν τα μέλη δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις αντοχής, πραγματοποιούνται απαιτούμενες τροποποιήσεις

5.4.2 Ελαστική Δυναμική Ανάλυση Η Ελαστική Ανάλυση Χρονοιστορίας

Η ελαστική δυναμική ανάλυση, ή επίσης γνωστή ως ελαστική ανάλυση χρονοιστορίας, είναι μια μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση και τον υπολογισμό της συμπεριφοράς κατασκευών κατά τη διάρκεια δυναμικών φορτίων, όπως σεισμοί ή άλλες δυναμικές φορτίσεις.

Κατά την ελαστική δυναμική ανάλυση, λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος και η διακύμανση των φορτίων, καθώς και οι αντιδράσεις και οι μετακινήσεις της κατασκευής κατά τη διάρκεια του χρόνου. Αυτή η μέθοδος ανάλυσης είναι σημαντική για την αξιολόγηση της απόκρισης της κατασκευής σε δυναμικά φορτία και την αντίδρασή της σε σεισμούς. Για την εκτέλεση της ελαστικής δυναμικής ανάλυσης, ακολουθούνται συνήθως τα παρακάτω βήματα:

1. Ορισμός του δυναμικού φορτίου: Καθορίζονται οι χαρακτηριστικές παράμετροι του δυναμικού φορτίου, όπως η συχνότητα, η πλάτη και η διάρκεια των δονήσεων.
2. Κατασκευή του δυναμικού μοντέλου: Πραγματοποιείται η μοντελοποίηση της κατασκευής και η κατασκευή ενός μαθηματικού μοντέλου που περιγράφει τη συμπεριφορά της κατασκευής κατά τη διάρκεια των δυναμικών φορτίων.
3. Επίλυση του μοντέλου: Με χρήση αριθμητικών μεθόδων, όπως η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, πραγματοποιείται η επίλυση του μοντέλου για να

υπολογιστούν οι αντιδράσεις και οι μετακινήσεις της κατασκευής κατά τη διάρκεια του χρόνου.

4. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αξιολογούνται για την κατανόηση της συμπεριφοράς της κατασκευής, όπως οι μέγιστες μετακινήσεις, οι μέγιστες αποκλίσεις και οι μέγιστες δυνάμεις.

Η ελαστική δυναμική ανάλυση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον σχεδιασμό και την ανάλυση κατασκευών που εκτίθενται σε δυναμικά φορτία.

5.4.3 Ανελαστική Στατική Ανάλυση (Push Over Ανάλυση)

Η ανελαστική στατική ανάλυση, γνωστή και ως ανάλυση "Push over", είναι μια μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση κατασκευών, ειδικά για τον καθορισμό της αντοχής και της παραμόρφωσης των κατασκευών κατά τη διάρκεια σεισμικών γεγονότων.

Κατά την ανελαστική στατική ανάλυση, η κατασκευή μοντελοποιείται ως ένα ελατηριακό σύστημα με ανελαστική συμπεριφορά. Ξεκινώντας από μια αρχική γεωμετρική διάταξη της κατασκευής, εφαρμόζονται σταδιακά εξωτερικά φορτία στην κατασκευή μέχρι την εμφάνιση ανελαστικής συμπεριφοράς. Η ανελαστική συμπεριφορά αποτελείται από την εμφάνιση πλαστικών μετακινήσεων και παραμορφώσεων στην κατασκευή.

Η ανελαστική στατική ανάλυση επιτρέπει την κατανόηση της συμπεριφοράς της κατασκευής κατά την παρουσίαση σημαντικών ανελαστικών μετακινήσεων και παραμορφώσεων. Αυτή η μέθοδος ανάλυσης είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αντοχής της κατασκευής, όπως οι αντοχές πλαστικών αρθρώσεων, και την αξιολόγηση της απόκρισης της κατασκευής σε σεισμικά φορτία.

Συνοψίζοντας, η ανελαστική στατική ανάλυση (Push over) είναι μια μέθοδος που επιτρέπει την αξιολόγηση της συμπεριφοράς της κατασκευής κατά την παρουσίαση σεισμικών φορτίων και την κατανόηση της αντοχής και της παραμόρφωσής της κατά τη διάρκεια ανελαστικών μετακινήσεων και παραμορφώσεων.

5.4.4 Ανελαστική Δυναμική Ανάλυση

Η ανελαστική δυναμική ανάλυση είναι μια μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς ενός κατασκευαστικού συστήματος κατά τη διάρκεια δυναμικών φορτίσεων, όπως σεισμοί ή άλλες δυναμικές φορτίσεις. Η

ανελαστική δυναμική ανάλυση προσομοιώνει την αλληλεπίδραση των δομικών στοιχείων και εκτιμά τις παραμορφώσεις, τις τάσεις και τις αντοχές του συστήματος κατά τη διάρκεια των δυναμικών φορτίσεων.

Κατά την ανελαστική δυναμική ανάλυση, λαμβάνονται υπόψη οι μη γραμμικές συμπεριφορές των υλικών και οι παραμετρικές αλλαγές που μπορεί να προκύψουν λόγω των δυναμικών φορτίσεων. Οι αντοχές και οι παραμορφώσεις του συστήματος εκτιμώνται με βάση την ελαστική συμπεριφορά των υλικών, αλλά λαμβάνονται υπόψη και οι μη γραμμικές αντιστάσεις που μπορεί να εμφανίζονται.

Ο σκοπός της ανελαστικής δυναμικής ανάλυσης είναι να εκτιμήσει την απόκριση του συστήματος κατά τη διάρκεια δυναμικών φορτίσεων και να αξιολογήσει την αντοχή και την ασφάλεια του κατασκευαστικού συστήματος. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν να προκύψουν σημαντικές πληροφορίες για τις περιοχές με υψηλότερη παραμόρφωση, τον κρίσιμο επιτρεπτό βαθμό απόκρισης, την ανάγκη για ενισχύσεις ή τροποποιήσεις στο σχεδιασμό και άλλες πληροφορίες που μπορούν να επηρεάσουν την απόφαση σχεδίασης ή την ανάληψη δράσης.

Συνολικά, η ανελαστική δυναμική ανάλυση είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση και τον σχεδιασμό κατασκευαστικών συστημάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα, λαμβάνοντας υπόψη τις δυναμικές φορτίσεις που μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση και την ασφάλεια των κατασκευών.

5.5 Δράσεις

Οι δράσεις αναφέρονται στις εξωτερικές φορτίσεις ή επιβαρύνσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή. Κατά τον σχεδιασμό και την ανάλυση μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, λαμβάνονται υπόψη διάφορες δράσεις που επηρεάζουν τη συμπεριφορά και την απόκριση του συστήματος.

Οι κύριες δράσεις που λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξής:

- Στατικό φορτίο (Βάρος): Περιλαμβάνει το βάρος της κατασκευής, των υλικών και των εξοπλισμών που υποστηρίζει. Αναφέρεται επίσης ως δράση μόνιμου φορτίου.
- Κινηματικό φορτίο (Επιβατηγά φορτηγά κλπ.): Αναφέρεται στις δυνάμεις και τις επιβαρύνσεις που προκαλούνται από την κίνηση οχημάτων, πεζών ή άλλων κινούμενων φορέων πάνω από την κατασκευή.
- Αέρας: Αναφέρεται στη δράση των αέριων φορτίων, όπως οι πίεση του ανέμου στην εξωτερική επιφάνεια της κατασκευής.

- Σεισμός: Οι δράσεις σεισμού αναφέρονται στις γεωτρήσεις και τις δονήσεις που προκαλούνται από σεισμικές δονήσεις. Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να σχεδιάζονται για να αντέχουν σεισμικές δυνάμεις.
- Θερμοκρασία: Οι δράσεις θερμοκρασίας περιλαμβάνουν την ανέλαση των διαστολικών και συστολικών μεταβολών που προκαλούνται από τις θερμικές μεταβολές στην κατασκευή.
- Υγρασία: Οι δράσεις υγρασίας αναφέρονται στην επίδραση της υγρασίας και της υδροστατικής πίεσης, όπως σε περιπτώσεις επαφής με το έδαφος ή το νερό.
- Φορτίο από άλλες κατασκευές: Οι δράσεις αυτές αναφέρονται στο φορτίο που ασκείται στην κατασκευή από άλλες κατασκευές που είναι συνδεδεμένες με αυτήν.

5.6 Συντελεστές Ασφαλείας

Οι συντελεστές ασφαλείας αποτελούν πολλαπλασιαστές που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό και την ανάλυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, με σκοπό να ληφθούν υπόψη οι αβεβαιότητες και οι αποκλίσεις από τις θεωρητικές προδιαγραφές. Οι συντελεστές ασφαλείας επηρεάζουν τον τρόπο σχεδιασμού των υλικών, των διαστάσεων και των συνδέσεων των κατασκευαστικών στοιχείων.

Ανάλογα με τον τύπο και την πολυπλοκότητα της κατασκευής, καθώς και τις απαιτήσεις του έργου, χρησιμοποιούνται διάφοροι συντελεστές ασφαλείας. Ορισμένοι από τους συντελεστές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται συχνά περιλαμβάνουν:

- Συντελεστής ασφάλειας υλικών: Χρησιμοποιείται για να ληφθούν υπόψη οι αβεβαιότητες στις αντοχές των υλικών. Συνήθως, ο συντελεστής αυτός εφαρμόζεται στις αντοχές του χάλυβα και του σκυροδέματος.
- Συντελεστής ασφάλειας φορτίων: Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των επιβαρύνσεων που ασκούνται στην κατασκευή, όπως τα στατικά φορτία, τα δυναμικά φορτία ή τα φορτία από σεισμό.
- Συντελεστής ασφάλειας στον σχεδιασμό σεισμικών κατασκευών: Χρησιμοποιείται για να ληφθούν υπόψη οι αποκλίσεις και οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με τον σχεδιασμό για σεισμικές δυνάμεις.

Οι παραπάνω συντελεστές ασφαλείας προσδίδουν αξιοπιστία, ασφάλεια και αντοχή στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι ακριβείς τιμές των συντελεστών ασφαλείας καθορίζονται από τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές που ισχύουν για το συγκεκριμένο έργο και την περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η κατασκευή.

5.6.1 Συντελεστές Ασφαλείας Δράσεων

κατασκευές, προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι αβεβαιότητες και οι αποκλίσεις από τις προδιαγραφές και τις εκτιμήσεις. Οι συντελεστές ασφαλείας δράσεων εφαρμόζονται στα φορτία και τις δράσεις που αποτελούν μέρος του σχεδιασμού και της ανάλυσης μιας κατασκευής.

Οι συντελεστές ασφαλείας δράσεων ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής, τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις του έργου. Οι συντελεστές αυτοί καθορίζουν την αναλογία μεταξύ των πραγματικών δράσεων και των σχεδιαστικών δράσεων που λαμβάνονται υπόψη για τον σχεδιασμό της κατασκευής

Ορισμένοι από τους συντελεστές ασφαλείας δράσεων που χρησιμοποιούνται συχνά περιλαμβάνουν:

- Συντελεστής ασφάλειας υπολογιστικών φορτίων: Χρησιμοποιείται για να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες στην εκτίμηση των φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή, όπως τα στατικά φορτία, τα δυναμικά φορτία, τα φορτία από χιόνι, αέρα, σεισμό κ.λπ.
- Συντελεστής ασφάλειας υλικών: Χρησιμοποιείται για να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες στις ιδιότητες και τις αντοχές των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, όπως το σκυρόδεμα, ο χάλυβας, η ξύλινη κατασκευή κ.λπ.
- Συντελεστής ασφάλειας φορτίων από ανεμοστρόβιλους: Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των φορτίων που προκύπτουν από ανεμοστρόβιλους και αντοχή της κατασκευής σε αυτά.
- Συντελεστής ασφάλειας σεισμικών δράσεων: Χρησιμοποιείται για να ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις που προκύπτουν από σεισμικές δονήσεις και να αυξηθεί η αντοχή της κατασκευής σε αυτές.

5.6.2 Συντελεστές Ασφαλείας Υφιστάμενων Υλικών

Οι συντελεστές ασφαλείας υφιστάμενων υλικών αναφέρονται στους πολλαπλασιαστές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αντοχής και της αντοχής στην παραμόρφωση των υλικών στις υφιστάμενες κατασκευές. Οι συντελεστές ασφαλείας αξιολογούν την παράμορφη συμπεριφορά των υλικών και δίνουν έμφαση στην ασφάλεια και την αντοχή των υφιστάμενων κατασκευών.

Οι ακριβείς συντελεστές ασφαλείας υφιστάμενων υλικών διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του υλικού και τις προδιαγραφές που ισχύουν για το συγκεκριμένο υλικό. Οι συντελεστές αυτοί συνήθως λαμβάνουν υπόψη τις αβεβαιότητες και τις παραμέτρους που επηρεάζουν την αντοχή του υλικού, όπως η ποιότητα του υλικού, η ηλικία του, οι φθορές και οι βλάβες που μπορεί να έχει υποστεί κ.λπ.

Οι συντελεστές ασφαλείας υφιστάμενων υλικών επιτρέπουν τον αξιολογικό έλεγχο των υφιστάμενων κατασκευών, προκειμένου να διασφαλίσουν ότι το υλικό εξακολουθεί να πληροί τις απαιτήσεις ασφάλειας και αντοχής κατά τη διάρκεια της χρήσης της κατασκευής.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συντελεστές ασφαλείας υφιστάμενων υλικών εξαρτώνται από τις προδιαγραφές και τις οδηγίες που ισχύουν για το συγκεκριμένο υλικό και μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα και τον κανονισμό που εφαρμόζεται.

5.6.3 Συντελεστές Ασφαλείας Νέων Υλικών

Οι συντελεστές ασφαλείας νέων υλικών αναφέρονται στις αριθμητικές τιμές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αντοχής και της αντοχής στην παραμόρφωση των νέων υλικών που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές. Οι συντελεστές ασφαλείας αποτελούν έναν τρόπο εξασφάλισης της ασφάλειας και της αντοχής των υλικών, λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες παραμέτρους και ιδιότητες που επηρεάζουν την αντοχή τους.

Κάθε υλικό έχει τους δικούς του συντελεστές ασφαλείας, που καθορίζονται από τις προδιαγραφές και τις οδηγίες που ισχύουν για αυτό. Οι συντελεστές ασφαλείας λαμβάνουν υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως η αβεβαιότητα στην αξιολόγηση των υλικών, οι δοκιμαστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγησή τους, οι συνθήκες χρήσης και οι προδιαγραφές αντοχής που πρέπει να τηρούνται.

Οι συντελεστές ασφαλείας νέων υλικών είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να εξασφαλίζουν ότι τα υλικά πληρούν τις απαιτήσεις ασφάλειας και αντοχής που καθορίζονται από τις προδιαγραφές και τους κανονισμούς. Οι τιμές των συντελεστών ασφαλείας επιτρέπουν τον αξιολογικό έλεγχο των νέων υλικών πριν από την εφαρμογή τους σε κατασκευές, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα υλικά είναι ικανά να αντέξουν τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος και των φορτίων που θα επιβαρύνουν την κατασκευή.

5.7 Συντελεστής Συμπεριφοράς Q

Ο συντελεστής συμπεριφοράς q είναι ένας αριθμητικός παράγοντας που χρησιμοποιείται στη μη γραμμική ανάλυση κατασκευών για να λάβει υπόψη τη μη γραμμική συμπεριφορά των υλικών και των δομικών στοιχείων.

Ο συντελεστής q αντιπροσωπεύει την αναλογία μεταξύ της μέγιστης αντοχής ή παραμόρφωσης του υλικού στη μη γραμμική φάση και της αντίστοιχης αξίας στη γραμμική φάση. Στην ουσία, αποτελεί έναν πολλαπλασιαστικό παράγοντα που χρησιμοποιείται για να αυξήσει τις διακυμάνσεις των φορτίων ή των παραμέτρων στη μη γραμμική φάση της ανάλυσης.

Ο συντελεστής q εξαρτάται από τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, καθώς και από τη γεωμετρία και την αντοχή των δομικών στοιχείων. Ο υπολογισμός του συντελεστή q είναι συνήθως προϊόν μιας αναλυτικής μελέτης του συστήματος και των χαρακτηριστικών των υλικών.

Ο συντελεστής συμπεριφοράς q επιτρέπει την πιο ρεαλιστική αξιολόγηση της αντοχής και συμπεριφοράς της κατασκευής κατά την ανάλυση μη γραμμικών φαινομένων, και είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε περιπτώσεις όπου οι δομικές αντοχές και παραμορφώσεις παρουσιάζουν μη γραμμική συμπεριφορά.

5.8 Τοπικός Δείκτης M

Ο τοπικός δείκτης m αποτελεί έναν παράγοντα που λαμβάνει υπόψη πολλούς παράγοντες στην ανάλυση σεισμικής δράσης και τον σχεδιασμό κατασκευών. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν:

- **Γεωμετρία του στοιχείου:** Ο τοπικός δείκτης m εξαρτάται από τη γεωμετρία του στοιχείου, όπως η μήκος, πλάτος, ύψος, διατομή κλπ. Οι διαφορετικές γεωμετρίες μπορεί να επηρεάσουν την αντοχή του στοιχείου σε σεισμικές δυνάμεις.
- **Υλικά κατασκευής:** Ο τοπικός δείκτης m είναι επίσης εξαρτημένος από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, όπως το οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι ιδιότητες των υλικών, όπως η αντοχή στην τάση και η αντοχή στη συμπίεση, επηρεάζουν τον τοπικό δείκτη m .
- **Σεισμική δράση:** Ο τοπικός δείκτης m λαμβάνει υπόψη τις σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή. Αυτές οι δυνάμεις μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή και την ένταση του σεισμού.

- **Αντοχή του στοιχείου:** Ο τοπικός δείκτης m σχετίζεται με την αντοχή του στοιχείου σε σεισμικές δυνάμεις. Η αντοχή ενός στοιχείου εξαρτάται από την κατασκευαστική τεχνολογία, τη διαμόρφωση της διατομής και τη χρήση των υλικών.

Ο τοπικός δείκτης m συνδέεται στενά με τον σχεδιασμό και την ανάλυση κατασκευών, καθώς παίζει κρίσιμο ρόλο στον προσδιορισμό των αντοχών και των απαιτούμενων ενισχύσεων για να επιτευχθεί μια ασφαλής και ανθεκτική κατασκευή στις σεισμικές δυνάμεις. Η χρήση του τοπικού δείκτη m βοηθά στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της απόδοσης της κατασκευής κατά τη σεισμική δράση.

Κεφάλαιο 6^ο

«Μεταλλικά»

6.1 Μεταλλικά

Ο σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών βασίζεται σε θεωρίες της μηχανικής, οι οποίες περιλαμβάνουν τη θεωρία της ελαστικότητας, τη θεωρία των πλαστικών ορισμών και τη θεωρία της αντοχής υλικού. Αυτές οι θεωρίες εφαρμόζονται για να αξιολογηθούν οι μηχανικές ιδιότητες των μεταλλικών υλικών και να διασφαλιστεί ο ασφαλής και αποτελεσματικός σχεδιασμός. Ο σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών επίσης βασίζεται σε πρότυπα και κανονισμούς που ορίζουν τις απαιτήσεις για την ασφάλεια και την απόδοση των κατασκευών. Αυτά τα πρότυπα ορίζουν συγκεκριμένες παραμέτρους για τις διαστάσεις, τη δύναμη, τον έλεγχο της διάβρωσης και άλλες πτυχές του σχεδιασμού. Για την αντιμετώπιση της καταπόνησης των μεταλλικών στοιχείων, είναι σημαντικό να επιλέγονται κατάλληλα υλικά, να εφαρμόζονται προστατευτικές επικαλύψεις και να διατηρούνται σε καλή κατάσταση μέσω συντήρησης και επιθεωρήσεων. Επίσης, η αξιολόγηση των φορτίων και η σωστή διάταξη των στοιχείων είναι σημαντικές για την αποφυγή υπερφόρτωσης και αποτυχίας της κατασκευής.

6.2 Ευρωκώδικες

Οι ευρωκώδικες αναφέρονται σε σύνολο προτύπων που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή δομικών έργων, συμπεριλαμβανομένων των οπλισμένων σκυροδεμάτων. Υπάρχουν διάφοροι ευρωκώδικες που καλύπτουν διάφορες πτυχές των οπλισμένων σκυροδεμάτων, όπως ο σχεδιασμός των χάλυβα σε οπλισμένα σκυροδέματα. Οι βασικοί ευρωκώδικες που σχετίζονται με τον οπλισμό και τα μεταλλικά στοιχεία σε οπλισμένα σκυροδέματα περιλαμβάνουν:

EN 1992-1-1: Ο συγκεκριμένος ευρωκώδικας περιλαμβάνει τις γενικές αρχές για τον σχεδιασμό και την υπολογιστική αντοχή των οπλισμένων σκυροδεμάτων.

EN 1992-1-2: Αυτός ο ευρωκώδικας περιγράφει την πυροπροστασία των οπλισμένων σκυροδεμάτων και τους όρους για τη σχεδίαση δομών που εκτίθενται σε πυρκαγιές.

EN 1992-2: Αυτός ο ευρωκώδικας περιλαμβάνει τους κανόνες για τη σχεδίαση και τον έλεγχο των οπλισμένων σκυροδεμάτων για γέφυρες.

Αυτοί οι ευρωκώδικες και οι αντίστοιχες προδιαγραφές παρέχουν κατευθυντήριες

γραμμές για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την ασφάλεια των οπλισμένων σκυροδεμάτων, συμπεριλαμβανομένων των μεταλλικών στοιχείων που απαιτούνται για την ενίσχυση και τη στατική αντοχή των κατασκευών.

6.3 Φορτία Ευρωκώδικα

Οι ευρωκώδικες παρέχουν οδηγίες σχετικά με τα φορτία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή δομών. Τα φορτία που περιγράφονται στους ευρωκώδικες μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με τον Ευρωκώδικα που χρησιμοποιείται και τον τύπο της κατασκευής. Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα από τα κύρια φορτία που συνήθως λαμβάνονται υπόψη:

- 1) **Βάρος των υλικών κατασκευής:** Οι ευρωκώδικες προσδιορίζουν τα βάρη των διάφορων υλικών κατασκευής, όπως το σκυρόδεμα, το χάλυβα και άλλα υλικά.
- 2) **Κατανομή φορτίων από χρήση:** Αυτά περιλαμβάνουν τα φορτία που προκαλούνται από τη χρήση και τον εξοπλισμό σε μια κατασκευή, όπως το βάρος των ανθρώπων, των επίπλων, των μηχανημάτων κ.λπ.
- 3) **Φορτία από χιόνι, αέρα και άλλες κατανομές:** Οι ευρωκώδικες περιλαμβάνουν συγκεκριμένες οδηγίες για την εκτίμηση των φορτίων που προκαλούνται από χιόνι, άνεμο, βροχή, σεισμό και άλλες κλιματολογικές συνθήκες.
- 4) **Φορτία από κίνηση οχημάτων:** Οι ευρωκώδικες προσδιορίζουν τα φορτία που προκαλούνται από τη διέλευση οχημάτων σε δρόμους, γέφυρες και άλλες κατασκευές.

6.4 Διατομές Και Κατηγορίες

Όσον αφορά τις διατομές και τις κατηγορίες σε σχέση με τα μεταλλικά στοιχεία σε οπλισμένα σκυροδέματα, μπορούμε να αναφερθούμε στα εξής:

- ❖ **Διατομές Μεταλλικών Στοιχείων:** Οι διατομές αναφέρονται στον σχεδιασμό και τις διαστάσεις των μεταλλικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε οπλισμένα σκυροδέματα, όπως σιδηροσκούρες, σιδεροδοκοί, σιδεροπλίνθους κ.λπ. Ο σχεδιασμός των διατομών εξαρτάται από τις απαιτήσεις φορτίου και τις μηχανικές ιδιότητες του μεταλλικού υλικού.
- ❖ **Κατηγορίες Μεταλλικών Οπλισμών:** Ο μεταλλικός οπλισμός αναφέρεται στη χρήση χάλυβα για την ενίσχυση του σκυροδέματος. Οι κατηγορίες μεταλλικών

οπλισμών καθορίζονται ανάλογα με την τάση αντοχής του χάλυβα και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης κατασκευής. Οι κατηγορίες μπορεί να περιλαμβάνουν τον συνηθισμένο οπλισμό (mild reinforcement), τον οπλισμό υψηλής αντοχής (high-strength reinforcement) και άλλες κατηγορίες, που καθορίζονται από τα σχετικά πρότυπα και κώδικες.

6.5 Ποιότητες Χάλυβα

Ο χάλυβας, ως κύριο υλικό για τον μεταλλικό οπλισμό σε οπλισμένα σκυροδέματα, παρουσιάζει διάφορες ποιότητες με βάση τις μηχανικές του ιδιότητες. Οι πιο συνηθισμένες ποιότητες χάλυβα που χρησιμοποιούνται για οπλισμό είναι οι εξής:

Χάλυβας GRAID 250 (Grade 250): Πρόκειται για έναν κοινό χάλυβα, ο οποίος έχει μηχανικές ιδιότητες που πληρούν τις βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού για μηχανικές κατασκευές.

Χάλυβας GRAID 460 (Grade 460): Αυτή η ποιότητα χάλυβα έχει υψηλότερη τάση αντοχής σε σχέση με τον GRAID 250. Χρησιμοποιείται για κατασκευές που απαιτούν υψηλότερη αντοχή, όπως γέφυρες και κατασκευές υψηλής αντοχής.

Χάλυβας GRAID 500 (Grade 500): Αυτή η ποιότητα χάλυβα έχει ακόμη υψηλότερη τάση αντοχής από τον GRAID 460 και χρησιμοποιείται για ειδικές εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη αντοχή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες ποιότητες χάλυβα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τις προδιαγραφές και τα πρότυπα που ισχύουν σε κάθε χώρα. Είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι σχετικοί κανονισμοί και προδιαγραφές κατά τον σχεδιασμό και την επιλογή της κατάλληλης ποιότητας χάλυβα για κάθε συγκεκριμένη κατασκευή.

6.6 Τρόποι Και Τύποι Καταπόνησης Οργανισμού

Όσον αφορά τα μεταλλικά στοιχεία, η καταπόνηση του οργανισμού μπορεί να προκληθεί από διάφορους τρόπους. Ορισμένοι από αυτούς περιλαμβάνουν:

Φυσική φθορά: Η φυσική φθορά προκαλείται από την καθημερινή χρήση και την έκθεση των μεταλλικών στοιχείων σε φυσικά στοιχεία, όπως αέρα, νερό, θερμότητα, ψύχος και διάβρωση. Η συνεχής έκθεση σε αυτούς τους παράγοντες μπορεί να προκαλέσει διάβρωση, οξειδωση, αποδυνάμωση και αλλοίωση των μεταλλικών στοιχείων.

Μηχανική καταπόνηση: Οι μηχανικές καταπονήσεις περιλαμβάνουν τις δυνάμεις και τις πιέσεις που ασκούνται στα μεταλλικά στοιχεία. Αυτές οι καταπονήσεις μπορούν να

προκληθούν από φορτία, κρούσεις, δονήσεις, καμπύλες και άλλες μηχανικές δυνάμεις που ασκούνται στα μεταλλικά στοιχεία.

Υψηλή θερμοκρασία: Η έκθεση των μεταλλικών στοιχείων σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περιβάλλοντα με εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, όπως φωτιά ή υπερθέρμανση σε βιομηχανικές διεργασίες.

6.7 Φιλοσοφία Σχεδιασμού

Η φιλοσοφία σχεδιασμού μεταλλικών δομικών στοιχείων, όπως υποστυλώματα, κύριες δοκοί, τεγίδες, μηκίδες και χιαστές, επικεντρώνεται στις αρχές και τις αξίες που οδηγούν τη σχεδίαση και τη χρήση αυτών των στοιχείων. Οι βασικές αρχές που διέπουν αυτήν τη φιλοσοφία συνήθως περιλαμβάνουν:

Αντοχή: Τα μεταλλικά δομικά στοιχεία πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με τρόπο που να έχουν απαιτούμενη αντοχή για τις φορτίσεις που αναμένεται να υποστούν. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μηχανικές αρχές και να εφαρμόζονται κατάλληλες μέθοδοι ανάλυσης και σχεδίασης.

Αποδοτικότητα: Ο σχεδιασμός των μεταλλικών δομικών στοιχείων πρέπει να είναι αποδοτικός, τόσο από την άποψη της χρήσης των υλικών όσο και από την άποψη της κατασκευαστικής διαδικασίας. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα μεταλλικά υλικά και να γίνεται βέλτιστη χρήση τους για να επιτευχθεί η επιθυμητή αντοχή με ελάχιστο κόστος.

Αισθητική: Ο σχεδιασμός των μεταλλικών δομικών στοιχείων πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αισθητική πτυχή της κατασκευής. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είναι ενσωματωμένα αρμονικά στον σχεδιασμό και να συνδυάζονται με το περιβάλλοντα χώρο και τον σκοπό της κατασκευής.

Ασφάλεια: Ο σχεδιασμός των μεταλλικών δομικών στοιχείων πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ασφάλεια των χρηστών. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με τρόπο που να εξασφαλίζεται η αντοχή και η ασφάλειά τους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της κατασκευής.

6.8 Ικανοτικός Σχεδιασμός

Ο ικανοτικός σχεδιασμός μεταλλικών δομικών στοιχείων αφορά την ανάπτυξη μεταλλικών κατασκευών που είναι ικανές να αντέχουν τα αναμενόμενα φορτία και να διατηρούν την ασφάλειά τους κατά τη διάρκεια της χρήσης. Ο ικανοτικός σχεδιασμός

μεταλλικών περιλαμβάνει την εφαρμογή αρχών, προδιαγραφών και μεθόδων που εξασφαλίζουν την απαιτούμενη αντοχή, ασφάλεια και αντοχή στην υπερφόρτωση. Οι βασικές αρχές και παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον ικανοτικό σχεδιασμό μεταλλικών δομικών στοιχείων περιλαμβάνουν:

Φορτία: Ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα φορτία που ασκούνται στα μεταλλικά στοιχεία, όπως στατικά φορτία (π.χ. κατανεμημένα φορτία, ανεμοφόρα φορτία) και δυναμικά φορτία (π.χ. σεισμικά φορτία). Οι φορτίες αυτές πρέπει να υπολογιστούν σύμφωνα με τις κατάλληλες προδιαγραφές και να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό.

Αντοχή: Οι μεταλλικές κατασκευές πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή για να αντέχουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτές. Αυτό περιλαμβάνει την επιλογή κατάλληλων υλικών και την αξιοποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων τους για να εξασφαλιστεί η αντοχή στην τέντωση, τη συμπίεση, τη διάτρηση και τον τομέα.

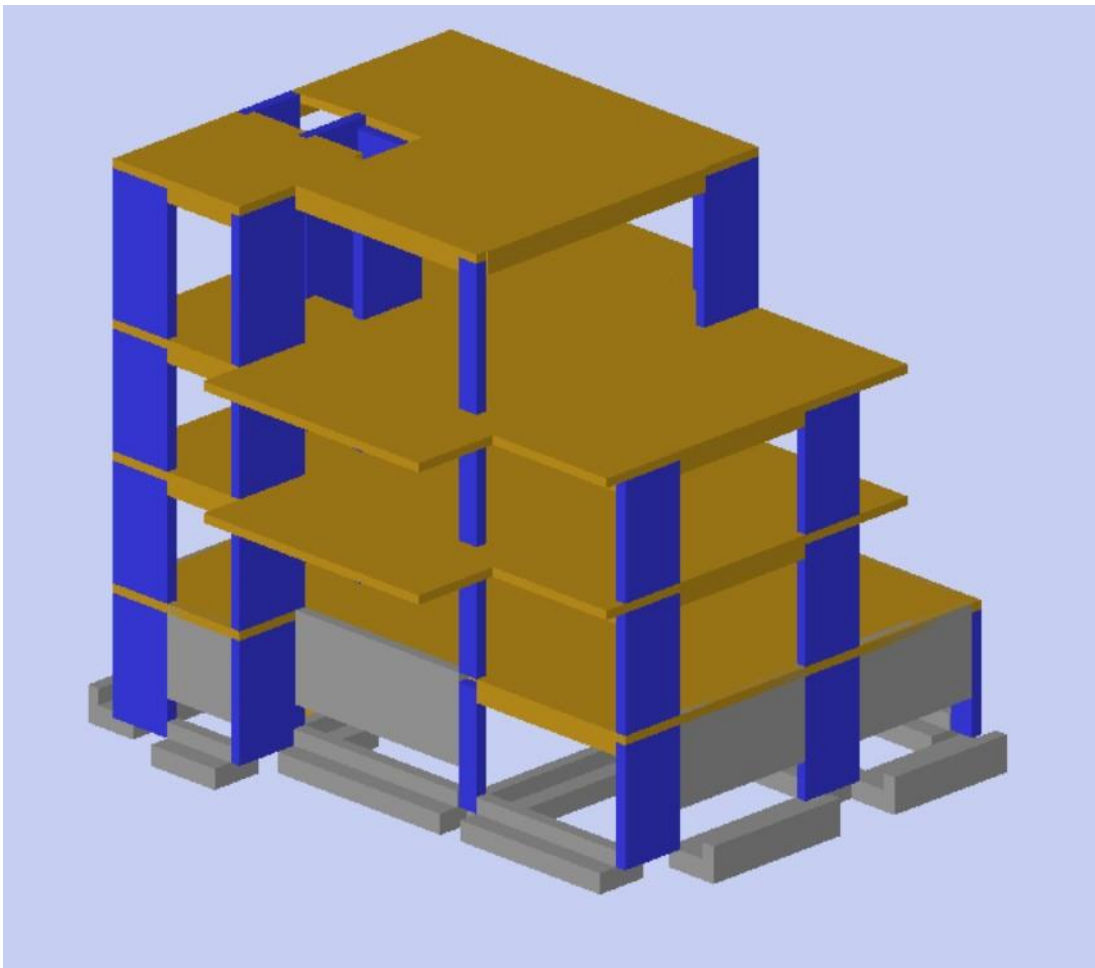
Ασφάλεια: Ο σχεδιασμός πρέπει να εξασφαλίζει την ασφάλεια των μεταλλικών δομικών στοιχείων κατά τη λειτουργία τους. Αυτό σημαίνει την αποφυγή υπέρβασης των ορίων αντοχής και την εφαρμογή κατάλληλων παραγόντων ασφαλείας για να αποφευχθούν ατυχήματα και αποτυχίες.

ΜΕΡΟΣ Β

Κεφάλαιο 7^ο

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κτίριο που θα αποτιμηθεί και στο οποίο θα γίνει προσθήκη ορόφου Μεταλλικής Κατασκευής, είναι δομημένο το έτος 2007 και πρόκειται για μία τριώροφη πολυκατοικία. Από το γεγονός ότι είναι μια νεοσύστατη κατασκευή, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν κατασκευαστικές και σχεδιαστικές ατέλειες και συνάδει με τις απαιτήσεις της συγχρόνης εποχής. Πέρα από την Υφιστάμενη Κατασκευή θα γίνει μια πρόταση προσθήκης μεταλλικού ορόφου με σκοπό την καλύτερη δυνατή συνεργασία με την υπόλοιπη κατασκευή καθώς και την γενικότερη συμπεριφορά του δομήματος.



Εικόνα 7.1 Τρισδιάστη απεικόνιση υφιστάμενης κατασκευής.

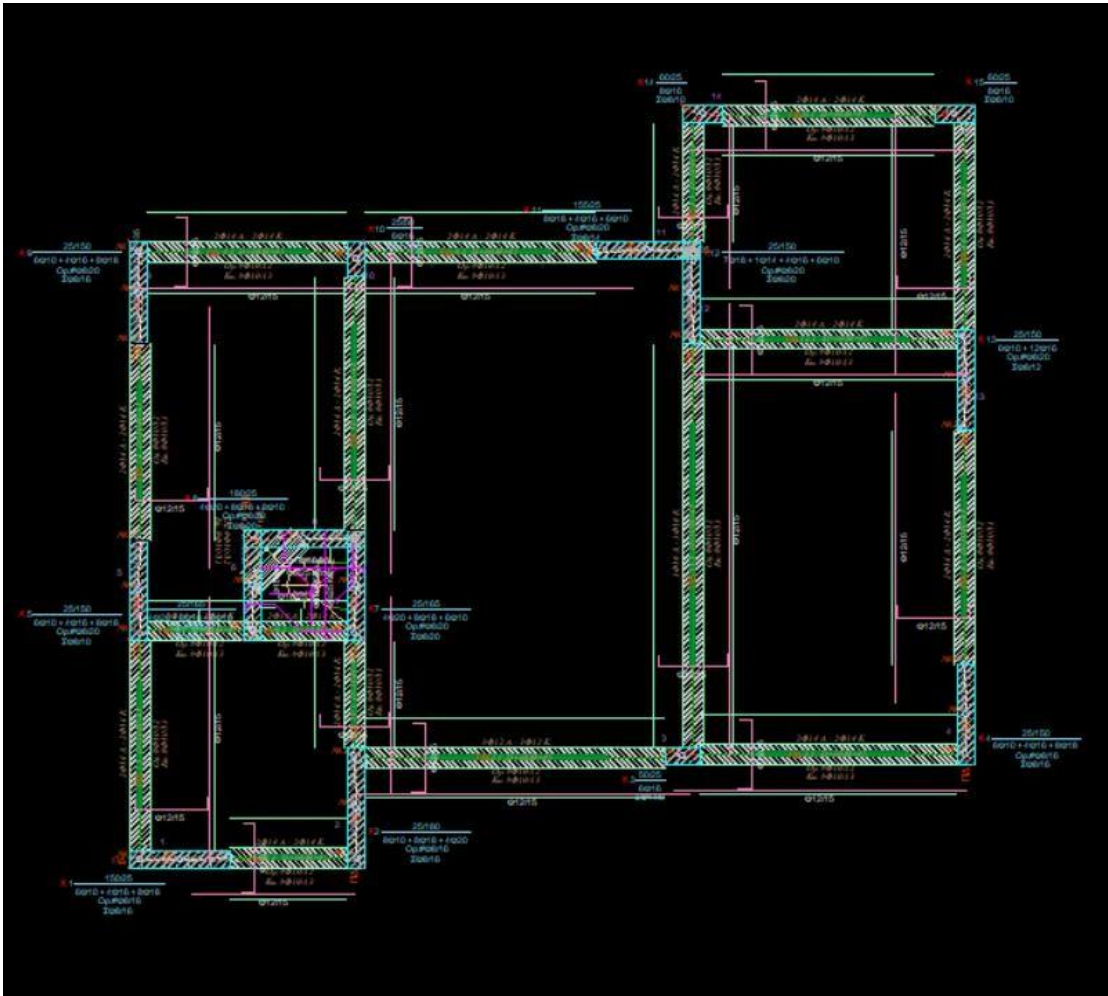
7.2 Υφιστάμενα Υλικά

Σκυρόδεμα

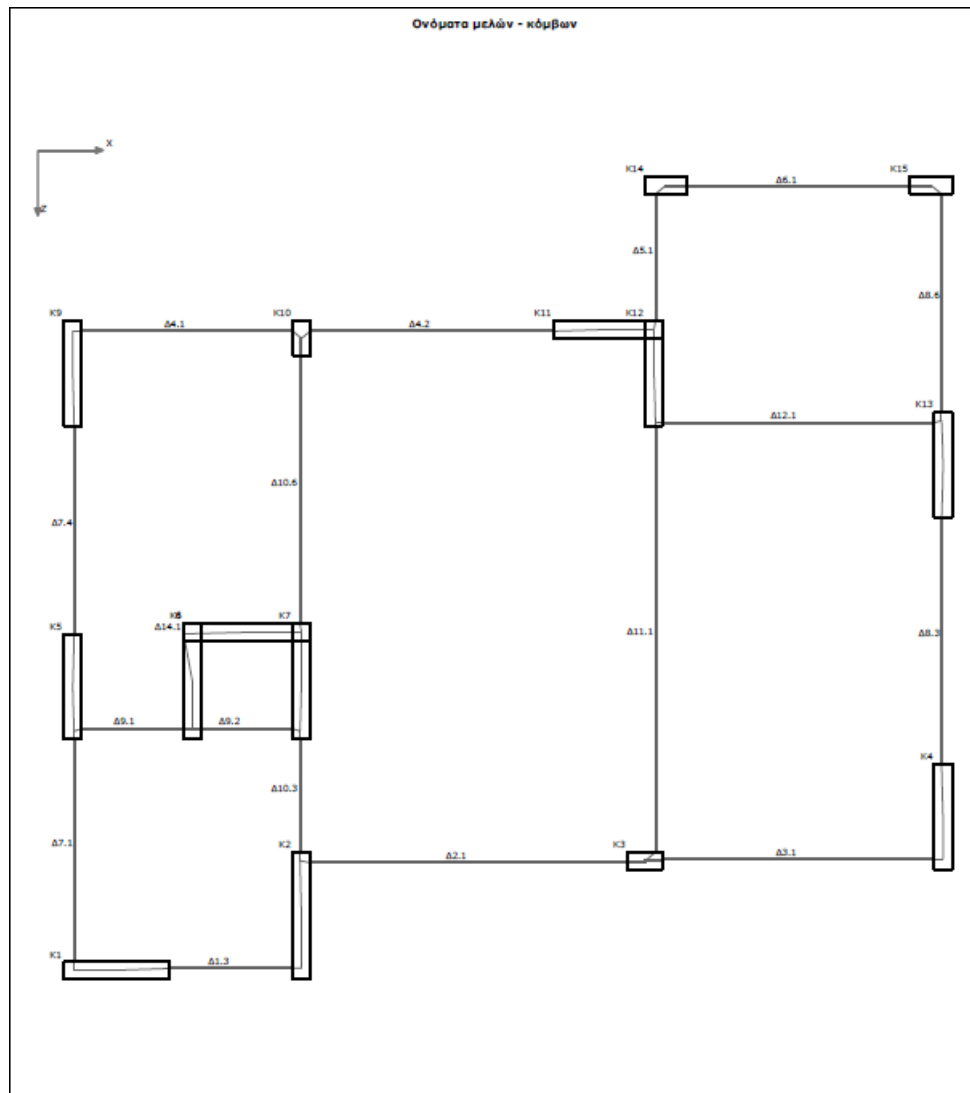
Σύμφωνα με την Τεχνική Έκθεση το σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε στην υφιστάμενη κατασκευή είναι ποιότητας C20/25. Με θλιπτική αντοχή 25 MPa.

Χάλυβας

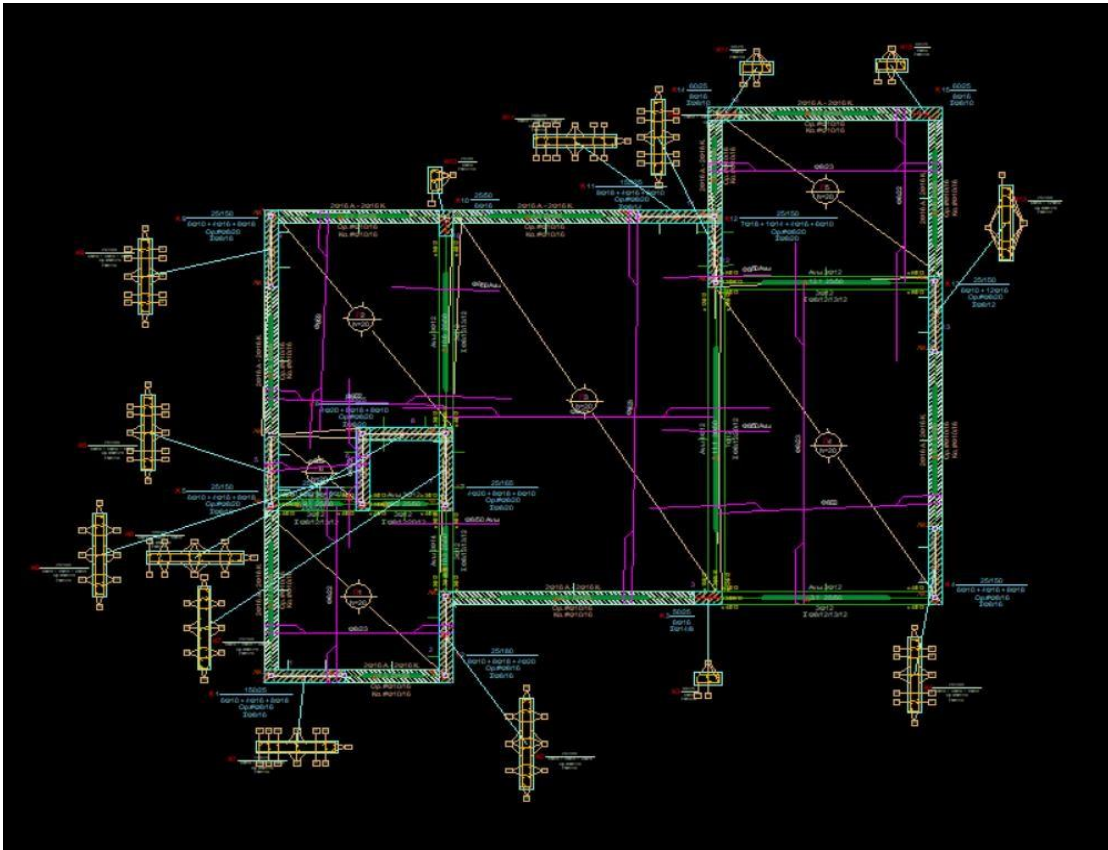
Σύμφωνα με την Τεχνική Έκθεση ο χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε για τον οπλισμό του φέροντος οργανισμού της υφιστάμενης κατασκευής είναι τύπου S235 με εφελκυστική αντοχή 360 MPa.



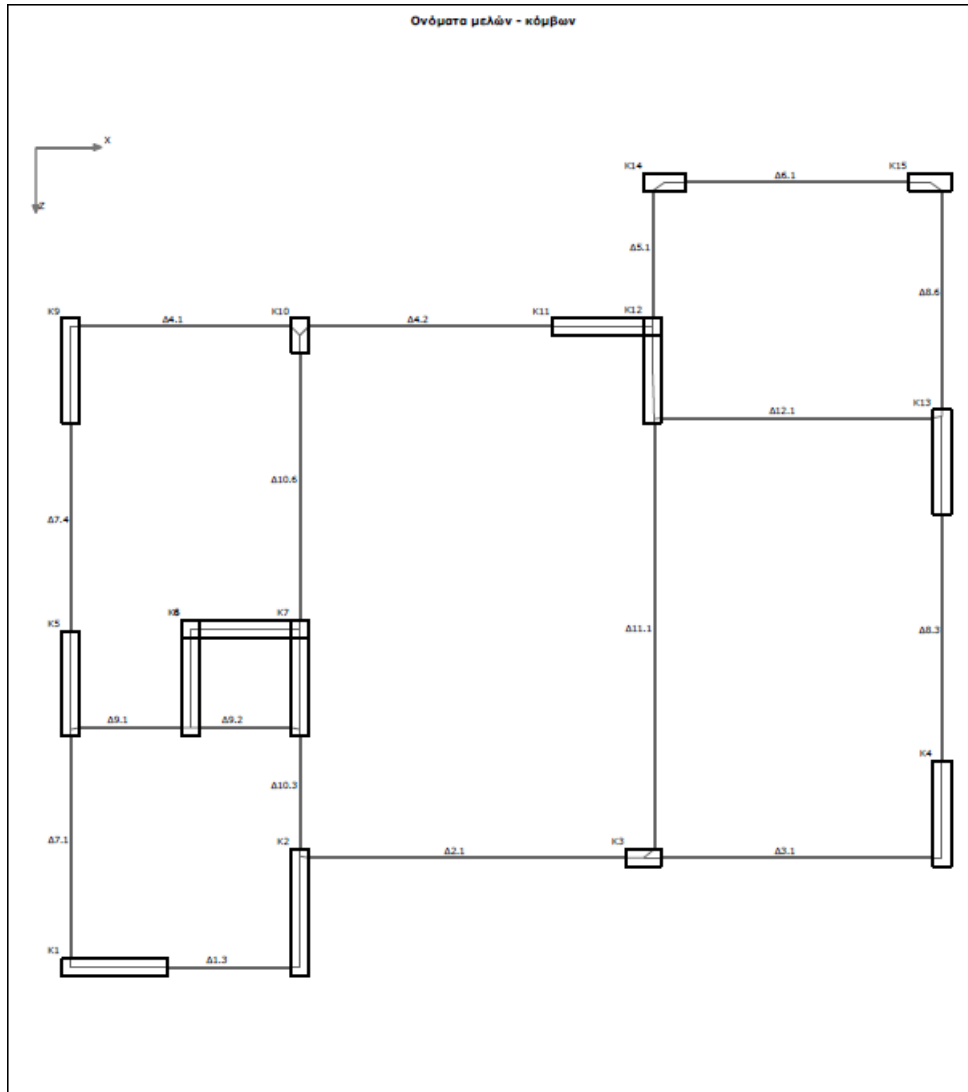
Εικόνα 7.2 Κάτοψη Θεμελίωσης υφιστάμενης κατασκευής



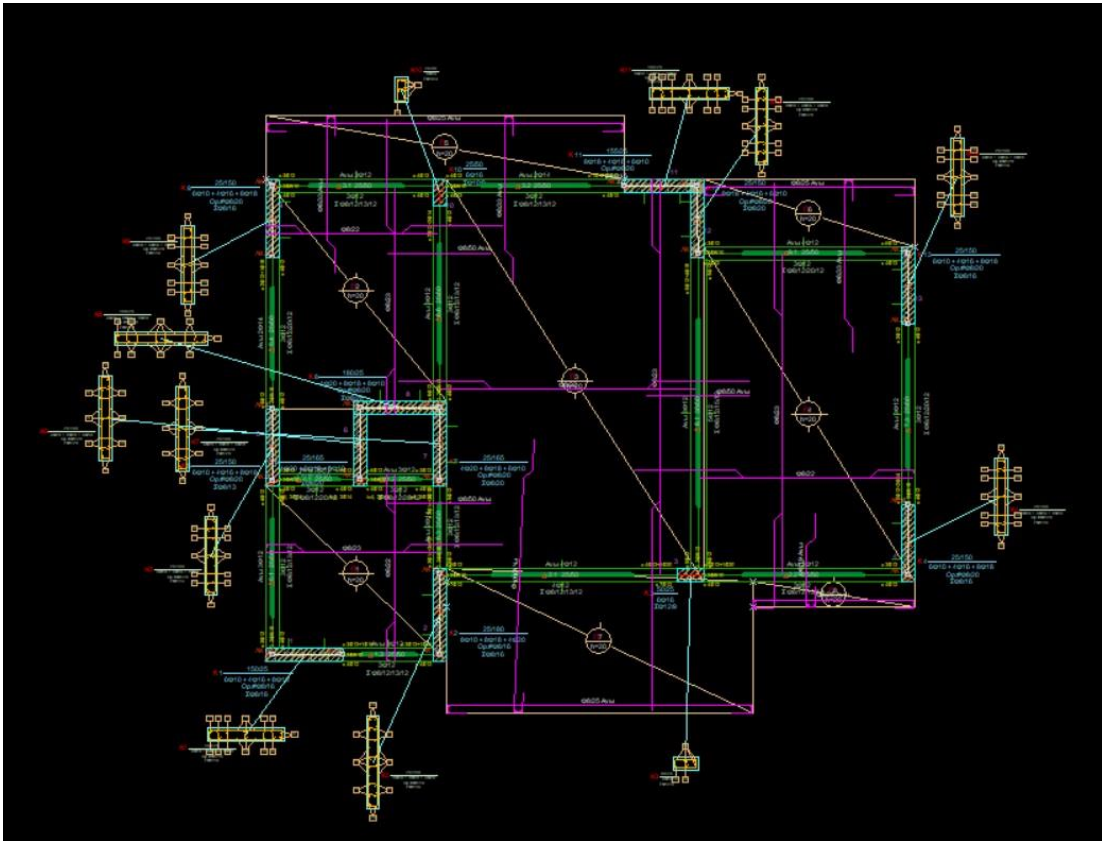
Εικόνα 7.2.1 Ξυλότυπος Θεμελίωσης



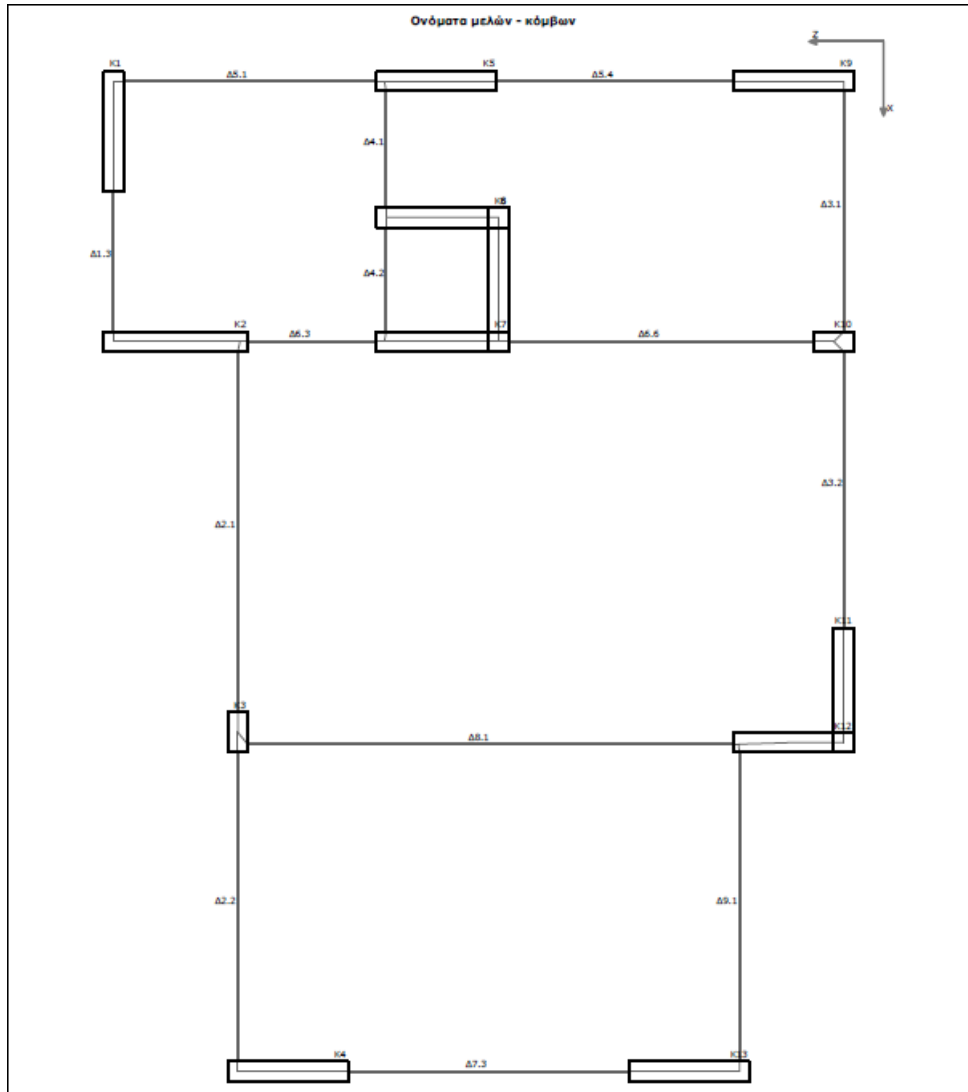
Εικόνα 7.3 Κάτοψη υπογείου ορόφου υφιστάμενης κατασκευής



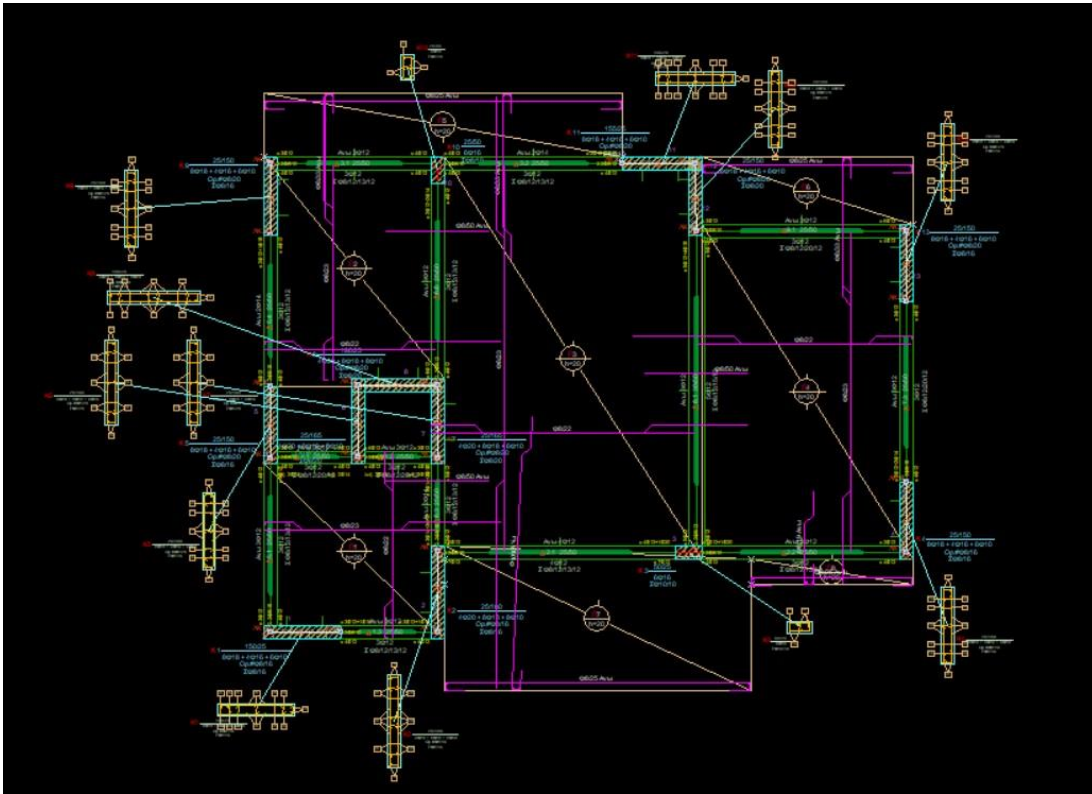
Εικόνα 7.3.1 Ξυλότυπος Υπογείου



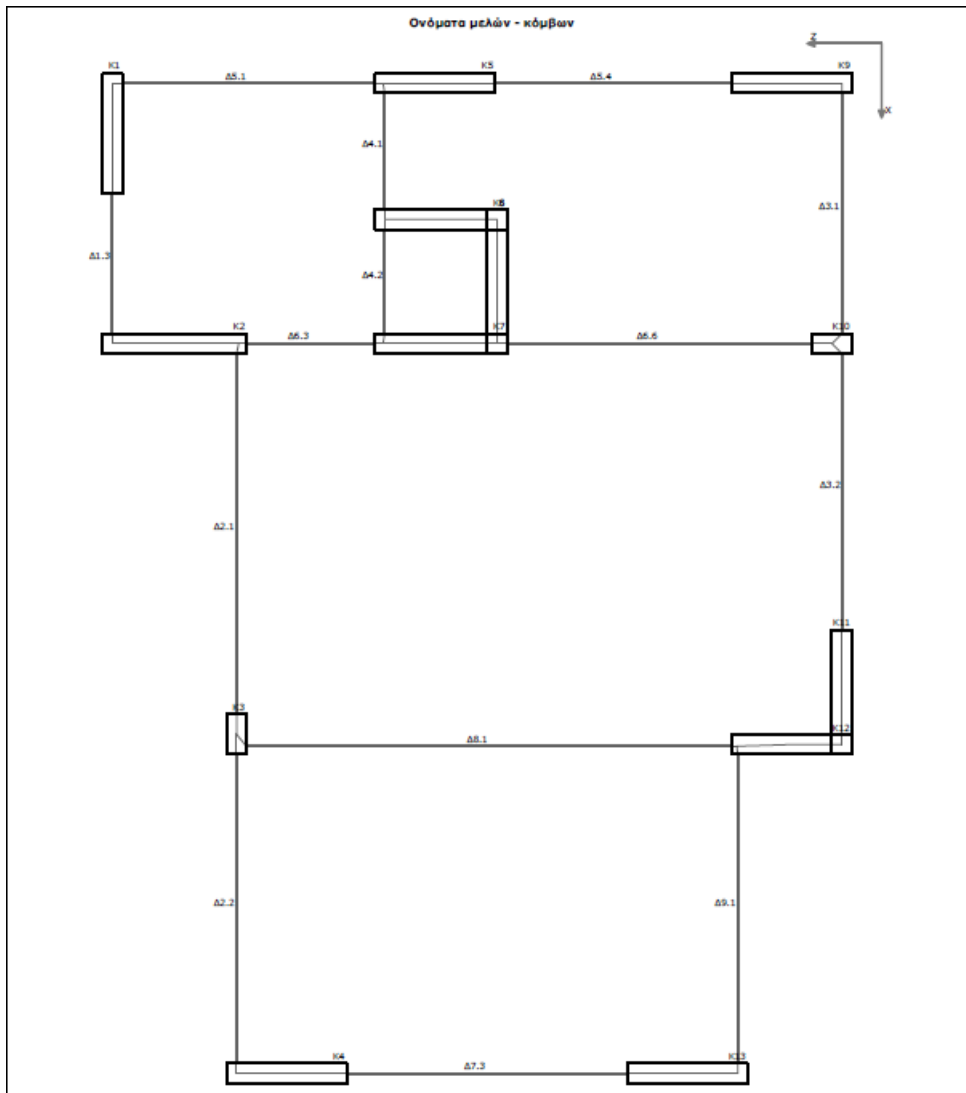
Εικόνα 7.4 Κάτοψη ισογείου ορόφου υφιστάμενης κατασκευής



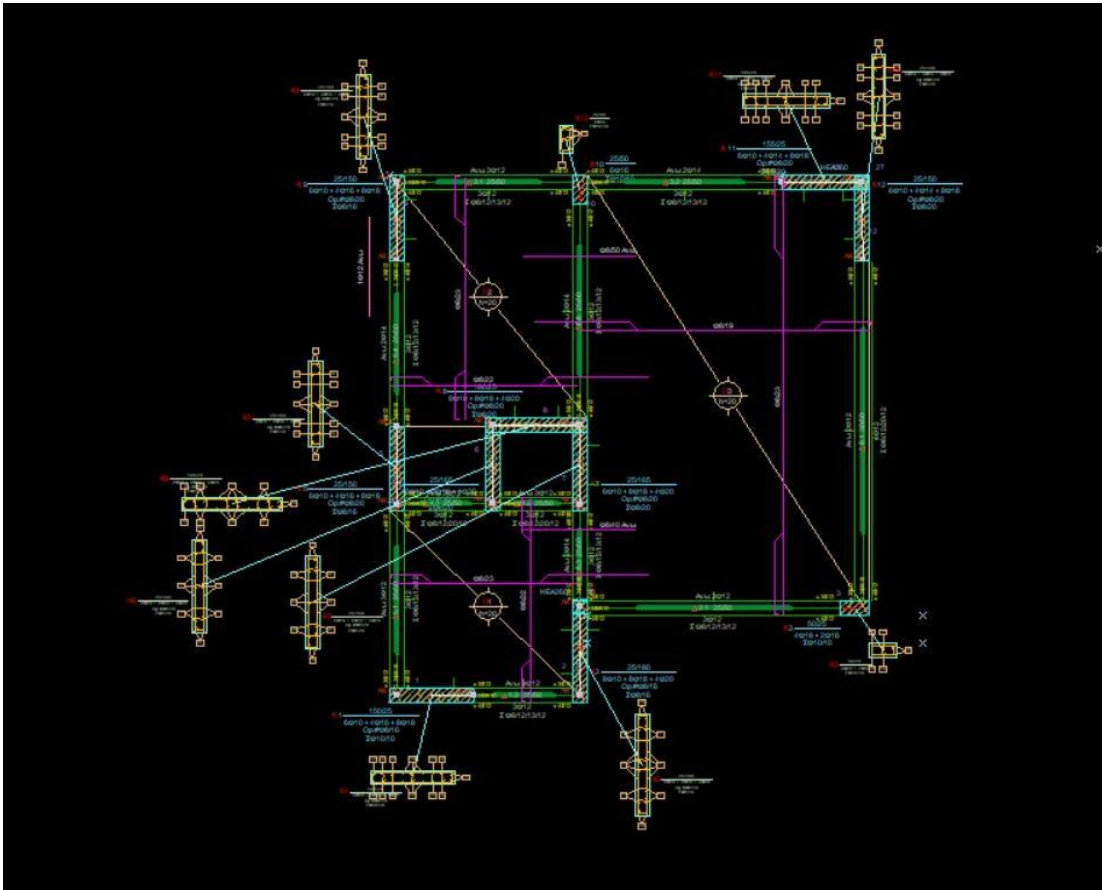
Εικόνα 7.4.1 Ξυλότυπος Ισογείου



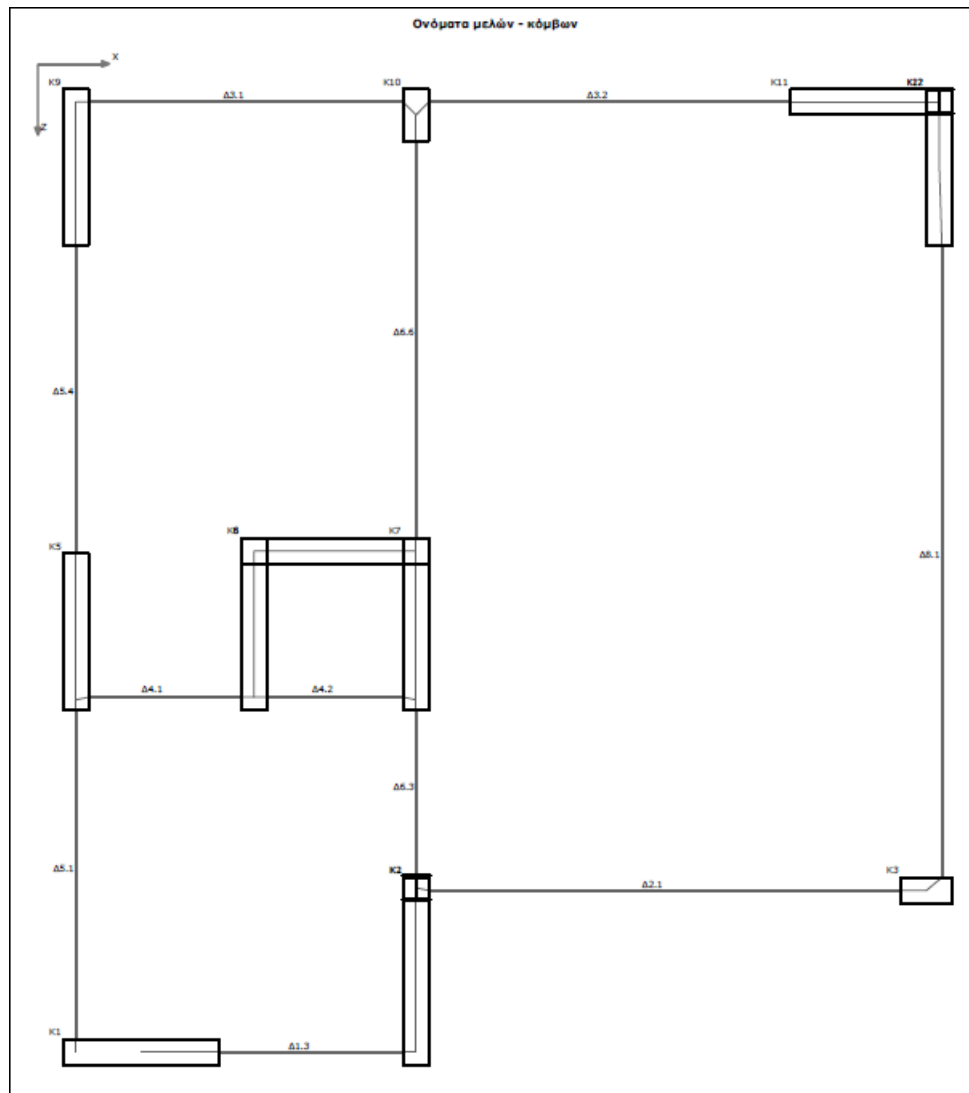
Εικόνα 7.5 Κάτοψη πρώτου ορόφου υφιστάμενης κατασκευής



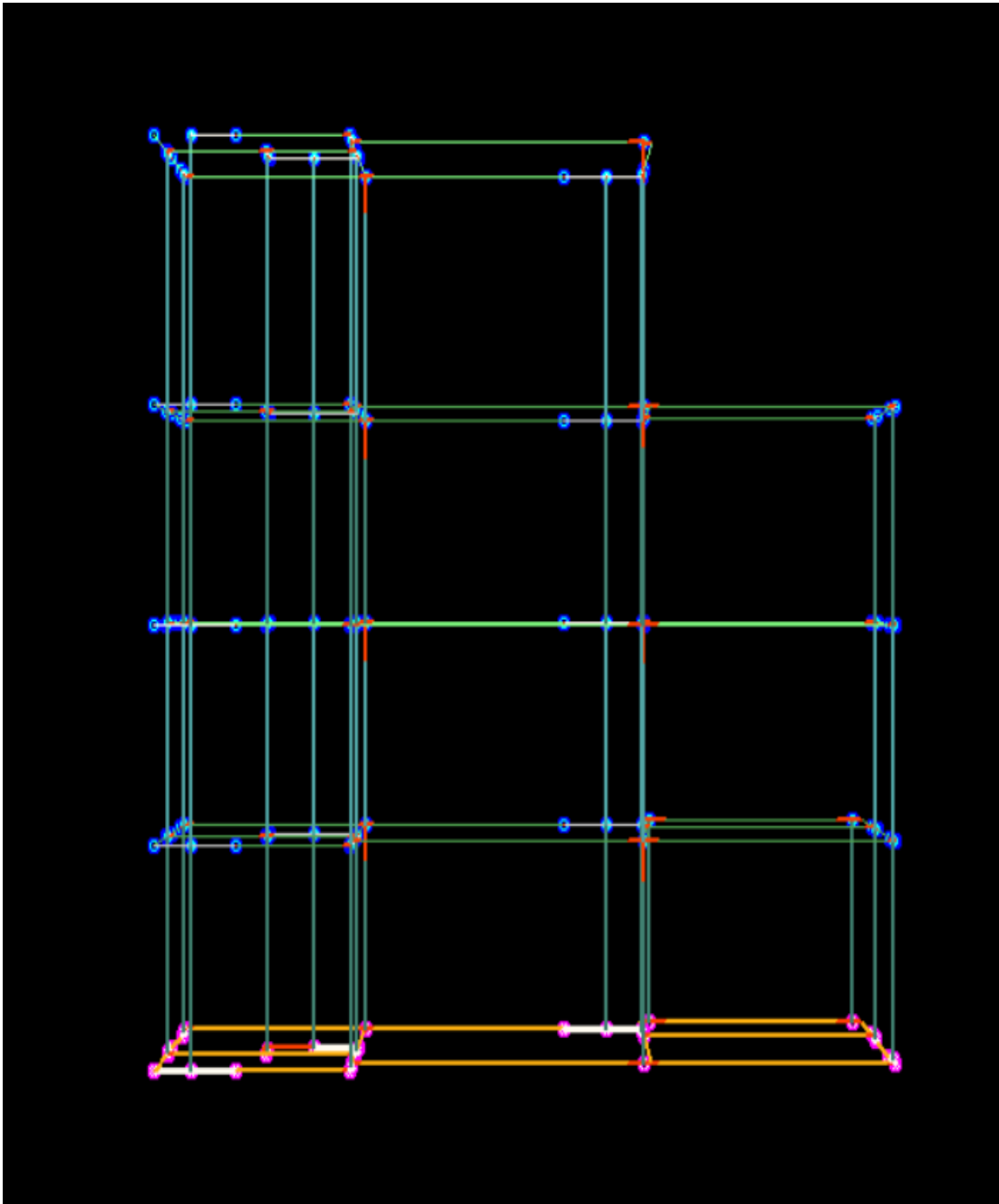
Εικόνα 7.5.1 Ξυλότυπος Πρώτου Ορόφου



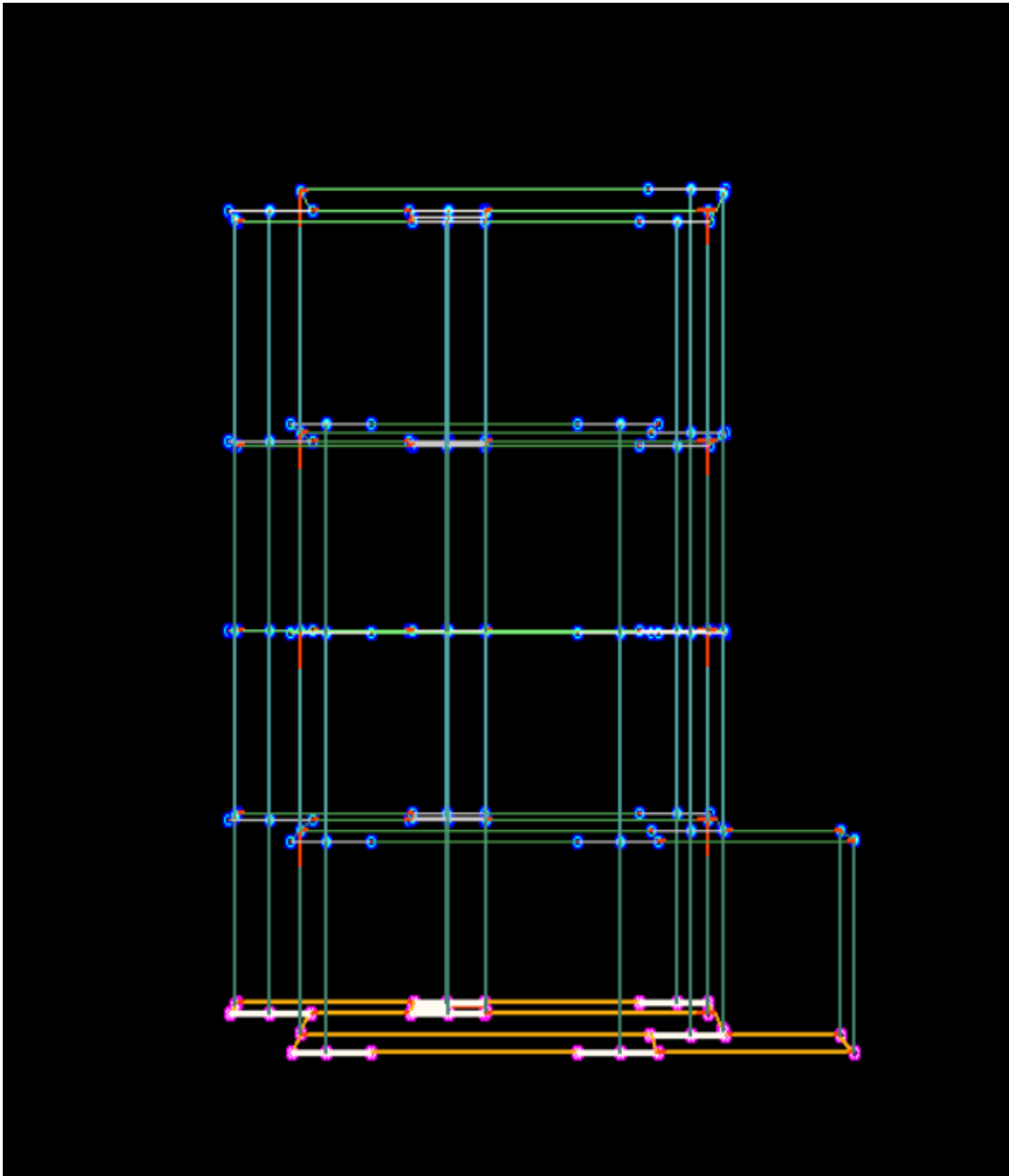
Εικόνα 7.6 Κάτοψη δευτέρου ορόφου υφιστάμενης κατασκευής



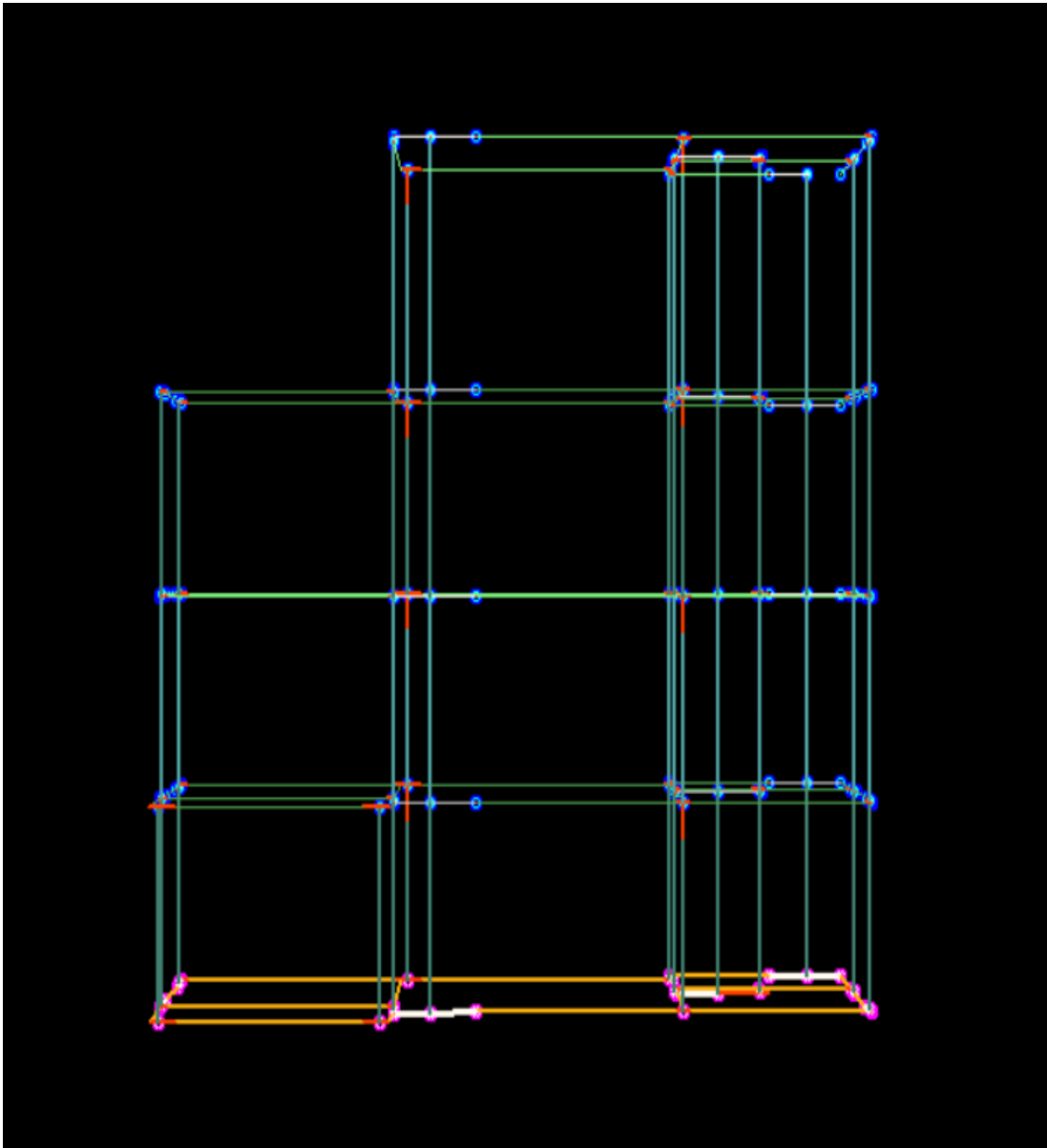
Εικόνα 7.6.1 Ξυλότυπος Δευτέρου Ορόφου



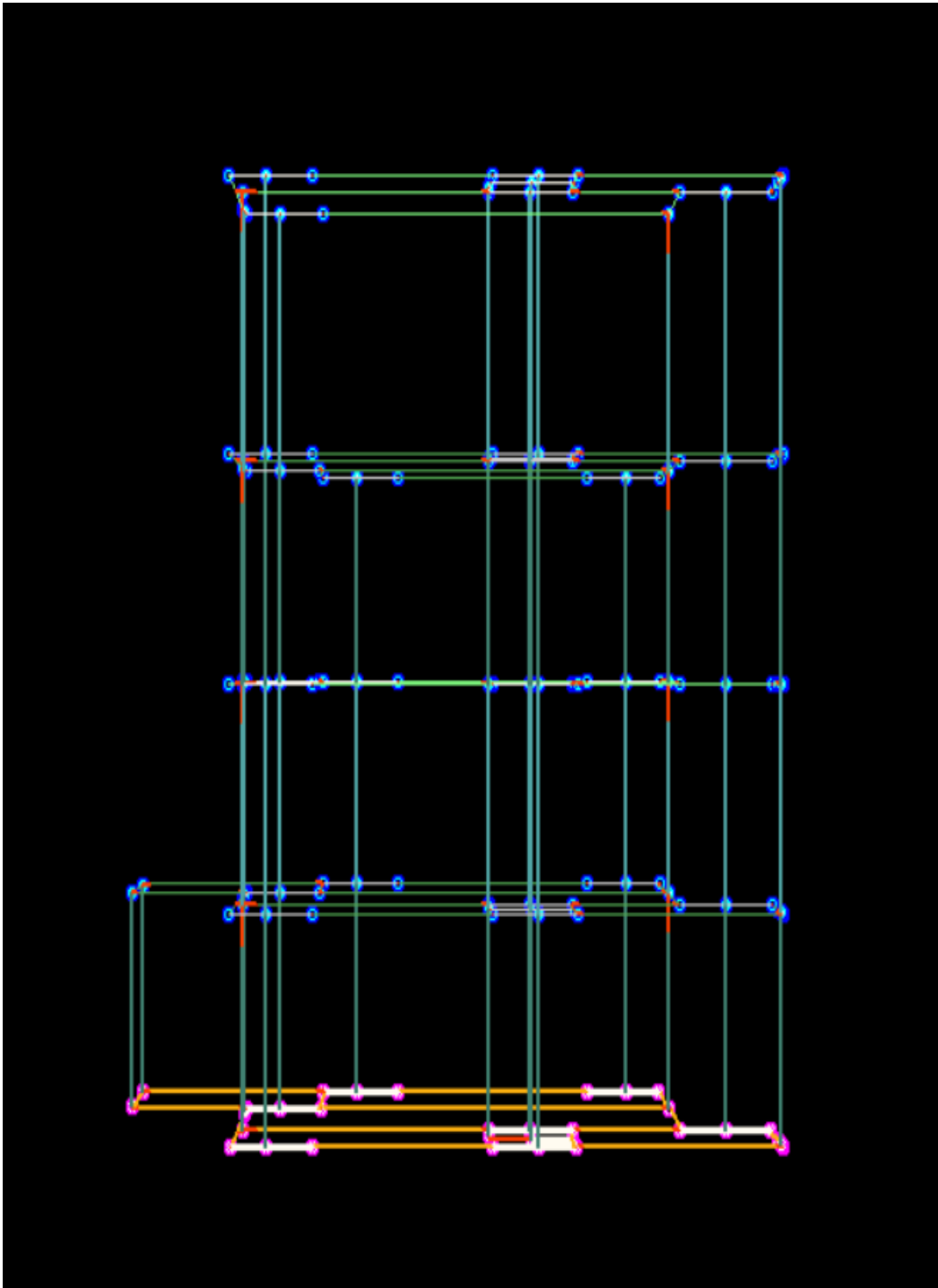
Εικόνα 7.7 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής (Πρόσοψη)



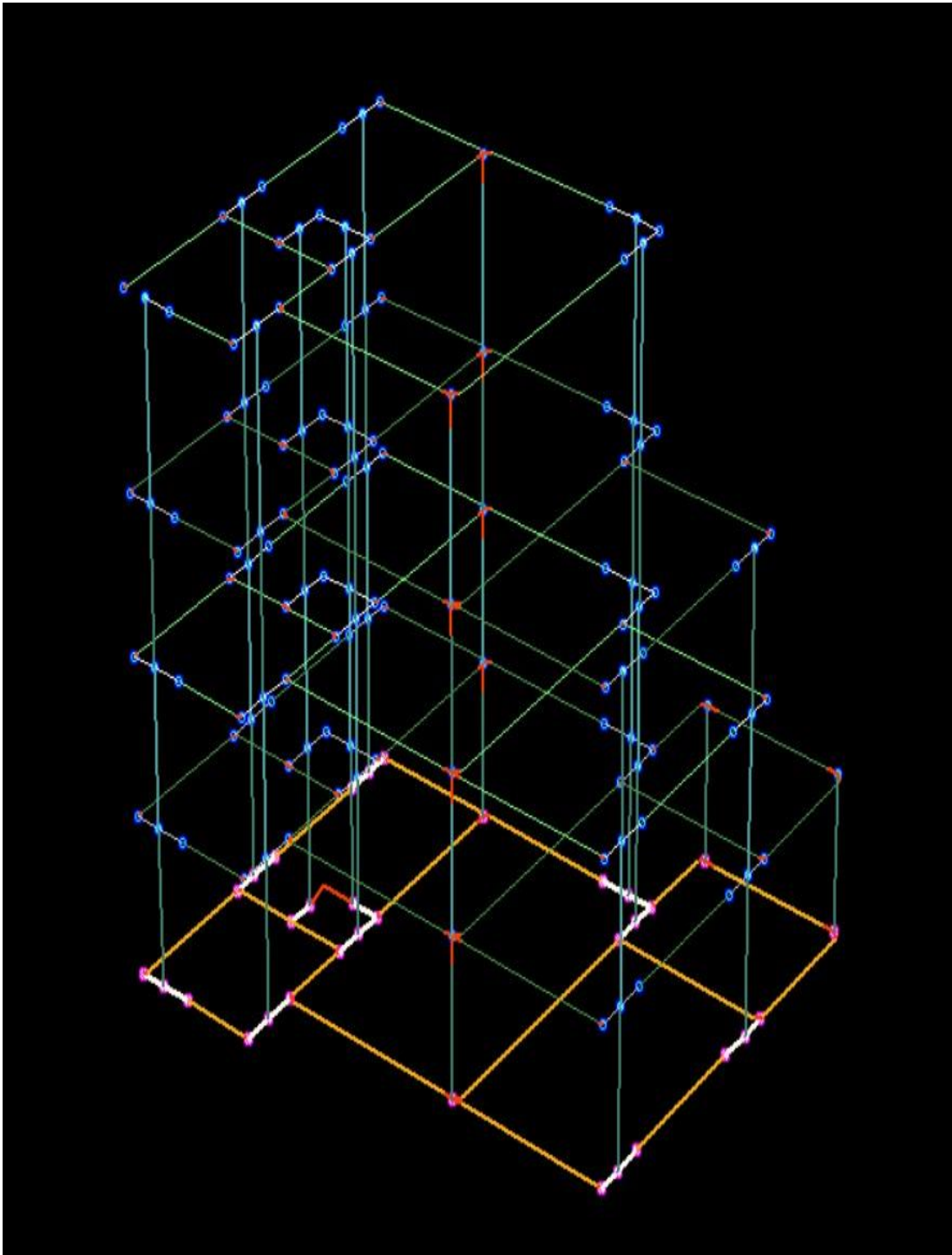
Εικόνα 7.8 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής (Δεξιά Όψη)



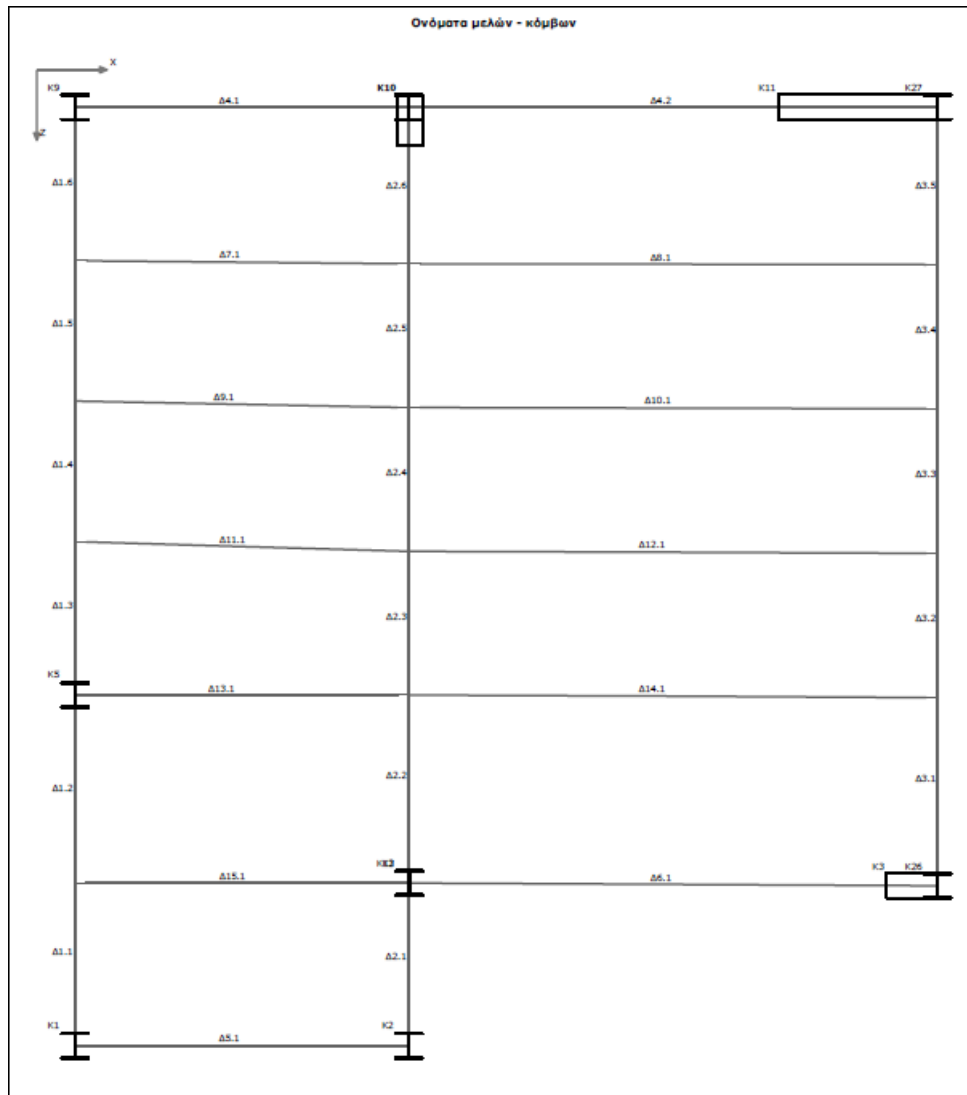
Εικόνα 7.9 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής (Πίσω Όψη)



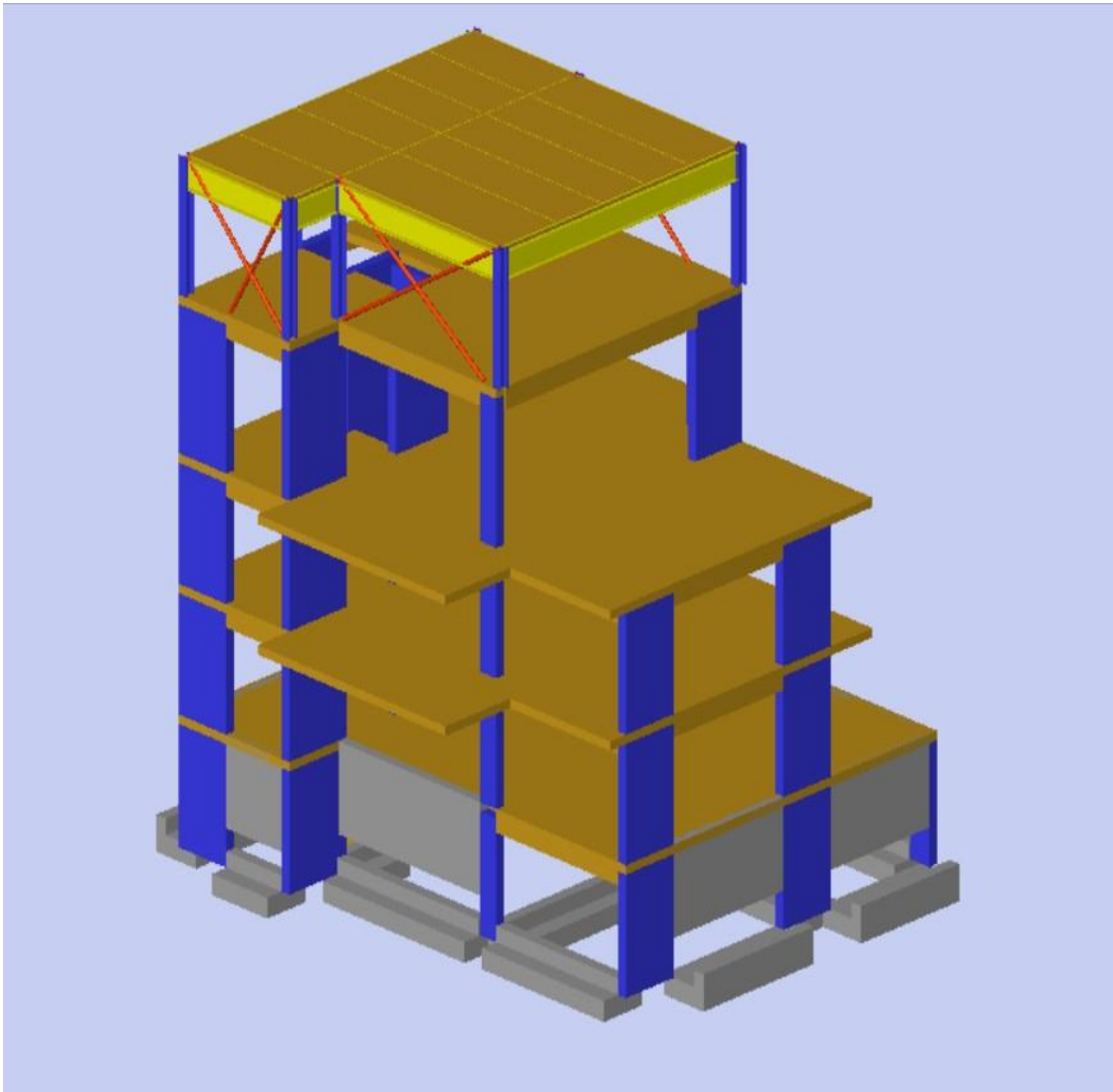
Εικόνα 7.10 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής (Αριστερή Όψη)



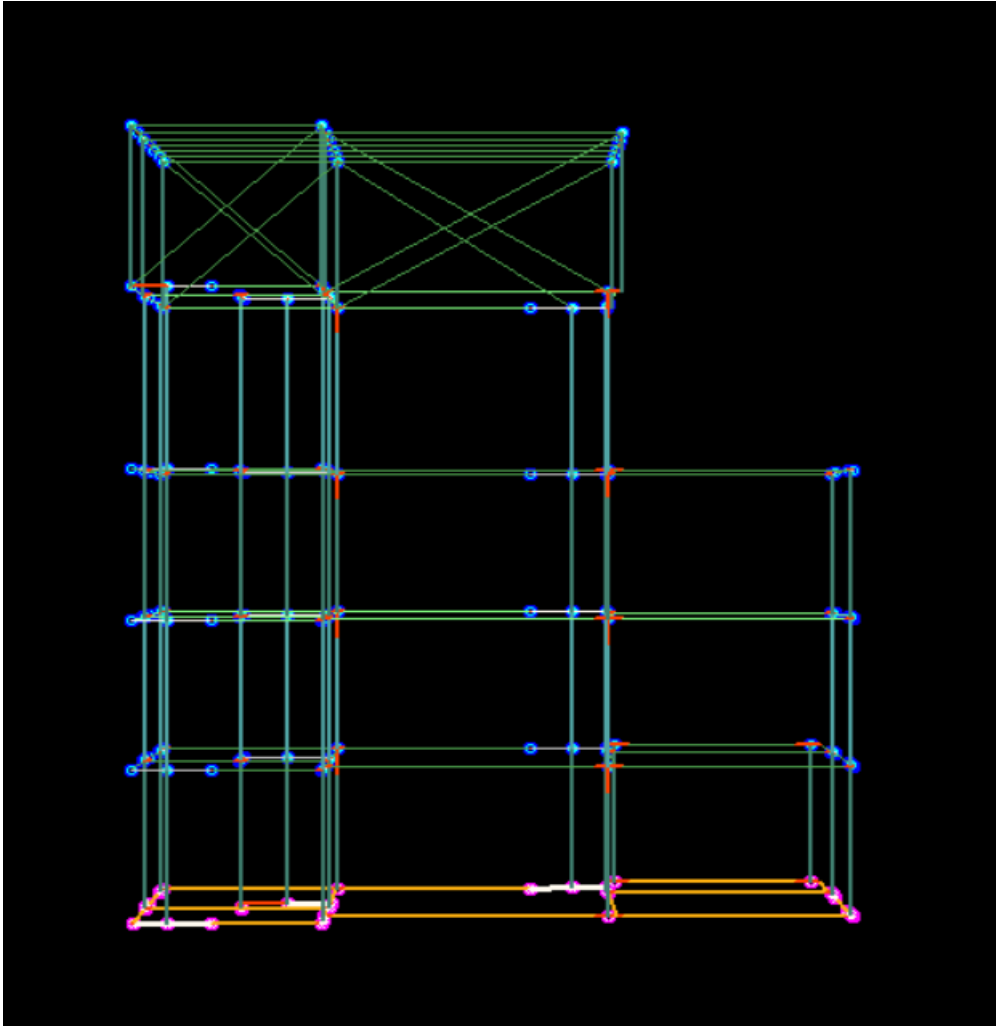
Εικόνα 7.11 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής .(Οψη 3/4)



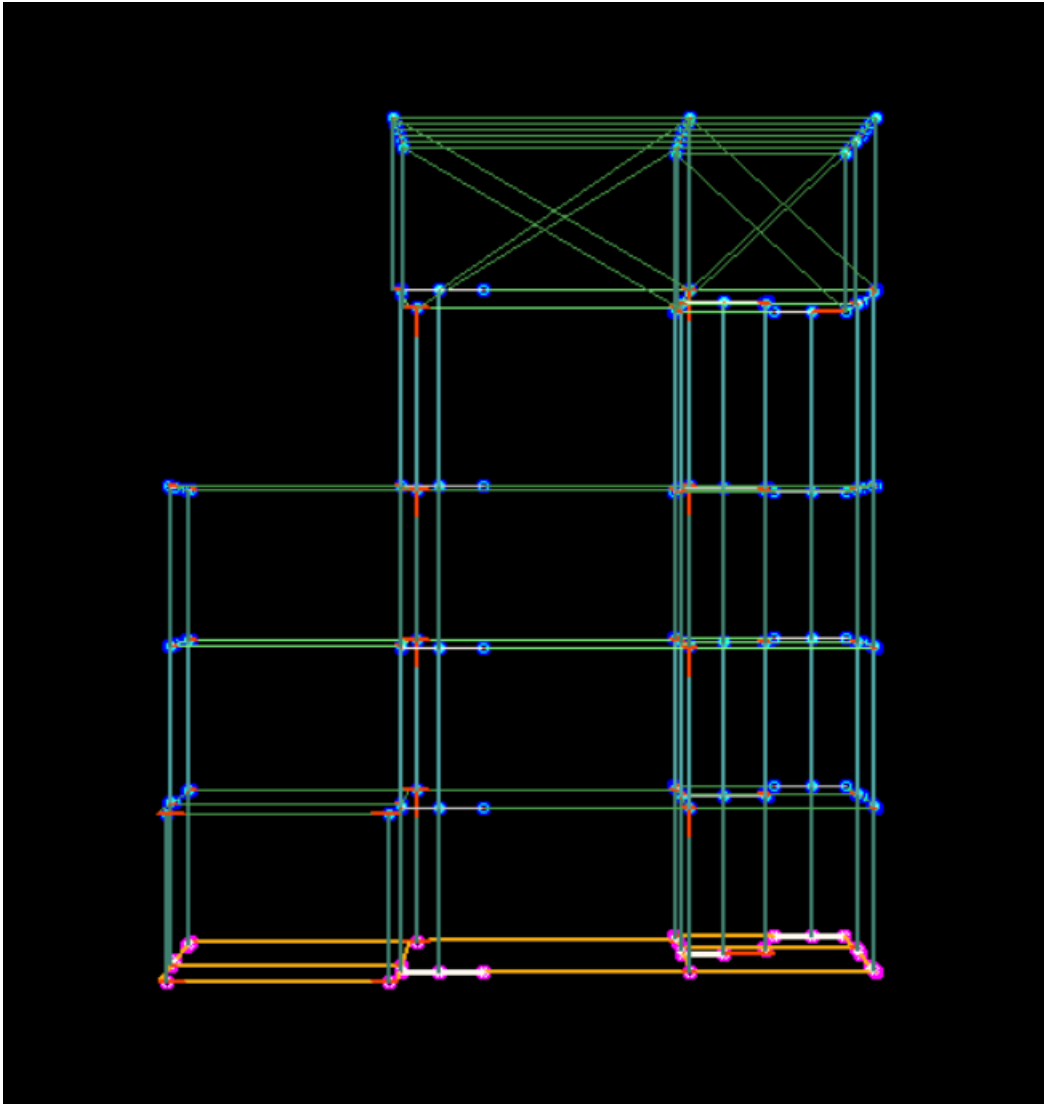
Εικόνα 7.13 Ευλότυπος Μεταλλικού φορέα.



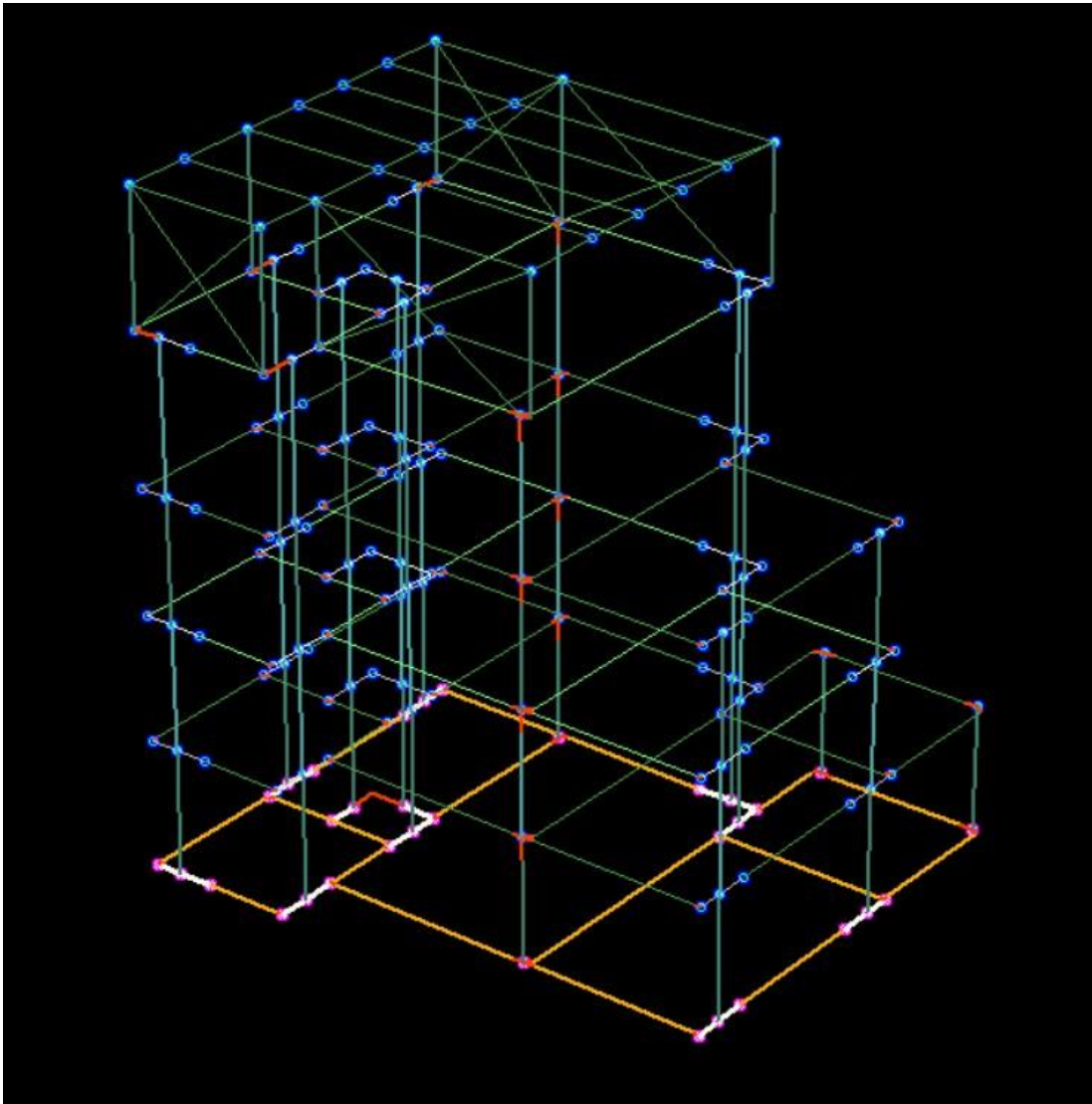
Εικόνα 7.14 Τρισδιάστατη απεικόνιση της υφιστάμενης κατασκευής μετά την προσθήκη του Μεταλλικού φορέα.



Εικόνα 7.15 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής μετά την προσθήκη του Μεταλλικού Φορέα . (Πρόσοψη)



Εικόνα 7.16 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής μετά την προσθήκη του Μεταλλικού Φορέα. (Πίσω Όψη)



Εικόνα 7.16 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής μετά την προσθήκη του Μεταλλικού Φορέα. (Όψη 3/4)

7.4 Υλικά Προσθήκης

Όπως προαναφέραμε χρησιμοποιήθηκε δομικός χάλυβας S235 και για την σύμμικτη λειτουργία χρησιμοποιήθηκε αυλακωτό χαλυβδόφυλλο τύπου Symdeck 75, για την πλάκα σκυροδέματος χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα τύπου C20/25 και B500c για χάλυβα οπλισμού. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν διατμητική ήλοι.

Παράμετρος	Τύπος	Μονάδα	Αξία
Εφαρμοστική αντοχή διατμητικών ήλων f_{td} [MPa]	?		500.0
Πλάκα σκυροδέματος (Σύμμικτη λειτουργία)			
Σύμμικτη λειτουργία αρθρωτών δομών	?		Όχι
Συνολικό πάχος πλάκας σκυροδέματος h_e [m]	?		0.12
Τύπος πλάκας	?		Με αυλακωτό χαλυβδόφυλλο
Υποστήριξη δομών κατά την σκυροδέτηση	?		Ναι
Ποιότητα σκυροδέματος	?		C20/25
Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa]	?		20
Αυλακωτό Χαλυβδόφυλλο			
Διεύθυνση αυλακώσεων	?		Κατά μήκος της δοκού
Τύπος αυλακωτού χαλυβδόφυλλου	?		Symdeck 75
Ύψος αυλακωτού χαλυβδόφυλλου h_r [mm]	?		73.0
Απόσταση μεταξύ νευρώσεων (πάτημα) b_e [mm]	?		188.0
Πλάτος πυθμένα νεύρωσης σκυροδέματος b_b [mm]	?		50.0
Πλάτος νεύρωσης b_s [mm]	?		92.0
Μέσο πάχος των νευρώσεων b_m [mm]	?		73.0
Διατμητικοί ήλοι κεφαλής			
Διάμετρος διατμητικών ήλων d [mm]	?		19.0
Διάμετρος κεφαλής διατμητικών ήλων d_h [mm]	?		32.0
Ολικό ύψος διατμητικών ήλων h_{sc} [mm]	?		100.0
Μέγιστος αριθμός σειρών ήλων n	?		1
Μέγιστη διαμήγνια απόσταση ήλων $e_{sl,max}$ [mm]	?		200.0

Εικόνα 7.17 Στοιχεία υλικών προγράμματος.

7.5 Γεωμετρία Μεταλλικού Ορόφου

Υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα προσομοιώνονται με γραμμικά στοιχεία που έχουν άξονα αναφοράς τον άξονα που διέρχεται από το κέντρο βάρους τους. Επίσης η προσθήκη αφορά μόνο έναν όροφο όποτε επιλέχθηκε να βάλουμε την ίδια διατομή σε όλα τα υποστυλώματα του ορόφου για κατασκευαστική ευκολία.

Επιλέχθηκαν μεταλλικά υποστυλώματα τύπου HEA260.

Υποστυλώμα

Διατομή | Στατικά | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμοί | Έδαφος | Δομικός χάλυβας | Υλικά - Αποτίμηση | Αι < >

Είδος υλικού ? Δομικός Χάλυβας

Διατομές σε χρήση ? HEA260

Αυτόματος υπολογισμός αδρανειακών στοιχείων ? Ναι

Κατηγορία διατομής ? HEA

Όνομα διατομής ? 260

Όνομα διατομής κάτομης ? HEA260

Γωνία τοποθέτησης φ [°] ? 0.00

h [mm] ? 250.00

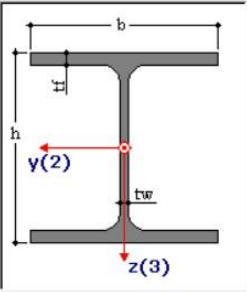
b [mm] ? 260.00

tw [mm] ? 7.50

tf [mm] ? 12.50

Βάρος [kN/m] ? 0.682

Υπόδειγμα << Ενότητα Όλες/Καμία



HEA μεταλλική διατομή

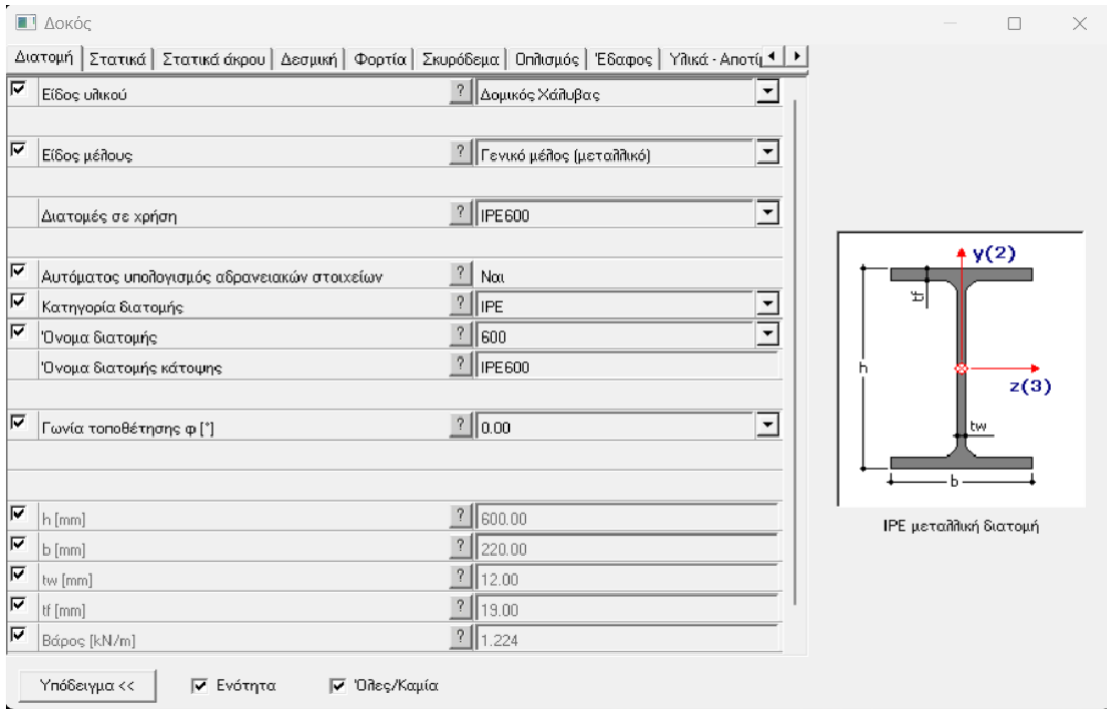
Εικόνα 7.18 Στοιχεία υποστυλωμάτων.

Δοκοί

Οι δοκοί προσομοιώνονται με γραμμικά στοιχεία που έχουν άξονα αναφοράς τον άξονα που διέρχεται από το κέντρο βάρους τους. Ορίζονται οι διαστάσεις τους και το υλικό τους.

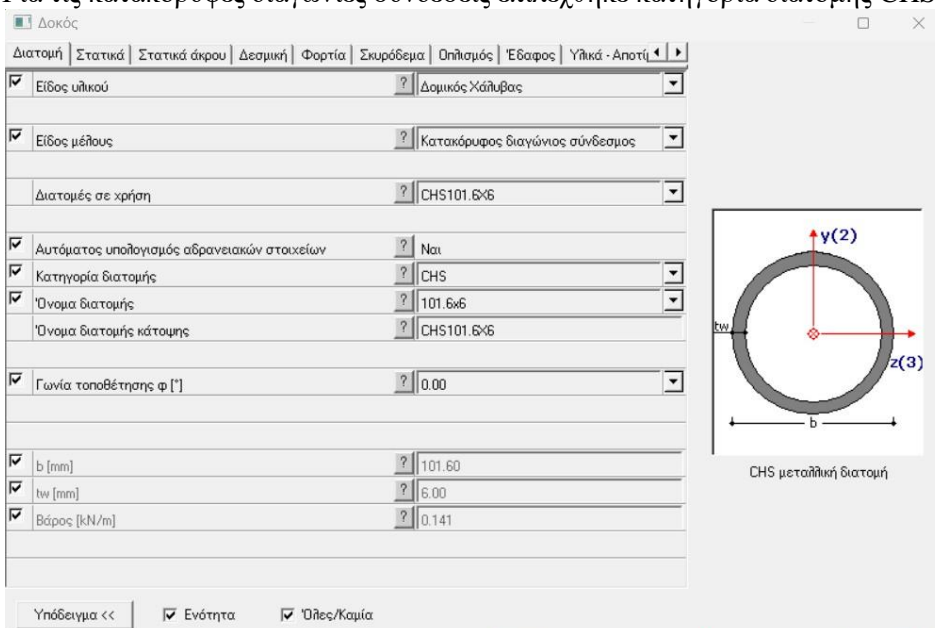
Για τις κύριες δοκούς επιλέχθηκαν IPE600.

Για τις δευτερεύουσες δοκούς, ανάλογα το άνοιγμα τους, επιλέχθηκαν αντίστοιχα IPE160 και IPE220.



Εικόνα 7.19 Στοιχεία δοκών.

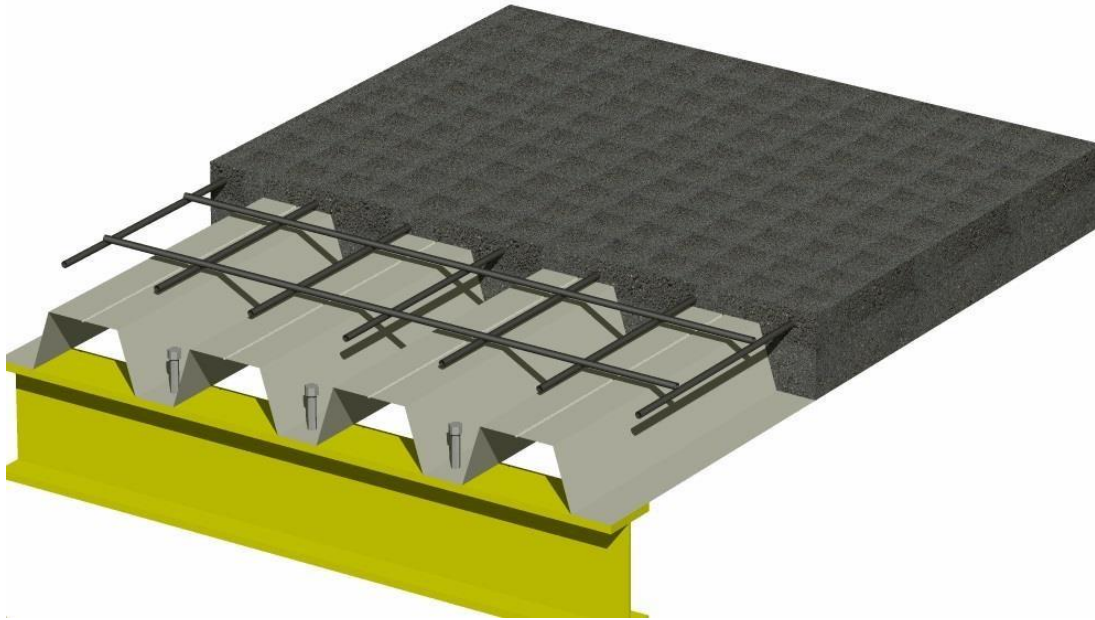
Για τις κατακόρυφες διαγώνιες συνδέσεις επιλέχθηκε κατηγορία διατομής CHS101.6X6.



Εικόνα 7.20 Στοιχεία συνδέσεων.

Πλάκα

Οι σύμμικτες πλάκες εδραιώνονται επί των κύριων και των δευτερευούσων δοκών. Το σκυρόδεμα είναι C20/25 και έχουν σύμμικτη λειτουργία με τις δοκούς λόγω των διατμητικών ήλων.



Εικόνα 7.21 Σύμμικτη Πλάκα με Χαλυβδόφυλλο.

7.6 Έλεγχος Μεταλλικών Μελών

Το πρόγραμμα Fespa κάνει ελέγχους για τον μεταλλικό φορέα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα

3. Οι έλεγχοι που έγιναν είναι οι εξής και ακολουθούν στους παρακάτω Πίνακες:

$$\text{ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ : } \frac{E_d}{R_d} \leq 1$$

$$\text{[EC3 (6.17)] : Διάτμηση : } \frac{V_{yEd}}{V_{yRd}} \leq 1, \frac{V_{zEd}}{V_{zRd}} \leq 1 \Rightarrow v_y \leq 1, v_z \leq 1$$

Κάμψη με Αξονική

$$\text{[EC3 (6.2)] : Κατηγ. 3 : } \kappa\Delta = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}} \leq 1 \Rightarrow \kappa\Delta = n + m_y + m_z \leq 1$$

$$\text{[EC3 (6.41)] : Κατηγ. 1,2 : } \lambda\Delta = \left(\frac{M_{yEd}}{M_{y,N,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{zEd}}{M_{z,N,Rd}} \right)^\beta \leq 1 \Rightarrow \lambda\Delta = m_{y,N}^\alpha + m_{z,N}^\beta \leq 1, \lambda\Delta \geq n$$

Αντοχή των μελών σε λυγισμό [EC3-1-1 §6.3]

$$\text{[EC3 (6.61)] : } \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \Rightarrow n_y + m_{yy} + m_{yz} \leq 1$$

$$\text{[EC3 (6.62)] : } \frac{N_{Ed}}{X_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \Rightarrow n_z + m_{zy} + m_{zz} \leq 1$$

Όνομα	Όροφος [l]	Τύπος [l]	Διατομή -	Κατηγορία [l]	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny+mgy+mz	EC3 (6.62) nz+mzy+mzz	Πρόταση Διατομής
Δ1.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,45	0,02	0,30	0,17	0,25	IPE360
Δ1.2	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,45	0,01	0,20	0,18	0,25	IPE330
Δ1.3	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,27	0,01	0,24	0,16	0,24	IPE330
Δ1.4	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,03	0,01	0,30	0,18	0,31	IPE360
Δ1.5	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,01	0,01	0,40	0,21	0,32	IPE400
Δ1.6	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,27	0,02	0,60	0,34	0,65	IPE500
Δ2.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,93	0,05	0,71	0,48	0,76	IPE600
Δ2.2	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,23	0,03	0,45	0,48	0,58	IPE500
Δ2.3	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,08	0,01	0,58	0,48	0,70	IPE550
Δ2.4	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,02	0,01	0,64	0,55	0,81	IPE550
Δ2.5	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,06	0,01	0,64	0,52	0,79	IPE550
Δ2.6	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,22	0,02	0,54	0,39	0,67	IPE550
Δ3.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,21	0,03	0,64	0,47	0,82	IPE600
Δ3.2	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,04	0,02	0,36	0,36	0,49	IPE500
Δ3.3	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,02	0,01	0,41	0,35	0,48	IPE450
Δ3.4	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,05	0,01	0,43	0,33	0,47	IPE450
Δ3.5	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,21	0,02	0,44	0,26	0,49	IPE450
Δ4.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,01	0,02	0,60	0,31	0,45	IPE500
Δ4.2	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,02	0,01	0,45	0,24	0,36	IPE400
Δ5.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,01	0,01	0,30	0,18	0,25	IPE330
Δ6.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,02	0,01	0,63	0,32	0,46	IPE500
Δ7.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE160	2	0,17		0,06			IPE80
Δ8.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE220	2	0,18		0,11			IPE140
Δ9.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE160	2	0,16		0,05			IPE80
Δ10.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE220	2	0,16		0,09			IPE120
Δ11.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE160	2	0,16		0,05			IPE80
Δ12.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE220	2	0,16		0,09			IPE120
Δ13.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE160	2	0,17		0,06			IPE80
Δ14.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE220	2	0,19		0,12			IPE140
Δ15.1	3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE160	2	0,20		0,07			IPE80
Δ16.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,26			CHS42.4X4
Δ17.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,02			CHS42.4X2.6
Δ18.2	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1						CHS42.4X2.6
Δ19.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,15			CHS48.3X2.6

Εικόνα 7.22 Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών δοκών.

Όνομα	Όροφος [l]	Τύπος [l]	Διατομή -	Κατηγορία [l]	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny+mgy+mz	EC3 (6.62) nz+mzy+mzz	Πρόταση Διατομής
Δ20.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,42			CHS60.3X5
Δ21.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,26			CHS48.3X4
Δ22.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,29			CHS48.3X4
Δ23.1	3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,19			CHS33.7X4

Εικόνα 7.23 Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών δοκών.

Όνομα	Όροφος [l]	Τύπος [l]	Διατομή -	Κατηγορία [l]	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny+mgy+mz	EC3 (6.62) nz+mzy+mzz	Πρόταση Διατομής
K1	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,05	0,16	0,27	0,24	HEA160
K2	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,07	0,08	0,23	0,17	HEA160
K5	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,07	0,08	0,37	0,53	HEA240
K9	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,06	0,10	0,20	0,16	HEA160
K10	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,12	0,15	0,42	0,29	HEA200
K13	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1						
K26	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,12	0,15	0,33	0,26	HEA200
K27	3	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,12	0,15	0,39	0,25	HEA200

Εικόνα 7.24 Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών στύλων.

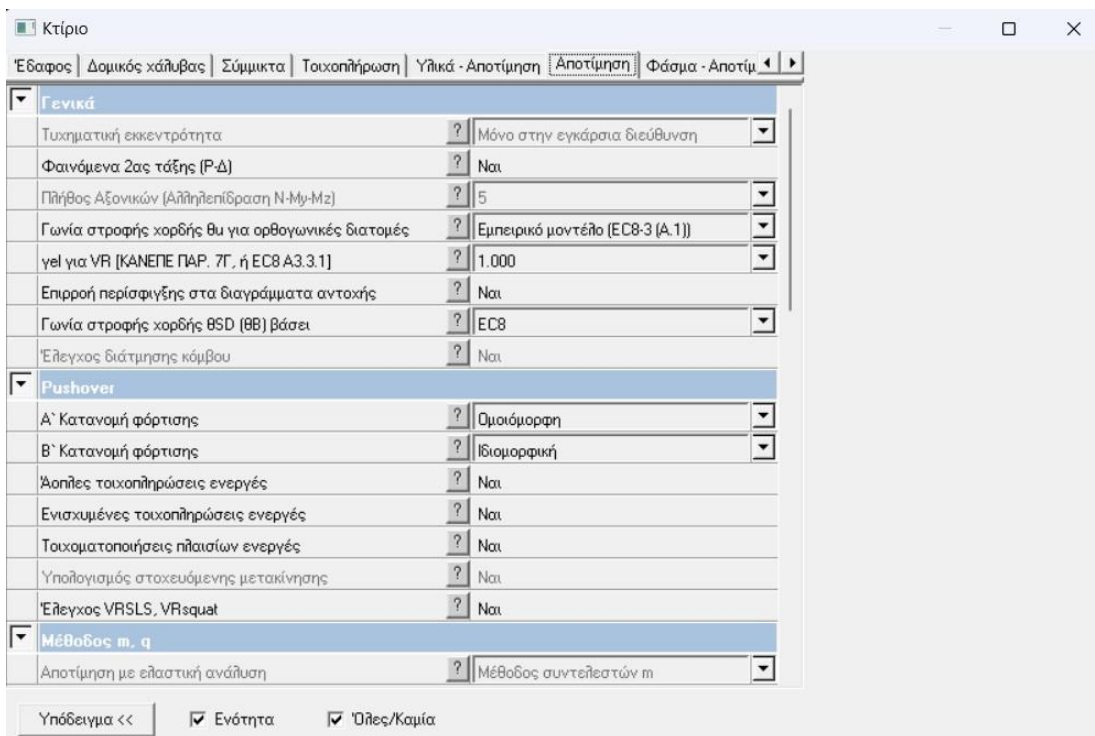
Τύπος μελών	Διατομή μελών	Κατηγορία μελών	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny+mgy+mz	EC3 (6.62) nz+mzy+mzz	Πρόταση Διατομής
ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	1		0,12	0,16	0,42	0,53	HEA240
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE600	1	0,93	0,05	0,71	0,55	0,82	IPE600
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE160	2	0,20		0,07			IPE80
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE220	2	0,19		0,12			IPE140
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	1			0,42			CHS60.3X5

Εικόνα 7.25 Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μελών στο ίδιο κτίριο.

Παρατηρούμε ότι κανένα από τα μέλη της μεταλλικής κατασκευής δεν υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια που μας έχει θέσει ο Ευρωκώδικας 3. Επίσης παρατηρούμε ότι το πρόγραμμα μας δίνει κάποιες προτάσεις διατομής για κάθε μέλος μας.

7.7 Αποτίμηση Κατασκευής

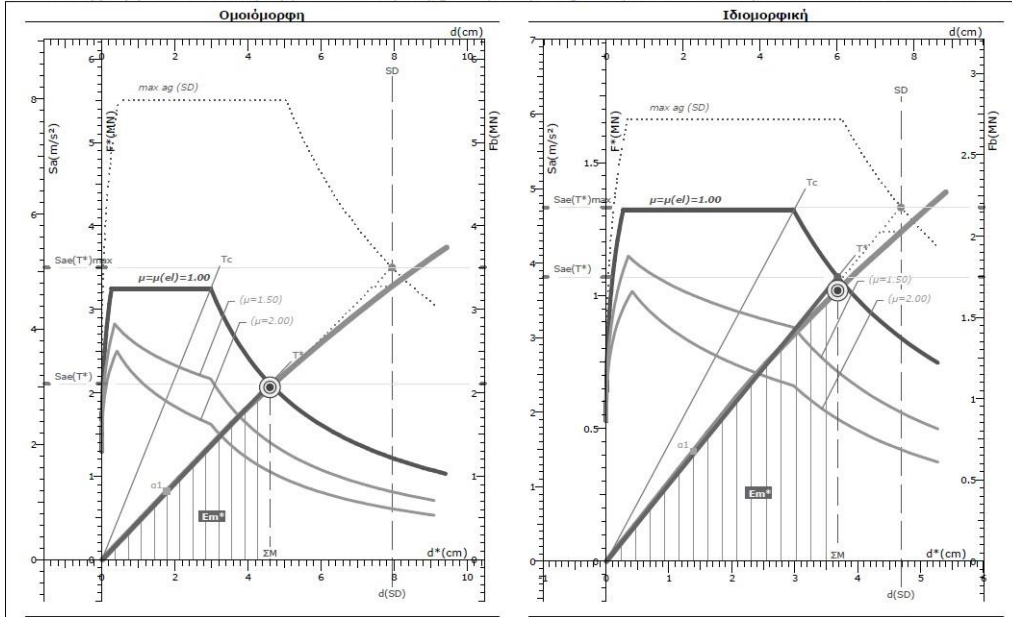
Η κατασκευή που μελετήθηκε έχει επαρκώς ικανοποιητική στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων οπότε μπορούμε να εφαρμόσουμε την μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) για την αποτίμηση της. Για την ανάλυση αυτή επιλέξαμε ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή φόρτισης.



Εικόνα 7.26 Προδιαγραφές ανάλυση κτιρίου.

Έπειτα από την εκτέλεση της ανάλυσης Pushover, για να ερμηνεύσουμε τα αποτελέσματα μας χρησιμοποιήσαμε τα διαγράμματα Απαιτήσης-Ικανότητας ADRS. Στην μελέτη μας παρατηρούμε ότι κάποια διαγράμματα επαρκούν και κάποια άλλα επαρκούν οριακά, μεταξύ των ομοιόμορφων και ιδιόμορφων κατανομών. Παρακάτω παρουσιάζουμε ενδεικτικά ορισμένα διαγράμματα από τα αποτελέσματα μας.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°-30%·180° +eX.

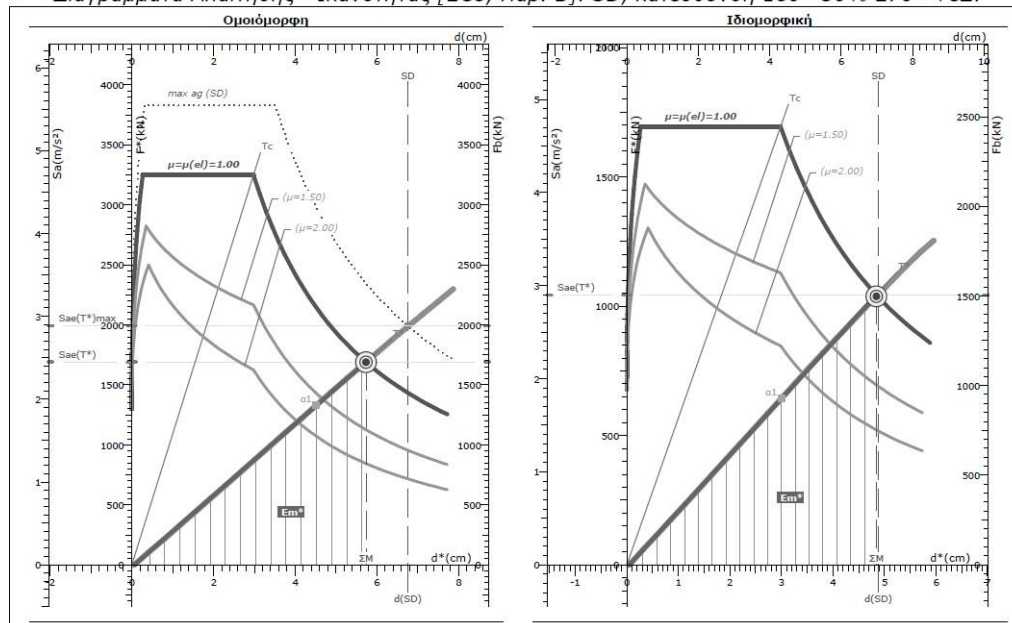


Εικόνα 7.27 Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας (SD)

4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD. $\max a_g = 0.271 \geq 0.160$ (ok) $\max a_g = 0.201 \geq 0.160$ (ok)

Εικόνα 7.28 Το πρόγραμμα μας ενημερώνει ότι η μέγιστη επιτάχυνση είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη δυνατή τιμή.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°-30%·270° +eZ.

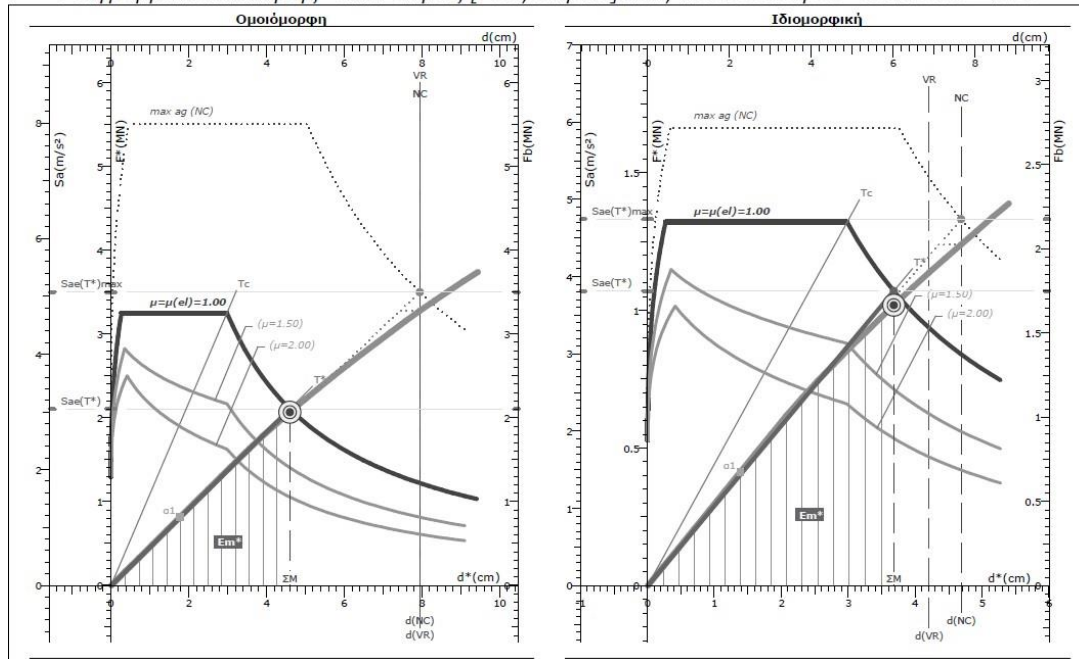


Εικόνα 7.29 Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας (SD)

4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD. $\max a_g = 0.189 \geq 0.160$ (ok) $\max a_g = 0.161 \geq 0.160$ (ok)

Εικόνα 7.30 Το πρόγραμμα μας ενημερώνει ότι η μέγιστη επιτάχυνση στην ομοιόμορφη κατανομή είναι επαρκής αλλά στην ιδιόμορφη επαρκεί οριακά.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°-30%·180° +eX.



Εικόνα 7.31 Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας (NC)

4.	Μέγιστη επιτάχυνση max ag για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.	
NC: max a _g = 0.271 ≥ 0.160 (ok)		NC: max a _g = 0.201 ≥ 0.160 (ok)
VR: max a _g = 0.271 ≥ 0.160 (ok)		VR: max a _g = 0.182 ≥ 0.160 (ok)

Εικόνα 7.32 Το πρόγραμμα μας ενημερώνει ότι η οι μέγιστες επιταχύνσεις είναι μεγαλύτερες από την ελάχιστη δυνατή τιμή.

Στην συνέχεια παρατηρούμε τους όρους επάρκειας των μελών της κατασκευής που προέκυψαν από την Pushover ανάλυση, διαπιστώνοντας πως για τις στάθμες επιτελεστικότητας SD και NC επαρκούν όλα τα μέλη , τόσο σε κάμψη όσο και σε διάτμηση καθώς έχουμε λ < 1.

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Δοκών

Μέλος, όγκο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD Λ	NC Λ	SD ΛVγ	NC
Δ3.1(-1), 3(-1), κ	0.04	0.03	0.26	0.26
Δ3.1(-1), Λ 30(-1), κ	0.16	0.12	0.25	0.25
Δ9.1(-1), Λ 17(-1), κ	0.21	0.16	0.40	0.40
Δ9.1(-1), Λ 21(-1), κ	0.25	0.19	0.39	0.39
Δ9.2(-1), Λ 21(-1), κ	0.03	0.02	0.09	0.09
Δ9.2(-1), Λ 23(-1), κ	0.04	0.03	0.12	0.12
Δ10.3(-1), Λ 31(-1), κ	0.32	0.24	0.33	0.33
Δ10.3(-1), Λ 23(-1), κ	0.34	0.25	0.34	0.34
Δ10.6(-1), Λ 22(-1), κ	0.21	0.16	0.46	0.46
Δ10.6(-1), 10(-1), κ	0.13	0.09	0.46	0.46
Δ11.1(-1), 3(-1), κ	0.13	0.10	0.60	0.60
Δ11.1(-1), Λ 26(-1), κ	0.09	0.07	0.74	0.74
Δ12.1(-1), Λ 26(-1), κ	0.08	0.06	0.49	0.49
Δ12.1(-1), Λ 27(-1), κ	0.10	0.07	0.45	0.45
Δ1.3(0), Λ 15(0), κ	0.51	0.38	0.50	0.50
Δ1.3(0), Λ 17(0), κ	0.28	0.21	0.53	0.53
Δ2.1(0), Λ 16(0), κ	0.10	0.07	0.65	0.65
Δ2.1(0), 3(0), κ	0.23	0.17	0.68	0.68
Δ2.2(0), 3(0), κ	0.30	0.22	0.41	0.41
Δ2.2(0), Λ 19(0), κ	0.26	0.19	0.36	0.36
Δ3.1(0), Λ 31(0), κ	0.22	0.16	0.35	0.35
Δ3.1(0), 10(0), κ	0.12	0.09	0.40	0.40
Δ3.2(0), 10(0), κ	0.10	0.08	0.44	0.44
Δ3.2(0), Λ 30(0), κ	0.27	0.20	0.43	0.43
Δ4.1(0), Λ 21(0), κ	0.31	0.23	0.28	0.28
Δ4.1(0), Λ 24(0), κ	0.31	0.23	0.28	0.28
Δ4.2(0), Λ 24(0), κ	0.06	0.04	0.09	0.09
Δ4.2(0), Λ 25(0), κ	0.07	0.05	0.09	0.09
Δ5.1(0), Λ 14(0), κ	0.26	0.19	0.35	0.35
Δ5.1(0), Λ 21(0), κ	0.39	0.29	0.37	0.37
Δ5.4(0), Λ 20(0), κ	0.45	0.33	0.43	0.43
Δ5.4(0), Λ 32(0), κ	0.45	0.34	0.44	0.44
Δ6.3(0), Λ 16(0), κ	0.47	0.35	0.89	0.89
Δ6.3(0), Λ 25(0), κ	0.44	0.33	0.88	0.88
Δ6.6(0), Λ 23(0), κ	0.29	0.22	0.64	0.64
Δ6.6(0), 10(0), κ	0.24	0.18	0.63	0.63
Δ7.3(0), Λ 18(0), κ	0.36	0.27	0.42	0.42
Δ7.3(0), Λ 27(0), κ	0.34	0.25	0.35	0.35
Δ8.1(0), 3(0), κ	0.16	0.12	0.82	0.82
Δ8.1(0), Λ 29(0), κ	0.28	0.21	0.89	0.89
Δ9.1(0), Λ 29(0), κ	0.22	0.17	0.47	0.47
Δ9.1(0), Λ 26(0), κ	0.16	0.12	0.44	0.44
Δ1.3(1), Λ 15(1), κ	0.51	0.38	0.51	0.51
Δ1.3(1), Λ 17(1), κ	0.28	0.21	0.53	0.53
Δ2.1(1), Λ 16(1), κ	0.10	0.08	0.64	0.64
Δ2.1(1), 3(1), κ	0.17	0.13	0.65	0.65
Δ2.2(1), 3(1), κ	0.26	0.20	0.39	0.39
Δ2.2(1), Λ 19(1), κ	0.18	0.14	0.33	0.33
Δ3.1(1), Λ 31(1), κ	0.19	0.14	0.34	0.34
Δ3.1(1), 10(1), κ	0.08	0.06	0.37	0.37
Δ3.2(1), 10(1), κ	0.09	0.07	0.44	0.44
Δ3.2(1), Λ 30(1), κ	0.29	0.22	0.51	0.51
Δ4.1(1), Λ 21(1), κ	0.33	0.25	0.28	0.28
Δ4.1(1), Λ 24(1), κ	0.32	0.24	0.28	0.28
Δ4.2(1), Λ 24(1), κ	0.06	0.04	0.09	0.09
Δ4.2(1), Λ 25(1), κ	0.07	0.05	0.08	0.08
Δ5.1(1), Λ 14(1), κ	0.24	0.18	0.34	0.34
Δ5.1(1), Λ 21(1), κ	0.38	0.28	0.36	0.36
Δ5.4(1), Λ 20(1), κ	0.41	0.31	0.42	0.42
Δ5.4(1), Λ 32(1), κ	0.43	0.33	0.43	0.43
Δ6.3(1), Λ 16(1), κ	0.58	0.44	0.95	0.95
Δ6.3(1), Λ 25(1), κ	0.52	0.39	0.98	0.98
Δ6.6(1), Λ 23(1), κ	0.34	0.26	0.65	0.65
Δ6.6(1), 10(1), κ	0.24	0.18	0.65	0.65
Δ7.3(1), Λ 18(1), κ	0.37	0.28	0.42	0.42
Δ7.3(1), Λ 27(1), κ	0.36	0.27	0.36	0.36
Δ8.1(1), 3(1), κ	0.16	0.12	0.83	0.83
Δ8.1(1), Λ 29(1), κ	0.28	0.21	0.91	0.91
Δ9.1(1), Λ 29(1), κ	0.22	0.16	0.47	0.47
Δ9.1(1), Λ 26(1), κ	0.11	0.08	0.39	0.39
Δ1.3(2), Λ 15(2), κ	0.33	0.25	0.34	0.34
Δ1.3(2), Λ 17(2), κ	0.13	0.10	0.35	0.35
Δ2.1(2), Λ 16(2), κ	0.07	0.05	0.31	0.31
Δ2.1(2), 3(2), κ	0.21	0.16	0.30	0.30
Δ3.1(2), Λ 31(2), κ	0.07	0.05	0.16	0.16
Δ3.1(2), 10(2), κ	0.03	0.02	0.18	0.18
Δ3.2(2), 10(2), κ	0.07	0.05	0.27	0.27

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ	SD λγγ	NC
Δ3.2(2), λ 30(2), κ	0.27	0.20	0.29	0.29
Δ4.1(2), λ 21(2), κ	0.12	0.09	0.38	0.38
Δ4.1(2), λ 24(2), κ	0.31	0.23	0.38	0.38
Δ4.2(2), λ 24(2), κ	0.02	0.01	0.08	0.08
Δ4.2(2), λ 25(2), κ	0.03	0.03	0.10	0.10
Δ5.1(2), λ 14(2), κ	0.04	0.04	0.15	0.15
Δ5.1(2), λ 21(2), κ	0.23	0.17	0.23	0.23
Δ5.4(2), λ 20(2), κ	0.36	0.27	0.40	0.40
Δ5.4(2), λ 32(2), κ	0.33	0.25	0.41	0.41
Δ6.3(2), λ 16(2), κ	0.51	0.38	0.50	0.50
Δ6.3(2), λ 25(2), κ	0.54	0.41	0.69	0.69
Δ6.6(2), λ 23(2), κ	0.34	0.26	0.58	0.58
Δ6.6(2), λ 10(2), κ	0.36	0.27	0.52	0.52
Δ8.1(2), λ 3(2), κ	0.25	0.19	0.32	0.32
Δ8.1(2), λ 29(2), κ	0.28	0.21	0.32	0.32
Δ1.1(3), λ 1(3), κ	0.37	0.37	-	-
Δ1.2(3), λ 5(3), κ	0.45	0.45	-	-
Δ1.3(3), λ 5(3), κ	1.00	1.00	-	-
Δ1.6(3), λ 9(3), κ	0.99	0.99	-	-
Δ2.1(3), λ 2(3), κ	0.12	0.09	-	-
Δ2.1(3), λ 13(3), κ	0.23	0.17	-	-
Δ2.2(3), λ 13(3), κ	0.97	0.97	-	-
Δ2.6(3), λ 10(3), κ	0.76	0.76	-	-
Δ3.1(3), λ 26(3), κ	1.00	1.00	-	-
Δ3.5(3), λ 27(3), κ	0.97	0.97	-	-
Δ16.1(3), λ 10(2), κ	0.05	0.03	-	-
Δ16.1(3), λ 9(3), κ	0.05	0.03	-	-
Δ17.1(3), λ 31(2), κ	0.06	0.04	-	-
Δ17.1(3), λ 10(3), κ	0.06	0.04	-	-
Δ18.2(3), λ 11(2), κ	0.06	0.04	-	-
Δ18.2(3), λ 10(3), κ	0.06	0.04	-	-
Δ19.1(3), λ 10(2), κ	0.06	0.04	-	-
Δ19.1(3), λ 27(3), κ	0.06	0.04	-	-
Δ20.1(3), λ 3(2), κ	0.07	0.05	-	-
Δ20.1(3), λ 13(3), κ	0.07	0.05	-	-
Δ21.1(3), λ 16(2), κ	0.06	0.04	-	-
Δ21.1(3), λ 26(3), κ	0.06	0.04	-	-
Δ22.1(3), λ 17(2), κ	0.07	0.05	-	-
Δ22.1(3), λ 1(3), κ	0.07	0.05	-	-
Δ23.1(3), λ 14(2), κ	0.02	0.01	-	-
Δ23.1(3), λ 2(3), κ	0.02	0.01	-	-

Πίνακας 7.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας λόγων επάρκειας δοκών

Συγκεντρωτικός πίνακας Λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων

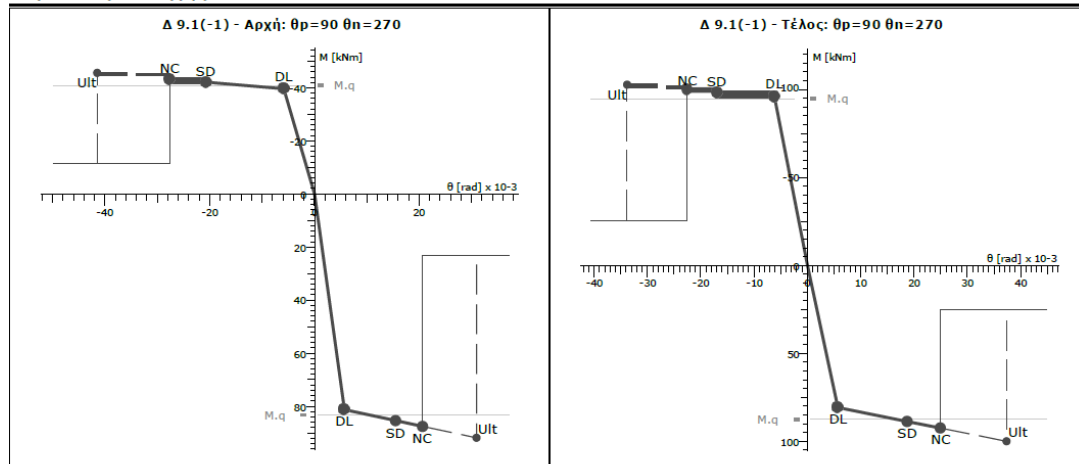
Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ		SD λν	NC
K1(-1), κάτω, κ	0.22	0.17	s/s:	-	-
K1(-1), άνω, κ	0.19	0.14	z:	0.63s	0.63
K1(0), κάτω, κ	0.27	0.20	s/s:	-	-
K1(0), άνω, κ	0.10	0.07	z:	0.49	0.49
K1(1), κάτω, κ	0.07	0.05	s/s:	-	-
K1(1), άνω, κ	0.08	0.06	z:	0.13	0.13
K1(2), κάτω, κ	0.04	0.03	s/s:	-	-
K1(2), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.18	0.18
K1(3), κάτω, κ	0.11	0.09	γ:	-	-
K1(3), άνω, κ	0.17	0.13	z:	-	-
K2(-1), κάτω, κ	0.17	0.13	s/s:	-	-
K2(-1), άνω, κ	0.11	0.08	z:	0.32	0.32
K2(0), κάτω, κ	0.16	0.12	s/s:	-	-
K2(0), άνω, κ	0.12	0.09	z:	0.24	0.24
K2(1), κάτω, κ	0.17	0.13	s/s:	-	-
K2(1), άνω, κ	0.16	0.12	z:	0.27	0.27
K2(2), κάτω, κ	0.13	0.10	s/s:	-	-
K2(2), άνω, κ	0.23	0.17	z:	0.34	0.34
K2(3), κάτω, κ	0.07	0.05	γ:	-	-
K2(3), άνω, κ	0.06	0.04	z:	-	-
K3(-1), κάτω, κ	0.17	0.13	γ:	0.08	0.08
K3(-1), άνω, κ	0.18	0.13	z:	0.37	0.37
K3(0), κάτω, κ	0.22	0.16	γ:	0.17	0.17
K3(0), άνω, κ	0.12	0.09	z:	0.32	0.32
K3(1), κάτω, κ	0.20	0.15	γ:	0.26	0.26
K3(1), άνω, κ	0.22	0.16	z:	0.30	0.30
K3(2), κάτω, κ	0.15	0.11	γ:	0.10	0.10
K3(2), άνω, κ	0.10	0.07	z:	0.16	0.16
K4(-1), κάτω, κ	0.16	0.12	s/s:	-	-
K4(-1), άνω, κ	0.15	0.11	z:	0.52	0.52
K4(0), κάτω, κ	0.21	0.16	s/s:	-	-
K4(0), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.37	0.37
K4(1), κάτω, κ	0.09	0.07	s/s:	-	-
K4(1), άνω, κ	0.14	0.11	z:	0.22	0.22
K5(-1), κάτω, κ	0.19	0.14	s/s:	-	-
K5(-1), άνω, κ	0.17	0.12	z:	0.49s	0.49s
K5(0), κάτω, κ	0.28	0.21	s/s:	-	-
K5(0), άνω, κ	0.10	0.07	z:	0.49	0.49
K5(1), κάτω, κ	0.08	0.06	s/s:	-	-
K5(1), άνω, κ	0.08	0.06	z:	0.15	0.15
K5(2), κάτω, κ	0.04	0.03	s/s:	-	-
K5(2), άνω, κ	0.12	0.09	z:	0.21	0.21
K5(3), κάτω, κ	0.05	0.04	γ:	-	-
K5(3), άνω, κ	0.15	0.12	z:	-	-
K6(-1), κάτω, κ	0.14	0.11	s/s:	-	-
K6(-1), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.30s	0.30s
K6(0), κάτω, κ	0.09	0.08	s/s:	-	-
K6(0), άνω, κ	0.08	0.06	z:	0.23	0.23
K6(1), κάτω, κ	0.17	0.13	s/s:	-	-
K6(1), άνω, κ	0.14	0.10	z:	0.49	0.49
K6(2), κάτω, κ	0.10	0.07	s/s:	-	-
K6(2), άνω, κ	0.08	0.06	z:	0.29	0.29
K7(-1), κάτω, κ	0.12	0.10	s/s:	-	-
K7(-1), άνω, κ	0.05	0.05	z:	0.24	0.24
K7(0), κάτω, κ	0.12	0.09	s/s:	-	-
K7(0), άνω, κ	0.07	0.05	z:	0.27	0.27
K7(1), κάτω, κ	0.17	0.13	s/s:	-	-
K7(1), άνω, κ	0.13	0.10	z:	0.59	0.59
K7(2), κάτω, κ	0.10	0.07	s/s:	-	-

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ		SD	NC
				AV	
K7(2), άνω, κ	0.09	0.07	z:	0.30	0.30
K8(-1), κάτω, κ	0.09	0.07	s/s:	-	-
K8(-1), άνω, κ	0.07	0.05	z:	0.49	0.49
K8(0), κάτω, κ	0.14	0.10	s/s:	-	-
K8(0), άνω, κ	0.09	0.07	z:	0.59	0.59
K8(1), κάτω, κ	0.19	0.14	s/s:	-	-
K8(1), άνω, κ	0.17	0.13	z:	0.90	0.90
K8(2), κάτω, κ	0.10	0.07	s/s:	-	-
K8(2), άνω, κ	0.11	0.08	z:	0.42	0.42
K9(-1), κάτω, κ	0.16	0.12	s/s:	-	-
K9(-1), άνω, κ	0.16	0.12	z:	0.63	0.63
K9(0), κάτω, κ	0.26	0.20	s/s:	-	-
K9(0), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.53	0.53
K9(1), κάτω, κ	0.06	0.04	s/s:	-	-
K9(1), άνω, κ	0.07	0.05	z:	0.09	0.09
K9(2), κάτω, κ	0.04	0.03	s/s:	-	-
K9(2), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.16	0.16
K9(3), κάτω, κ	0.05	0.04	γ:	-	-
K9(3), άνω, κ	0.09	0.07	z:	-	-
K10(-1), κάτω, κ	0.13	0.09	γ:	0.12	0.12
K10(-1), άνω, κ	0.12	0.09	z:	0.14	0.14
K10(0), κάτω, κ	0.17	0.13	γ:	0.14	0.14
K10(0), άνω, κ	0.10	0.08	z:	0.14	0.14
K10(1), κάτω, κ	0.22	0.16	γ:	0.22	0.22
K10(1), άνω, κ	0.22	0.16	z:	0.23	0.23
K10(2), κάτω, κ	0.12	0.09	γ:	0.10	0.10
K10(2), άνω, κ	0.11	0.08	z:	0.06	0.06
K10(3), κάτω, κ	0.05	0.04	γ:	-	-
K10(3), άνω, κ	0.22	0.17	z:	-	-
K11(-1), κάτω, κ	0.23	0.18	s/s:	-	-
K11(-1), άνω, κ	0.25	0.19	z:	0.85	0.85
K11(0), κάτω, κ	0.38	0.29	s/s:	-	-
K11(0), άνω, κ	0.17	0.13	z:	0.79	0.79
K11(1), κάτω, κ	0.17	0.12	s/s:	-	-
K11(1), άνω, κ	0.14	0.10	z:	0.45	0.45
K11(2), κάτω, κ	0.14	0.10	s/s:	-	-
K11(2), άνω, κ	0.13	0.10	z:	0.33	0.33
K12(-1), κάτω, κ	0.23	0.20	s/s:	-	-
K12(-1), άνω, κ	0.19	0.14	z:	0.61s	0.61s
K12(0), κάτω, κ	0.27	0.21	s/s:	-	-
K12(0), άνω, κ	0.16	0.13	z:	0.87	0.87
K12(1), κάτω, κ	0.18	0.14	s/s:	-	-
K12(1), άνω, κ	0.14	0.11	z:	0.69	0.69
K12(2), κάτω, κ	0.17	0.13	s/s:	-	-
K12(2), άνω, κ	0.11	0.09	z:	0.41	0.41
K13(-1), κάτω, κ	0.18	0.14	s/s:	-	-
K13(-1), άνω, κ	0.18	0.14	z:	0.45	0.45
K13(0), κάτω, κ	0.24	0.18	s/s:	-	-
K13(0), άνω, κ	0.11	0.08	z:	0.42	0.42
K13(1), κάτω, κ	0.09	0.07	s/s:	-	-
K13(1), άνω, κ	0.13	0.10	z:	0.16	0.16
K13(3), κάτω, κ	0.08	0.06	γ:	-	-
K13(3), άνω, κ	0.13	0.10	z:	-	-
K14(-1), κάτω, κ	0.16	0.12	γ:	0.03	0.03
K14(-1), άνω, κ	0.15	0.12	z:	0.25	0.25
K15(-1), κάτω, κ	0.14	0.10	γ:	0.06	0.06
K15(-1), άνω, κ	0.15	0.11	z:	0.26	0.26
K26(3), κάτω, κ	0.12	0.09	γ:	-	-
K26(3), άνω, κ	0.19	0.15	z:	-	-
K27(3), κάτω, κ	0.12	0.10	γ:	-	-
K27(3), άνω, κ	0.22	0.18	z:	-	-

Πίνακας 7.2 Συγκεντρωτικός Πίνακας λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων

Εκτός από τα παραπάνω αποτελέσματα, μέσω του Fespa εξήχθησαν τα διαγράμματα αντοχής για κάθε επί μέρους δοκό και υποστύλωμα. Παρακάτω σας εναποθέτουμε μία δοκό και ένα υποστύλωμα ενδεικτικά :

Καμπύλες Αντοχής



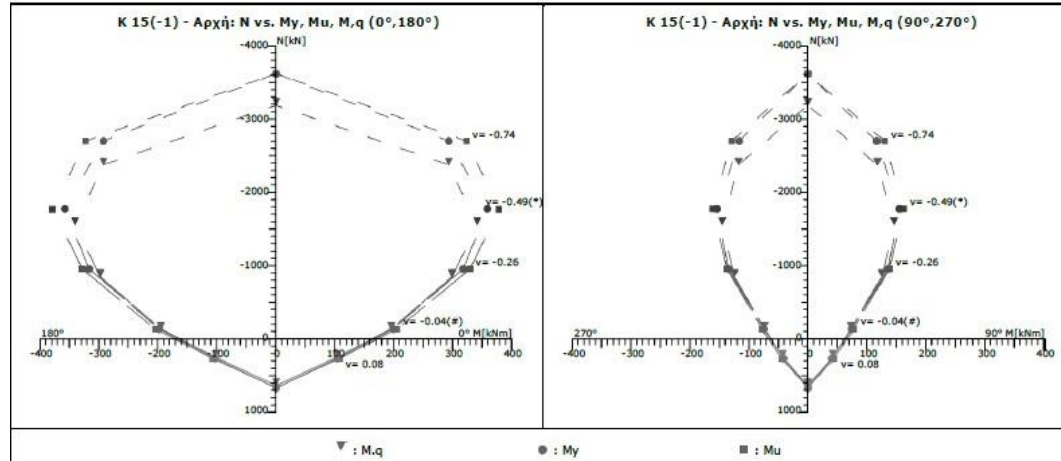
Διατμητική Αντοχή

Θέση [/]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		FRP
	N [kN]	VRc [kN]	VR [kN]	μΔ, ρl [/]	
Αρχή	0,0	38,2	192,9	6,10	-
Τέλος	0,0	48,8	208,6	4,44	-

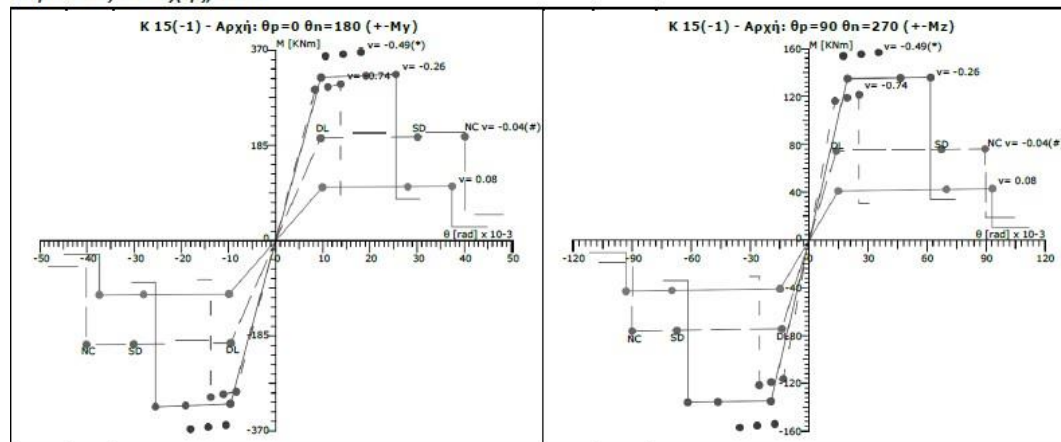
Πίνακας 7.3 Διάγραμμα αντοχής δοκού 9.1 στάθμης (-1)

Βλέπουμε την δοκό 9.1 να καταπονείται από θετική και αρνητική ροπή αντίστοιχα. Αρχικά παρατηρούμε την στροφή της με γραμμικό τρόπο όσο αυξάνεται η ροπή και μέχρι το σημείο της στάθμης DL. Στο σημείο αυτό γίνεται απότομη αλλαγή της κλίσης του διαγράμματος και βλέπουμε πως με μικρή αύξηση της ροπής υπάρχει μεγάλη μεταβολή της στροφής, έως ότου φτάσει το στοιχείο στις στάθμες επιτελεστικότητας SD και NC. Ακόμη μπορούμε να διακρίνουμε πως το διάγραμμα παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά για θετική και για αρνητική ροπή.

Καμπύλες Αντοχής, N-M



Καμπύλες Αντοχής, M-θ



Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μΔ,πλ [/]	VR [kN]	VRmax [kN]
271,67	21,3	260,7	225,1	5,43	195,6	202,6
-129,31(#)	75,9	280,6	238,7	6,18	215,4	214,8
-949,54	131,0	406,7	325,0	3,50	361,1	302,2
-1769,76(*)	131,0	496,4	411,3	1,91	471,5	395,5
-2691,54	131,0	496,4	508,2	1,80	472,9	489,9

Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Y

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μΔ,πλ [/]	VR [kN]	VRmax [kN]
271,67	30,6	159,0	193,3	9,76	119,3	174,0
-129,31(#)	77,5	167,8	206,9	10,07	128,0	186,2
-949,54	124,8	223,4	293,2	4,41	188,3	267,3
-1769,76(*)	124,8	248,2	379,5	2,45	228,8	360,9
-2691,54	124,8	248,2	476,4	2,28	230,1	454,7

Σημείωση: Η τελική αντοχή VR είναι $\epsilon \cdot VR_{max}$ και $\epsilon^2 \cdot VR_c$.

Πίνακας 7.4 Διαγράμματα αντοχής κολόνας 15 στάθμης (-1)

Στον Πίνακα 7.4 υπάρχουν τα διαγράμματα αντοχής που αφορούν ένα υποστυλωμα. Στην περίπτωση των υποστυλωμάτων εκτός από τα διαγράμματα ροπής - γωνίας, υπάρχουν και τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης. Στα διαγράμματα αυτά απεικονίζεται η αντοχή του υποστυλώματος κατά την ταυτόχρονη καταπόνηση σε αξονικό φορτίο και καμπτική ροπή σε διάφορους συνδυασμούς αυτών των δύο.

7.8 Οικονομική αποτίμηση

Η οικονομική αποτίμηση που θα διαπράξουμε αφορά την προσθήκη του μεταλλικού φορέα και την σύγκριση αυτού με προσθήκη φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα δεδομένα για τον φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα τα λαμβάνουμε από τον 2^ο όροφο της υφιστάμενης κατασκευής. Σε αυτό το κομμάτι της μελέτης μας διεισδύσαμε στην ελεύθερη αγορά και αποταθήκαμε σε ελεύθερους επαγγελματίες (οικοδόμους, εργοτάξιο έτοιμου σκυροδέματος, μάντρες υλικών, εταιρία μεταλλικών κατασκευών). Τα δεδομένα που λάβαμε από το πρόγραμμα FESPA είναι τα εξής :

1^η Περίπτωση (προσθήκη φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Ποσότητες σιδηρού οπλισμού

Διάμετρος [mm]	Μήκος [m]	Kg B500C Βάρος [Kgr]	
Φ8	2003.75	790.50	
Φ12	96.50	86.00	
Φ14	115.55	139.85	
Φ16	41.65	66.05	
Φ18	222.55	445.10	
Φ20	78.60	194.05	

Ποσότητες Σκυροδέματος - Σιδηρού οπλισμού

Επιφάνεια ξυλοτύπου	[m ²]	209.65	Βάρος σιδηρού οπλισμού	[Kg]	1721.55
Αφαιρούνται	[m ²]	1.70	Όγκος Σκυροδέματος	[m ³]	28.95
Ολική επιφάνεια ξυλοτύπου	[m ²]	207.95	Αναλογία Σιδ/Σκυροδέμ.	[Kg/m ³]	59.45

Πίνακας 7.5 Ποσότητες σιδήρου οπλισμού

2^η Περίπτωση (προσθήκη μεταλλικού φορέα)

Ποσότητες Σκυροδέματος - Σιδηρού οπλισμού

Επιφάνεια ξυλοτύπου	[m ²]	68.25	Βάρος σιδηρού οπλισμού	[Kg]	329.60
Αφαιρούνται	[m ²]	0.00	Όγκος Σκυροδέματος	[m ³]	6.80
Ολική επιφάνεια ξυλοτύπου	[m ²]	68.25	Αναλογία Σιδ/Σκυροδέμ.	[Kg/m ³]	48.35

Πίνακας 7.6 Ποσότητες σιδήρου οπλισμού

Συνολική προμέτρηση μεταλλικών μελών

A/A [L]	Τύπος μελών	Διατομή μελών	Συνολ. μήκος [m]	Συνολ. βάρος [Kg]
1	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA260	24,00	1636,80
2	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	ΙΡΕ600	41,21	5043,51
3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	ΙΡΕ160	15,54	245,52
4	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	ΙΡΕ220	19,86	520,33
5	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	CHS101.6X6	38,35	540,68
6	ΑΦΡΟΙΣΜΑΤΑ	----	138,95	7986,85

Πίνακας 7.7 Ποσότητες μεταλλικών μελών

Μέσω των παραπάνω πινάκων που λάβαμε από το πρόγραμμα FESPA και τις επικοινωνίας με ελεύθερους επαγγελματίες δημιουργήσαμε τους παρακάτω πίνακες για κάθε περίπτωση ξεχωριστά :

Οικονομική αποτίμηση προσθήκης οπλισμένου σκυροδεματος					
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΓΟΥ					
	Μονάς	Ποσότης	Τιμή μονάδος	Συνολική τιμή	
1	Οικοδομικές εργασίες σκυροδετησης (καλουπωμα,σιδερωμα,ριψη μπετου)	M3	28,95	100,00 €	2.895,00 €
2	Αγορα ετοιμου σκυροδεματος (βαρελα)	M3	28,95	100,00 €	2.895,00 €
3	Αγορα χαλυβα	kg	1721,55	1,07 €	1.842,06 €
4	Μισθωση πρεσας ετοιμου σκυροδεματος	€/h	8	24,00 €	192,00 €
				Γενικο συνολο =	7.824,06 €

Πίνακας 7.8 Οικονομική αποτίμηση προσθήκης φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα

Κάποιες πρόσθετες πληροφορίες που λάβαμε από τον εργολάβο είναι ότι ο ίδιος θα έχει συνεργείο με 6 εργαζόμενους εκ των οποίων 4 εξειδικευμένους (καλουπατζήδες , σιδεράδες) και 2 ανειδίκευτους. Οι εργασίες θα διαρκέσουν 10 με 12 ημέρες και 3 εβδομάδες μετά το συνεργείο θα επανέλθει για να ξεκαλουπώσει και να παραδώσει το κτίσμα.

Οικονομική αποτίμηση προσθήκης μεταλλικής κατασκευής					
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΓΟΥ					
	Μονάς	Ποσότης	Τιμή μονάδος	Συνολική τιμή	
1	Εργασίες τοποθέτησης και αγοράς δομικού χαλυβα (μονταρισμα ηλων και ηλεκτροκολλησεις)	kg	7986,85	1,80 €	14.376,33 €
2	Μισθωση γερανου	€/H	64	75,00 €	4.800,00 €
3	Αγορα χαλυβδοφυλου	kg	892,71	1,30 €	1.160,52 €
4	Οικοδομικές εργασίες σκυροδετησης (καλουπωμα,σιδερωμα,ριψη μπετου,τοποθετηση χαλυβδοφυλου)	M3	6,8	100,00 €	680,00 €
5	Αγορα ετοιμου σκυροδεματος (βαρελα)	M3	6,8	100,00 €	680,00 €
6	Αγορα χαλυβα	kg	329,6	1,07 €	352,67 €
7	Μισθωση πρεσας ετοιμου σκυροδεματος	€/h	2	24,00 €	48,00 €
				Γενικο συνολο =	22.097,53 €

Πίνακας 7.9 Οικονομική αποτίμηση προσθήκης μεταλλικού φορέα

Κάποιες πρόσθετες πληροφορίες που λάβαμε από τον εργολάβο είναι ότι ο ίδιος θα έχει συνεργείο 5 εργαζομένων εκ των οποίων 1 εργοδηγό και 4 εξειδικευμένους (μονταδόρους ,ηλεκτροσυγκολλητές).Οι εργασίες θα διαρκέσουν 8 ημέρες. Ακόμα οι εργασίες για την σύμμικτη πλάκα θα διαρκέσουν 2 ημέρες και μετά από 3 εβδομάδες το συνεργείο θα επανέλθειγια ξεκαλούπωμα και παραδώσει του κτίσματος .

Το συμπέρασμα αυτής της οικονομικής αποτίμησης μας δείχνει ότι με τις τιμές που υπάρχουνστην ελεύθερη αγορά σήμερα η προσθήκη ενός μεταλλικού φορέα σε μια υφιστάμενη κατασκευή είναι 2,5 φορές υψηλότερη σε σχέση με μια προσθήκη από οπλισμένο σκυρόδεμα.

7.9 Συμπέρασμα

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε εκτενώς το θέμα την προσθήκης ενός μεταλλικού ορόφου σε μια υφιστάμενη κατασκευή καθώς και ο έλεγχος επάρκειας της υφιστάμενης κατασκευής με τα καινούργια φορτία του νέου ορόφου.

Το υφιστάμενο κτήριο που μελετήθηκε είναι ένα τριώροφο κτίσμα που κατασκευάστηκε το 2007. Το κτήριο δοκιμάστηκε σε έλεγχο επάρκειας με pushover ανάλυση και διαπιστώθηκε ότι τόσο από τους λογούς επάρκειας όσο και από τα διαγράμματα απαίτησης – ικανότητας πως το κτήριο επαρκεί σε όλες της στάθμες επιτελεσματικότητας (DL,SD,NC) και δεν θα χρειαστεί ενίσχυση του. Το παραπάνω συμπέρασμα επαληθεύτηκε και από τους λογούς επαρκείας που ήταν μικρότεροι από ένα (<1) για όλα τα μέλη του φορέα. Η προσθήκη του μεταλλικού φορέα έγινε στην συνέχεια διαθέτει όλα τα βασικά χαρακτηριστικά ενός μεταλλικού κτηρίου. Δημιουργήσαμε μια παραδοσιακή κατασκευή με υποστυλώματα, τεγίδες, κατακόρυφες διαγώνιους (σε όλες της διατομές καταλήξαμε μετά από δοκιμές). Για όλες μας της αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατικό πρόγραμμα FESPA. Οπότε διαπιστώνουμε ότι έχουμε δημιουργήσει μια κατασκευή που δεν αστοχεί ούτε στο υφιστάμενο ούτε μετά την προσθήκη.

Τέλος κάναμε μια συγκριτική οικονομική αποτίμηση στην οποία συγκρίναμε τον μεταλλικό μας φορέα με έναν φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι με βάση τα σημερινά κόστη και τις τιμές που υπάρχουν στην ελεύθερη αγορά σε οικονομικά πλαίσια είναι μεγαλύτερο το κόστος για ένα μεταλλικό κτήριο παρότι η διάρκεια κατασκευής είναι μικρότερη.

Βιβλιογραφία

- (ACI), A. C. I., 2014. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14)*. [Ηλεκτρονικό]
[Πρόσβαση Ιούνιος 2023].
- (AISC), A. I. ο. S. C., 2010. *Manual of Steel Construction*. [Ηλεκτρονικό]
[Πρόσβαση Ιούνιος 2023].
- (CEN), E. C. f. S., 2008. *Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings*. [Ηλεκτρονικό]
[Πρόσβαση 2023].
- (CEN), E. O. Π., 2005. *Eurocode 3: Σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών - Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για τα κτίρια*. [Ηλεκτρονικό]
[Πρόσβαση Μάιος 2023].
- (ΕΣΠΟΜ), Ε. Σ. Π. Μ., 2015. *Οδηγίες Σχεδιασμού Ενισχυμένων Σκυροδεμάτων και Συνδέσεων*. [Ηλεκτρονικό]
[Πρόσβαση Μαΐος 2023].
- Anon., n.d. s.l.:s.n.
- Chen, W. F. & L. C. C., 2012. *Θεωρία των πλαστικών ορισμών: Plasticity in Reinforced Metals*. s.l.:CRC Press..
- Dieter, G. E. & S. L. C., 2018. *Θεωρία της αντοχής υλικού: Engineering Design*. s.l.:McGraw-Hill Education..
- Gere, J. M. & T. S. P., 2019. *Θεωρία της ελαστικότητας: Mechanics of Materials*. s.l.:Cengage Learning..
- Smith, J. D. & J. R. W., 2018. *Σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών: Structural Design of Steel Buildings*. Wiley.: s.n.
- Αθανασιάδης, Κ., 2009. *Μεταλλικά Υλικά*. s.l.:Σύλλογος Ελλήνων Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων..
- Βεζυρόγλου, Θ., 2011. *Μεταλλικά Υλικά και Στοιχεία Μεταλλικών Κατασκευών*. s.l.:Σύλλογος Ελλήνων Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων..
- Δεληκυριάκης, Γ. Σ. & Φ. Α., 2014. *Θεωρία της Ελαστικότητας: Θεωρία Ελαστικότητας και Πλαστικότητας*. s.l.: Εκδόσεις Ζήτη..
- Κ., Σ., 2004. *Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία*. Αθήνα: Εκδ. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας..
- Κ., Σ., 2004. *Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία*. s.l.:Εκδ. Τεχνικό.
- Κουσκουρέλης, Ν., 2014. *Στοιχεία Μεταλλικών Κατασκευών*. s.l.:Εκδόσεις Παπασωτηρίου..
- Κωνσταντινίδης, Δ., 2012. *Μεταλλικές Κατασκευές*. s.l.: Εκδόσεις ΕΚΤΟΠΟΣ..
- Μπάρλος, Μ., 2013. *Θεωρία των Πλαστικών Ορισμών: Πλαστικότητα και Θεωρία Πλαστικών Ορισμών*. s.l.: Εκδόσεις Κλειδάριθμος..
- Παπαδόπουλος, Σ. & Π. Α., 2013. *Μεταλλικά Υλικά και Συγκολλήσεις*. s.l.:Εκδόσεις Κλειδάριθμος..
- Σ., Δ., 2005. *Ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος*. Πατρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. .
- Σταυρινίδης, Α. & Κ. Γ., 2016. *Σχεδιασμός Μεταλλικών Κατασκευών: Σχεδιασμός και Ανάλυση Μεταλλικών Κατασκευών*. s.l.:Σύλλογος Ελλήνων Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων..
- Σταύρος, Ν., 2015. *Σχεδιασμός και Ανάλυση Μεταλλικών Κατασκευών*. s.l.:Τζιόλα..
- Τεχνολογίας, Ι. Μ. κ., 2020. *Μεταλλικά Υλικά*. [Ηλεκτρονικό]
[Πρόσβαση Ιούνιος 2023].
- Χρυσαιφίδης, Σ., 2018. *Θεωρία της Αντοχής Υλικού: Αντοχή Υλικού*. s.l.:Εκδόσεις Τζιόλα..
- LH λογισμική(2013). «Pushover-Θεωρητικά στοιχεία». Αθήνα

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1: Μη Κανονική Κατανομή Των Δυσκαμψιών Κατακόρυφων Μελών	13
Σχήμα 2: Έντονη Μεταβολή Δυσκαμψίας στο Ύψος	13
Σχήμα 3: Δυσμενής Επίδραση Τοιχοπληρώσεων	14
Σχήμα 4: Διάγραμμα Τάσεων – Παραμορφώσεων Χάλυβα	38

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Ρηγμάτωση Υποστυλώματος Λόγω Κάμψης.....	20
Εικόνα 2: (α) και (β) εικόνα έχουμε διατμητική αστοχία κοντού υποστυλώματος. Στη 1.2.γ εικόνα έχουμε χιαστί λοξές διατμητικές ρωγμές βαθμού c.....	21
Εικόνα 3: Βλάβη σε Ακραίο.....	22
Εικόνα 4: Βλάβες σε Μεσαίους Κόμβους.....	22
Εικόνα 5: Διατμητική Βλάβη Τοιχώματος.....	22
Εικόνα 6: Διατμητική Βλάβη σε Δοκό.....	23
Εικόνα 7: Συστατικά Πολυμερικής Κόλλας. Σκληρυντής (πάνω) & Πολυμερές (εποξικήρητηνη) (κάτω).....	26
Εικόνα 8: Επίδραση της Αύξησης της Θερμοκρασίας στο Μέτρο Ελαστικότητας.....	28
Εικόνα 9: Εφαρμογή Επισκευαστικού Κονιάματος.....	30
Εικόνα 10: Προσδιορισμός Πλάτους Ρωγμής.....	33
Εικόνα 11: Μη Καταστροφική Μέθοδος Κρουσιμέτρησης.....	34
Εικόνα 12: Μέθοδος Υπερήχων.....	35
Εικόνα 13: Μαγνητική Μέθοδος.....	36
Εικόνα 14: Λήψη Πυρήνα για Εργαστηριακό Έλεγχο.....	37
Εικόνα 15: Έλεγχος με Χρήση Εξολκέα.....	39
Εικόνα 16: Σχηματική απεικόνιση στρατηγικών ενίσχυσης (Φαρδής 2003).....	48
Εικόνα 17: Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκών (Βαρδακαστάνης Οικοδομική, 2020).....	49
Εικόνα 18: Εφαρμογή υφασμάτων ινοπλισμένων πολυμερών σε δοκό για αύξηση καμπτικής αντοχής αριστερά και καμπτικής & διατμητικής δεξιά (Σφακιανάκης 2018).....	50
Εικόνα 19: Ενίσχυση με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας.....	51
Εικόνα 20: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος (Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2020).....	52
Εικόνα 21: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με ΙΟΠ (Δασκαλάκης Τεχνική Κατασκευαστική Μελετητική, 2020).....	54
Εικόνα 22: Ενίσχυση υποστυλώματος με χαλύβδινες λάμες (Καϊρης, Χατζηβασιλειάδης, 2008).....	55
Εικόνα 23: Τοποθέτηση νέων κατακόρυφων οπλισμών μανδύα. Ο μανδύας συνεχίζει και στο ανώτερο υποστυλώμα οπότε και οι ράβδοι διαπερνούν την πλάκα (προσωπικό αρχείο).....	56
Εικόνα 24: Ενίσχυση περίσφιξης υποστυλώματος με χρήση χαλύβδινων μεταλλικών ελασμάτων (Τεχνική κλωβού).....	57
Εικόνα 25: Παράδειγμα προσωρινής ενίσχυσης τοιχώματος ισογείου με μανδύα.....	59
Εικόνα 26: Παράδειγμα προσωρινής ενίσχυσης τοιχώματος ισογείου με μεταλλικό κλωβό (Επισκευές & Ενισχύσεις Κατασκευών – Πανεπιστήμιο Πατρών 2014).....	60