



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Προσθήκη ορόφου σε υφιστάμενη  
κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα.  
Αποτίμηση και ανασχεδιασμός σύμφωνα με  
τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ)

Διπλωματική Εργασία

Σπυρίδων Γ. Ζαχαρής

Επιβλέπων

Νίκος Γ. Πνευματικός

Αθήνα, Απρίλιος 2022

Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας: Προσθήκη ορόφου σε υφιστάμενη κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αποτίμηση και ανασχεδιασμός σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ)

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

Πνευματικός Νικόλαος  
Αναπληρωτής καθηγητής  
Επιβλέπων

Κόκκινος Φίλης – Τριαντάφυλλος  
Αναπληρωτής καθηγητής  
Εξεταστής

Ρεπαπής Κωνσταντίνος  
Αναπληρωτής καθηγητής  
Εξεταστής

Αθήνα, Απρίλιος 2022

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ζαχαρής Σπυρίδων του Γεωργίου με αριθμό μητρώου 6851 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας με τίτλο: **Προσθήκη ορόφου σε υφιστάμενη κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αποτίμηση και ανασχεδιασμός σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ)**

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 σύνολο 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 διπλώματος μου».

Ο δηλών,



Σπυρίδων Ζαχαρής

**Στον αγαπημένο μου Πατέρα...**



Περίληψη	9
Abstract	9
1. Πιθανές βλάβες κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος	10
1.1 Αίτια βλαβών	10
1.1.1 Ρωγμές λόγω κάμψης	10
1.1.2 Ρωγμές λόγω διάτμησης	10
1.1.3 Διάβρωση από χλωριόντα	11
1.1.4 Ενανθράκωση	11
1.1.5 Σύγκρουση	11
1.2 Βλάβες σε μέλη της κατασκευής	12
1.2.1 Βλάβες υποστλωμάτων	12
1.2.2 Βλάβες κόμβων δοκών - υποστλωμάτων	13
1.2.3 Βλάβες σε τοιχία	14
1.2.4 Βλάβες σε δοκούς	15
1.2.5 Βλάβες πλακών	16
2 Επισκευή βλαβών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος	18
2.1 Γενικά	18
2.1.1 Ανάγκη επισκευής ρωγμών και άλλων βλαβών	18
2.2 Πολυμερικές κόλλες	18
2.2.1 Πολυμερικές κόλλες - Περιγραφή	18
2.2.2 Εφαρμογή πολυμερικών κολλών - ρητινενέσεις	19
2.2.3 Κριτήρια επιλογής υλικού ρητινένεσης	20
2.2.4 Άλλες επιλογές υλικών πλήρωσης των ρωγμών	20
2.2.5 Μειονεκτήματα των ρητινενέσεων	21
2.2.6 Παράγοντες που καθορίζουν τις λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής των ρητινενέσεων	21
2.2.7 Πίεση κατά την προώθηση της ρητίνης	21
2.2.8 Ιξώδες	22
2.2.9 Χρόνος εργασιμότητας	22
2.3 Επισκευαστικά κονιάματα	22
2.3.1 Επισκευαστικά κονιάματα	22
2.3.2 Τσιμεντοκονιάματα	22
2.3.3 Πολυμεροκονιάματα	23

3 Αποτίμηση κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος	24
3.1 Τεχνολογία προσδιορισμού αντοχών	24
3.1 Γενικά	24
3.2 Μη καταστροφικές μέθοδοι	25
3.2.1 Κρουσιμέτρηση	25
3.2.2 Υπέρηχοι	26
3.2.3 Μαγνητική μέθοδος	26
3.2.4 Μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού του οπλισμού	27
3.2.5 Ακτινογράφιση	27
3.2.6 Θερμογράφιση με υπέρυθη ακτινοβολία	28
3.2.7 Μέτρηση του ποσοστού υγρασίας με εκπομπή νετρονίων	28
3.3 Καταστροφικές μεθοδοι	29
3.3.1 Πυρηνοληψία	29
3.3.2 Εξωλκείας	30
3.3.3 Έλεγχος οπλισμού σε εφελκυσμό	30
3.3.4 Πετρογραφική ανάλυση	31
3.4 Χημικοί έλεγχοι	31
3.4.1 Προσδιορισμός ενανθράκωσης	31
3.4.2 Εντοπισμός χλωριόντων	31
3.5 Καθολική φόρτιση	31
3.6 Συμπεράσματα	32
4 Ανασχεδιασμός κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος	33
4.1 Γενικά	33
4.2 Στρατηγικές ενίσχυσης της κατασκευής	33
4.2.1 Στρατηγικές ενίσχυσης της κατασκευής	33
4.2.2 Τοπικές επεμβάσεις στα μέλη της κατασκευής	34
4.2.3 Αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής	34
4.2.4 Αύξηση πλαστιμότητας και παραμορφωσιμότητας	34
4.2.5 Μείωση της σεισμικής απαίτησης	35
4.3 Ενίσχυση Δοκών	36
4.3.1 Ενίσχυση Δοκών σε κάμψη	36
4.3.1.1 Ενίσχυση δοκού με προσθήκη στρώσης σκυροδέματος	36
4.3.1.2 Προσθήκη νέων μεταλλικών μελών	37

4.3.1.3 Παρέμβαση για την μείωση του ανοίγματος της δοκού	38
4.3.1.4 Ενίσχυση με τοποθέτηση κοχλιωμένου εφελκυσμένου οπλισμού	39
4.3.1.5 Ενίσχυση με την προσθήκη επικολούμενου εφελκυσμένου οπλισμού	40
4.3.2 Ενίσχυση δοκού σε διάτμηση	41
4.3.2.1 Τοποθέτηση μεταλλικών ελασμάτων για αύξηση της διατμητικής αντοχής .	41
4.3.2.2 Τοποθέτηση πρόσθετων συνδετήρων	41
4.3.3 Ταυτόχρονη ενίσχυση δοκού σε κάμψη και διάτμηση	41
4.4.1 Γενικά	42
4.4.2 Ενίσχυση υποστλωμάτων με μανδύα σκυροδέματος	42
4.4.3 Ενίσχυση χωρίς αύξηση της διατομής	44
4.4.4 Προσθήκη νέων υποστλωμάτων	45
4.5 Ενίσχυση τοιχίων	46
4.5.1 Γενικά	46
4.5.2 Ενίσχυση τοιχίων με αύξηση της διατομής	46
4.5.3 Ενίσχυση τοιχίων μέσω περισφιγξης	48
4.5.4 Ενίσχυση πλαισίων με τοποθέτηση δικτυωτών συνδέσμων δυσκαμψίας	48
4.6 Ενίσχυση με σύνθετα υλικά	49
4.6.1 Γενικά	49
4.6.2 Κατηγορίες σύνθετων υλικών	50
4.6.3 Τύποι υλικών ινών	50
4.6.4 Ρητίνες και σύνθετα υλικά	51
4.6.5 Περιβαλλοντικές συνθήκες και σύνθετα υλικά	51
4.6.6 Εφαρμογή και τοποθέτηση των σύνθετων υλικών	51
4.6.7 Προετοιμασία επιφάνειας επικόλλησης	52
4.6.8 Εφαρμογή και επικόλληση σύνθετων υλικών	52
4.6.9 Περίσφιγξη υφιστάμενου μέλους με την χρήση σύνθετων υλικών	52
4.6.10 Αύξηση αντοχής σε τέμνουσα	53
4.6.11 Αύξηση αντοχής κάμψης	53
5 Βλήτρα - Αγκύρια - Αναρτήρες	54
5.1 Γενικά	54
5.2 Διάφοροι τύποι αγκυρίων και βλήτρων	54
5.3 Δράση βλήτρου	55
5.4 Δράση Αγκυρίου	57

5.4.1 Μηχανικά Αγκύρια	57
5.4.2 Χημικά πακτωμένα αγκύρια	61
6 Βασικά Στοιχεία ΚΑΝ.ΕΠΕ	63
6.1 Στάθμες επιτελεστικότητας	63
6.2 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων	64
6.3 Μέθοδοι ανάλυσης	64
6.3.1 Ελαστική στατική ανάλυση	64
6.3.2 Ελαστική δυναμική ανάλυση ή ελαστική ανάλυση χρονοιστορίας	65
6.3.3 Ανελαστική στατική ανάλυση (Push over ανάλυση)	65
6.3.4 Ανελαστική δυναμική ανάλυση	66
6.4 Δράσεις	66
6.5 Συντελεστές ασφαλείας	67
6.5.1 Συντελεστές ασφαλείας δράσεων	67
6.5.2 Συντελεστές ασφαλείας υφιστάμενων υλικών	67
6.5.3 Συντελεστές ασφαλείας νέων υλικών	68
6.6 Συντελεστής συμπεριφοράς $q$	68
6.7 Τοπικός δείκτης $m$	68
7 ΜΕΡΟΣ Β CASE STUDY	69
7.1 Γενικά	69
7.2 Υφιστάμενα υλικά	70
7.2.1 Σκυρόδεμα	70
7.2.2 Χάλυβας	70
7.4 Δεδομένα προσθήκης και νέων υλικών	79
7.5 Διερεύνηση βλαβών	81
7.6 Επίπεδο Σ.Α.Δ.	82
7.6.1 Υλικά	82
7.6.2 Λεπτομέρειες οπλισμού	82
7.6.3 Συμπέρασμα Σ.Α.Δ.	82
7.7 Αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής	83
7.8 Ανασχεδιασμός και ενίσχυση κτιρίου	96
8 Συμπέρασμα	127
9 Βιβλιογραφία	128
10 Εικόνες	129

## Περίληψη

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα αναλυθούν θέματα αποτίμησης, προσθήκης ορόφου και ανασχεδιασμού υφιστάμενων κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων. Ουσιαστικά η εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο σκέλος γίνεται εκτενής περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου πίσω από τον ζήτημα αυτό, καθώς και περιγραφή των βασικών αρχών του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Το δεύτερο μέρος της εργασίας είναι μία μελέτη περιπτώσεως (case study), στην οποία θα μελετηθεί ένα υφιστάμενο κτίριο τεσσάρων ορόφων από οπλισμένο σκυρόδεμα με σκοπό την προσθήκη ενός ορόφου, τον έλεγχο επάρκειας αυτού και την ενδεχόμενη ενίσχυσή του εφόσον χρειαστεί. Για την ανάλυση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το στατικό πρόγραμμα fespa.

## Abstract

This thesis will analyze issues of evaluation, floor addition and redesign of existing reinforced concrete buildings, in accordance with the Intervention Regulation. The thesis is divided into two parts. The first part provides an extensive overview of the theoretical background which underlies this topic, as well as a description of the basic principles of the Intervention Regulation. The second part of the thesis is a case study, in which an existing four-storey building made of reinforced concrete will be studied in order to add a floor, check its adequacy as well as its possible reinforcement, if that is deemed necessary. The fespa static program was used for the analysis of the building.

# 1. Πιθανές βλάβες κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος

## 1.1 Αίτια βλαβών

### 1.1.1 Ρωγμές λόγω κάμψης

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται στην κατασκευή λόγω καμπτικής ροπής, η οποία έχει προέλθει είτε από στατικά φορτία, είτε από δυναμική φόρτιση όπως ο σεισμός. Πιο συγκεκριμένα η ροπή που επιβάλλεται στο στοιχείο είναι μεγαλύτερη από την ροπή που αντέχει αυτό. Κάτι τέτοιο έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών κάθετων στη μεγάλη διεύθυνση στοιχείου. Τέτοιες ρωγμές συναντάμε πολύ συχνά στα δοκάρια είτε στο μέσον του ανοίγματος, είτε στα σημεία στήριξης, χωρίς να αποκλείονται άλλες θέσεις εμφανίσεώς του. Πολύ συχνά επίσης θα συναντήσουμε τέτοιου είδους ρωγμές και στα υποστυλώματα. Οι βλάβες αυτές εκτός από αστοχία σκυροδέματος εμφανίζονται και λόγω διαρροής διαμήκους οπλισμού.

### 1.1.2 Ρωγμές λόγω διάτμησης

Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε να υπάρχει υπέρβαση διατμητικής αντοχής του στοιχείου. Η αστοχία αυτή εκφράζεται με διαγώνιες ρωγμές σε σχέση με την μεγάλη διεύθυνση του στοιχείου. Στα δοκάρια θα παρατηρηθούν τέτοια φαινόμενα κοντά στα σημεία στήριξης, ενώ τέτοιες αστοχίες παρατηρούνται και στα υποστυλώματα. Για τους μηχανικούς οι ρωγμές λόγω διάτμησης είναι ίσως η χειρότερη μορφή αστοχίας, καθώς παρουσιάζεται με ψαθυρό τρόπο και δεν μπορεί να γίνει απορρόφηση ενέργειας. Όταν συναντάμε τέτοιες ρωγμές υποψιάζομαστε ότι εκτός από το σκυρόδεμα, έχει αστοχήσει και οπλισμός διάτμησης, δηλαδή οι συνδετήρες.

### 1.1.3 Διάβρωση από χλωριόντα

Τέτοιες βλάβες παρατηρούνται κυρίως σε παραθαλάσσιες κατασκευές μετά από κάποια χρόνια ζωής. Ιόντα χλωρίου διεισδύουν στο σκυρόδεμα και αφού προσπελάσουν την επικάλυψή του προσβάλλουν τον χάλυβα οπλισμού και γίνεται η διάβρωση και η οξείδωσή του. Ο ρυθμός διείσδυσης των χλωριόντων στο σκυρόδεμα είναι περίπου 1cm στα 15 χρόνια.

### 1.1.4 Ενανθράκωση

Ενανθράκωση είναι η μετατροπή του υδροξειδίου του ασβεστίου  $\text{Ca(OH)}_2$  (που περιέχεται στο σκυρόδεμα) σε ανθρακικό ασβέστιο  $\text{CaCO}_3$ . Ουσιαστικά το πρόβλημα αυτό δεν απειλεί το ίδιο το σκυρόδεμα, αντιθέτως αυξάνει τη θλιπτική αντοχή του, γίνεται πιο πυκνό και με χαμηλότερο πορώδες. Όμως μέσω της ενανθράκωσης απειλείται ο οπλισμός με διάβρωση. Τέτοια φαινόμενα είναι πολύ συχνά σε μεγάλα αστικά κέντρα και σε βιομηχανικές ζώνες καθώς υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα  $\text{CO}_2$ .

### 1.1.5 Σύγκρουση

Κάποιες φορές ανά τα χρόνια έχουν υπάρξει βλάβες σε κατασκευές λόγω σύγκρουσης. Τέτοιες περιπτώσεις συναντάμε είτε σε γέφυρες που περνούν πάνω από θάλασσα, όπου εκεί υπάρχει πρόσκρουση πλοίου πάνω σε βάθρο της γέφυρας. Είτε σε κτίρια κυρίως σε πολύ κεντρικούς δρόμους που γίνεται τροχαίο ατύχημα και υπάρχει πρόσκρουση οχήματος πάνω στο κτίριο. Και στις δύο περιπτώσεις προκύπτουν βλάβες στον φέροντα οργανισμό και ο μηχανικός καλείται να τις επισκευάσει.

## 1.2 Βλάβες σε μέλη της κατασκευής

### 1.2.1 Βλάβες υποστυλωμάτων

Οι βλάβες στα υποστυλώματα είναι αρκετά συχνές και συνήθως οι πιο επικίνδυνες. Η πρώτη υποχρέωση ενός μηχανικού μετά από έναν ισχυρό σεισμό είναι ο εντοπισμός βλαβών στα υποστυλώματα της κατασκευής. Σε γενικές γραμμές οι βλάβες αυτές θα είναι είτε καμπτικές, είτε διατμητικές. Ο τύπος της βλάβης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την σχέση της διατμητικής καταπόνησης με την καμπτική καταπόνηση. Τα προβλήματα λόγω κάμψης εντοπίζονται είτε στην βάση του υποστυλώματος, είτε στην κορυφή του, καθώς εκεί εμφανίζονται μεγαλύτερες καμπτικές ροπές. Βλάβες λόγω κάμψης μπορούν να δημιουργηθούν με δύο τρόπους: είτε σε ελαφρώς φορτισμένα υποστυλώματα (όπως τα ακριανά σε μία κατασκευή και κυρίως στους τελευταίους ορόφους), είτε σε υποστυλώματα με μεγάλη θλιπτική καταπόνηση.

Στην πρώτη περίπτωση η βλάβη θα κάνει την εμφάνισή της με μία οριζόντια ρωγμή που θα υποδηλώνει την διαρροή του χάλυβα. Στη δεύτερη περίπτωση συναντάμε αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της θλιβόμενης ζώνης, διαρροή των συνδετήρων και λυγισμό των εγκάρσιων οπλισμών. Η δεύτερη μορφή αστοχίας είναι σαφώς πιο καταστροφική καθώς έχει ψαθυρό χαρακτήρα, που σημαίνει αδυναμία απορρόφησης περαιτέρω σεισμικής ενέργειας, ενώ παράλληλα το εύρος της βλάβης είναι μεγαλύτερο.

Από την άλλη μεριά έχουμε τις διατμητικές βλάβες. Τέτοιου είδους βλάβες μπορούν να παρατηρηθούν σε όλα τα υποστυλώματα, αλλά σαφώς συχνότερα στα κοντά υποστυλώματα με λόγο διάτμησης μικρότερο του 2,5. Οι βλάβες διατμητικού χαρακτήρα θεωρούνται πολύ επικίνδυνες καθώς η αστοχία είναι ψαθυρή. Αν το μαθηματικοποιήσουμε όμως θα δούμε πως η μέγιστη ελαστική τάση που οφείλεται σε κάμψη ενός στοιχείου είναι ανάλογη του  $\frac{M}{b d^2}$  και η μέγιστη ελαστική τάση που οφείλεται σε διάτμηση ενός στοιχείου είναι ανάλογη του  $\frac{V}{b d}$ . Η συσχέτιση των δύο καταπονήσεων προκύπτει από την σχέση  $\frac{M}{b d^2} / \frac{V}{b d} = \frac{M}{v d}$  και αυτή περιγράφει τον λόγο διάτμησης.

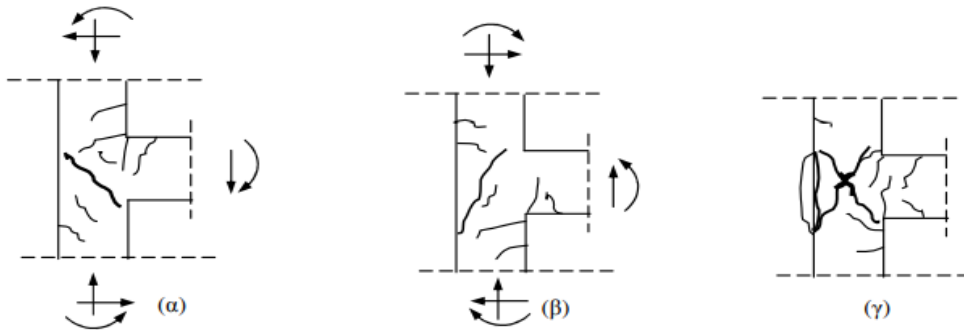
Η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί ακόμα ως  $\frac{V L}{2 v d} = \frac{L}{2 d}$ .

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως τα υποστυλώματα μεγάλου ύψους και μικρής διατομής είναι εύτρωτα σε κάμψη. Από την άλλη τα υποστυλώματα μικρού ύψους και μεγάλης διατομής είναι εύτρωτα σε διάτμηση.

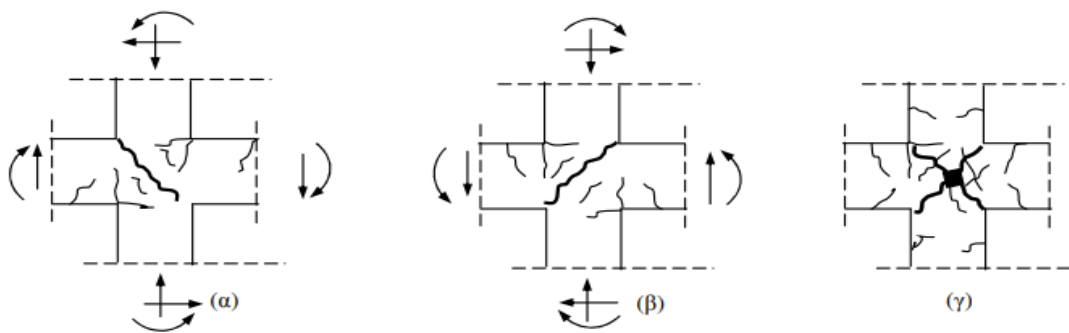


### 1.2.2 Βλάβες κόμβων δοκών - υποστυλωμάτων

Πολύ συχνά μετά από ισχυρούς σεισμούς στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και πιο συγκεκριμένα στους κόμβους δοκών υποστυλωμάτων παρατηρούνται βλάβες. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει διότι ενώ η διατμητική ένταση στην περιοχή αυτή είναι πολύ μεγάλη, η μελέτη για την διαστασιολόγηση του κόμβου είναι ανύπαρκτη. Ταυτόχρονα παρατηρείται πολύ συχνά κακής ποιότητας σκυρόδεμα στις περιοχές αυτές λόγω κακής σκυροδέτησης, που οφείλεται στο πολύ μεγάλο ποσοστό οπλισμού (συντρέχουν σίδερα από δοκούς και υποστυλώματα). Χαρακτηριστικό για την σπουδαιότητα του σημείου είναι το γεγονός πως ρωγμή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών σε κόμβο κατατάσσεται ως βλάβη σε μεγαλύτερη κατηγορία από ρωγμή ίδιων χαρακτηριστικών σε υποστυλώμα.



βλάβες σε ακραίους κόμβους

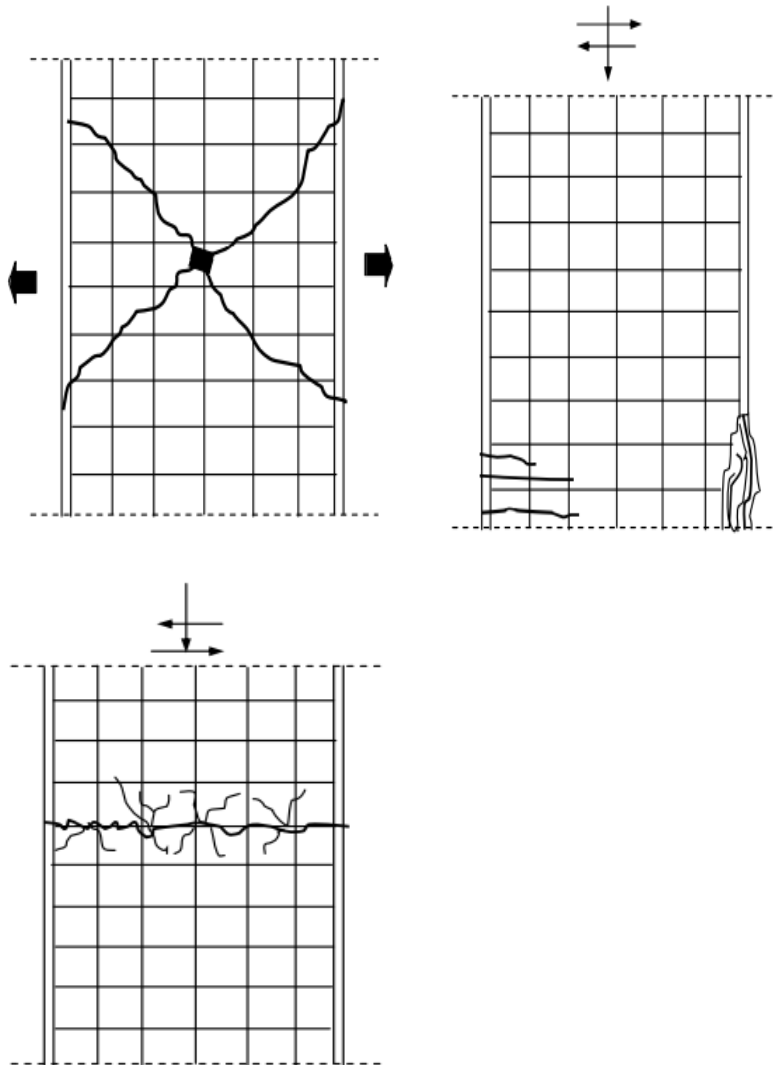


βλάβες σε μεσαίους κόμβους

Εικόνα 1.1 Δρίτσος

### 1.2.3 Βλάβες σε τοιχία

Η βλάβη στα τοιχώματα μιας κατασκευής είναι μία ακόμα συχνή περίπτωση, όπου πάλι θα την συναντήσουμε για καμπτικούς ή διατμητικούς λόγους. Παρόλα αυτά σαφώς δυσμενέστερη είναι η διατμητική αστοχία, η οποία εκτός από το ψαθυρό του χαρακτήρα της, μπορεί να οδηγήσει και σε βράχυνση του στοιχείου, άρα και σε αδυναμία παραλαβής φορτίων. Διατμητικές βλάβες θα συναντήσουμε με λοξές ρωγμές, οι οποίες λόγω της ανακυκλούμενης σεισμικής φόρτισης μπορεί να σχηματίσουν χιαστί ρωγμές. Πέρα όμως από της διατμητικές αστοχίες υπάρχουν και οι καμπτικές. Τέτοιου είδους αστοχίες θα συναντήσουμε πιο σπάνια και θα τις εντοπίσουμε κυρίως στις βάσεις των τοιχιών, είτε στο ισόγειο, είτε κοντά στο σημείο πάκτωσης με την θεμελίωση. Μία ακόμα βλάβη που ωστόσο οφείλεται σε κατασκευαστικούς λόγους, είναι η αστοχία στον αρμό σκυροδέτησης. Πιο αναλυτικά λόγω της διακοπής της σκυροδέτησης κατά την κατασκευή του στοιχείου, δημιουργείται μία διεπιφάνεια χαμηλής διατμητικής αντοχής η οποία αστοχεί πολύ συχνά μετά από επιβολή μεγάλων τεμνουσών.

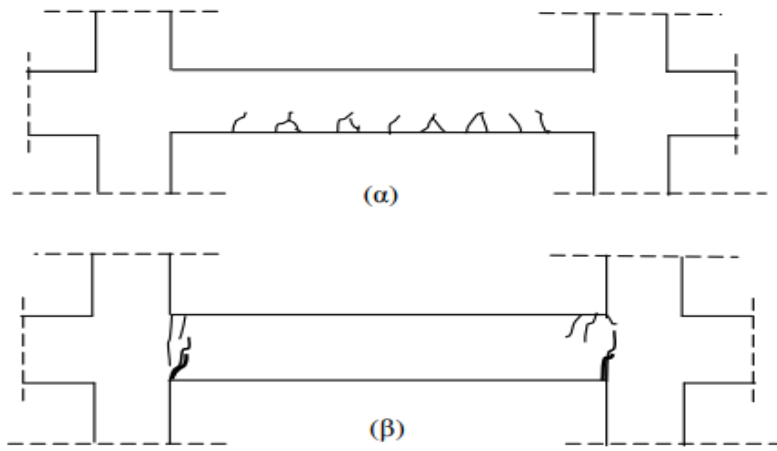


Εικόνα 1.2 Διατμητική αστοχία τοιχώματος, καμπτική αστοχία τοιχώματος, αστοχία τοιχώματος στον αρμό σκυροδέτησης, Δρίτσος

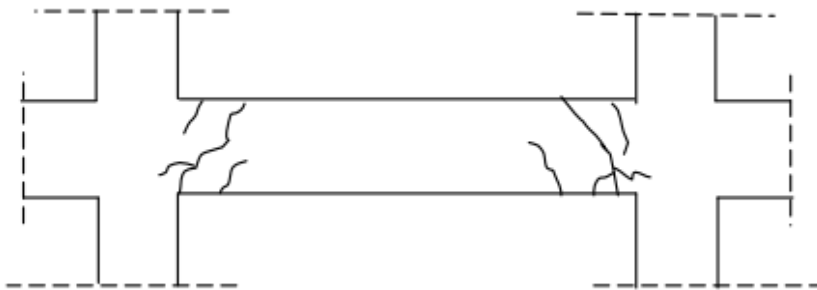
#### 1.2.4 Βλάβες σε δοκούς

Τα δοκάρια είναι το σημείο της κατασκευής που εντοπίζονται πιο συχνά ρωγμές. Σε γενικές γραμμές οι βλάβες αυτές μπορεί να οφείλονται, είτε σε σεισμική δράση, είτε σε κατακόρυφα φορτία και μπορεί να είναι, είτε καμπτικού χαρακτήρα, είτε διατμητικού χαρακτήρα. Όπως και να έχει όμως οι βλάβες στις δοκούς είναι σαφώς λιγότερο επικίνδυνες για την κατασκευή, σε σχέση με βλάβες σε υποστυλώματα ή τοιχία. Σε μία δοκό που έχει αστοχήσει καμπτικά αναμένουμε να εντοπίσουμε ρωγμές στο κάτω πέλμα της δοκού κατά το άνοιγμα, καθώς και στο άνω πέλμα κοντά στις στηρίξεις. Ας μιλήσουμε όμως και για τις διατμητικές βλάβες οι οποίες είναι και αρκετά πιο επικίνδυνες σε σχέση με τις καμπτικές. Τέτοιου είδους

ρωγμές θα είναι λοξές και θα τις εντοπίσουμε κοντά στις στηρίξεις και χαρακτηρίζονται επικίνδυνες κυρίως λόγω του ψαθυρού τρόπου αστοχίας.



Δρίτσος καμπτική αστοχία δοκού

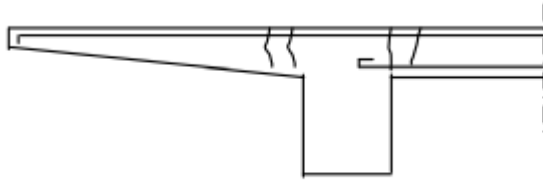


Εικόνα 1.3 Διατμητική αστοχία δοκού, Δρίτσος

### 1.2.5 Βλάβες πλακών

Οι πλάκες είναι ένα δομικό στοιχείο το οποίο δεν μας προκαλεί ανησυχία ως προς την ασφάλεια της κατασκευής. Αυτό συμβαίνει διότι η εμφάνιση βλαβών σε πλάκα είναι μία εξαιρετικά σπάνια περίπτωση, ενώ αν τυχόν υπάρξει κάποιο πρόβλημα στο δομικό στοιχείο δεν θα βρεθεί σε κίνδυνο η υπόλοιπη κατασκευή. Παρόλα αυτά ένα σχετικά σοβαρό πρόβλημα που μπορεί να εμφανιστεί μετά από έναν σεισμό είναι οι εγκάρσιες ρωγμές, οι οποίες οφείλονται στην καμπτική αστοχία των δοκών καθώς και στην συνεργασία δοκού πλάκας. Ακόμα σοβαρότερη όμως θεωρείται η βλάβη λόγω υποχώρησης των υποστυλωμάτων. Σε γενικές γραμμές εκτός από προβλήματα μετά από καταστροφικούς σεισμούς, υπάρχουν και προβλήματα εξαιτίας μόνιμων φορτίων στον φορέα. Έτσι όταν εντοπίζονται τέτοια προβλήματα θα πρέπει να θορυβούμαστε καθώς αποτελούν σοβαρή ένδειξη ελλειμματικής καμπτικής αντοχής. Όμως μια ειδική κατηγορία πλακών είναι αυτή των προβόλων και αυτό λόγω της ισοστατικότητάς τους.

Πιο συγκεκριμένα θεωρούνται εξαιρετικά ανησυχητικές οι ρωγμές που βρίσκονται σε διεύθυνση κάθετη σε αυτή του κύριου οπλισμού της πλάκας. Τέτοιες βλάβες πιθανός εντοπιστούν στην άνω ίνα της πλάκας και κοντά στην στήριξη. Αντίθετα αν εμφανιστούν ρωγμές παράλληλες στον κύριο οπλισμό τότε δεν υπάρχει λόγος σοβαρής ανησυχίας.



Εικόνα 1.4 Βλάβη προβόλου, Δρίτσος

## 2 Επισκευή βλαβών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος

### 2.1 Γενικά

#### 2.1.1 Ανάγκη επισκευής ρωγμών και άλλων βλαβών

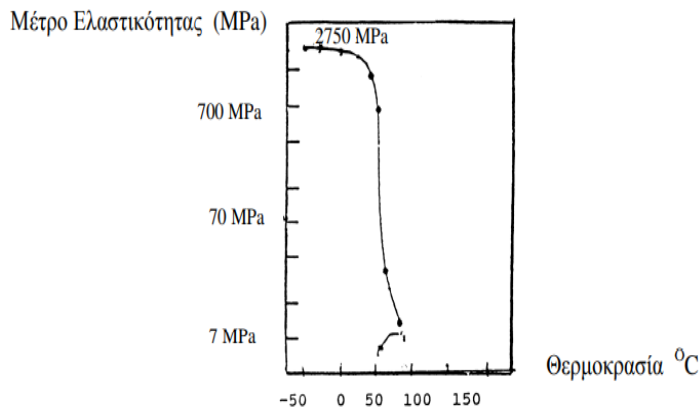
Όπως είπαμε και παραπάνω οι ρωγμές σε μέλη οπλισμένου σκυροδέματος είναι ένα φαινόμενο, το οποίο θα κληθεί ένας μηχανικός να αντιμετωπίσει στην καθημερινότητά του. Όμως πριν προβούμε σε οποιαδήποτε παρέμβαση θα πρέπει πρώτα να εντοπίσουμε τα αίτια που προκάλεσαν τις ρωγμές, καθώς και να προσδιορίσουμε το εύρος αυτών. Πιο συγκεκριμένα το πιο ανησυχητικό αίτιο είναι η υπέρβαση αντοχής, καθώς “χτυπάει καμπανάκι” στον μηχανικό για μια γενικότερη ανεπάρκεια της κατασκευής σε στατικά και δυναμικά φορτία. Για τον λόγο αυτό σε τέτοιες περιπτώσεις πέρα από την αποκατάσταση της βλάβης που είναι επιβεβλημένη, χρειάζεται να γίνει και αποτίμηση της κατασκευής με την πιθανότητα ανάγκης ενίσχυσής της να είναι αυξημένη. Παρόλα αυτά πρέπει να ξεκαθαρίσουμε πως η ύπαρξη ρωγμών δεν σημαίνει ταυτόχρονα και ανάγκη αποκατάστασής τους. Έτσι αφού αποτιμήσουμε τις ρωγμές και με παράλληλη καθοδήγηση από τους κανονισμούς μπορούμε να πάρουμε αποφάσεις για την επισκευή ή όχι αυτών. Πάντως ο γενικός κανόνας είναι πως ρωγμές μικρότερες των 0.3mm δεν χρήζουν επισκευής, καθώς δεν υπάρχει κίνδυνος προσβολής του οπλισμού. Ακόμα όμως και αυτός ο γενικός κανόνας επηρεάζεται έντονα και από τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες.

### 2.2 Πολυμερικές κόλλες

#### 2.2.1 Πολυμερικές κόλλες - Περιγραφή

Οι πολυμερικές κόλλες είναι συγκολλητικά προϊόντα, τα οποία παρασκευάζονται στο εργοστάσιο με την ανάμειξη δύο κύριων συστατικών. Το ένα συστατικό είναι το πολυμερές το οποίο βρίσκεται σε υγρή μορφή, ενώ το άλλο είναι ο σκληρυντής. Οι κόλλες αυτές χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλές αντοχές, διαθέτουν υγρομονωτικές ιδιότητες, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται η συσσώρευση τάσεων χάρη στην καλή κατανομή και διασπορά δυνάμεων σε μεγάλες επιφάνειες. Για τους λόγους αυτούς συναντάμε τις πολυμερικές κόλλες σε μεγάλο πλήθος επισκευών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος. Σε γενικές γραμμές οι

επικρατέστεροι τύποι πολυμερικών κολλών είναι οι εποξειδικές και οι πολυεστερικές ρητίνες. Στην πράξη θα δούμε πως η χρήση ρητινών έχει μεγάλες απαιτήσεις στον χρονικό προγραμματισμό του έργου, καθώς χρειάζεται από την μία μεριά να προλάβουμε να εφαρμόσουμε την ρητίνη εντός του χρόνου εργασιμότητας και από την άλλη να περιμένουμε κάποιες ώρες ή ημέρες αφού γίνει η εφαρμογή χωρίς να επέμβουμε στα στοιχεία που συγκολήθηκαν. Παρά τα μεγάλα πλεονεκτήματα του υλικού θα συναντήσουμε και κάποια μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα η αντοχή του υλικού αρχίζει να παρουσιάζει σταδιακή μείωση σε θερμοκρασίες άνω των 50 °C και φτάνει στο σημείο της καύσης στους 250 °C. Όπως γίνεται αντιληπτό το υλικό αυτό παρουσιάζει μεγάλο πρόβλημα σε περίπτωση πυρκαγιάς. Ένα ακόμα μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι ρητίνες σε συνεργασία με το σκυρόδεμα είναι η μεγάλη διαφορά στο μέτρο ελαστικότητας που έχουν τα δύο υλικά. Πιο συγκεκριμένα οι ρητίνες εμφανίζουν μέτρο ελαστικότητας που αντιστοιχεί περίπου στο 10% του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως μια τόσο μεγάλη διαφορά στα δύο υλικά θα δημιουργήσει δυσκολία στην συνεργασία μεταξύ αυτών.



Εικόνα 2.1 Διάγραμμα μέτρου ελαστικότητας-θερμοκρασίας πολυμερικών κολλών, Δρίτσος

## 2.2.2 Εφαρμογή πολυμερικών κολλών - ρητινενέσεις

Ρητινένωση είναι ο τρόπος πλήρωσης των ρωγμών με πολυμερική κόλλα σε ενέσιμη μορφή. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε ρωγμές πάχους 0,1 έως 3mm. Για την εφαρμογή των ρητινενέσεων πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα.

1. Με την χρήση πιεστικού μηχανήματος διοχετεύουμε πεπιεσμένο αέρα εντός της ρωγμής, αλλά και στην περιοχή γύρω από αυτή, με σκοπό την απομάκρυνση της σκόνης και της παιπάλης.
2. Τοποθετούμε ταινία κατά μήκος της ρωγμής.
3. Ανοίγουμε τρύπες διαμέτρου 5-10mm κατά μήκος της ρωγμής .
4. Τοποθετούνται ειδικοί υποδοχείς στα σημεία που θα γίνουν οι ενέσεις.
5. Σφραγίζουμε την ρωγμή με κάποιο υλικό ταχείας πήξης, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες υλικού.

6. Με την χρήση ειδικού αναμικτήρα και για διάρκεια περίπου 3 τριών λεπτών αναμιγνύουμε τα συστατικά ώστε να προκύψει η πολυμερική κόλλα.
7. Ξεκινάμε την ένεση από τον χαμηλότερο υποδοχέα μέχρι η ρητίνη να εκβάλλει στον αμέσως από πάνω. Τότε σφραγίζουμε τον πρώτο υποδοχέα και με την ίδια ακριβώς διαδικασία συνεχίζουμε και στους υπόλοιπους.
8. Αφού αφήσουμε για μία ολόκληρη μέρα το σημείο άθικτο, επανερχόμαστε ώστε να απομακρύνουμε τον στόκο που είχαμε χρησιμοποιήσει για το σφράγισμα της ρωγμής.

### 2.2.3 Κριτήρια επιλογής υλικού ρητινένεσης

Σε γενικές γραμμές τα υλικά που κυκλοφορούν στην αγορά για τον σκοπό αυτό είναι αμέτρητα και με σχετικά

ελλιπή τεκμηρίωση όσον αφορά τις ιδιότητές τους. Για τον λόγο αυτό χρειάζεται να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά την έρευνα αγοράς και ταυτόχρονα να ιεραρχήσουμε τις ανάγκες της προς αποκατάσταση βλάβης. Το κυριότερο ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί ώστε να καταλήξουμε στην επιλογή υλικού, είναι το αν η προς αποκατάσταση ρωγμή είναι ενεργή ή μη ενεργή. Όταν η ρωγμή είναι ενεργή προτιμούνται υλικά που θα παρουσιάζουν, είτε μεγάλη παραμορφωσιμότητα, είτε ταχεία ανάπτυξη εφελκυστικής αντοχής. Αντίθετα όταν υπάρχουν μη ενεργές ρωγμές χρειαζόμαστε απαραμόρφωτα υλικά.

### 2.2.4 Άλλες επιλογές υλικών πλήρωσης των ρωγμών

1. Πλήρωση ρωγμών με τσιμεντοκονιάματα
2. Τοποθέτηση υγρής μεμβράνης
3. Τοποθέτηση τσιμεντοκονιάματος και επικάλυψη μεμβράνης από ίνες γυαλιού.
4. Επικάλυψη σιλικόνης όλης της επιφάνειας του σκυροδέματος
5. Τοποθέτηση εποξειδικής κόλλας ή ειδικής μαστίχας πάνω στο κενό της ρωγμής .

Παρόλα αυτά όλες οι παραπάνω επιλογές χρησιμοποιούνται εξαιρετικά σπάνια, καθώς η επιλογή των ρητινένεσεων αποκαθιστά πολύ καλύτερα το πρόβλημα. Πιο συγκεκριμένα οι ρητίνες αποκαθιστούν πλήρως την συνέχεια του σκυροδέματος, ενώ παράλληλα προστατεύουν τον χάλυβα από περιβαλλοντικούς κινδύνους, καθώς και οι ίδιες είναι εξαιρετικά ανθεκτικές



στην επίδραση ιόντων κ.α. Ακόμα η ιδιότητα της μεγάλης εφελκυστικής αντοχής που διαθέτει το υλικό, μειώνει τις πιθανότητες μελλοντικής αύξησης του μήκους ή του πλάτους των ρωγμών. Επίσης η μέθοδος αυτή αποτελεί μία εξαιρετικά διακριτική επιλογή στην εφαρμογή της, οπότε υπερέρχει έναντι των άλλων ακόμα και για αρχιτεκτονικούς λόγους.

### 2.2.5 Μειονεκτήματα των ρητινενέσεων

Ως μειονέκτημα της μεθόδου θα λέγαμε την απαίτηση για εξειδικευμένο εργατοτεχνικό δυναμικό, καθώς και το χαμηλό μέτρο ελαστικότητας που διαθέτει το υλικό, το οποίο δημιουργεί πρόβλημα κυρίως σε φαινόμενα στρέψης.

### 2.2.6 Παράγοντες που καθορίζουν τις λεπτομέρειες εφαρμογής της τεχνικής των ρητινενέσεων

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ρωγμής διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο όσον αφορά τα σημεία που θα τοποθετηθούν τα στόμια. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει συγκεκριμένη οδηγία για τις αποστάσεις μεταξύ των στομιών. Όμως σε γενικές γραμμές οι αποστάσεις κυμαίνονται μεταξύ 15-100cm, ενώ υπάρχει βιβλιογραφία που αναφέρει πως η απόσταση πρέπει να είναι περίπου όσο είναι το πάχος του στοιχείου. Σε κάθε περίπτωση η επιλογή των σημείων είναι στην κρίση του μηχανικού, με τα σημεία μεγάλου πλάτους ρωγμών να προτιμούνται.

### 2.2.7 Πίεση κατά την προώθηση της ρητίνης

Κατά την εφαρμογή της ρητινένεσης πρέπει να εξασφαλιστεί η συνεχής ροή ρητίνης μέσα στην ρωγμή. Αυτό επιτυγχάνεται με την σωστή εφαρμογή πίεσης η οποία μεταβάλλεται κατά την προώθηση, αναλόγως με την δυσκολία του υλικού να παρεισφρήσει μέσα στην ρωγμή . Αν η επιβαλλόμενη πίεση είναι μεγάλη, τότε υπάρχει κίνδυνος αστοχίας του ρητινόστοκου που χρησιμοποιήθηκε για την σφράγιση της ρωγμής. Ως τάξη μεγέθους πρέπει να κρατήσουμε πως η επιβαλλόμενη πίεση είναι μικρότερη του 1MPa .

## 2.2.8 Ιξώδες

Το ιξώδες είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα ενός ρευστού και στην συγκεκριμένη περίπτωση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απαιτούμενη πίεση ενέματος. Ποιό συγκεκριμένα ένα μικρό ιξώδες της ρητίνης σημαίνει πως θα είναι σχετικά εύκολη η προώθησή της, άρα και μικρότερη η πίεση που θα χρειαστεί κατά την ρητινέυση. Αυτό που πρέπει να γνωρίζουμε είναι πως μετά το πέρας της παρασκευής του μείγματος και με την πάροδο του χρόνου το ιξώδες αρχίζει να αυξάνεται και η εργασιμότητα να μειώνεται με την αυξημένη θερμοκρασία να είναι ένδειξη εξάντλησης του χρόνου εργασιμότητας. Για τον λόγο αυτό πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί για τον χρόνο επισκευής της βλάβης, καθώς ο κίνδυνος της μη περάτωσης της διαδικασίας λόγω σκλήρυνσης του υλικού είναι υπαρκτός.

## 2.2.9 Χρόνος εργασιμότητας

Ο χρόνος εργασιμότητας για εποξειδικές ρητίνες και πολυεστερικές ρητίνες ενός λίτρου είναι 45 και 60 λεπτά αντίστοιχα. Παρόλα αυτά το χρονικό περιθώριο μπορεί να μεταβληθεί.

Πιο συγκεκριμένα αν χωρίσουμε το μείγμα σε μικρότερα κλάσματα ο χρόνος αυτός θα μεγαλώσει. Από την άλλη αν η ανάμειξη γίνει σε ποσότητες μεγαλύτερες του ενός λίτρου τότε ο χρόνος θα μειωθεί.

## 2.3 Επισκευαστικά κονιάματα

### 2.3.1 Επισκευαστικά κονιάματα

Τα κονιάματα αυτά τα συναντάμε έντονα σε περιπτώσεις επισκευής κάποιου μέλους με απαίτηση επίστρωσης μικρού πάχους και καλής προσαρμογής στο υφιστάμενο υλικό. Σε γενικές γραμμές προσφέρουν μεγάλη προστασία και για το λόγο αυτό είναι προτιμητέα παρά το υψηλό τους κόστος. Στην πραγματικότητα συναντάμε δύο βασικές κατηγορίες κονιαμάτων. Τα τσιμεντοκονιάματα και τα πολυμεροκονιάματα.

### 2.3.2 Τσιμεντοκονιάματα

Οι κονίες αυτές προκύπτουν από την ανάμειξη ποσότητας τσιμέντου με αδρανή διαμέτρου μικρότερης των 2,5 mm, πρόσθετα όπως υπερρευστοποιητές και άλλα αποτρεπτικά για την συστολή ξήρανσης χημικά. Τα προϊόντα αυτά πωλούνται στην αγορά συσκευασμένα και το μόνο που απαιτείται είναι η ανάμειξή τους με νερό. Το πεδίο εφαρμογής τους είναι κυρίως σε

στοιχεία με κακή συμπίκνωση σκυροδέματος και αποκατάσταση φωλιών. Σε γενικές γραμμές προτιμούνται κυρίως χάρη στις πολύ υψηλές αντοχές που αναπτύσσουν (βασική αιτία είναι ο χαμηλός λόγος νερού προς τσιμέντο) αλλά και στην μεγάλη ταχύτητα που αναπτύσσονται οι αντοχές αυτές και όλα αυτά την στιγμή που το υλικό παρουσιάζει ρευστότητα και μικρό κίνδυνο παρουσίασης συστολής ξήρανσης (κυρίως χάρη στα χημικά πρόσθετα).

### 2.3.3 Πολυμεροκονιάματα

Τα κονιάματα αυτά τα συναντάμε με δύο βασικές παραλλαγές. Στην μία περίπτωση θα δούμε να απουσιάζει το τσιμέντο και την θέση του να έχει πάρει κάποιο πολυμερές. Στην άλλη παραλλαγή θα δούμε να απουσιάζει ένα μέρος του νερού και την θέση του να έχει πάρει ένα υδατοδιαλυτό πολυμερές. Και οι δύο παραλλαγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βλάβες μικρού βαθμού σε λεπτές στρώσεις.

## 3 Αποτίμηση κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος

### 3.1 Τεχνολογία προσδιορισμού αντοχών

#### 3.1 Γενικά

Η αποτίμηση της κατασκευής ξεκινάει από την επίσκεψη μηχανικού στο πεδίο. Εκεί ο μηχανικός αξιολογεί εμφανείς βλάβες και διενεργεί οπτικό έλεγχο. Στη συνέχεια καταγράφει αναλυτικά κάθε είδους εμφανή βλάβη και προχωρά στην αποτύπωση αυτών σε πρόχειρα σχέδια. Αναλόγως με τον τύπο, τα αίτια και την διάταξη των βλαβών στο κτίριο προχωράμε στην χάραξη στρατηγικής για την περαιτέρω διερεύνηση και ταυτοποίηση αυτών. Σύμμαχός μας στη διαδικασία αυτή θα είναι η τεχνολογία και τα εξειδικευμένα όργανα παρακολούθησης που θα δούμε παρακάτω.

Όπως είπαμε και πιο πάνω, η οπτική αξιολόγηση και η γεωμετρική απεικόνιση των βλαβών (πάχος ρωγμών, μέτρηση παραμορφώσεων κ.α) δεν επαρκούν για την εξαγωγή φερέγγυων συμπερασμάτων αλλά και αριθμών τους οποίους χρειαζόμαστε για την περαιτέρω αποτίμηση και ανάλυση της κατασκευής μας. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τις παρακάτω κατηγορίες ελέγχου.

- μη καταστροφικούς
- ημικαταστροφικούς
- επιτόπου χημικούς
- καθολική φόρτιση

## 3.2 Μη καταστροφικές μέθοδοι

### 3.2.1 Κρουσιμέτρηση

Το κρουσίμετρο είναι ίσως το πιο κοινό όργανο μη καταστροφικού προσδιορισμού αντοχή σκυροδέματος. Αρχικά γίνεται μέτρηση τις αναπηδήσεις του κρουσίμετρου πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος και με αυτόν τον τρόπο εξάγεται αποτέλεσμα για την σκληρότητα αυτού. Στη συνέχεια γίνεται μετατροπή της σκληρότητας του σκυροδέματος σε θλιπτική αντοχή. Παρά το εύκολο της διαδικασίας είναι αναγκαίο να τηρούνται κάποιες προδιαγραφές για την πραγματοποίηση της μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα το στοιχείο που θα μετρήσουμε θα πρέπει να έχει λεία επιφάνεια και χαμηλό ποσοστό υγρασίας. Είναι κρίσιμο να επισημάνουμε πως αν υπάρχει υποψία ενανθράκωσης στο σκυρόδεμα θεωρείται αναγκαία η αποφλοίωση του στοιχείου της τάξης 5-7mm, ώστε στη συνέχεια να γίνει η μέτρηση. Παρόλα αυτά μπορούμε να αναφέρουμε ως μειονέκτημα, την ανάγκη συνεχούς βαθμονόμησης του κρουσιμέτρου, αναλόγως με τον τύπο του σκυροδέματος πού πρόκειται να ελεγχθεί. Πρέπει να πούμε όμως πως για μεγάλη αξιοπιστία αποτελεσμάτων προτείνεται ο συνδυασμός κρούση μέτρησης με μία ακόμα



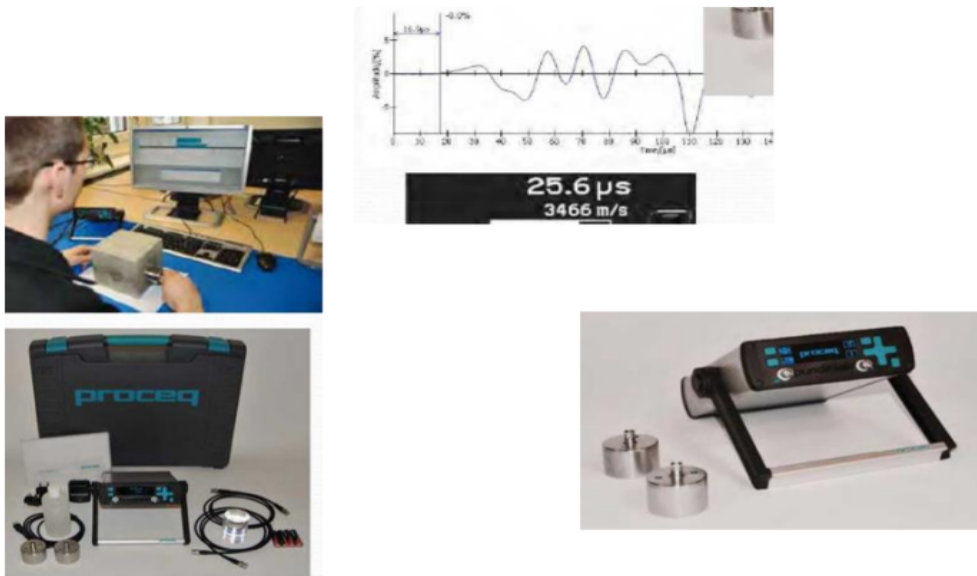
μέθοδο.

---

Εικόνα 3.1 [Κρουσιμέτρηση](#)

### 3.2.2 Υπέρηχοι

Πρόκειται για μία ηλεκτρονική συσκευή που ένα μέρος της παράγει υπερήχους, ενώ υπάρχουν δύο κρύσταλλοι που λειτουργούν ως πομποί και δέκτες. Στην πραγματικότητα η μέτρηση βασίζεται στο φαινόμενο doppler και στη μέτρηση της ταχύτητας των κυμάτων. Μέσω της μεθόδου αυτής μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για σχεδόν όλες τις μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος, όπως η θλιπτική αντοχή, λόγος poisson, ρωγμές και άλλα. Για την καλύτερη εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιείται ειδικό λιπαντικό στο σημείο επαφής κρυστάλλων - σκυροδέματος. Παρόλο που η μέθοδος αυτή παρουσιάζει χαμηλή αξιοπιστία στα αποτελέσματα, μιλάμε για μία εύκολη και οικονομική λύση.



Εικόνα 3.2 Εξοπλισμός μεθόδου υπερήχων, Κυριαζόπουλος Αντώνης e-class uniwa

### 3.2.3 Μαγνητική μέθοδος

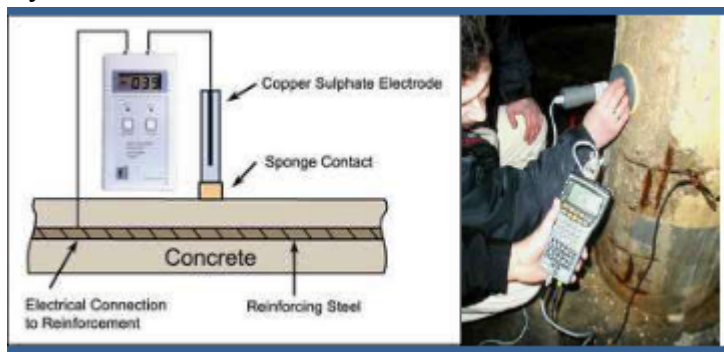
Σε αυτή την μέθοδο συναντάμε μία ηλεκτρονική συσκευή, που έχει την ικανότητα να εντοπίσει την θέση και το μέγεθος του οπλισμού του στοιχείου, αλλά και το πάχος επικάλυψης του οπλισμού. Θεωρείται μία εύκολη μέθοδος και με σχετικά ακριβή αποτελέσματα (αποκλίσεις μικρότερες του 10%). Παρόλα αυτά, το όργανο μπορεί να κάνει μέτρηση σε βάθος έως 180 mm και να εντοπίσει μόνο μία στρώση οπλισμού. Κατά συνέπεια δεν ενδείκνυται για μετρήσεις σε στοιχεία με περισσότερες στρώσεις. Ωστόσο πρέπει να πούμε, πως όταν η σύνθεση του σκυροδέματος περιέχει μαγνητικά υλικά, τα αποτελέσματα των μετρήσεων χρήζουν επεξεργασίας.



Εικόνα 3.3 [Μαγνητική μέθοδος](#)

### 3.2.4 Μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού του οπλισμού

Σε αυτή την περίπτωση συναντάμε ένα βολτόμετρο, το οποίο συνδέεται με τον οπλισμό μέσω ενός ηλεκτροδίου. Με αυτήν την μέτρηση προσδιορίζουμε την πιθανότητα ύπαρξης διάβρωσης του οπλισμού, καθώς και την ενδεχόμενη ύπαρξη ηλεκτροχημικών αντιδράσεων στο σκυρόδεμα. Παρόλο που η μέθοδος αυτή είναι πολύ εύκολη στην εφαρμογή, δεν χρησιμοποιείται πολύ καθώς τα εξαγόμενα αποτελέσματα είναι χαμηλής αξιοπιστίας και ακρίβειας.



Εικόνα 3.4 [Μέτρηση ηλεκτρικού δυναμικού οπλισμού](#)

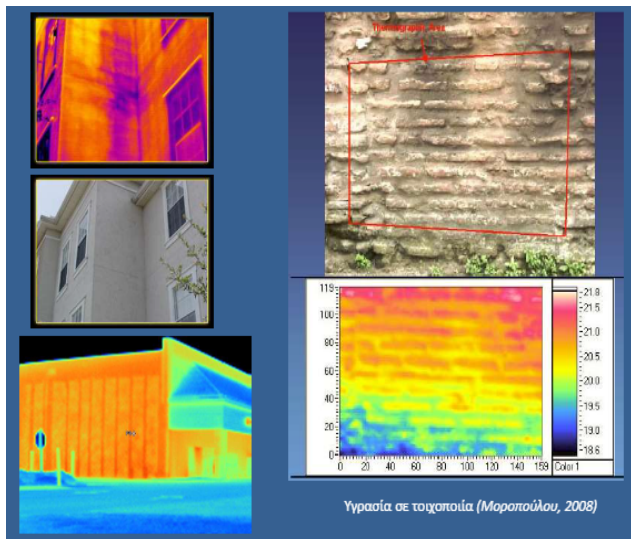
### 3.2.5 Ακτινογράφιση

Με την χρήση ακτίνων χ και γ προσδιορίζεται το πάχος και η θέση του οπλισμού, καθώς και η σύσταση του σκυροδέματος. Η μέθοδος αυτή θεωρείται αρκετά αξιόπιστη για πάχη έως

30cm και ως μία στρώση οπλισμού, για τον λόγο αυτό θεωρείται αναγκαία η δυνατότητα μέτρησης και στις δύο πλευρές του στοιχείου. Παρόλο που η μέθοδος είναι σχετικά εύκολη στην εφαρμογή της, έχει πολύ υψηλό κόστος.

### 3.2.6 Θερμογράφιση με υπέρυθη ακτινοβολία

Αρχικά τοποθετείται μία πηγή υπέρυθρης ακτινοβολία στην μία πλευρά του στοιχείου που θα ελέγξουμε. Στη συνέχεια αν βρεθούν διαταραχές ή ασυνέχειες στη ροή της ενέργειας θα εξάγουμε συμπεράσματα για την διάβρωση, τις ρωγμές και τα κενά που υπάρχουν στο στοιχείο. Η μέθοδος αυτή παράγει αποτελέσματα με εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια, αλλά συνοδεύεται και με πολύ υψηλό κόστος εφαρμογής.



Εικόνα 3.5 [Θερμογράφιση](#)

### 3.2.7 Μέτρηση του ποσοστού υγρασίας με εκπομπή νετρονίων

Η εξειδικευμένη συσκευή δημιουργεί νετρόνια στο μέλος που θέλουμε να διερευνήσουμε. Παρατηρώντας και μετρώντας τη μείωση της ταχύτητας των νετρονίων, εξάγουμε συμπεράσματα και αποτελέσματα για το ποσοστό υγρασίας στο στοιχείο. Η μέθοδος αυτή εξάγει αποτελέσματα υψηλής ακριβείας αλλά με υψηλό κόστος μέτρησης.



### 3.3 Καταστροφικές μέθοδοι

#### 3.3.1 Πυρηνοληψία

Η πυρηνοληψία ή αλλιώς καρτολειψία είναι η πλέον αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού χαρακτηριστικών σκυροδέματος. Πρακτικά με τη χρήση ειδικού μηχανήματος και μέσω διάτρησης, γίνεται η αποκοπή πυρήνων διαμέτρου 10 έως 15 cm και λόγο ύψους προς διάμετρο να κυμαίνεται μεταξύ 0,95 και 2,0. Είναι σημαντικό να τονίσουμε πως η λήψη δοκιμίων πρέπει να γίνεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 8 cm από κάθε ακμή του μέλους που διερευνούμε. Στη συνέχεια τα καρότα δοκιμάζονται και εξάγονται χρήσιμα αποτελέσματα, όπως η θλιπτική αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας αλλά και η ύπαρξη ασυνεχειών στο σώμα του σκυροδέματος. Κατά τη διάρκεια της συλλογής του δείγματος πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί, καθώς πολλές φορές γίνεται ταυτόχρονη κοπή οπλισμού. Αν συμβεί κάτι τέτοιο συνιστάται να μην δοκιμάζεται το καρότο, καθώς θα προκύψουν πλασματικά αποτελέσματα κατά της ασφάλειας. Επίσης οι μηχανικοί θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί με την επιλογή των σημείων λήψεως των καρότων, καθώς θα πρέπει να μην διαταραχθεί η στατικότητα της κατασκευής. Ως αρνητικό της μεθόδου μπορούμε να αναφέρουμε το υψηλό κόστος.



Εικόνα 3.6 Πυρηνοληψία

### 3.3.2 Εξωλκείας

Με το όργανο αυτό προσδιορίζουμε την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, αλλά και την αντοχή της συγκόλλησης τυχόν επικαλύψεων στο στοιχείο. Πιο αναλυτικά, γίνεται έμπηξη ενός ειδικού μπουλονιού στην επιφάνεια του σκυροδέματος και μετριέται η απαιτούμενη δύναμη για την εξαγωγή αυτού. Στη συνέχεια μέσω ειδικών πινάκων γίνεται ο συσχετισμός του αποτελέσματος της μέτρησης, με τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Τη μέθοδο αυτή μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε με δύο παραλλαγές. Στην πρώτη αντικαθιστούμε με μία κυκλική μεταλλική πλάκα που θα συγκολληθεί στην επιφάνεια του στοιχείου. Την πλάκα αυτή θα την εφελκύσουμε με ειδικό όργανο, μέχρι το σημείο θραύσης του σκυροδέματος. Η άλλη εναλλακτική είναι αρκετά πιο απλή και οικονομική. Σε αυτή την περίπτωση με τη βοήθεια οργάνου, γίνεται έμπηξη μεταλλικής ράβδου στο στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος και από τη μέτρηση του βάθους έμπηξης προκύπτει η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Θα πρέπει βέβαια να πούμε πως η παραλλαγή αυτή είναι λιγότερο αξιόπιστη από τη βασική μέτρηση του εξωλκεία, η οποία δίνει ικανοποιητική αξιοπιστία, αλλά και ταχύτητα στην εκτέλεσή της σε σχέση με άλλες μεθόδους όπως είναι η πυρηνοληψία.



Εικόνα 3.6 [Εξωλκείας](#)

### 3.3.3 Έλεγχος οπλισμού σε εφελκυσμό

Σε αυτή τη μέθοδο απομακρύνουμε το σκυροδέμα από το στοιχείο που θα μελετήσουμε, μέχρι να αποκαλυφθεί οπλισμός. Στο σημείο αυτό γίνεται αποκοπή οπλισμού μήκους 30cm. Το δοκίμιο υποβάλλεται σε αξονικό εφελκυσμό ώστε να προσδιοριστούν μεγέθη όπως το μέτρο, η ελαστικότητα, η εφελκυστική αντοχή κ.ά. Παρά το υψηλό κόστος και την χρονοβόρα διαδικασία, η μέθοδος αυτή εξάγει ακριβή αποτελέσματα μέτρησης μηχανικών ιδιοτήτων οπλισμού.

### 3.3.4 Πετρογραφική ανάλυση

Στη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται πυρηνοληψία. Κομμάτια από αυτά τα καρότα κόβονται και εξετάζονται με την βοήθεια μικροσκοπίου υψηλής ανάλυσης, ώστε να βρεθούν ουσίες και ενώσεις επιβλαβείς για το σκυρόδεμα, καθώς και να προσδιοριστεί ο βαθμός ενανθράκωσης ή το εύρος των ρωγμών στο υλικό. Η τεχνική αυτή παρέχει αποτελέσματα υψηλής αξιοπιστίας, όμως χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό και όργανα για τη σωστή εφαρμογή της.

## 3.4 Χημικοί έλεγχοι

### 3.4.1 Προσδιορισμός ενανθράκωσης

Η επιφάνεια του σκυροδέματος επιστρώνεται με διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης. Αν το σκυρόδεμα έχει pH άνω του 9.5, τότε παίρνει αποχρώσεις βιολετί. Οι αποχρώσεις αυτές συγκρίνονται με βαθμονομημένους πίνακες και με οπτικό τρόπο εξάγουμε συμπεράσματα για τις περιοχές που υπάρχει ενανθράκωση.

### 3.4.2 Εντοπισμός χλωριόντων

Ο εντοπισμός των χλωριόντων γίνεται με μία σχετικά καινούργια, γρηγόρη και οικονομική μέθοδο. Σε πρώτη φάση χρειαζόμαστε ένα δείγμα σκυροδέματος, στο οποίο θα γίνει η χημική ανάλυση. Εάν στο δείγμα αυτό εντοπιστούν υδατοδιαλυτά χλωριόντα σε ποσοστό άνω του 0,2%, τότε συμπεραίνουμε ότι η κατασκευή έχει υποστεί εκτεταμένη διάβρωση.

## 3.5 Καθολική φόρτιση

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, για τις οποίες υπάρχουν αρκετές ασάφειες λόγω έλλειψης δεδομένων, για τη γεωμετρία αλλά και για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους. Επίσης πολύ συχνά επιλέγουμε αυτόν τον τρόπο δοκιμής για κατασκευές στις οποίες έχουμε υπέρβαση επιτρεπτών τάσεων κατά την ανάλυση. Η καθολική

φόρτιση πραγματοποιείται με δύο κυρίως τρόπους. Από την μία πλευρά βλέπουμε την κατασκευή να υποβάλλεται σε μικρόδομήσεις και να διεγείρεται, ώστε να υπολογιστούν χαρακτηριστικά όπως η ιδιοπερίοδος, η απόσβεση και η δυσκαμψία. Η δεύτερη εναλλακτική είναι να τοποθετήσουμε στην κατασκευή κατακόρυφα φορτία ώστε να κάνουμε μετρήσεις για τις παραμορφώσεις και τα βέλη κάμψης που θα προκύψουν από την φόρτιση.

### 3.6 Συμπεράσματα

Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε πως για να φτάσουμε στην οριστική μελέτη με μία πραγματική εικόνα της κατασκευής, θα πρέπει να συλλέξουμε στοιχεία από όσες πηγές διαθέτουμε. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε όλες τις πληροφορίες που μας δίνουν τα υπάρχοντα σχέδια για τον φορέα. Επίσης θα καταγράψουμε αναλυτικά το ιστορικό του κτιρίου και θα βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα από τον οπτικό έλεγχο που θα διενεργήσουμε. Τέλος θα χρησιμοποιήσουμε όποια από τις παραπάνω μεθόδους κρίνουμε οικονομοτεχνικά βέλτιστη, ώστε να προκύψουν συγκεκριμένες τιμές αντοχών στα υλικά. Όσο περισσότερα στοιχεία έχουμε στη διάθεσή μας, τόσο υψηλότερη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων θα προκύψει, άρα θα μπορούμε να οδηγηθούμε σε οικονομοτεχνικά βέλτιστη μελέτη.

## 4 Ανασχεδιασμός κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος

### 4.1 Γενικά

Αφού ολοκληρωθεί η αποτίμηση του κτιρίου και γίνει η μελέτη στατικής επάρκειας, καταλήγουμε σε ασφαλές συμπέρασμα για το κατά πόσο χρειάζεται ή όχι επέμβαση και ενίσχυση της κατασκευής. Σε γενικές γραμμές περιμένουμε σε παλαιά κτίρια, που κατασκευάστηκαν με παλαιότερους κανονισμούς (και ειδικά εάν προβλέπεται προσθήκη ορόφου) να είναι αναγκαία η ενίσχυση. Αντιθέτως σε νεότερες κατασκευές που μελετήθηκαν με σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, δεν αναμένουμε ανάγκη για παρεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό.

Ας δούμε όμως τι χρειάζεται να γνωρίζουμε για τα επόμενα βήματα και τις αποφάσεις που θα κληθούμε να πάρουμε. Αν προκύψει ανάγκη επέμβασης στην κατασκευή θα πρέπει να γίνει, είτε με τεχνικές, είτε με διαχειριστικές μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα ως τεχνικές μεθόδους εννοούμε στρατηγικές αύξησης της δυσκαμψίας, της αντοχής και της πλαστικότητας. Από την άλλη, ως διαχειριστικές μεθόδους εννοούμε ενέργειες όπως η αλλαγή χρήσης του κτιρίου και η σταδιακή εφαρμογή των επεμβάσεων. Όμως για να καταλήξουμε στις στρατηγικές που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει πρώτα να έχουμε ιεραρχήσει τα κριτήρια σχεδιασμού, αλλά και τις ήδη υπάρχουσες αδυναμίες του δομήματος. Παρόλα αυτά το γενικό πλαίσιο σχεδιασμού, μας οδηγεί στον περιορισμό των βλαβών των πρωτευόντων στοιχείων για την εκάστοτε στάθμη επιτελεστικότητας.

### 4.2 Στρατηγικές ενίσχυσης της κατασκευής

#### 4.2.1 Στρατηγικές ενίσχυσης της κατασκευής

- Τοπικές επεμβάσεις στα μέλη της κατασκευής.
- Αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής.
- Αύξηση της πλαστικότητας και της παραμορφωσιμότητας της κατασκευής.
- Μείωση της σεισμικής απαίτησης που θα κληθεί να αναλάβει ο φορέας.

#### 4.2.2 Τοπικές επεμβάσεις στα μέλη της κατασκευής

Τέτοιου είδους επεμβάσεις γίνονται σε κατασκευές που μετά την ανάλυση έχει αποδειχθεί ότι διαθέτουν αξιόπιστο σύστημα ανάλυσης σεισμικών δράσεων, παρόλα αυτά εντοπίζονται τοπικά ευαίσθητα σημεία που χρήζουν ενίσχυσης. Τα σημεία αυτά μπορεί να εντοπιστούν στις αγκύρωσης ή μάτισης των στοιχείων, όπου ειδικά σε παλιές κατασκευές είναι ιδιαίτερα μικρά ή ανύπαρκτα. Πολύ συχνά συναντάμε την στρατηγική αυτή να εφαρμόζεται παράλληλα με κάποια άλλη, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη σεισμική συμπεριφορά.

#### 4.2.3 Αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής

Η αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής είναι μία στρατηγική που εφαρμόζεται σε κατασκευές με ελλείμματα στο σύστημα παραλαβής σεισμικών δράσεων. Από την μία με την αύξηση της δυσκαμψίας, οδηγούμαστε σε μειωμένες ανάγκες πλαστιμότητας και από την άλλη με την αύξηση της αντοχής, αυξάνεται η απαιτούμενη δράση ώστε να προκληθούν ζημιές στον φορέα.

Σε γενικές γραμμές στις περισσότερες επεμβάσεις, η αντοχή και η δυσκαμψία αυξάνονται παράλληλα. Τέτοιες περιπτώσεις είναι η προσθήκη τοιχωμάτων ή πλαισίων. Αντιθέτως σε επεμβάσεις στα στοιχεία όπως τοπική περίσφιξη, επιτυγχάνεται αύξηση της αντοχής, η οποία δεν συνοδεύεται και με αύξηση της δυσκαμψίας.

#### 4.2.4 Αύξηση πλαστιμότητας και παραμορφωσιμότητας

Η στρατηγική αυτή στηρίζεται στην σύγχρονη φιλοσοφία σχεδιασμού των κατασκευών, που θέλει τα δομικά στοιχεία να αναπτύσουν πολύ μεγάλες παραμορφώσεις. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους. 1ον εφαρμογή εξωτερικής περίσφιξης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μανδύα σκυροδέματος, μανδύα σύνθετων υλικών ή και μεταλλικό μανδύα. 2ον με τοπική απομείωση της δυσκαμψίας, κάτι το οποίο μπορεί να αποδειχθεί σωτήριο για την κατασκευή και να αποτρέψει αστοχίες σε στοιχεία. 3ον επέμβαση στα κατακόρυφα στοιχεία ώστε να υπάρξουν αλλαγές στους μηχανισμούς αστοχίας. Κάτι τέτοιο συναντάμε σε πλαίσια που δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του ικανοτικού σχεδιασμού και παρατηρούνται πλαστικές αρθρώσεις στα υποστυλώματα. Φαινόμενα σαν αυτά θα δούμε σε πλαίσια με πολύ ισχυρά δοκάρια, αλλά και σε κατασκευές επί pilotis, όπου ο κίνδυνος εμφάνισης μαλακού ορόφου είναι ιδιαίτερα υψηλός. 4ον με την επιβολή μεγαλύτερης στήριξης σε στοιχεία που εμφανίζουν βλάβες λόγω μεγάλων παραμορφώσεων. Η στήριξη αυτή παρέχεται κυρίως σε οριζόντια στοιχεία όπως υποστυλώματα και πλάκες, ώστε να αποσοβηστεί ο πιθανός κίνδυνος απώλειας στήριξης σε περίπτωση μεγάλων παραμορφώσεων των κατακόρυφων στοιχείων. Σε γενικές γραμμές όποια

από τις παραπάνω τεχνικές και αν χρησιμοποιηθούν, θα έχουμε την ελάχιστη αισθητική αλλαγή στην εμφάνιση του κτιρίου.

#### 4.2.5 Μείωση της σεισμικής απαίτησης

Με την στρατηγική αυτή προσπαθούμε να μειώσουμε τις δυνάμεις και τις παραμορφώσεις που προκαλούνται στην κατασκευή κατά την διάρκεια ενός σεισμού. Κάτι τέτοιο μπορούμε να το πετύχουμε με δύο βασικούς τρόπους. Ο πρώτος και πιο απλός τρόπος είναι η μείωση της μάζας του κτιρίου, η οποία μπορεί να επιτευχθεί, είτε με απομάκρυνση αντικειμένων όπως μηχανήματα μεγάλου βάρους, οχήματα (σε εγκαταστάσεις γκαράζ), είτε με καθαίρεση κάποιου ορόφου. Ο τρόπος αυτός αποτελεί μια εξαιρετικά οικονομική επιλογή, η οποία θα οδηγήσει σε μείωση και των απαιτήσεων σε αντοχή, αλλά και των απαιτήσεων σε παραμορφώσεις.

Από την άλλη ο δεύτερος τρόπος περιλαμβάνει τους σεισμικούς μονωτήρες και τα συστήματα κατανάλωσης σεισμικής ενέργειας. Σε γενικές γραμμές η λύση αυτή αποτελεί μια αρκετά δαπανηρή επιλογή, η οποία όμως προσφέρει μεγάλα πλεονεκτήματα κατά την εφαρμογή της. Πιο αναλυτικά η εγκατάσταση αυτή προσφέρει ταυτόχρονη προστασία του φέροντος οργανισμού, των μη φερόντων στοιχείων και των αντικειμένων μέσα στο κτήριο. Αυτό συμβαίνει διότι το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής ενέργειας, καταστρέφεται στους αποσβεστήρες και στην σεισμική μόνωση, με αποτέλεσμα να καταλήγουν στην κατασκευή ελάχιστοι κραδασμοί. Αυτός είναι άλλωστε και ο λόγος που θα δούμε την στρατηγική αυτή να εφαρμόζεται σε νοσοκομεία, ιστορικά κτίρια, σταθμούς παραγωγής ενέργειας και γενικότερα κτίρια αναγκαία για το κοινωνικό σύνολο. Πιο συγκεκριμένα όμως, όσον αφορά την σεισμική μόνωση, γίνεται συνήθως με την τοποθέτηση εφεδράνων κοντά στο επίπεδο θεμελίωσης. Έτσι λόγω της μεγάλης παραμορφωσιμότητας που διαθέτουν αυτά, επιτυγχάνεται ταυτόχρονη αύξηση της ιδιοπεριόδου και της απόσβεσης που παρουσιάζει το κτίριο. Επίσης, λόγω της μεγάλης παραμορφωσιμότητας των εφεδράνων μπορεί υπό προϋποθέσεις να μειωθεί η ανάγκη για ικανότητα πλευρικής μετακίνησης του κτιρίου.

Πιο αναλυτικά, όταν τα εφέδρανα διαθέτουν μικρότερη στιβαρότητα από την κατασκευή, τότε παραλαμβάνουν αυτά το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής επιβάρυνσης, με την κατασκευή να αναλαμβάνει μόνο ένα μικρό μέρος της απαιτούμενης παραμόρφωσης. Σε αντίθετη περίπτωση, αν η κατασκευή διαθέτει μικρή δυσκαμψία τότε επιβάλλεται να αυξηθεί με κάποια επέμβαση, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει η τεχνική αυτή. Από την άλλη μεριά τα συστήματα κατανάλωσης σεισμικής ενέργειας, τοποθετούνται συνήθως σε φατνώματα του κτιρίου μετά από την τοποθέτηση συνδέσμων. Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε πως πρόκειται για μια αρκετά δαπανηρή εγκατάσταση, η οποία παρόλα αυτά δείχνει να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε πλαισιακούς φορείς και γενικότερα σε κατασκευές με χαμηλή δυσκαμψία .

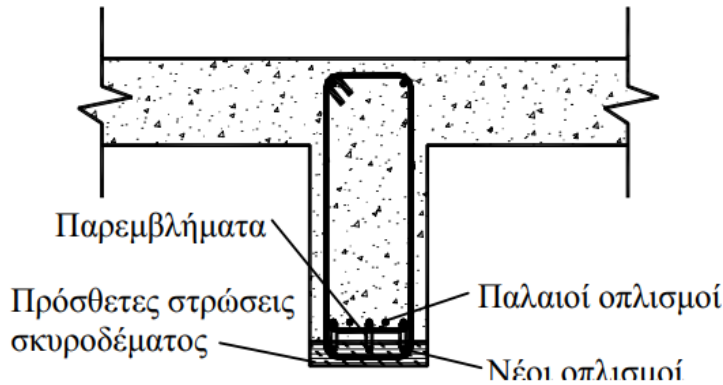
## 4.3 Ενίσχυση Δοκών

### 4.3.1 Ενίσχυση Δοκών σε κάμψη

#### 4.3.1.1 Ενίσχυση δοκού με προσθήκη στρώσης σκυροδέματος

Μία από τις μεθόδους που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να ενισχύσουμε μια δοκό με ελλειμματική αντοχή σε κάμψη, είναι η προσθήκη στρώσης σκυροδέματος στην εφελκόμενη ή και στην θλιβόμενη ίνα. Αν επιλέξουμε την μέθοδο αυτή θα πρέπει να ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα για τη σωστή εφαρμογή. Σαν πρώτο βήμα θα πρέπει η δοκός να αποφορτιστεί όσο το δυνατόν περισσότερο ώστε να μην υπάρχουν παραμορφώσεις. Στο επόμενο στάδιο θα καθαρίσουμε το χρώμα, τον σοβά, καθώς και την αρχική στρώση σκυροδέματος μέχρι να γίνουν ορατά τα αδρανή. Στο σημείο αυτό είναι πολύ σημαντικό να γίνει εκτράχυνση του σκυροδέματος (θα βοηθήσει αργότερα στην ανάπτυξη τριβής μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος). Κάτι τέτοιο συνήθως γίνεται με υδροβολή. Στην συνέχεια θα τοποθετηθούν παρεμβλήματα ή βλήτρα σε απόσταση που θα προκύψει από την μελέτη. Έπειτα γίνεται η τοποθέτηση του διαμήκους οπλισμού στο εφελκόμενο πέλμα και η σκυροδέτηση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Αν χρειάζεται να γίνει ενίσχυση και στο θλιβόμενο πέλμα τότε μπορεί να γίνει και χωρίς την προσθήκη οπλισμού, ενώ παράλληλα μπορεί να αντικατασταθεί το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με έγχυτο. Σε κάθε περίπτωση το πάχος της στρώσης ενίσχυσης κυμαίνεται στα 7-10 cm. Όμως παρόλο που η τεχνική είναι αρκετά βατή κατά την εφαρμογή της, παρουσιάζει και αυτή μειονεκτήματα. Πιο αναλυτικά στο χρονικό διάστημα μεταξύ της σκυροδέτησης και της ανάπτυξης της πλήρους αντοχής του νέου σκυροδέματος, παρατηρείται το φαινόμενο της συστολής ξήρανσης. Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το παλιό στοιχείο παραμένει σχετικά απαραμόρφωτο, και το γεγονός πως τα δύο σκυροδέματα συνδέονται μεταξύ τους με βλήτρα ή παρεμβλήματα, μπορεί να οδηγήσει σε ρηγμάτωση ή και αποκόλληση του νέου σκυροδέματος. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την προσθήκη χημικών αποτρεπτικών για την συστολή ξήρανσης, αλλά και με την προσθήκη υλικού που θα αποκαταστήσει το τσιμέντο όπως μη συρρικνούμενη κονία. Μία ακόμα δυσκολία που πρόκειται να συναντήσουμε είναι το ότι ο χάλυβας του νέου σκυροδέματος θα απειλείται με διάβρωση λόγω της επαφής του με το παλιό σκυρόδεμα, το οποίο ενδέχεται να έχει υποστεί και αυτό διάβρωση από χλωριόντα και άλλους ηλεκτροχημικούς παράγοντες.

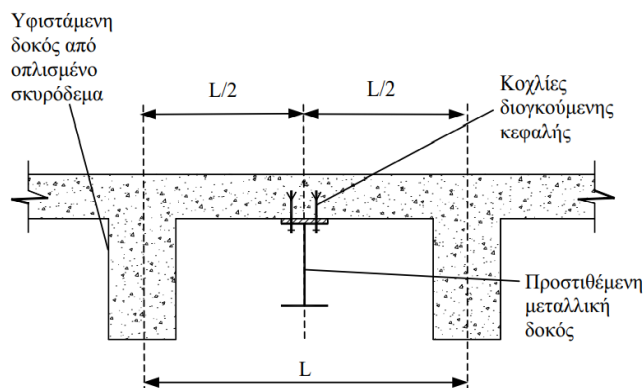




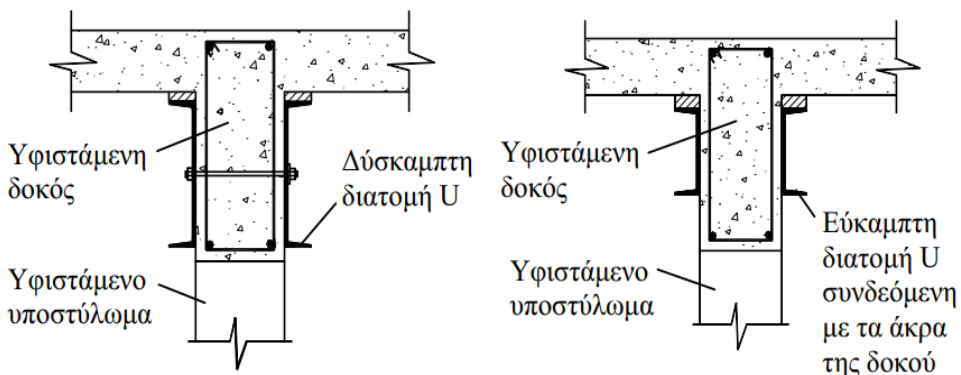
Εικόνα 4.1, Προσθήκη στρώσης σκυροδέματος στο κάτω πέλμα δοκού, Σπυράκος

#### 4.3.1.2 Προσθήκη νέων μεταλλικών μελών

Η συγκεκριμένη τεχνική μπορεί να στοχεύει είτε στην ανακούφιση της πλάκας, είτε στην ανακούφιση των υφιστάμενων δοκών. Πιο αναλυτικά όταν έχουμε ως στόχο να ανακουφίσουμε την πλάκα, τότε τοποθετούμε μεταλλική δοκό μεταξύ δύο υφιστάμενων δοκών. Έτσι επιτυγχάνουμε μείωση του ανοίγματος της πλάκας, με αποτέλεσμα να μπορεί να αναλάβει μεγαλύτερα φορτία. Από την άλλη όταν στοχεύουμε στην ανακούφιση των υφιστάμενων δοκών, τοποθετούμε τα νέα μέλη στις παρειές τους με στόχο να δημιουργηθεί μία νέα σύνθετη διατομή, που θα λειτουργεί σαν ενιαίο μέλος και θα αναπτύσσει μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με το αρχικό. Σύνηθες είναι τα νέα μεταλλικά μέλη να έχουν διατομή σχήματος U και μπορούν να συνδεθούν, είτε μόνο στα άκρα των δοκών, είτε και με εγκάρσιο σύνδεσμο που θα διαπερνά και θα ενώνει τις δύο μεταλλικές δοκούς και την δοκό οπλισμένου σκυροδέματος. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα απλή στην εφαρμογή της, παρόλα αυτά αφήνει έντονο αισθητικό αποτύπωμα στην κατασκευή, ενώ ενδέχεται να μην ανταποκρίνεται στις υψηλές απαιτήσεις πυρασφάλειας.



Εικόνα 4.2, Προσθήκη νέας μεταλλικής δοκού, Σπυράκος



Εικόνα 4.3, Ενίσχυση υφιστάμενων δοκών με μεταλλικά στοιχεία, Σπυράκος

#### 4.3.1.3 Παρέμβαση για την μείωση του ανοίγματος της δοκού

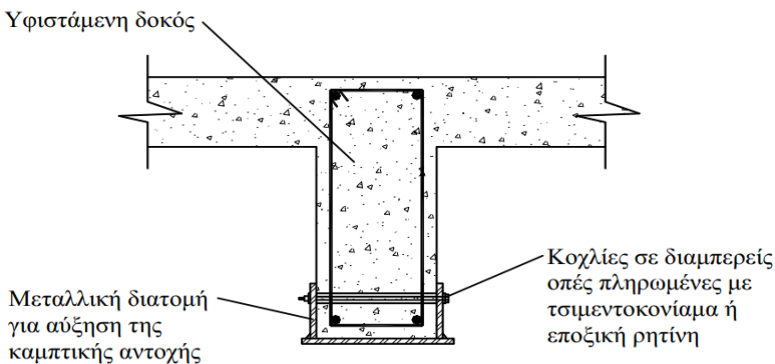
Πολλές φορές μετά την ανάλυση της υφιστάμενης κατασκευής και αφού προκύψουν καμπτικές ανεπάρκειες σε δοκάρια του κτιρίου, μπορεί να προταθεί ως λύση η μείωση του ανοίγματος της δοκού με στόχο την ανακούφισή της. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση υποστυλώματος ή υποστυλωμάτων στο άνοιγμα. Μία τέτοια επιλογή όμως συνοδεύεται από περιορισμούς και κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά ο βασικότερος περιορισμός είναι το γεγονός ότι η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε δοκάρια ισογείου. Ακόμη θα πρέπει να γνωρίζουμε από πριν πως μετά την παρέμβαση αυτή θα υπάρχει μείωση του ωφέλιμου χώρου και αμφίβολο αποτέλεσμα από αρχιτεκτονικής σκοπιάς, κάτι το οποίο είναι αρνητικό, είτε για οικίες, είτε για βιομηχανικά κτήρια. Επίσης σε περίπτωση που το καινούριο μέλος είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα, θα πρέπει να αναμένουμε προβλήματα συστολής ξήρανσης. Κάτι τέτοιο μπορεί να αντιμετωπιστεί με την αντικατάσταση του σκυροδέματος με χάλυβα. Τέλος το μεγαλύτερο μειονέκτημα της μεθόδου αφορά το κόστος, το οποίο μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλό αν αναλογιστεί κανείς τις εργασίες που πρέπει να γίνουν (κατασκευή νέου υποστυλώματος, σύνδεση δοκού υποστυλώματος, κατασκευή θεμελίων κ.α).



Εικόνα 4.4, Προσθήκη υποστυλώματος για την μείωση του ανοίγματος της δοκού, Σπυράκος

#### 4.3.1.4 Ενίσχυση με τοποθέτηση κοχλιωμένου εφελκόμενου οπλισμού

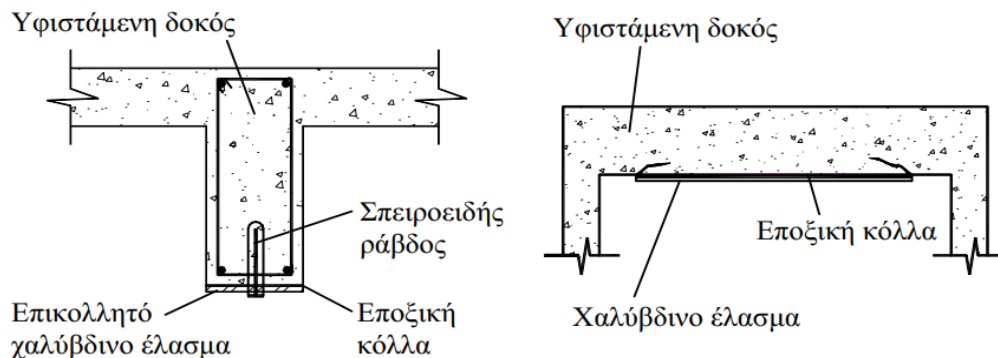
Μία ακόμα επιλογή που διαθέτει ο μηχανικός για την καμπτική ενίσχυση μίας δοκού, είναι η προσθήκη εφελκόμενου οπλισμού. Κάτι τέτοιο μπορεί να εφαρμοστεί κυρίως με τρεις τρόπους. Ο πιο συνηθισμένος είναι με την τοποθέτηση διατομής ανεστραμμένου Π, η οποία κοχλιώνεται με εγκάρσιο σύνδεσμο κατά την μικρή διεύθυνση της δοκού. Η δεύτερη επιλογή είναι η τοποθέτηση μεταλλικών ελασμάτων στο εφελκόμενο πέλμα της δοκού και η χημική πάκτωση τους στο σκυρόδεμα με αγκύρια. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει ο μηχανικός να είναι πολύ προσεκτικός στον εντοπισμό του υπάρχοντος οπλισμού στο παλιό μέλος, ώστε να μην διαταραχθεί η συνέχεια αυτού κατά την αγκύρωση των ελασμάτων. Ως τελευταία επιλογή συναντάμε την τοποθέτηση ελασμάτων και στο άνω και στο κάτω πέλμα της δοκού και την κοχλιωτή σύνδεση μεταξύ τους με εγκάρσιο σύνδεσμο καθ' ύψος της δοκού.



Εικόνα 4.5, Τοποθέτηση κοχλιωμένου εφελκόμενου οπλισμού για καμπτική ενίσχυση, Σπυράκος

#### 4.3.1.5 Ενίσχυση με την προσθήκη επικολούμενου εφελκυόμενου οπλισμού

Η περίπτωση αυτή είναι όμοια με την προηγούμενη με την κύρια διαφορά να εντοπίζεται στον τρόπο σύνδεσης του ελάσματος με το υφιστάμενο μέλος οπλισμένου σκυροδέματος. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση αυτή τα μεταλλικά ελάσματα επικολούνται με την χρήση ειδικής κόλλας στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Με την τεχνική αυτή αποφεύγονται χρονοβόρες διαδικασίες όπως η διάνοιξη οπών κ.α. Παρόλα αυτά η επιτυχία ή μη της μεθόδου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακρίβεια και την λεπτομέρεια περάτωσης των εργασιών. Παράγοντες που θα επηρεάσουν την επιτυχία αυτή, μπορεί να είναι η σωστή προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος από την οποία θα πρέπει να έχει απομακρυνθεί η πρώτη στρώση. Ακόμα θα πρέπει να έχει γίνει προσεκτική επιλογή της εποξικής κόλλας, η οποία θα πρέπει να αναπτύσει αντοχή μεγαλύτερη ή ίση με αυτή του σκυροδέματος και να είναι αποδεκτή για τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής. Τέλος θα πρέπει να εξασφαλιστεί επαρκές μήκος αγκύρωσης, καθώς είναι συχνό το φαινόμενο της αποκόλλησης κομματιών σκυροδέματος στην περιοχή αγκύρωσης. Πιο συγκεκριμένα η αγκύρωση συνιστάται να γίνεται κοντά στα σημεία μηδενισμού των ροπών. Όσο για το μήκος αγκύρωσης αυτό προκύπτει από τον τύπο  $l_b = \max(200\text{mm}, \frac{140}{b_i}, 200t_i)$  όπου  $b_i$  το πλάτος του ελάσματος σε μμ και  $t_i$  το πάχος του ελάσματος σε mm. Ως μειονέκτημα της μεθόδου αυτής θα μπορούσαμε να πούμε την τάση του χάλυβα να διαβρώνεται, ειδικά στα σημεία επαφής με το σκυρόδεμα. Κατά συνέπεια η μέθοδος αυτή δεν αποτελεί μία επιλογή με διάρκεια στο χρόνο.

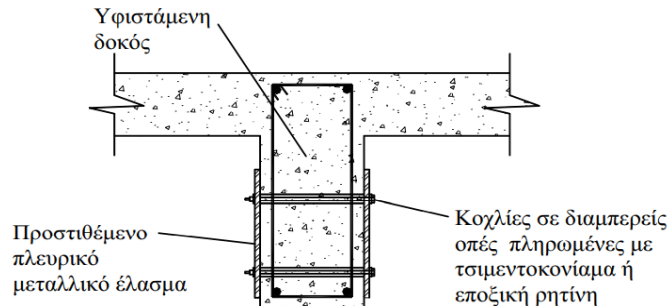


Εικόνα 4.6, Επικολούμενος εφελκυόμενος οπλισμός για καμπτική ενίσχυση, Σπυράκος

## 4.3.2 Ενίσχυση δοκού σε διάτμηση

### 4.3.2.1 Τοποθέτηση μεταλλικών ελασμάτων για αύξηση της διατμητικής αντοχής .

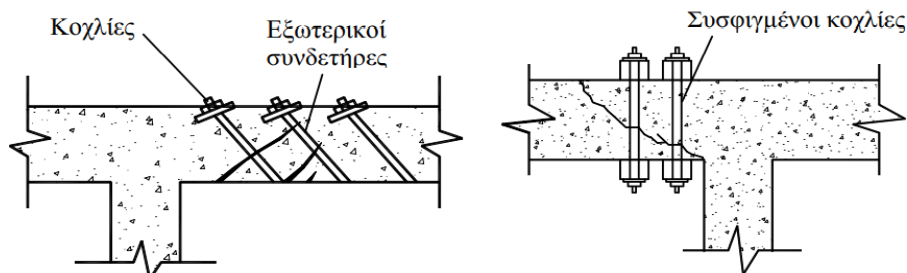
Η μέθοδος αυτή έχει πολλές ομοιότητες με την μέθοδο τοποθέτησης ελασμάτων για την αύξηση της αντοχής. Η διαφορά είναι πως σε αυτή την περίπτωση τα ελάσματα δεν τοποθετούνται στο άνω και κάτω πέλμα, αλλά στις πλαϊνές παρειές του στοιχείου και συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιους κοχλίες.



Εικόνα 4.7, Διατμητική ενίσχυση δοκού με μεταλλικά ελάσματα στις πλαϊνές παρειές της, Σπυράκος

### 4.3.2.2 Τοποθέτηση πρόσθετων συνδετήρων

Με την προσθήκη συνδετήρων επιτυγχάνουμε την περίσφιξη του στοιχείου και έτσι οδηγούμαστε στην αύξηση της διατμητικής αντοχής του. Αυτοί οι εξωτερικοί συνδετήρες τοποθετούνται άλλες φορές κατακόρυφα και άλλες φορές με κλίση 45 μοιρών.



Εικόνα 4.8, Διατμητική ενίσχυση δοκού με την τοποθέτηση διαγώνιων εξωτερικών συνδετήρων και συσφιγμένων κοχλιών, Σπυράκος

### 4.3.3 Ταυτόχρονη ενίσχυση δοκού σε κάμψη και διάτμηση

Η μέθοδος που μπορεί να μας οδηγήσει στην ταυτόχρονη αύξηση της καμπτικής και της διατμητικής αντοχής της δοκού, είναι η κατασκευή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Πρακτικά γίνεται τοποθέτηση τόσο διαμήκους, όσο και εγκάρσιου οπλισμού και στην συνέχεια σκυροδετείται περιμετρικά το στοιχείο. Κατά κύριο λόγο η σκυροδέτηση πραγματοποιείται με

την χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, καθώς έχει πλεονεκτήματα πρακτικότητας σε υφιστάμενες κατασκευές, χωρίς να αποκλείεται όμως η χρήση έγχυτου σκυροδέματος. Κατά τον υπολογισμό θα χρησιμοποιήσουμε συντελεστή μονολιθικότητας για την δυσκαμψία  $K_k=0.75$  και συντελεστή μονολιθικότητας για την αντοχή  $K_r=0.9-0.8$ .



Εικόνα 4.9 [Ενίσχυση δοκού με την χρήση μανδύα σκυροδέματος](#)

#### 4.4.1 Γενικά

Τα υποστυλώματα είναι ίσως τα δομικά στοιχεία που ενισχύονται πιο συχνά από όλα. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην σπουδαιότητα που έχουν για την κατασκευή, στις απαιτήσεις του ικανοτικού σχεδιασμού (τα υποστυλώματα πρέπει να είναι τα τελευταία δομικά στοιχεία που θα αστογήσουν και πρέπει να αναπτύσουν υπεραντοχές), αλλά και στην επιβάρυνσή τους λόγω πιθανής προσθήκης ορόφου. Τις ενισχύσεις των υποστυλωμάτων τις χωρίζουμε σε δύο βασικές κατηγορίες. Αυτές που επιφέρουν αύξηση της διατομής κατά την εφαρμογή τους και αυτές που δεν επιφέρουν αύξηση της διατομής κατά την εφαρμογή τους.

#### 4.4.2 Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα σκυροδέματος

Η ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος αποτελεί ίσως την πιο συνήθη πρακτική επεμβάσεις σε υποστυλώματα. Αυτό συμβαίνει αφενός επειδή μετά την εφαρμογή της επέμβασης θα δούμε μεγάλη διαφορά στην εμφάνιση του στοιχείου και αφετέρου επειδή μετά την ενίσχυση, το δομικό μέλος αναπτύσσει μεγαλύτερη αντοχή, μεγαλύτερη δυσκαμψία και μειωμένη λυγηρότητα. Όμως πρέπει να σημειωθεί πως στην περίπτωση που έχει ξεπεραστεί η



αντοχή ενός υποστυλώματος, είναι αναγκαίο να αποφορτιστεί πλήρως πριν την εφαρμογή της επέμβασης. Ας δούμε παρακάτω τις παραλλαγές της μεθόδου αυτής.

1. Μανδύας έγχυτου σκυροδέματος. Για την εφαρμογή του σκυροδέματος είναι απαραίτητη η χρήση ξυλότυπου και η μέθοδος αναφέρεται σε πάχη μεγαλύτερα των 8 cm.
2. Μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή αλλιώς gunite ίσως είναι το πιο πολυχρησιμοποιημένο σκυρόδεμα στις επεμβάσεις, κυρίως για λόγους ευχρηστίας και όχι μόνο. Πιο αναλυτικά στην εφαρμογή του δεν χρειάζεται η κατασκευή ξυλότυπου κάτι που το κάνει εύχρηστο . Ακόμη μπορούμε να πούμε πως εξασφαλίζεται καλύτερη πρόσφυση μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος. Ως βασικό μειονέκτημα θα λέγαμε την εμφάνιση φαινομένων συστολής ξήρανσης. Τέτοια προβλήματα λύνονται με την καλή συντήρηση όπως υπαγορεύουν οι κανονισμοί. Την μέθοδο αυτή θα την εφαρμόσουμε σε μανδύες πάχους μικρότερου των 10 cm.
3. Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα. Η μέθοδος αυτή είναι εξαιρετικά αποτελεσματική για την εφαρμογή σε στοιχεία με μεγάλο ποσοστό οπλισμού, ενώ παράλληλα αναιρείται το πρόβλημα της συστολής ξήρανσης που παρατηρείται στις περισσότερες περιπτώσεις μανδύων. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου τοποθετείται ξυλότυπος τον οποίο θα γεμίσουμε με χονδρόκοκκα αδρανή διαμέτρου 10-15 cm. Στην συνέχεια θα γεμίσουμε τα κενά με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση.
4. Μανδύες ειδικών σκυροδεμάτων. Πρόκειται ουσιαστικά για παραλλαγές των παραπάνω πρακτικών, με τις οποίες μπορούμε να πετύχουμε πολύ μικρά πάχη μανδύα με εξαιρετική ποιότητα. Τέτοιες επεμβάσεις τις συναντάμε σπάνια κυρίως λόγω του υψηλού κόστους.



Εικόνα 4.10 [Ενίσχυση υποστυλώματος με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος](#)

Όποια από τις παραπάνω μεθόδους και αν εφαρμόσουμε, θα πρέπει να έχουμε διενεργήσει πρώτα κάποιες προεργασίες, ώστε να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της επέμβασης και θέματα όπως η μονολιθικότητα, το συμβιβαστό των παραμορφώσεων κ.α. Πιο αναλυτικά θα πρέπει σε πρώτο στάδιο να αφαιρεθεί μία λεπτή στρώση σκυροδέματος από το υφιστάμενο υποστύλωμα, μέχρι το σημείο να αποκαλυφθούν τα αδρανή. Στη συνέχεια θα γίνει η απομάκρυνση παιπάλης και σκόνης με την χρήση πεπιεσμένου αέρα. Επίσης μέρος της προετοιμασίας είναι η διαβροχή της υφιστάμενης επιφάνειας λίγο πριν την σκυροδέτηση. Όμως το κρίσιμο σημείο όσον αφορά την σωστή συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος, βρίσκεται στην τοποθέτηση βλήτρων, αλλά και στην ηλεκτροσυγκόλληση του παλαιού με τον νέο οπλισμό. Όσον αφορά τον διαμήκη οπλισμό, οι ράβδοι που βρίσκονται στις κορυφές της διατομής μπορούν να στηρίζονται αυτοτελώς. Αντίθετα όλες οι υπόλοιπες ράβδοι μπορούν να στηριχθούν στις απολήξεις των βλήτρων. Ακόμα αν το υποστύλωμα του υπερκείμενου ορόφου έχει μικρότερη διατομή, τότε αναγκαστικά ο διαμήκης οπλισμός του μανδύα θα ακυρωθεί στην πλάκα. Μία ακόμα περίπτωση είναι αυτή του ανοιχτού μανδύα. Η επιλογή αυτή αποτελεί λύση ανάγκης σε περιπτώσεις μεσοτοιχίας ή σεισμικού αρμού και για την επιτυχία της απαιτείται πολύ καλή αγκύρωση οπλισμού.

#### 4.4.3 Ενίσχυση χωρίς αύξηση της διατομής

Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να επιβάλουμε περίσφιξη στο υποστύλωμα με δύο βασικούς τρόπους με βασικό υλικό τον χάλυβα. Στην πρώτη περίπτωση τοποθετούμε γωνιακά ελάσματα χάλυβα στις κορυφές της διατομής υποστυλώματος. Τα ελάσματα αυτά συσφίγγονται και συγκολλούνται στην επιφάνεια του σκυροδέματος μέσω κοχλιών ή ειδικών πλήκτρων. Η σύνδεση των ελασμάτων μεταξύ τους γίνεται με παραλληλόγραμμα χαλύβδινα ελάσματα. Εναλλακτικά για την περίσφιξη μπορούν να συνδεθούν τα γωνιακά ελάσματα με παραλληλόγραμμα ελάσματα σε υψηλή θερμοκρασία 200-400 C. Κατά την επαναφορά της θερμοκρασίας σε φυσιολογικά επίπεδα τα ελάσματα θα συσταλούν και έτσι θα υπάρχει μία μόνιμη τάση περίσφιξης. Όπως αντιλαμβανόμαστε με την διάταξη αυτή θα προκύψει κενό μεταξύ του μεταλλικού κλωβού και του υφιστάμενου στοιχείου. Το κενό αυτό θα το καλύψουμε με μη συρρικνούμενη κονία. Ως τελευταίο βήμα θα πρέπει να καλύψουμε το στοιχείο με πλέγμα το οποίο θα αποκαλύψουμε με κάποιο τσιμεντοκονίαμα. Σαν δεύτερη εναλλακτική μπορούμε να αντικαταστήσουμε τον μεταλλικό κλωβό με ολόσωμα χαλύβδινα ελάσματα που θα εγκιβωτίσουν τη διατομή. Όπως και να έχει μετά την περίσφιξη το υποστύλωμα θα αυξήσει ταυτόχρονα την θλιπτική του αντοχή, την διατμητική του αντοχή και την πλαστιμότητα του.





Εικόνα 4.11 [Ενίσχυση υποστυλώματος με μεταλλικά ελάσματα](#)

#### 4.4.4 Προσθήκη νέων υποστυλωμάτων

Ουσιαστικά πρόκειται για μία έμμεση λύση ενίσχυση των υφιστάμενων υποστυλωμάτων. Πιο συγκεκριμένα κατασκευάζουμε νέα υποστυλώματα μεταξύ των ήδη υπαρχόντων και έτσι τα καινούργια δομικά στοιχεία παραλαμβάνουν μέρος των φορτίων, ανακουφίζοντας τα υφιστάμενα μέλη. Τα υποστυλώματα αυτά μπορεί να είναι από χάλυβα, από οπλισμένο σκυρόδεμα ή και σύμμεικτα. Ο μηχανικός που θα κληθεί να επέμβει σε μία κατασκευή με αυτόν τον τρόπο, θα πρέπει να λύσει και κάποια πιθανά προβλήματα. Για παράδειγμα ενδέχεται η υφιστάμενη θεμελίωση να μην επαρκεί για να θεμελιώσει και τα νέα υποστυλώματα. Μία ακόμα συχνή δυσκολία αποτελεί η αγκύρωση των πυκνών οπλισμών της κολώνας στο θεμέλιο. Ακόμα κατά την εφαρμογή της μεθόδου συνιστάται το νέο στοιχείο να κατασκευάζεται ελάχιστα πιο κοντό, ώστε να μην έρχεται σε επαφή με το δοκάρι. Το κενό που προκύπτει θα συμπληρωθεί σε μεταγενέστερο χρόνο με μη συρρικνούμενη κονία.

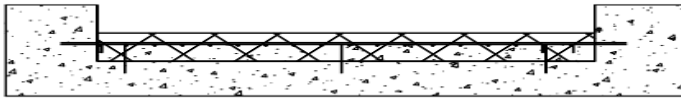
## 4.5 Ενίσχυση τοιχίων

### 4.5.1 Γενικά

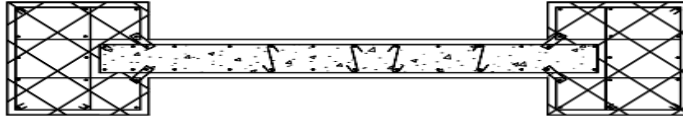
Η ενίσχυση των τοιχωμάτων είναι μία διαδικασία που παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την διαδικασία ενίσχυσης των υποστυλωμάτων. Οπότε και στην περίπτωση αυτή θα δούμε ενίσχυση με αύξηση της διατομής και ενίσχυση με περίσφιξη. Παρόλα αυτά θα εντοπίσουμε και κάποιες διαφορές σε σχέση με την επέμβαση στα υποστυλώματα, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ιδιαιτερότητές τους, όσον αφορά την σεισμική συμπεριφορά.

### 4.5.2 Ενίσχυση τοιχίων με αύξηση της διατομής

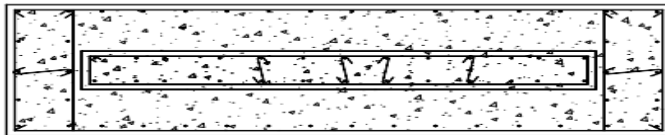
Η αύξηση της διατομής είναι ίσως η πιο διαδεδομένη μέθοδος επέμβασης για ένα τοίχιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις αποφεύγεται η επιλογή του κλειστού μανδύα κυρίως για λόγους γεωμετρίας. Πιο συγκεκριμένα η διατομή ενός τοιχίου έχει πολύ μεγάλο λόγο πλευρών (μεγαλύτερος του  $\frac{1}{4}$ ). Έτσι οδηγούμαστε στην κατασκευή ανοικτού μανδύα, δηλαδή αυξάνουμε το πάχος της διατομής, κάτι που οδηγεί στην ενίσχυση του στοιχείου έναντι διάτμησης. Ως εναλλακτική του ανοικτού μανδύα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την επιλογή των κρυφουποστυλωμάτων. Στην περίπτωση αυτή κατασκευάζουμε δύο υποστυλώματα στα άκρα του υφιστάμενου τοιχίου τα οποία συνδέονται με αυτό. Έτσι επιτυγχάνουμε καμπτική ενίσχυση του στοιχείου.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 4.12, Αύξηση της διατομής των τοιχωμάτων για α) Διατμητική ενίσχυση β) Καμπτική ενίσχυση γ) Ενίσχυση με κλειστό μανδύα, Σπυράκος.

Γενικά για την διαστασιολόγηση ενδείκνυται να γίνει μία ανάλυση με συντελεστή μονολιθικότητας  $K_k=0.70$  και μία ανάλυση με συντελεστές μονολιθικότητας  $K_k=1.00$ . Η δυσμενέστερη από της δύο αναλύσεις θα μας οδηγήσει και στην διαστασιολόγηση του τοιχίου. Πέρα από αυτό όμως θα πρέπει να διενεργηθούν ακόμα οι παρακάτω έλεγχοι.

1. Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού  $V_{sd} < K_r V_{Rd2, \text{μονολιθ}}$ , όπου  $V_{Rd2, \text{μονολιθ}} =$  Τέμνουσα σχεδιασμού λοξής θλίψης κορμού μονολιθικής διατομής (ΕΚΩΣ 2000 σχέση 11.7).
2. Έλεγχος οπλισμού τεμνουσών  $V_{sd} \leq K_r V_{Rd3, \text{μονολιθ}}$ , όπου  $V_{Rd3, \text{μονολιθ}} = V_{cd, \text{μονολιθ}} + V_{wd, \text{αρχ}} + V_{wd, \text{μανδ}}$ , όπου  $V_{cd, \text{μονολιθ}} =$  Τέμνουσα που καταπονεί το σκυρόδεμα της μονολιθικής διατομής,  $V_{wd, \text{αρχ}} =$  Τέμνουσα που καταπονεί τους συνδετήρες της αρχικής διατομής,  $V_{wd, \text{μανδ}} =$  Τέμνουσα που καταπονεί τους συνδετήρες του μανδύα. (ΕΚΩΣ 2000)

#### 4.5.3 Ενίσχυση τοιχίων μέσω περίσφιγξης

Την μέθοδο αυτή δεν θα την συναντήσουμε τόσο συχνά στα τοιχεία, κυρίως διότι παρουσιάζει χαμηλή απόδοση λόγω της γεωμετρίας της διατομής του στοιχείου. Κατά τα άλλα μιλάμε για μία απλή μέθοδο, κατά την εφαρμογή της όπου θα τοποθετηθεί μεταλλικός κλωβός και έτσι θα οδηγηθούμε σε αύξηση της διατμητικής αντοχής.

#### 4.5.4 Ενίσχυση πλαισίων με τοποθέτηση δικτυωτών συνδέσμων δυσκαμψίας

Η τοποθέτηση δικτυωτών φορέων δυσκαμψίας είναι μία ακόμα μέθοδος που θα δούμε να εφαρμόζεται αρκετά συχνά. Με την εφαρμογή τους καταφέρνουμε ουσιαστικά να μετατρέψουμε την πλαισιακή λειτουργία του φορέα σε τοιχωματική. Οι σύνδεσμοι αυτοί τοποθετούνται συνήθως σε χιαστί διάταξη, σε φατνώματα πλαισίων και ιδιαίτερα στους ορόφους με μειωμένη δυσκαμψία όπως το ισόγειο πολυκατοικίας επί pilotis. Παρόλα αυτά δεν αποκλείεται η εφαρμογή τους σε όλους τους ορόφους μιας πολυκατοικίας, όταν υπάρχει συνολικό έλλειμμα δυσκαμψίας. Οι χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα, έχουν μικρό βάρος και η τοποθέτησή τους αποτελεί μια απλή διαδικασία. Όσον αφορά τους μη έκκεντρους συνδέσμους εκτός από την χιαστί διάταξη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και απλή διάταξη με την τοποθέτηση ενός μόνο μέλους στο φάτνωμα. Από την άλλη μπορούμε να τοποθετήσουμε και έκκεντρους συνδέσμους δυσκαμψίας. Στην περίπτωση αυτή θα δούμε τα μέλη του δικτυώματος σε τουλάχιστον ένα άκρο τους να μην συνδέονται στους κόμβους του πλαισίου αλλά στη δοκό. Έτσι η δοκός συνδέσεις των δικτυωμάτων καλείται δοκός σύζευξης και οι απαιτήσεις για πλαστιμότητα είναι ιδιαίτερα μεγάλες, κυρίως λόγω της μεγάλης φόρτισης που δέχεται από τις σεισμικές δράσεις. Οι πιο συνηθισμένες διατάξεις έκκεντρων συνδέσμων δυσκαμψίας, είναι οι διαγώνιοι σύνδεσμοι, οι σύνδεσμοι τύπου Λ, τύπου Υ και τύπου V. Ως προς την τοποθέτηση, μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Η πρώτη εναλλακτική είναι η εξωτερική σύνδεση των μεταλλικών μελών με τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Η δεύτερη εναλλακτική, η οποία μας διευκολύνει κατασκευαστικά, είναι η τοποθέτηση ενός μεταλλικού πλαισίου περιμετρικά και εντός του υφιστάμενου πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος. Έπειτα θα γίνει η σύνδεση των μελών του δικτυώματος με το μεταλλικό πλαίσιο. Για την πραγματοποίηση της μεθόδου θα πρέπει να μην υπάρχει τοιχοποιία εντός του φατνώματος, ενώ παράλληλα θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν το γεγονός ότι θα αναπτυχθούν φαινόμενα κάμψης και διάτμησης στο μεταλλικό πλαίσιο. Για να αποφύγουμε την συγκέντρωση τάσεων στα εφελκόμενα μέλη στις θέσεις των κοχλιώσεων θα πρέπει να ισχύει η σχέση  $\frac{A_{net}}{a} \geq 1.262 \frac{f_y}{f_u}$ ,

$A_{net}$ =Απομειωμένη καθαρή διατομή,

$A$ = $H$  διατομή του μέλους,

$f_y$ =Το όριο διαρροής

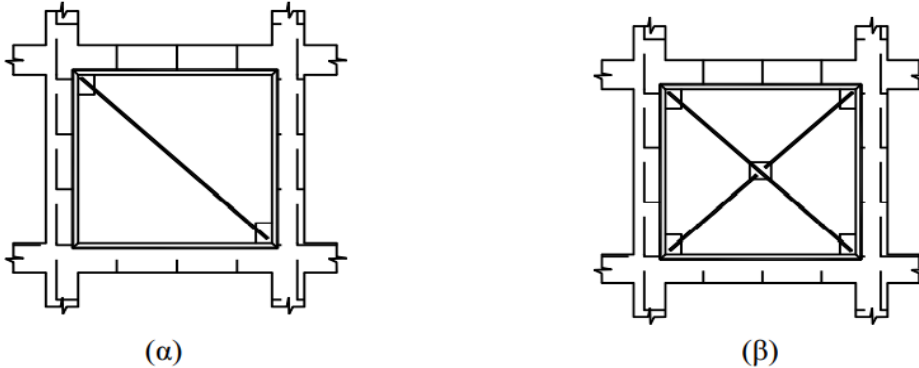
$f_u$ = $H$  εφελκυστική αντοχή.

Για τον σχεδιασμό δικτυωμάτων χωρίς εκκεντρότητα θα πρέπει να ισχύει για την λυγηρότητα η σχέση  $\lambda = \left(\frac{A f_y}{N_{cr}}\right)^{0.5} \leq 1.5$ ,

A=Εμβαδόν διατομής ,

$f_y$ =Το όριο διαρροής χάλυβα και

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$



Εικόνα 4.13, α) Απλός σύνδεσμος δυσκαμψίας β) Χιαστί σύνδεσμος δυσκαμψίας, Σπυράκος

## 4.6 Ενίσχυση με σύνθετα υλικά

### 4.6.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια και ύστερα από πολυετή έρευνα στον τομέα της επιστήμης των υλικών, έχουν έρθει στο προσκήνιο υλικά τα οποία δεν γνωρίζαμε μέχρι πρότινος. Όσον αφορά το επιστημονικό πεδίο του πολιτικού μηχανικού, πρακτική εφαρμογή έχουν υλικά όπως τα ινοπλισμένα πολυμερή. Αν συγκρίνουμε τις εφαρμογές παραδοσιακών μεθόδων ενίσχυσης, με τις εφαρμογές των σύνθετων υλικών, τότε θα εντοπίσουμε ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα. Αρχικά η διαδικασία τοποθέτησής τους είναι αρκετά απλή και δεν υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις για ελεύθερο χώρο. Κατά συνέπεια, δεν χρειάζεται εκκένωση της κατασκευής ούτε προκύπτει όχληση στην περιοχή, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε υφιστάμενα κτίρια. Ακόμη η τοποθέτησή τους γίνεται με μία πολύ λεπτή στρώση υλικού, η οποία μπορεί να αποκαλυφθεί και με χρώμα. Αυτό σημαίνει πως το στοιχείο θα μείνει αισθητικά αναλλοίωτο, κάτι το οποίο δεν μπορούμε να πετύχουμε με τις παραδοσιακές μεθόδους. Τέλος τα σύνθετα υλικά έχουν πολύ χαμηλό βάρος και συνολικό κόστος σχεδόν ίδιο με το κόστος των συμβατικών υλικών.

#### 4.6.2 Κατηγορίες σύνθετων υλικών

Τα σύνθετα υλικά μπορούμε να τα κοιτάξουμε σε τρεις βασικές κατηγορίες, που σχετίζονται με τα υλικά που τα αποτελούν. Έτσι συναντάμε τα σύνθετα υλικά ινών ή αλλιώς fibrous composites, τα οποία αποτελούνται από ίνες, οι οποίες πολλές φορές είναι εμποτισμένες σε ρητίνη. Ακόμα υπάρχουν τα σύνθετα υλικά στρωμάτων ή αλλιώς laminated composites που αποτελούνται από στρώσεις υλικών. Τέλος θα δούμε τα σύνθετα υλικά σωματιδίων ή αλλιώς particulate composites, τα οποία είναι συσσωμάτωμα πολλών σωματιδίων. Πέρα όμως από αυτή την κατάταξη μπορούμε να ταξινομήσουμε τα σύνθετα υλικά ινών σε δύο ακόμα κατηγορίες. Τα σύνθετα υλικά προσανατολισμένων ινών ή αλλιώς directional, όπου βλέπουμε παράλληλες και συνεχείς ίνες και τα σύνθετα υλικά μη προσανατολισμένων ινών ή αλλιώς random, όπου οι ίνες είναι άναρχα τοποθετημένες στον χώρο. Μία ακόμα κατηγοριοποίηση των σύνθετων υλικών ινών εξαρτάται από τον τρόπο τοποθέτησης των ινών στον χώρο. Στην κατηγοριοποίηση αυτή θα δούμε τα υλικά πλεκτών ινών ή αλλιώς woven fiber που είναι συνεχή και ενιαία υλικά. Ακόμα υπάρχουν τα υλικά συνεχών ινών ή αλλιώς chopped fiber όπου υπάρχουν μικρά κομμάτια ινών στο χώρο. Επίσης θα συναντήσουμε τα υβριδικά υλικά, τα οποία αποτελούνται από συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων και συνδυασμό τύπων ινών. Τέλος υπάρχουν τα υλικά συνεχών ινών ή αλλιώς continuous fiber. Στην κατηγορία αυτή υπάρχει διαστρωμάτωση ινών ρητίνης, η σύνδεση των οποίων δημιουργεί ενιαίο υλικό.

#### 4.6.3 Τύποι υλικών ινών

Τα υλικά ινών μπορεί να αποτελούνται από τρεις βασικούς τύπους ινών. Ο πρώτος τύπος είναι οι ίνες ύαλου. Υποκατηγορίες των υαλονημάτων είναι αυτά που αποτελούνται από ύαλο - E και αυτά που αποτελούνται από ύαλο - S. Τα υαλονήματα συγκεντρώνουν ένα πλήθος πλεονεκτημάτων όπως η θερμοηλεκτρική μόνωση, η μη εμφάνιση ερπυσμού και η αντοχή σε αντιδράσεις με οξέα και άλλες ενώσεις. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται η μικρή αντοχή σε κόπωση σε σχέση με άλλα σύνθετα υλικά, αλλά και η ευαισθησία σε φαινόμενα διάβρωσης. Ο δεύτερος τύπος είναι τα υλικά που αποτελούνται από ίνες άνθρακα. Στην περίπτωση αυτή θα δούμε πολύ υψηλές αντοχές από 2.100 MPa έως 6.800 MPa, μεγάλο μέτρο ελαστικότητας από 215 GPa έως 700 GPa και μεγάλη θερμοκρασιακή αντοχή. Παρόλα αυτά οι ίνες άνθρακα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην γαλβανική διάβρωση, κυρίως κατά την επαφή τους με μέταλλα. Ο τρίτος τύπος υλικών ινών, είναι αυτά που αποτελούνται από ίνες πολυαραμίδη ή αλλιώς Kevlar. Στην περίπτωση αυτή θα δούμε το υλικό να αναπτύσσει εφελκυστική αντοχή από 3.500 MPa έως 4.100 MPa και μέτρο ελαστικότητας από 175 GPa έως 210 GPa. Ακόμη τα ινοπλισμένα υλικά από πολυαραμίδη αναπτύσσουν πολύ καλή συμπεριφορά έναντι χημικών προσβολών, έναντι κόπωσης και έναντι τριβής. Παρόλα αυτά μειονεκτούν σε φαινόμενα ερπυσμού και αναπτύσσουν περιορισμένη θλιπτική αντοχή. Πέρα όμως από τις τρεις παραπάνω

κατηγορίες που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στις επεμβάσεις, μπορεί να συναντήσουμε σπανιότερα και υλικά από ίνες γραφίτη, από ίνες βορίου και από ίνες καρβιδίου του πυριτίου.

#### 4.6.4 Ρητίνες και σύνθετα υλικά

Οι ρητίνες είναι βασικό συστατικό για την παρασκευή σύνθετων ινοπλισμένων υλικών. Ο κύριος ρόλος τους είναι η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους, ενώ παράλληλα προσδίδουν και άλλες ιδιότητες στο τελικό υλικό, όπως ανθεκτικότητα και ηλεκτροχημική μόνωση. Πέρα από αυτά όμως οι ρητίνες αναλαμβάνουν τον ρόλο της μεταβίβασης τάσεων από ίνα σε ίνα και έτσι προκύπτει η ομοιόμορφη συμπεριφορά του υλικού. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται οι εποξικές ρητίνες, οι πολυεστερικές ρητίνες και οι βινυλεστερικές ρητίνες.

#### 4.6.5 Περιβαλλοντικές συνθήκες και σύνθετα υλικά

Σε γενικές γραμμές υπάρχει πολύ καλή γνώση των περιβαλλοντικών συνθηκών που υπάρχουν στα κατά τόπους έργα. Για τον λόγο αυτό η βιομηχανία παραγωγής σύνθετων υλικών προσπαθεί να παράγει προϊόντα με την μεγαλύτερη δυνατή ανθεκτικότητα στο χρόνο. Έτσι προκύπτουν οι εξής ιδιότητες.

- Μακροχρόνια αντοχή σε θερμοκρασίες από -30 έως 60 C και βραχυχρόνια αντοχή από 650 έως 1100 C
- Μακροχρόνια αντοχή εντός νερού για θερμοκρασίες από 0 έως 40 C
- Μακροχρόνια έκθεση σε δείκτη υπεριώδους ακτινοβολίας ίσο με 10

#### 4.6.6 Εφαρμογή και τοποθέτηση των σύνθετων υλικών

Η διαδικασία της εφαρμογής των συνθετικών υλικών σε υφιστάμενα στοιχεία, ξεκινάει με την προετοιμασία της επιφάνειας και συνεχίζεται με την τοποθέτηση και επικόλληση του υλικού. Η σωστή προετοιμασία της επιφάνειας θα παίξει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία της μεθόδου.

#### 4.6.7 Προετοιμασία επιφάνειας επικόλλησης

Κατά την προετοιμασία της επιφάνειας ο στόχος είναι να αποκαλύψουμε μία υγιή στρώση σκυροδέματος, ώστε να επιτύχουμε την καλύτερη συνεργασία των δύο υλικών. Για το λόγο αυτό προχωράμε στην καθαίρεση της πρώτης στρώσης, η οποία συνήθως είναι αδύναμη και πολλές φορές απανθρακωμένη, μέχρι το σημείο εμφάνισης των αδρανών. Στο σημείο αυτό είναι πολύ σημαντικό να επισκευαστούν πιθανές ρωγμές που μπορεί να υπάρχουν στο στοιχείο, αλλά και να απομακρυνθεί η σκόνη και η πάλη με πεπιεσμένο αέρα. Στη συνέχεια θα πρέπει να αντικατασταθεί το σκυρόδεμα που απομακρύνθηκε με νέο, ισχυρό και υγιές μπετόν και να γίνει εξομάλυνση της τελικής επιφάνειας. Μετά την παραπάνω διαδικασία, είναι καλό να ελεγχθεί η τελική επιφάνεια με τη βοήθεια του εξολκέα, ώστε να είμαστε σίγουροι και να προχωρήσουμε στα επόμενα βήματα.

#### 4.6.8 Εφαρμογή και επικόλληση σύνθετων υλικών

Μετά την προετοιμασία της επιφάνειας, η οποία αναλύθηκε προηγουμένως, η διαδικασία συνεχίζεται με την επάλειψη ειδικής κόλλας (όπως εποξική ρητίνη) στην επιφάνεια του υφιστάμενου μέλους. Στην συνέχεια προχωράμε στην τοποθέτηση μιάς στρώσης οπλισμένου πολυμερούς και στην εφαρμογή αγκυρίων. Αν απαιτείται από την μελέτη θα προχωρήσουμε και στην τοποθέτηση δεύτερης στρώσης πολυμερούς. Μετά το πέρας είκοσι τεσσάρων 24 ωρών, μπορούμε να επικαλύψουμε το στοιχείο με επίχρισμα και βαφή, ώστε να επιτύχουμε και την αισθητική αποκατάστασή του.

#### 4.6.9 Περίσφιξη υφιστάμενου μέλους με την χρήση σύνθετων υλικών

Την τεχνική αυτή θα την δούμε να εφαρμόζεται κυρίως σε κατακόρυφα στοιχεία κατασκευών, όπως τα βάθρα γεφυρών και τα υποστυλώματα κτιρίων. Παρόλα αυτά φαίνεται να έχουμε μεγαλύτερη αποδοτικότητα της μεθόδου σε κυκλικά και τετραγωνικά υποστυλώματα και λιγότερο σε ορθογωνικά με μεγάλο λόγο πλευρών. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού μπορούμε, είτε να προσθέσουμε καμπύλο κομμάτι σκυροδέματος στις παριές του στοιχείου, είτε να εξομαλύνουμε τις γωνίες του στοιχείου έως ότου γίνουν καμπύλες. Όπως και να έχει με την επιβολή περίσφιξης επιτυγχάνουμε παράλληλα αύξηση της θλιπτικής αντοχής, της πλαστιμότητας και της αντοχής έναντι λυγισμού του οπλισμού. Η εφαρμογή της περίσφιξης μπορεί να γίνει με τέσσερις (4) βασικές διατάξεις. Η πρώτη είναι με ολόσωμο μανδύα, ο οποίος αποκαλύπτει ολόκληρο το στοιχείο. Η δεύτερη είναι με μανδύες σύνθετων υλικών μικρού ύψους. Ακόμα μπορεί να επιβληθεί περίσφιξη με προεντεταμένο μανδύα πάλι μικρού ύψους. Και τέλος με μανδύα σπειροειδούς διάταξης.



#### 4.6.10 Αύξηση αντοχής σε τέμνουσα

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, με την χρήση σύνθετων υλικών μπορούμε να πετύχουμε αύξηση της θλιπτικής αντοχής και αύξηση της πλαστιμότητας. Πέρα όμως από αυτά μπορούμε να πετύχουμε και αύξηση της αντοχής σε τέμνουσα και σε κάμψη. Όσον αφορά την διατμητική αντοχή, αυτή μπορεί να αυξηθεί είτε με την εξ ολοκλήρου επικάλυψη του στοιχείου με ινοπλισμένο πολυμερές, είτε με την τοποθέτηση ταινιών σύνθετων υλικών μικρού ύψους. Παρόλα αυτά υπάρχουν περιπτώσεις που το στοιχείο δεν μπορεί να ενισχυθεί περιμετρικά. Κάτι τέτοιο μπορεί να συναντήσουμε στην περίπτωση των πλακοδοκών. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την σωστή αγκύρωση του υλικού, καθώς και με την λάξευση των ακμών της διατομής.

#### 4.6.11 Αύξηση αντοχής κάμψης

Η καμπτική αντοχή είναι ένα ακόμα μέγεθος το οποίο μπορεί να αυξηθεί με την εφαρμογή ινοπλισμένων πολυμερών. Σε γενικές γραμμές θα δούμε πως το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου είναι οι δοκοί και οι πλάκες. Στις περιπτώσεις αυτές, θα εφαρμόσουμε το υλικό στην εφελκόμενη παρειά του στοιχείου και θα διαδραματίσει τον ρόλο του εφελκόμενου οπλισμού. Καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία της μεθόδου είναι η σωστή αγκύρωση του υφάσματος στο δομικό μέλος.

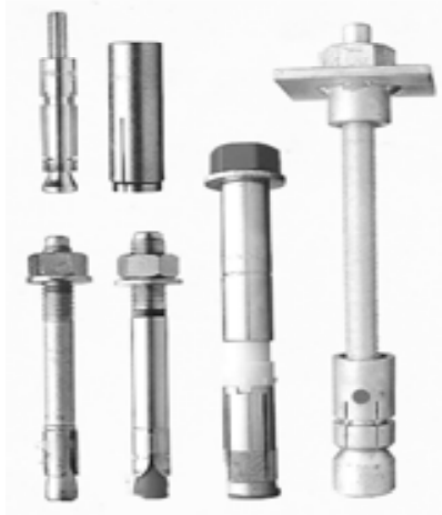
## 5 Βλήτρα - Αγκύρια - Αναρτήσεις

### 5.1 Γενικά

Στις ενισχύσεις των κατασκευών χρησιμοποιούνται πολύ συχνά μεταλλικοί σύνδεσμοι για την μεταφορά δυνάμεων, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη συνεργασία παλαιών και νέων στοιχείων. Οι σύνδεσμοι αυτοί ταξινομούνται σε βλήτρα, αγκύρια και αναστήρες αναλόγως με τα φορτία που τους καταπονούν. Πιο αναλυτικά τα βλήτρα είναι μία εξειδικευμένη περίπτωση, καθώς είναι ηλεκτροσυγκολλητοί σύνδεσμοι που χρησιμοποιούνται στην ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος και πιο αναλυτικά στην μεταφορά δυνάμεων από τον παλαιό οπλισμό, στον νέο. Όπως και να έχει ένας σύνδεσμος μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μία κατηγορία ανάλογα με τον συνδυασμό που καταπονείται. Για την τοποθέτηση των μεταλλικών συνδέσμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά μεταλλικά αγκύρια, αλλά και κομμάτια από χάλυβα οπλισμού.

### 5.2 Διάφοροι τύποι αγκυρίων και βλήτρων

Τα μεταλλικά αγκύρια που χρησιμοποιούνται συνήθως μπορεί να είναι, είτε μηχανικά αγκύρια, είτε χημικά πακτωμένα αγκύρια. Τα μηχανικά αγκύρια μπορούν να ακυρωθούν με μηχανισμό τριβής (βλήτρα) ή και με διόγκωση. Στην περίπτωση των διογκωμένων αγκυρίων, αυτά μπορεί να διαθέτουν μηχανισμό διόγκωσης όλου του αγκυρίου, αλλά μπορεί να είναι και αγκύρια διογκούμενης κεφαλής. Σε γενικές γραμμές τα μηχανικά αγκύρια παρουσιάζουν μεγάλες αντοχές τόσο σε διατμητική καταπόνηση, όσο και σε αξονική. Παρόλα αυτά μειονεκτούν σε φαινόμενα κόπωσης. Από την άλλη, για την χημική πάκτωση θα χρησιμοποιήσουμε εποξική ρητίνη ή κάποια άλλη κονία, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση της οπής που έχουμε διανοίξει. Ακόμα για την συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος, εκτός από μονότμητους συνδέσμους, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και δίτμητους συνδέσμους ή κύβο σκυροδέματος.



Εικόνα 5.1, Μηχανικά αγκύρια, Σπυράκος

### 5.3 Δράση βλήτρου

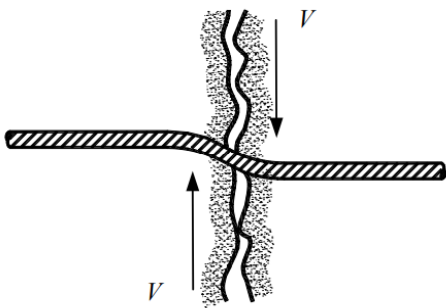
Κατά την καταπόνηση του βλήτρου σε διάτμηση, υπάρχουν και οι δυνάμεις σκυροδέματος που το επιβαρύνουν και ευθύνονται για τους διάφορους τύπους αστοχίας .

- Αστοχία τύπου A : Στην περίπτωση αυτή έχουμε υπέρβαση της αντοχής του βλήτρου και κατά συνέπεια αυτού αστοχία στην περιοχή της διεπιφάνειας. Η αστοχία αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερα συχνή όταν το βλήτρο αγκυρώνεται σε καλής ποιότητας σκυρόδεμα. Η μέγιστη διατμητική δύναμη που μπορεί να δεχθεί ένα βλήτρο είναι :

$$V^A_{ud} = \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}},$$

$A_s$  = Εμβαδόν διατομής βλήτρου,

$f_{yd}/\sqrt{3}$  = Όριο διαρροής σχεδιασμού του χάλυβα σύμφωνα με το κριτήριο Mises



Εικόνα 5.2, Μηχανισμός δράσης βλήτρου

- Αστοχία τύπου Β : Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα συναντήσουμε την αστοχία του σκυροδέματος λόγω των θλιπτικών δυνάμεων που δέχεται από το βλήτρο στην διεύθυνση της διατμητικής φόρτισης. Για τον συγκεκριμένο τύπο αστοχίας ισχύει η παρακάτω σχέση για την τέμνουσα σχεδιασμού.

$$V_{ud}^{B} = \gamma_m d^2 b [\sqrt{I + (1.3\varepsilon)\varphi^2} - 1.3\varepsilon] \sqrt{f_{cd} f_{yd}}$$

$$\varepsilon = 3 \frac{e}{ab} \sqrt{\frac{f_{cd}}{f_{yd}}}$$

$d_b$  = Διάμετρος βλήτρου

$f_{cd}$  = θλιπτική αντοχή σκυροδέματος,

$f_{yd}$  = Όριο διαρροής χάλυβα,

$e$  = Εκκεντρότητα του διατμητικού φορτίου ως προς την διεπιφάνεια,

$\gamma_m = 1.30$

Εάν η φόρτιση είναι ανακυκλιζόμενη όπως είναι η σεισμική καταπόνηση τότε η παραπάνω σχέση επιλύεται με  $\gamma_m = 1$

Σε περίπτωση που το βλήτρο φορτίζεται και διατμητικά και εφελκυστικά τότε η τιμή της τέμνουσας σχεδιασμού γίνεται

$$V_{ud}^{B} = \gamma_m d^2 b [\sqrt{I + (1.3\varepsilon)^2 - 1.3\varepsilon}] \sqrt{f_{cd} f_{yd} (1 - \zeta^2)}$$

$$\gamma_m = 1.30, \zeta = \frac{\sigma_s}{f_{yd}}$$

$\sigma_s$  = Εφελκυστική τάση.

Πρέπει να σημειωθεί πως για την παραλαβή εφελκυστικών τάσεων από το βλήτρο, θα πρέπει να υπάρχει επαρκές μήκος αγκύρωσης. Στην περίπτωση ανακυκλιζόμενης καταπόνησης το  $\gamma_m = 1$

- Αστοχία τύπου Γ : Η αστοχία τύπου Γ είναι η απόσχιση πλευρικού κώνου σκυροδέματος η οποία οφείλεται σε ελλιπή επικάλυψη στην διεύθυνση της φόρτισης ή κάθετα στην διεύθυνση της φόρτισης. Σε γενικές γραμμές αυτού του τύπου η αστοχία χαρακτηρίζεται ως έντονα ψαθυρή και για τον λόγο αυτό προσπαθούμε να την αποφεύγουμε. Για τον λόγο αυτό υπάρχουν κάποιες ελάχιστες τιμές επικάλυψης.

1. Στη διεύθυνση της φόρτισης
  - Ελάχιστη επικάλυψη =  $6d_b$
  - Ελάχιστη άνω επικάλυψη =  $5d_b$
2. Κάθετα στην διεύθυνση της φόρτισης
  - Ελάχιστη πλευρική επικάλυψη =  $3d_b$

Τέμνουσα σχεδιασμού για αστοχία τύπου Γ δίνεται από την σχέση

$$V_{ud}^c = K_1 \alpha_1 \alpha_2 \sqrt{d b f_{cd}} \left(\frac{l_b}{d b}\right)^{1/5} c_p^{3/2} [N], d_b = \text{Διάμετρος βλήτρου (mm)}$$

$f_{cd}$  = Η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού σκυροδέματος (MPa)

$l_b$  = Μήκος αγκύρωσης βλήτρου (mm) ,

$$K_1 = 0.28 \frac{N^{1/2}}{mm}$$

$$\alpha_1 = \left( \frac{t}{1.4 c_p} \right)^{2/3} \leq 1.0$$

$$\alpha_2 = \max \left[ 0.3 + \frac{0.7 c_n \min}{1.5 c_p}, \frac{c_n \max + c_n \min}{3.5 c_p} \right] \leq 1.0$$

t= Πάχος στοιχείου ,

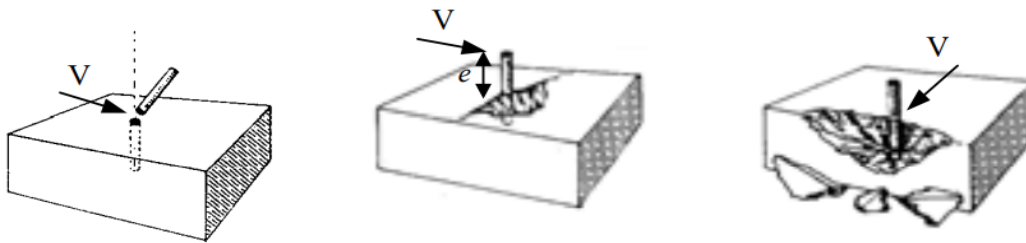
c<sub>n</sub>= Πλευρική επικάλυψη σκυροδέματος κάθετα στην διεύθυνση του φορτίου.

Αν χρησιμοποιηθούν περισσότερα βλήτρα σε σειρά και η μεταξύ τους απόσταση είναι S ≥ S<sub>cr</sub> με S<sub>cr</sub>=2C<sub>p</sub> για v=2 και S<sub>cr</sub>=3C<sub>p</sub> για n> 2 τότε το φορτίο σχεδιασμού προκύπτει με άθροιση του φορτίου σχεδιασμού κάθε βλήτρου V<sup>Cud,n</sup>=ΣV<sup>Cud</sup>.

Στην περίπτωση όμως που ισχύει S<S<sub>cr</sub> , τότε η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας είναι

$$V^{Cud,n} = 0.45 \left[ 1 + \frac{(n-1)S}{s_{cr}} \right] V^{Cud} \leq \Sigma V^{Cud}$$

Εν τέλη για την δράση βλήτρου θα πρέπει να συγκρίνουμε τις τρεις τέμνουσες που προκύπτουν από τους τρεις τύπους αστοχίας και να λάβουμε υπόψιν την μικρότερη από αυτές.



(α) Αστοχία τύπου Α´

(β) Αστοχία τύπου Β´

(γ) Αστοχία τύπου Γ´

Εικόνα 5.3, Δράση βλήτρου και τρεις τύποι αστοχίας, Σπυράκος

## 5.4 Δράση Αγκυρίου

### 5.4.1 Μηχανικά Αγκύρια

Εφελκυσμός

Όταν ένα αγκύριο καταπονείται σε εφελκυσμό μπορεί να αστοχήσει με τρεις τρόπους .

- Αστοχία τύπου Α : Σε αυτή την περίπτωση θα συναντήσουμε την αστοχία του χάλυβα λόγω υπέρβασης της χαρακτηριστικής του αντοχής. Μια τέτοια αστοχία συμβαίνει όταν υπάρχει επαρκές μήκος αγκύρωσης, υπάρχει αρκετή απόσταση από τα άκρα του στοιχείου και το σκυρόδεμα είναι καλής ποιότητας και αντοχής. Για την αστοχία τύπου Α η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που μπορεί να ασκηθεί προκύπτει από τον τύπο:

$$N_{Rd,s} = \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_s}$$

A<sub>s</sub>= Εμβαδόν διατομής αγκυρίου,

f<sub>yk</sub>= Όριο διαροής χάλυβα, γ<sub>s</sub>=1.20

- Αστοχία τύπου Β : Σε αυτού του τύπου την αστοχία θα δούμε την αποκόλληση σκυροδέματος κωνικού σχήματος. Η εφελκυστική δύναμη που οδηγεί στην αστοχία τύπου Β περιγράφεται από την σχέση :

$$N_{Rd,s} = \frac{K_2 \sqrt{f_{ck}} l_{bef} {}^{3/2} \Psi_{ucr,N}}{\gamma_c} \alpha_\chi \alpha_y ,$$

$f_{ck}$ = Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος (MPa)

$l_{bef}$ = Το ενεργό μήκος αγκύρωσης (mm)

$\Psi_{ucr,N}=1$ ( Αγκύρια σε ρηγματωμένο σκυρόδεμα )

$\Psi_{ucr,N}=1.4$ ( Αγκύρια σε αρηγμάτωτο σκυρόδεμα )

$\gamma_c = \gamma_1 \gamma_2$  ,

$\gamma_1 = 1.8$  (Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος) ,

$\gamma_2 = 1 - 1.4$  (Αναλόγως την ποιότητα τοποθέτησης του αγκυρίου)

$$K_2 = 7.5 \frac{N}{{mm}^{1/2}}$$

$$\alpha_\chi = 0.3 + \frac{0.7 Cx}{1.6 l_b} \leq 1 \quad \alpha_y = 0.3 + \frac{0.7 Cy}{1.5 l_b} \leq 1$$

$Cx$ = Επικάλυψη σκυροδέματος στην διεύθυνση  $\chi$

$Cy$ = Επικάλυψη σκυροδέματος στην διεύθυνση  $y$

$l_b$ = Μήκος αγκύρωσης

Όταν  $Cx, Cy > C_{cr} = 1.5 l_b$  τότε  $\alpha_\chi, \alpha_y = 1$

Στην περίπτωση που τοποθετήσουμε  $n_x$  αγκύρια σε  $n_y$  σειρές που ισαπέχουν με απόσταση  $S_x < 3 l_b$  στην διεύθυνση  $x$  και  $S_y < 3 l_b$  στη διεύθυνση  $y$  τότε η εφελκυστική δύναμη θα είναι

$$N^{n_x n_y}_{Rd,c} = 0.45 \left[ 1 + \frac{(n_x - 1) S_x}{3 l_b} \right] \left[ 1 + \frac{(n_y - 1) S_y}{3 l_b} \right] N_{Rd,c} \text{ Αρκεί να ισχύει } N^{n_x n_y}_{Rd,c} \leq n_x n_y N_{Rd,c}$$

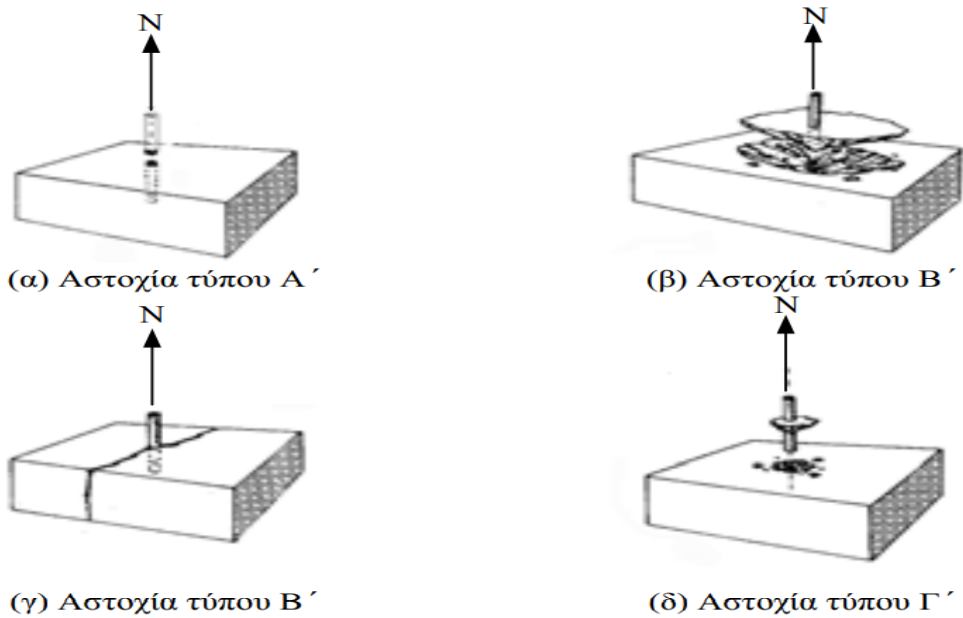
- Αστοχία τύπου Γ : Στην αστοχία τύπου Γ θα δούμε να γίνεται εξόλκευση του αγκυρίου η οποία οφείλεται στην υπέρβαση της αντοχής συνάφειας μεταξύ αγκυρίου και σκυροδέματος. Η εφελκυστική δύναμη που προκαλεί αυτού του τύπου την αστοχία περιγράφεται από την σχέση

$$N_{Rd,b} = \frac{N_k}{\gamma_c} ,$$

$N_k$ = Χαρακτηριστική τιμή της εφελκυστικής δύναμης ,

$\gamma_c$ = Συντελεστής ασφαλείας

Αφού υπολογίσουμε τις δυνάμεις για τους τρεις τρόπους αστοχίας, θα λάβουμε υπόψη μας την μικρότερη τιμή.



Εικόνα 5.4, Δράση αγκυρίου και τρεις τύποι αστοχίας

### Διάτμηση

- Αστοχία τύπου Α : Η αστοχία του αγκυρίου λόγω υπέρβασης της διατμητικής του αντοχής περιγράφεται από την σχέση :

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{so} f_{yk}}{\gamma_s \sqrt{3}}, \quad A_{so} = \text{Εμβαδόν διατομής αγκυρίου},$$

$f_{yk}$  = Χαρακτηριστική τιμή ορίου διαρροής χάλυβα

$\gamma_s$  = Συντελεστής ασφαλείας

→ Για  $f_{yk} \leq 800 \text{ MPa}$  και  $\frac{f_{yk}}{f_{uk}} \leq 0.8$  τότε έχουμε  $\gamma_s = 1.2$

→ Για  $f_{yk} > 800 \text{ MPa}$  και  $\frac{f_{yk}}{f_{uk}} > 0.8$  τότε έχουμε  $\gamma_s = 1.5$

- Αστοχία τύπου Β : Στη περίπτωση αυτή γίνεται απόσχιση σκυροδέματος στην περιοχή γύρω από το αγκύριο. Η διατμητική δύναμη που προκαλεί το παραπάνω υπολογίζεται από τον τύπο

$$V_{Rd,c} = \frac{K_3 c_i^{3/2} \sqrt{f_{ck} d_{nom}} \Psi_{ucr,v}}{\gamma_c} (l_f / d_{nom})^{0.2} \text{ [ N ]}$$

$f_{ck}$  = Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (MPa)

$d_{nom}$  = Η εξωτερική διάμετρος του αγκυρίου (mm)

$l_f$  = Το ενεργό μήκος του αγκυρίου (mm)

$$K_3 = 0.5 \text{ N}^{1/2} / \text{mm}$$

Το  $\Psi_{cr,v}$  αποκαλύπτει τον βαθμό ρηγμάτωσης του σκυροδέματος

- Αστοχία τύπου Γ : Στην αστοχία τύπου Γ συναντάμε την αποκόλληση πλευρικού κώνου σκυροδέματος η οποία οφείλεται στο μικρό μήκος αγκύρωσης. Για την διατμητική δύναμη που προκαλεί την αστοχία αυτή γνωρίζουμε την σχέση :

$$V_{Rd,cp} = K_4 N_{Rd,c} [N]$$

Το  $K_4$  προκύπτει από το  $l_{b,ef}$

Αν  $l_{b,ef} < 60 \text{ mm}$  τότε  $K_4 = 1$

Αν  $l_{b,ef} \geq 60 \text{ mm}$  τότε  $K_4 = 20$

Η διατμητική αντοχή ενός αγκυρίου θα είναι η μικρότερη τιμή που θα προκύψει από τους τρεις τύπους αστοχίας.

Αλληλεπίδραση Εφελκυστικής και διατμητικής καταπόνησης σε μηχανικά αγκύρια

Κατά την ταυτόχρονη καταπόνηση ενός μηχανικού αγκυρίου σε εφελκυσμό και διάτμηση, θα πρέπει να επαληθεύεται η παρακάτω σχέση και με την προϋπόθεση ότι  $N_{sd} < N_{Rd,M}$  και

$$V_{sd} \leq V_{Rd,M}$$

$$\frac{N_{sd}}{N_{Rd,M}} + \frac{V_{sd}}{V_{Rd,M}} \leq 1.20$$

$$N_{Rd,M} = \max \{ N_{Rd,s}, N_{Rd,C}, N_{Rd,b} \}$$

$$V_{Rd,M} = \max \{ V_{Rd,s}, V_{Rd,C}, V_{Rd,cp} \}$$

Ακόμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την σχέση  $( N_{sd}/N_{Rd,m} )^{\alpha} + ( V_{sd}/V_{Rd,m} )^{\alpha} \leq 1$

$$N_{Rd,m} = \min \{ N_{Rd,s}, N_{Rd,C}, N_{Rd,b} \} \text{ και } V_{Rd,m} = \min \{ V_{Rd,s}, V_{Rd,C}, V_{Rd,cp} \}$$

$\alpha = 2$  Για αστοχία τύπου Α

$\alpha = 1.5$  Για αστοχία τύπου Β και Γ



## 5.4.2 Χημικά πακτωμένα αγκύρια

Η επιτυχία αλλά και οι ιδιότητες της χημικής πάκτωσης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες της εποξικής ρητίνης ή του κονιάματος που χρησιμοποιήθηκε για την αγκύρωση του αγκυρίου.

### Εφελκυστικό φορτίο

- Αστοχία τύπου Α : Η αστοχία αυτή προκαλείται λόγω υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα, συνήθως σε περίπτωση με επαρκές μήκος αγκύρωσης. Η μέγιστη εφελκυστική δύναμη που μπορεί να δεχθεί ένα αγκύριο περιγράφεται από την σχέση :

$$N_{yd} = A_s f_{yd}$$

$A_s$  = Το εμβαδόν της διατομής του αγκυρίου,

$f_{yd}$  = Το όριο διαρροής του χάλυβα

- Αστοχία τύπου Β : Στην περίπτωση αυτή υπάρχει υπέρβαση της αντοχής συνάφειας μεταξύ του αγκυρίου και του συνδετικού υλικού, οπότε υπάρχει και ολίσθηση του αγκυρίου. Για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής δύναμης αστοχίας χρησιμοποιούμε την σχέση :

$$N_{bd} = \frac{f_{bk} \pi l_b d_b}{\gamma_b}$$

$f_{bk}$  = Χαρακτηριστική τιμή αντοχής συνάφειας σγκυρίου - υλικού πάκτωσης (προδιαγραφές υλικού)

$l_b$  = Μήκος αγκύρωσης αγκυρίου

$d_b$  = Διάμετρος αγκυρίου

$\gamma_b$  = Συντελεστής ασφαλείας συνάφειας = 1.5

- Αστοχία τύπου Γ : Στην αστοχία τύπου Γ υπάρχει υπέρβαση της αντοχής συνάφειας μεταξύ του συνδετικού υλικού και του σκυροδέματος και έτσι υπάρχει και ολίσθηση. Η δύναμη που προκαλεί τα παραπάνω είναι :

$$N_{Cd} = \frac{K_5 \pi l_b \sqrt{f_{ck} d_o}}{\gamma_c}$$

$f_{ck}$  = Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (MPa)

$l_b$  = Μήκος αγκύρωσης αγκυρίου (mm)

$d_o$  = Διάμετρος της οπής

$\gamma_c$  = Συντελεστής ασφαλείας = 1.5

$K_5 = 4.5 \text{ N}^{1/2} / \text{mm}^{1/2}$

## Διατμητικό φορτίο

Όταν ένα χημικά πακτωμένο αγκύριο καταπονείται σε διάτμηση, χρησιμοποιούμε τους τύπους που χρησιμοποιούμε και στην δράση βλήτρου.

## Αλληλεπίδραση διάτμησης και εφελκυσμού σε χημικά πακτωμένα αγκύρια

Όταν ένα χημικά πακτωμένο αγκύριο καταπονείται παράλληλα σε εφελκυσμό ( $N_{sd}$ ) και σε διάτμηση ( $V_{sd}$ ) τότε πρέπει να ισχύει η σχέση αλληλεπίδρασης που είδαμε παραπάνω με την τιμή  $\alpha=2$  για αστοχία τύπου Α και  $\alpha=1.5$  για αστοχία τύπου Β και Γ.

## 6 Βασικά Στοιχεία ΚΑΝ.ΕΠΕ

### 6.1 Στάθμες επιτελεστικότητας

Κατά την ανελαστική στατική ανάλυση ή αλλιώς push over ανάλυση, συναντάμε κτίριο στο οποίο επιβάλλεται οριζόντιο φορτίο λόγω σεισμού. Το επιβληθέν φορτίο προκαλεί μία συγκεκριμένη παραμόρφωση στον φορέα. Η αύξηση του φορτίου αυτού προκαλεί και αύξηση της παραμόρφωσης της κατασκευής. Αν συνενώσουμε τα σημεία που προκύπτουν από τα ζεύγη δυνάμεων παραμορφώσεων, θα προκύψει ένα διάγραμμα που ονομάζεται καμπύλη ικανότητας. Μελετώντας την καμπύλη αυτή, θα χρειαστεί να επικεντρωθούμε σε τρία βασικά σημεία. Από το 0 έως το σημείο Α το κτίριο συμπεριφέρεται ελαστικά και οι δυνάμεις είναι ανάλογες των παραμορφώσεων. Στο σημείο Α θα δούμε πως η κατασκευή δεν έχει πάθει καμία ζημιά ή έχει αμελητέες ζημιές. Όταν διερευνήσουμε το σημείο Β θα διαπιστώσουμε πως στην κατασκευή υπάρχουν σοβαρές βλάβες οι οποίες όμως είναι διαχειρίσιμες, καθώς μπορούν να επισκευαστούν. Τέλος στο σημείο Γ τμήματα της κατασκευής ενδέχεται να έχουν καταρρεύσει, ενώ το κτίριο κινδυνεύει και με ολική κατάρρευση.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως αναλόγως της δυναμικότητας του σεισμού που θα καταπονήσει την κατασκευή, προκύπτουν και τα αντίστοιχα αποτελέσματα με τον κανόνα που διέπει αυτή την σχέση να είναι η καμπύλη ικανότητας. Σύμφωνα με τον κανονισμό τα τρία αυτά σημεία αποτελούν στάθμες αναφοράς για την κατάσταση που θα βρίσκεται η κατασκευή με το πέρας ενός σεισμού. Οι στάθμες αυτές ονομάζονται στάθμες επιτελεστικότητας. Πιο αναλυτικά στο σημείο Α βρίσκεται η στάθμη άμεσης χρήσης μετά τον σεισμό. Στην περίπτωση αυτή το κτίριο θα συνεχίσει την λειτουργία του και μετά τον σεισμό, ενώ οι βλάβες που θα εμφανιστούν θα περιοριστούν σε τριχοειδείς ρωγμές στον φέροντα οργανισμό. Στο σημείο Β βρίσκεται η στάθμη προστασίας ζωής. Στην στάθμη αυτή θα δούμε πως η κατασκευή θα υποστεί σοβαρές βλάβες, οι οποίες όμως θα είναι επισκευάσιμες, ενώ παράλληλα θα διαφυλαχθεί η ζωή και η σωματική ακεραιότητα όσων ανθρώπων και όσων αντικειμένων βρίσκονται εντός του κτιρίου. Τέλος το σημείο Γ είναι η στάθμη οιονεί κατάρρευσης. Στην περίπτωση αυτή θα συναντήσουμε βλάβες μεγάλου εύρους και την κατασκευή να μπορεί με δυσκολία να φέρει τα κατακόρυφα φορτία. Όλα τα παραπάνω ισχύουν για τον σεισμό σχεδιασμού. Όμως σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ υπάρχουν δύο σεισμοί σχεδιασμού οι οποίοι διαχειρίζονται σύμφωνα με την πιθανότητα εμφάνισης τους στα 50 χρόνια και ο ένας είναι ισχυρότερος του άλλου. Έτσι δημιουργούνται 6 στάθμες επιτελεστικότητας (3 για κάθε σεισμό).

## 6.2 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων κατατάσσει τα δεδομένα που έχουμε για το υφιστάμενο κτίριο, καθώς και για τις δράσεις που δέχεται και θα δεχθεί αυτό σε μία κλίμακα τριών σημείων. Οι τρεις αυτές κλίμακες είναι η Σ.Α.Δ. Υψηλή, Σ.Α.Δ. ικανοποιητική και Σ.Α.Δ. ανεκτή. Πιο αναλυτικά η Σ.Α.Δ. θα προκύψει πρώτων από τα στοιχεία που θα συλλέξουμε για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών (όπως εφελκυστική και θλιπτική αντοχή). Θα προκύψει επίσης από τα γεωμετρικά στοιχεία της κατασκευής τα οποία θα συλλέξουμε από σχέδια της άδειας, καθώς και από επιτόπου μετρήσεις. Και τέλος από εδαφικές παραμέτρους που θα εντοπίσουμε είτε στην υφιστάμενη μελέτη είτε με την διενέργεια εδαφοτεχνικών μελετών. Η λήψη κατάλληλης Σ.Α.Δ. αλλά και γενικότερα κατάλληλων συντελεστών ασφαλείας είναι ιδιαίτερα κρίσιμη στην ανάλυση της κατασκευής, ειδικά για της ανελαστικές μεθόδους, καθώς είναι αναγκαία είτε ικανοποιητική είτε υψηλή Σ.Α.Δ. Αντιθέτως η ανάλυση με ελαστικές μεθόδους δεν σχετίζεται με Σ.Α.Δ. Όπως και να έχει αναλόγως με τα στοιχεία που θα συλλέξουμε η Σ.Α.Δ. ενδέχεται να μην είναι η ίδια για όλη την κατασκευή.

## 6.3 Μέθοδοι ανάλυσης

Για την ανάλυση της κατασκευής μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τέσσερις μεθόδους. Την ελαστική στατική ανάλυση, είτε με καθολικούς δείκτες συμπεριφοράς ( $q$ ), είτε με τοπικούς δείκτες συμπεριφοράς ( $m$ ). Την ελαστική δυναμική ανάλυση πάλι με καθολικούς ή τοπικούς δείκτες συμπεριφοράς. Την ανελαστική στατική ανάλυση ή αλλιώς push over ανάλυση και τέλος την ανελαστική δυναμική ανάλυση.

### 6.3.1 Ελαστική στατική ανάλυση

Με την ανάλυση αυτή αποσκοπούμε στην ποσοτικοποίηση των απαιτήσεων ανελαστικής συμπεριφοράς των φερόντων στοιχείων της κατασκευής και ο προσδιορισμός αυτός γίνεται μέσω του λόγου ανεπάρκειας. Ο λόγος αυτός προκύπτει από την διαίρεση της ροπής λόγω σεισμού, με την αντίσταση που δύναται να προβάλλει το στοιχείο ( $\lambda = S/R_m$ ). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στην αποτίμηση και στον ανασχεδιασμό κατασκευών στάθμης επιτελεστικότητας Α, χωρίς προϋποθέσεις (εκτός αυτών περί μορφολογικής κανονικότητας) αλλά και σε στάθμες επιτελεστικότητας Β και Γ με τις ακόλουθες προϋποθέσεις.

- A. Όλα τα κύρια στοιχεία παρουσιάζουν  $\lambda < 2.5$  ή κάποια από αυτά έχουν  $\lambda > 2.5$  αλλά σε κτίριο με μορφολογική κανονικότητα .
- B. Για την θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του κτιρίου  $T_0$  ισχύει  $T_0 < 4T_c$  ή  $T_0 < 2s$
- C. Ο λόγος των οριζόντιων διαστάσεων δύο γειτονικών ορόφων (εξαιρουμένου του τελευταίου) είναι μικρότερος του 1.5.
- D. Το κτίριο παρουσιάζει παρόμοια κατανομή δυσκαμψίας σε όλους τους ορόφους.
- E. Η κατασκευή έχει καθ' ύψος συμμετρικά κατανεμημένη μάζα και δυσκαμψία.
- F. Το κτίριο διαθέτει σύστημα ανάληψης σεισμικού φορτίου σε δύο κάθετες διευθύνσεις.

Παρόλα αυτά η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λόγους αποτίμησης και σε κατασκευές που δεν πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις, υπό τον όρο ότι το κτίριο δεν έχει υποστεί σημαντικές βλάβες και εφαρμόζοντας συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_{sd}$  προσαυξημένο κατά 0.15.

### 6.3.2 Ελαστική δυναμική ανάλυση ή ελαστική ανάλυση χρονοιστορίας

Η θεωρία της μεθόδου αυτής υπαγορεύει την παρακολούθηση του κτιρίου κατά την διάρκεια του σεισμού, μέσω επιταχυνσιομέτρων που θα έχουν τοποθετηθεί σε όλες της στάθμες του κτιρίου. Όμως επειδή η εφαρμογή αυτή είναι αρκετά πολύπλοκη, υπάρχει η εναλλακτική της επίλυσης του προβλήματος με την χρήση διαφορικών εξισώσεων κίνησης. Για να μπορέσουμε να καταλήξουμε στη επίλυση των εξισώσεων αυτών, είναι αναγκαίο να έχουμε καταγραφές από εδαφικούς σεισμολογικούς σταθμούς ή ακόμη και τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα. Έτσι επιλύοντας το σύστημα των εξισώσεων θα καταλήξουμε στην εύρεση μετατοπίσεων, ταχύτητας και επιτάχυνσης της κατασκευής, καθώς και στην εύρεση των εντατικών μεγεθών που καταπονούν αυτή, όπως ροπή, τέμνουσα και αξονική δύναμη. Η ανάλυση αυτή μπορεί να γίνει για κτίρια με στάθμη επιτελεστικότητας A καθώς και σε κτίρια στάθμης επιτελεστικότητας B και Γ, τα οποία όμως παρουσιάζουν σε όλα τα κύρια στοιχεία τους  $\lambda < 2.5$  ή κάποια από αυτά έχουν  $\lambda > 2.5$  σε μορφολογικά κανονικό κτίριο. Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα να εκτιμηθεί ένα κτίριο στάθμης επιτελεστικότητας B και Γ, αρκεί να μην παρουσιάζει σοβαρές βλάβες και με συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_{sd}$  προσαυξημένο κατά 0.15.

### 6.3.3 Ανελαστική στατική ανάλυση (Push over ανάλυση)

Στην ανάλυση αυτή γίνεται πλευρική φόρτιση του κτιρίου με οριζόντιο φορτίο. Η μεθοδολογία στηρίζεται στην καμπύλη ικανότητας (την είδαμε αναλυτικά στην στάθμη επιτελεστικότητας) και στο ελαστικό φάσμα. Πιο αναλυτικά με βάση την καμπύλη ικανότητας προκύπτει μονοβάθμιο σύστημα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Λαμβάνοντας υπόψιν την ιδιοπερίοδο  $T$  καθώς και το ελαστικό φάσμα, καταλήγουμε στην μετακίνηση του μονοβάθμιου συστήματος, καθώς και στην στοχευμένη μετακίνηση του κτιρίου. Τοποθετώντας την στοχευμένη μετακίνηση στην καμπύλη αντίστασης, θα δούμε σε ποιά στάθμη επιτελεστικότητας

αντιστοιχεί η κατασκευή μας για το φορτίο που έχουμε επιβάλει. Η push over ανάλυση ενδείκνυται για Σ.Α.Δ. Ικανοποιητική και άνω, ενώ παράλληλα έχει πεδίο εφαρμογής σε κατασκευές που παρουσιάζουν χαμηλή επιρροή στις ανώτερες ιδιομορφές. Ο μόνος τρόπος να εφαρμόσουμε την ανελαστική στατική ανάλυση σε κτίριο με μεγάλη επιρροή στις ανώτερες ιδιομορφές είναι σε συνδυασμό με δυναμική ελαστική ανάλυση.

#### 6.3.4 Ανελαστική δυναμική ανάλυση

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι σημαντικό να έχει επιτευχθεί ικανοποιητική Σ.Α.Δ. και ταυτόχρονα ο μηχανικός που θα περατώσει την μελέτη να διαθέτει μεγάλη εμπειρία. Η βασική αρχή της ανάλυσης αυτής βασίζεται στην επιβολή σεισμικής δράσης στο κτίριο μέσω χρονιοιστορίας επιτάχυνσης βάσεως. Εν τω μεταξύ το προσομοίωμα θα εμπεριέχει τόσο τα γραμμικά όσο και τα μη γραμμικά στοιχεία και θα εξάγονται αποτελέσματα για τα εντατικά μεγέθη και της παραμορφώσεις, τα οποία θα συγκρίνονται με τα μεγέθη σχεδιασμού. Όσον αφορά τις τοιχοπληρώσεις, είναι υποχρεωτικό να τις συμπεριλάβουμε στο προσομοίωμα όταν η επιρροή τους είναι δυσμενής. Εξαίρεση στον κανόνα αυτό αποτελούν κατασκευές που μελετήθηκαν με ΕΑΚ και ΕΚ 8 και κατασκευές που η πλευρική δυσκαμψία λόγω τοιχοποιίας είναι μικρότερη από το  $\frac{1}{4}$  της συνολικής δυσκαμψίας.

### 6.4 Δράσεις

Η κατασκευή κατά την διάρκεια της ζωής της θα καταπονείται από κάποια φορτία. Κάποια από αυτά μπορεί να είναι μόνιμα, κάποια άλλα κινητά, ενώ θα υπάρχουν και τα τυχηματικά. Πιο αναλυτικά στα μόνιμα φορτία θα συναντήσουμε τα ίδια βάρη της κατασκευής. Τα ίδια βάρη σε μια κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος προκύπτουν από το βάρος του φέροντος οργανισμού, τα φορτία τοιχοποιίας και τα βάρη άλλων υλικών επικάλυψης δαπέδων, μονώσεις και ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός. Ακόμη υπάρχει η δράση των κινητών φορτίων. Ο προσδιορισμός των φορτίων αυτών σχετίζεται με την χρήση του κτιρίου, την επισκεψιμότητα και το πλήθος των ανθρώπων που προβλέπεται να φιλοξενήσει, καθώς και το βάρος του κινητού εξοπλισμού που ενδέχεται να εγκατασταθεί σε αυτό. Τέλος θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την επίδραση των τυχηματικών δράσεων στην κατασκευή. Τέτοιες δράσεις μπορεί να είναι η επίδραση του ανέμου, η φόρτιση μετά από ισχυρή χιονόπτωση και φυσικά η σεισμική φόρτιση. Πιο συγκεκριμένα κατά την επίλυση του φορέα θα πρέπει να

συνυπολογίσουμε την επιρροή της πίεσης και της υποπίεσης του ανέμου στην κατασκευή, η οποία εξαρτάται από την τοποθεσία και την γεωμετρία της κατασκευής όπως ορίζει ο Ευρωκώδικας 1. Ακόμα θα πρέπει να συνεκτιμήσουμε τα φορτία χιονιού τα οποία υπαγορεύονται και αυτά από τον Ευρωκώδικα 1 και εξαρτάται από την τοποθεσία αλλά και το υψόμετρο που βρίσκεται το κτίριο. Φυσικά στις τυχηματικές δράσεις συγκαταλέγεται και η σεισμική φόρτιση. Η επίδραση του σεισμού στην κατασκευή είναι μείζονος σημασίας και αποτελεί την κύρια τυχηματική δράση. Τα χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού εξαρτώνται από την τοποθεσία της κατασκευής καθώς και από τους στόχους της αποτίμησης και του ανασχεδιασμού της. Αναλυτικότερα, όταν στόχος είναι η πιθανότητα υπέρβασης να είναι 10% στα 50 χρόνια, τότε υπολογίζουμε την κατασκευή με σεισμικό φορτίο που υπαγορεύει ο Ευρωκώδικας 8 μέρος 1. Αντιθέτως όταν στοχεύουμε σε πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 χρόνια τότε κάνουμε τους υπολογισμούς με σεισμικό φορτίο ίσο με το 60% του φορτίου που υπαγορεύει ο Ευρωκώδικας 8 μέρος 1.

## 6.5 Συντελεστές ασφαλείας

Κατά την αποτίμηση αλλά και τον ανασχεδιασμό μιας υφιστάμενης κατασκευής, θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε μια σειρά από συντελεστές ασφαλείας, ώστε να καλύψουμε τις αβεβαιότητες που υπάρχουν για τις δράσεις που επενεργούν στην κατασκευή και για τις αντοχές που μπορούν να αποδώσουν τα παλαιά αλλά και τα νέα υλικά.

### 6.5.1 Συντελεστές ασφαλείας δράσεων

Πιο αναλυτικά ο συντελεστής  $\gamma_{sd}$  θα παρει τιμή 1,20 για κατασκευή με εκτεταμένες βλάβες, 1,10 για κατασκευή με τοπικές βλάβες μικρότερης σπουδαιότητας και 1,00 για κατασκευές στις οποίες δεν εντοπίζονται βλάβες. Ακόμα όσον αφορά τις δράσεις για την οριακή κατάσταση αστοχίας, ισχύει για τους κύριους συνδυασμούς και για Σ.Α.Δ. Ικανοποιητική  $\gamma_g=1,35$ , ενώ στην ίδια περίπτωση για Σ.Α.Δ. υψηλή  $\gamma_g=1,50$  και για Σ.Α.Δ. ανεκτή έχουμε  $\gamma_g=1,20$ . Αντίθετα για τους μη βασικούς συνδυασμούς φόρτισης θα έχουμε για Σ.Α.Δ. ικανοποιητική  $\gamma_g=1,35$ , για Σ.Α.Δ. υψηλή  $\gamma_g=1,20$  και Σ.Α.Δ. ανεκτή  $\gamma_g=1,50$ .

### 6.5.2 Συντελεστές ασφαλείας υφιστάμενων υλικών

Όσον αφορά τα υφιστάμενα υλικά (δηλαδή των χάλυβα και το σκυρόδεμα) οι συντελεστές ασφαλείας είναι άμεσα εξαρτημένοι από την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων που διαθέτουμε για την εκάστοτε κατασκευή. Αναλυτικότερα για ικανοποιητική Σ.Α.Δ. το σκυρόδεμα και ο χάλυβας θα έχουν συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_c=1,30$  και  $\gamma_s=1,15$  αντίστοιχα.

Στην περίπτωση Σ.Α.Δ. ανεκτής θα χρησιμοποιήσουμε συντελεστές  $\gamma_c=1,45$  και  $\gamma_s=1,25$  ενώ για υψηλή Σ.Α.Δ. οι συντελεστές ασφαλείας θα είναι  $\gamma_c=1,15$  και  $\gamma_s=1,05$ .

### 6.5.3 Συντελεστές ασφαλείας νέων υλικών

Όσον αφορά τους συντελεστές ασφαλείας των νέων υλικών καλύπτονται κατά κύριο λόγο από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος και τον Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων. Πιο συγκεκριμένα όμως για κανονικού πάχους στρώση και κανονική προσπελασιμότητα ο συντελεστής είναι  $\gamma_m=1,05$ , ενώ για προσπελασιμότητα μειωμένη ή μειωμένου πάχους στρώση ο συντελεστής γίνεται  $\gamma_m=1,20$ . Σε περίπτωση που τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν κατά την επέμβαση δεν εντάσσονται στους κανονισμούς, τότε οι συντελεστές ασφαλείας καθορίζονται από τον μηχανικό σύμφωνα με την κρίση και την εμπειρία του.

## 6.6 Συντελεστής συμπεριφοράς $q$

Για να προσδιορίσουμε τον καθολικό συντελεστή συμπεριφοράς θα πρέπει πρώτα να έχουμε προσδιορίσει τον δείκτη υπεραντοχής  $q_u$  και τον δείκτη πλαστιμότητας  $q_p$ . Πιο αναλυτικά, ο συντελεστής υπεραντοχής ( $q_u$ ) προκύπτει από τον λόγο της τέμνουσας  $V_u$  που θα προκαλέσει πολλαπλές διαρροές σε φέροντα στοιχεία, προς την τέμνουσα  $V_1$  που θα προκαλέσει την πρώτη διαρροή δομικού μέλους. Από την άλλη ο συντελεστής πλαστιμότητας υπολογίζεται από την παραμόρφωση αστοχίας που προκύπτει από την στάθμη επιτελεστικότητας της κατασκευής, διαιρεμένη με την παραμόρφωση γενικευμένης διαρροής και δημιουργίας μηχανισμού ορόφου. Στην συνέχεια ο δείκτης συμπεριφοράς προκύπτει από την σχέση  $q=q_u \cdot q_p$

## 6.7 Τοπικός δείκτης $m$

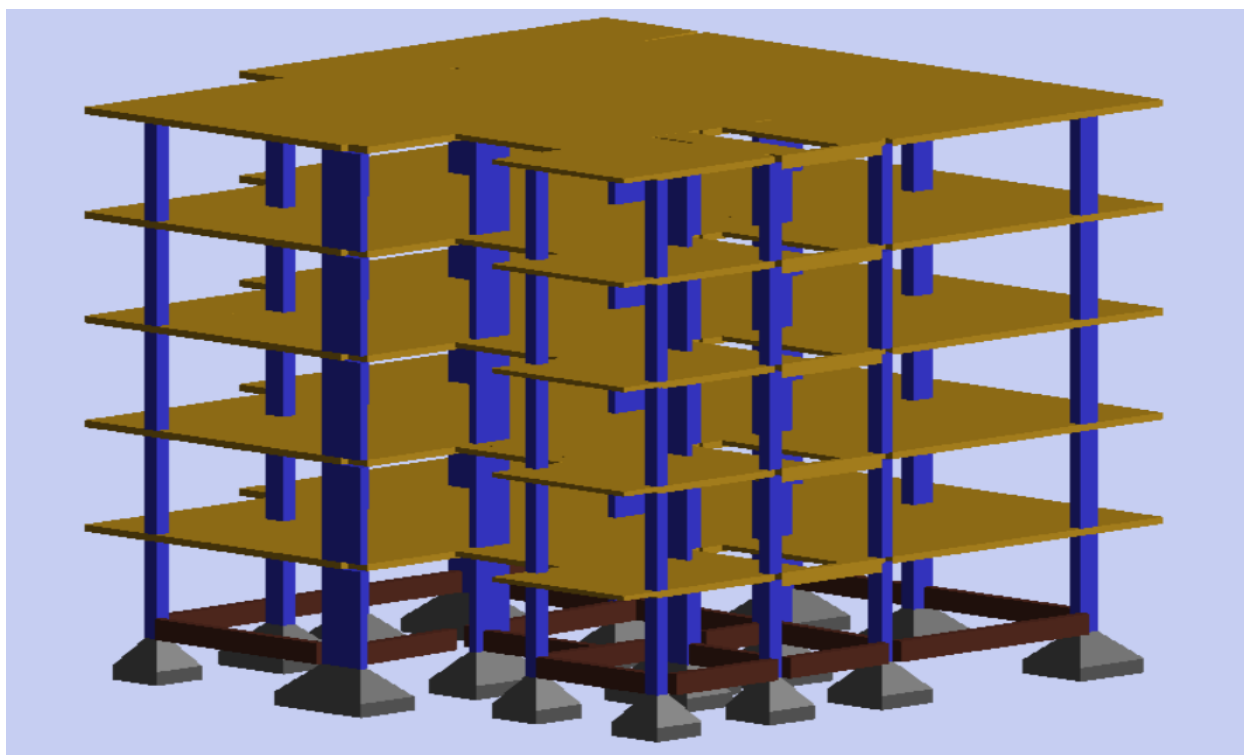
Με τον τοπικό δείκτη  $m$  προσδιορίζεται η πλαστιμότητα που μπορεί να αποδώσει κάθε φέρον στοιχείο της κατασκευής και προκύπτει από την σχέση  $m=dd/dy=\theta d/\theta y$  όπου  $d$  είναι οι παραμορφώσεις και  $\theta$  οι γωνίες χορδής στροφής.



## 7 ΜΕΡΟΣ Β CASE STUDY

### 7.1 Γενικά

Το κτίριο που θα αποτιμηθεί, θα ανασχεδιαστεί, και στο οποίο θα γίνει προσθήκη ορόφου, είναι μελετημένο και κατασκευασμένο το 1976 και πρόκειται για μία τετραώροφη πολυκατοικία. Από το γεγονός ότι έχει κατασκευαστεί τόσο παλιά, μπορούμε να υποπτευθούμε πως το κτίριο ενδεχομένως να έχει διάφορες ατέλειες σε κατασκευαστικό και κυρίως σε σχεδιαστικό επίπεδο, σε σχέση τουλάχιστον με τις σημερινές απαιτήσεις. Κάποιες από τις ατέλειες που συναντάμε είναι οι χαμηλές αντοχές των υλικών, η ύπαρξη ενισχυμένων ζωνών αντί δοκών, καθώς και οι σχετικά μικρές διατομές υποστυλωμάτων. Πέρα όμως από το υφιστάμενο κτίριο θα γίνει και η προσθήκη ενός ακόμα ορόφου με σκοπό την καλύτερη δυνατή συνεργασία με την υπόλοιπη κατασκευή καθώς και την γενικότερη συμπεριφορά του δομήματος. Τέλος αν χρειαστεί θα γίνει και η στρατηγική ενίσχυση της κατασκευής με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο.



Εικόνα 7.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση υφιστάμενης κατασκευής

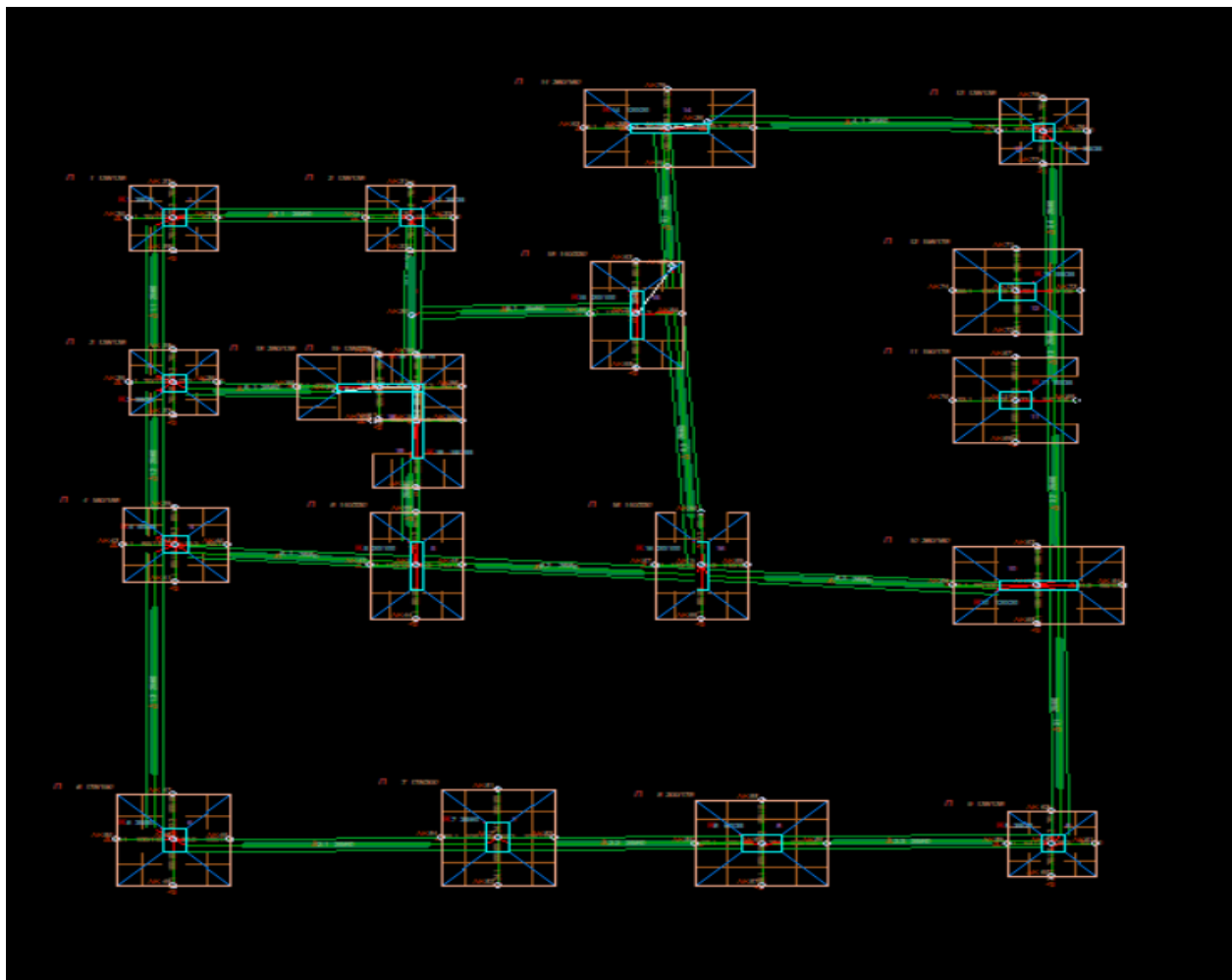
## 7.2 Υφιστάμενα υλικά

### 7.2.1 Σκυρόδεμα

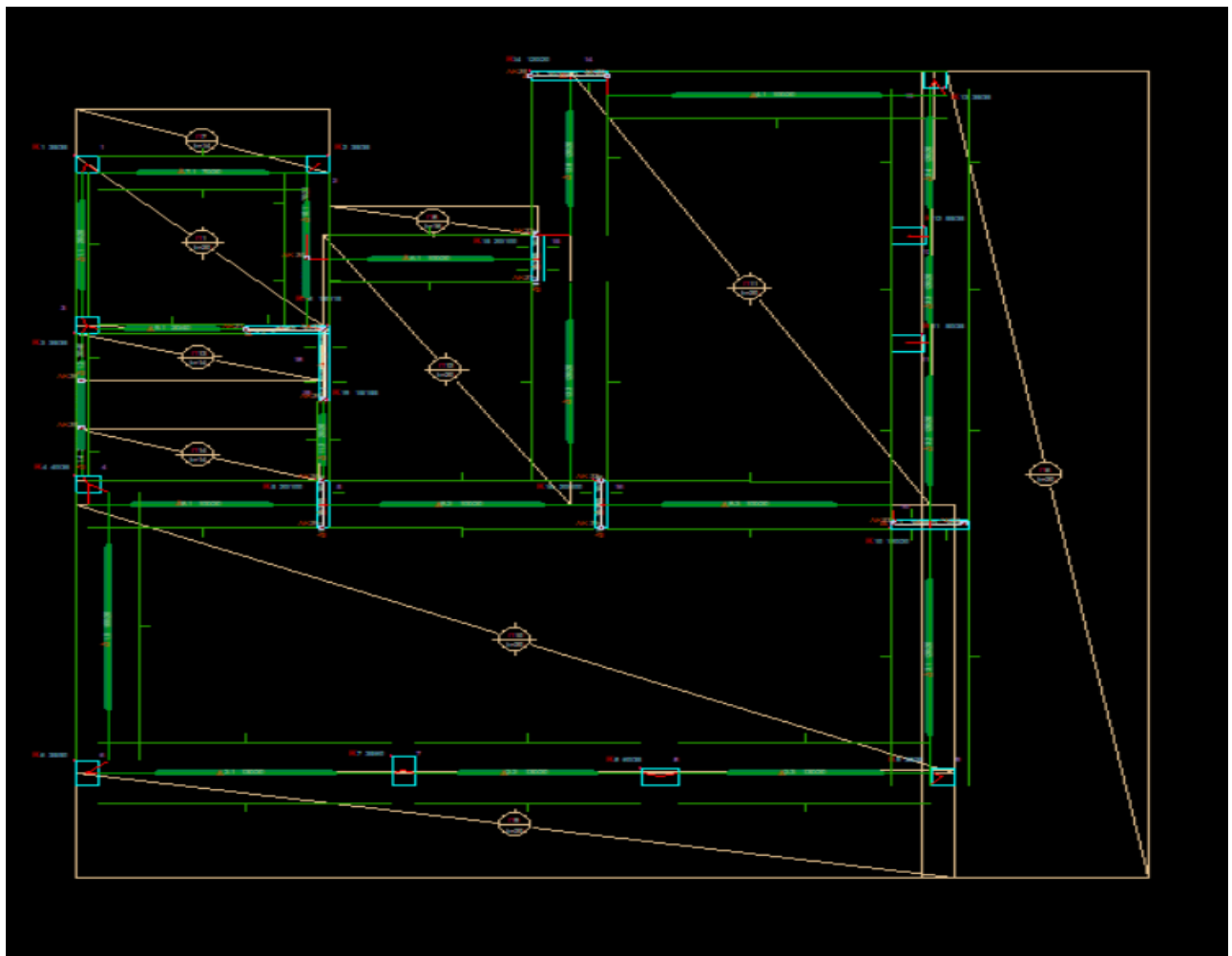
Σύμφωνα με το στατικό τεύχος το σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν κατηγορίας B160. Οπότε έχει ονομαστική θλιπτική αντοχή 12MPa.

### 7.2.2 Χάλυβας

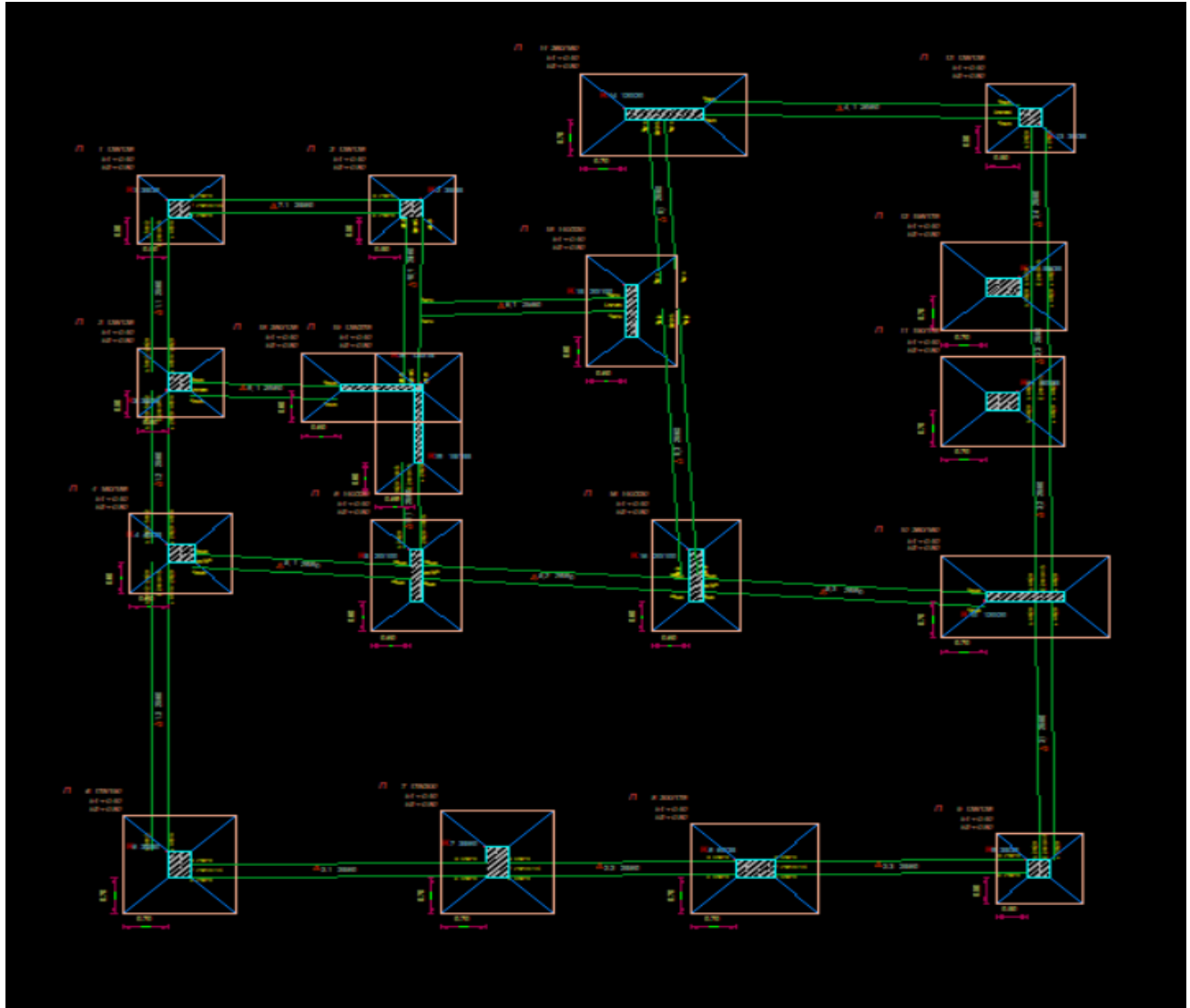
Σύμφωνα με το στατικό τεύχος ο χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε για τον οπλισμό των μελών του φέροντος οργανισμού του υφιστάμενου κτιρίου είναι St III οπότε έχει εφελκυστική αντοχή 400MPa.



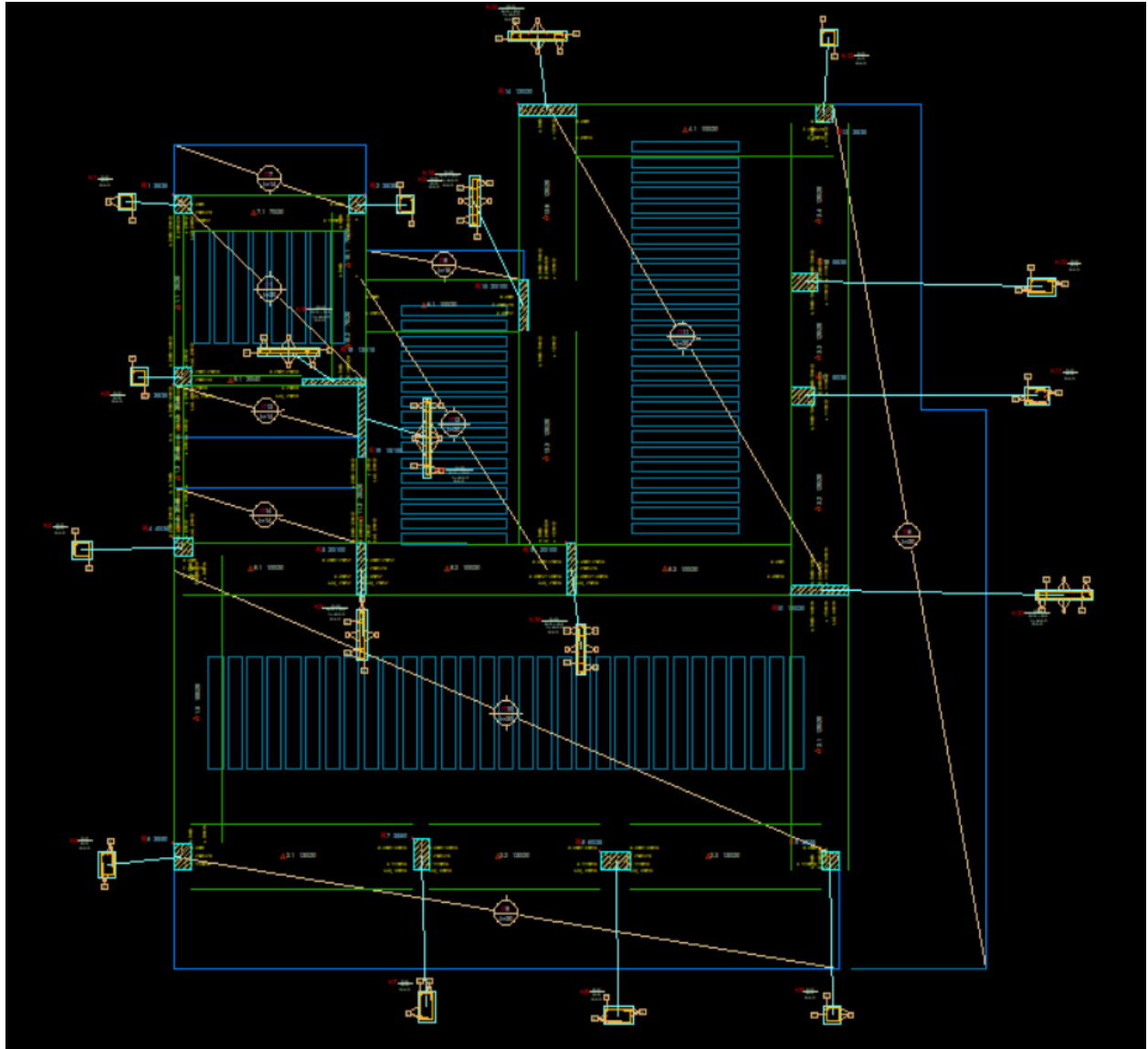
Εικόνα 7.2 Κάτοψη θεμελίωσης υφιστάμενης κατασκευής



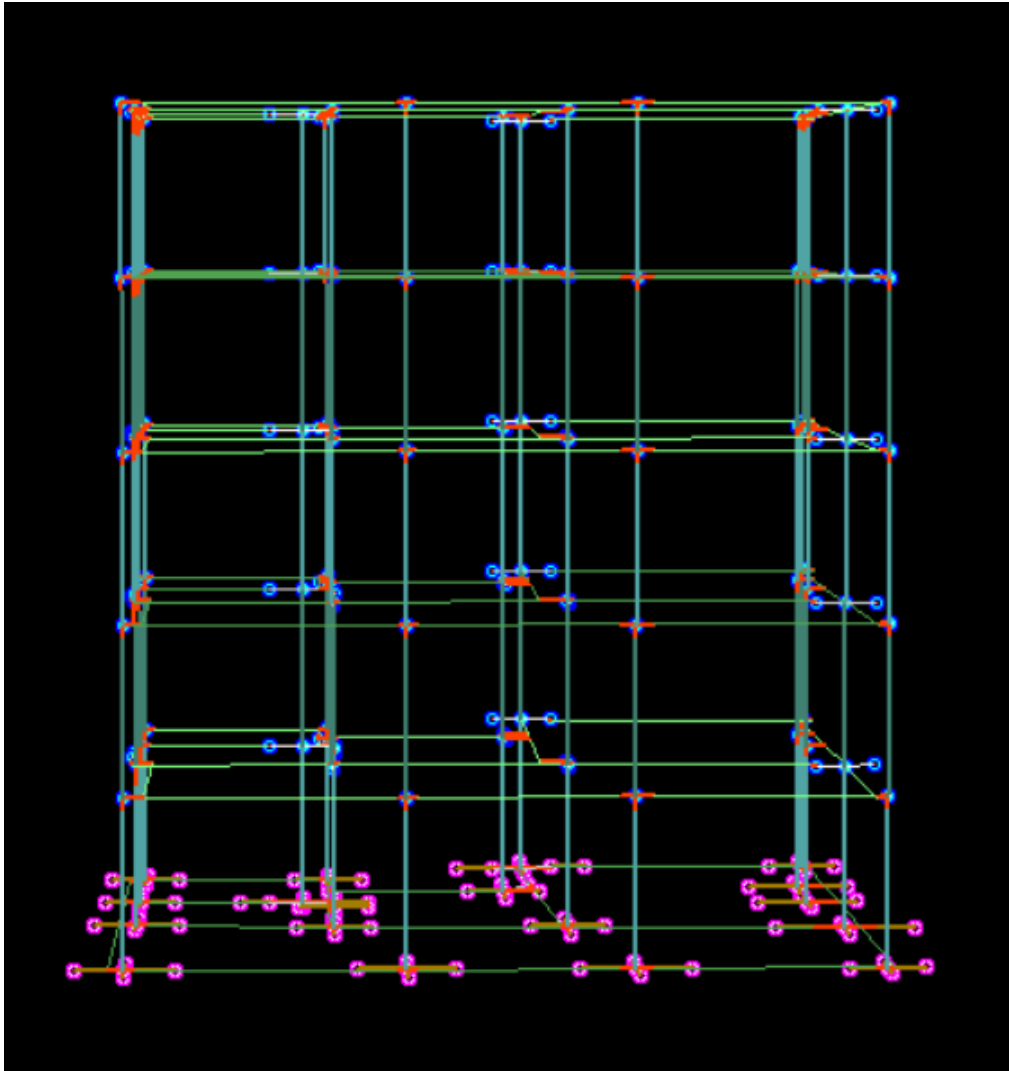
Εικόνα 7.3 Κάτοψη τυπικού ορόφου υφιστάμενης κατασκευής



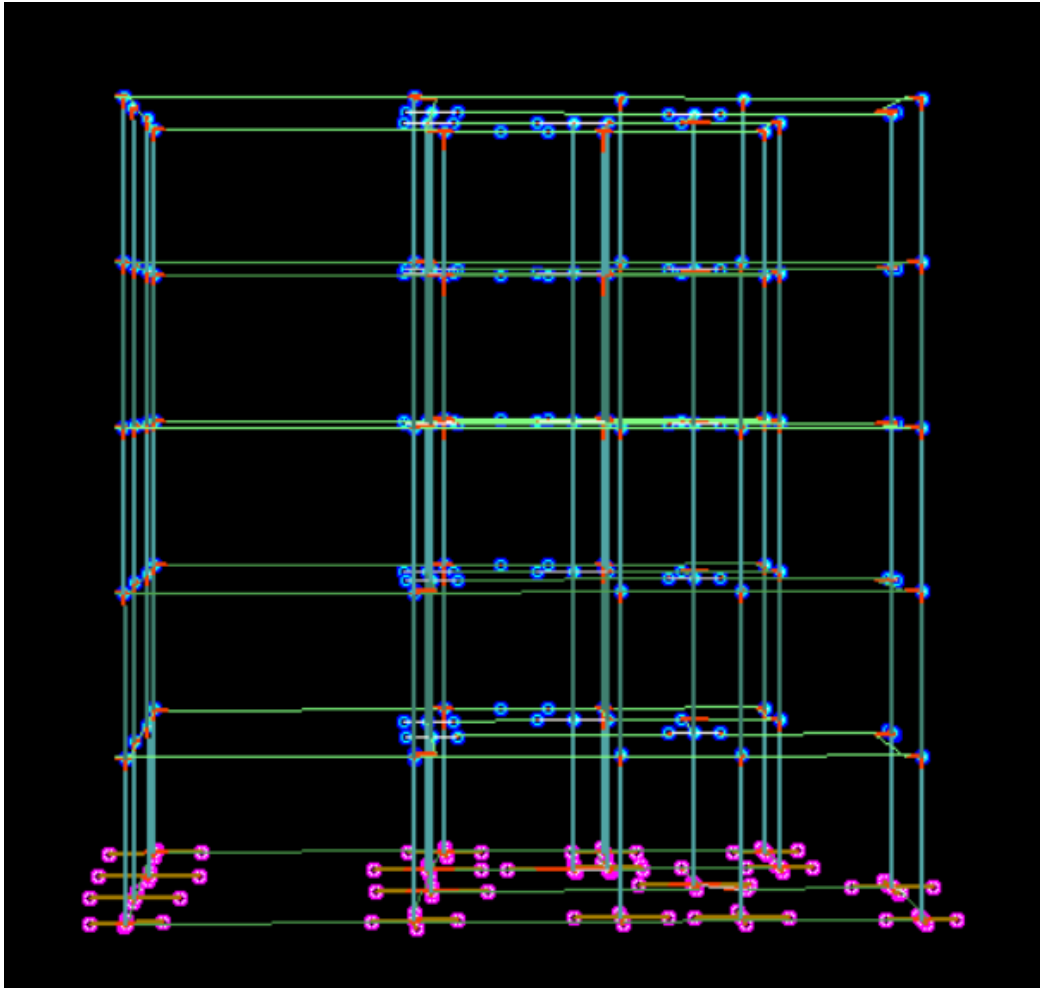
Εικόνα 7.3 Ξυλότυπος θεμελίωσης υφιστάμενης κατασκευής



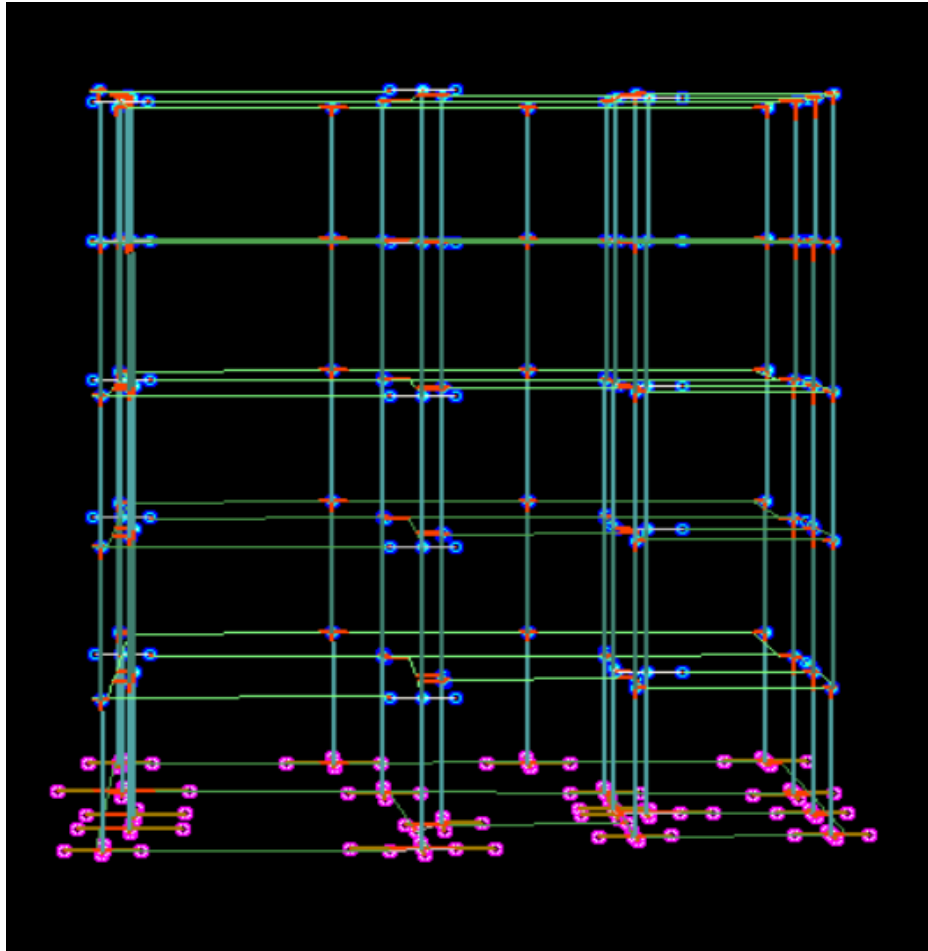
Εικόνα 7.4 Ευλότυπος τυπικού ορόφου υφιστάμενης κατασκευής



Εικόνα 7.5 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής

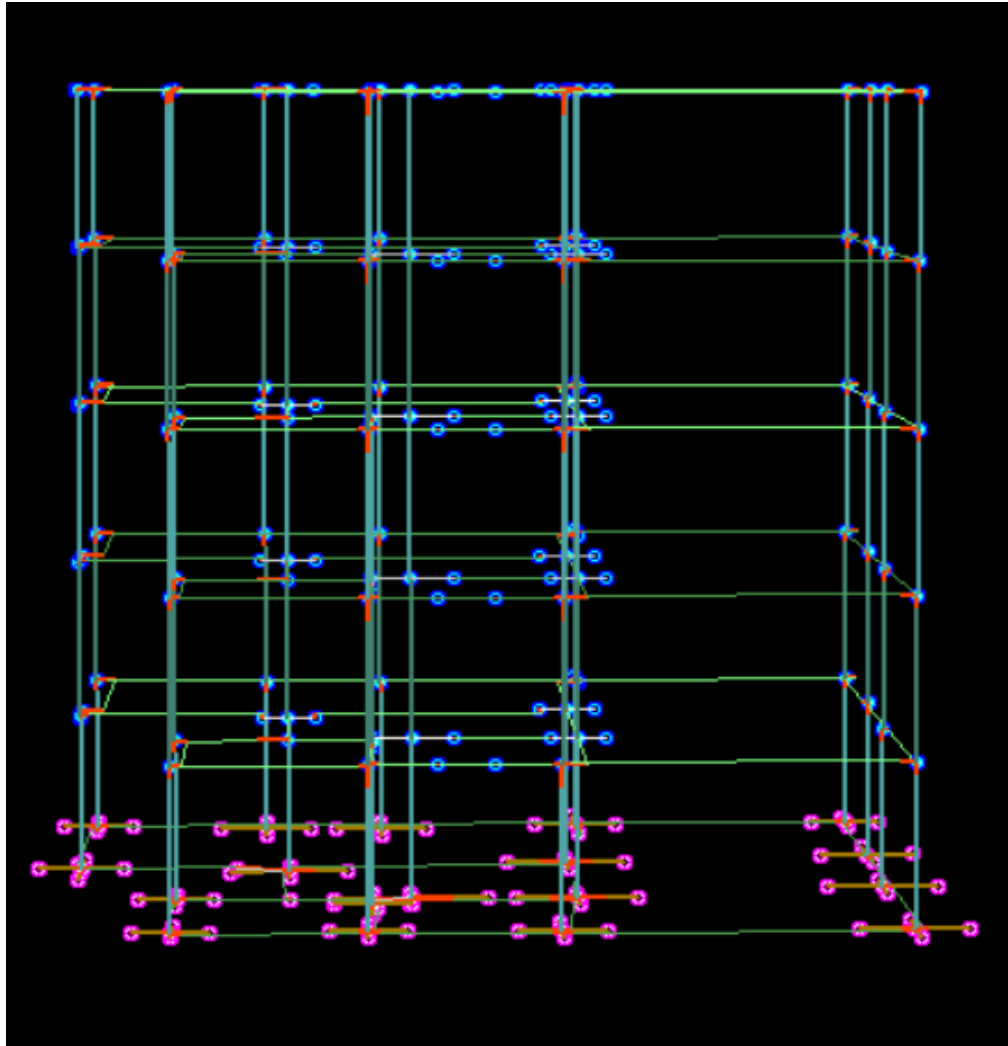


Εικόνα 7.6 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής

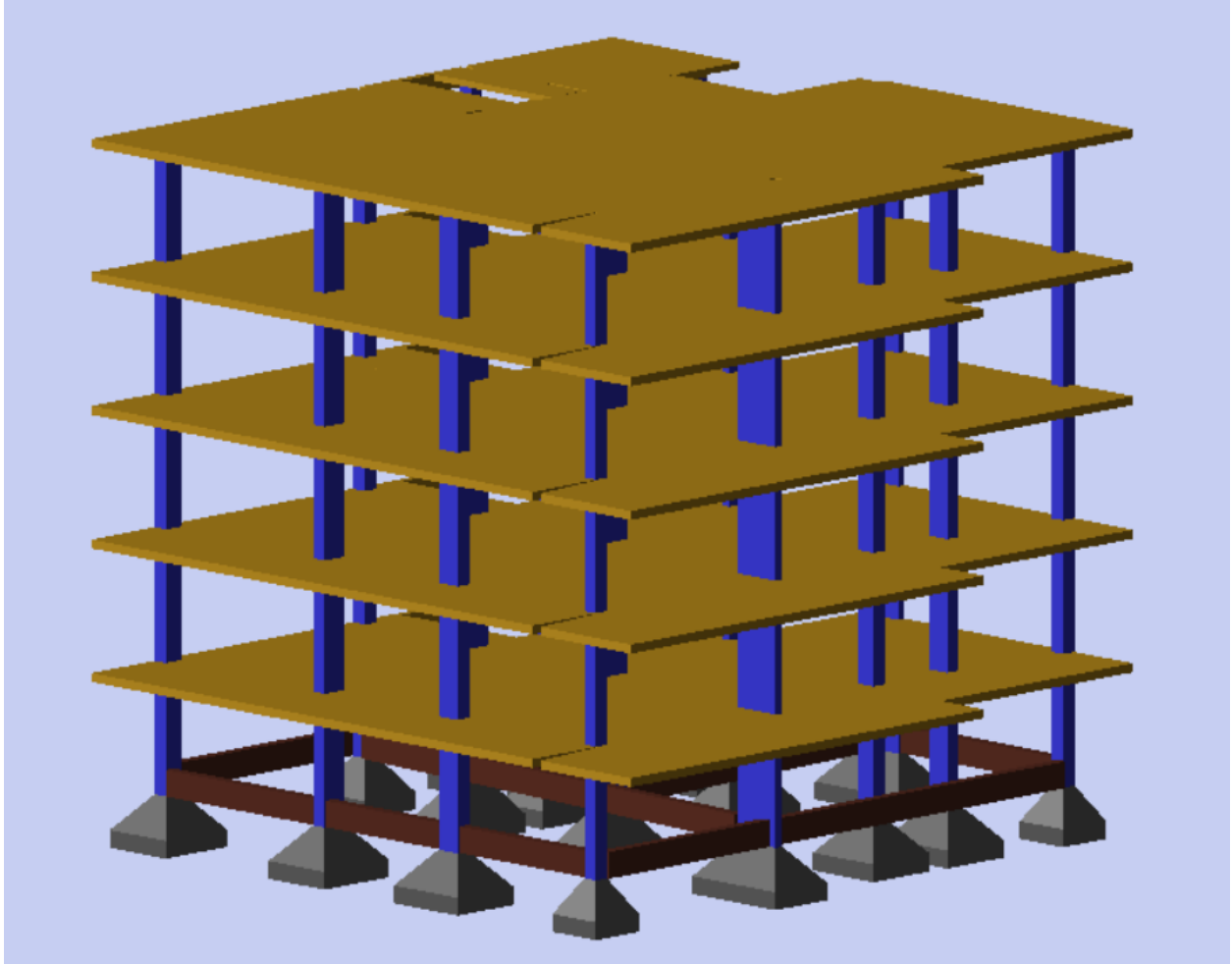


Εικόνα 7.7 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής

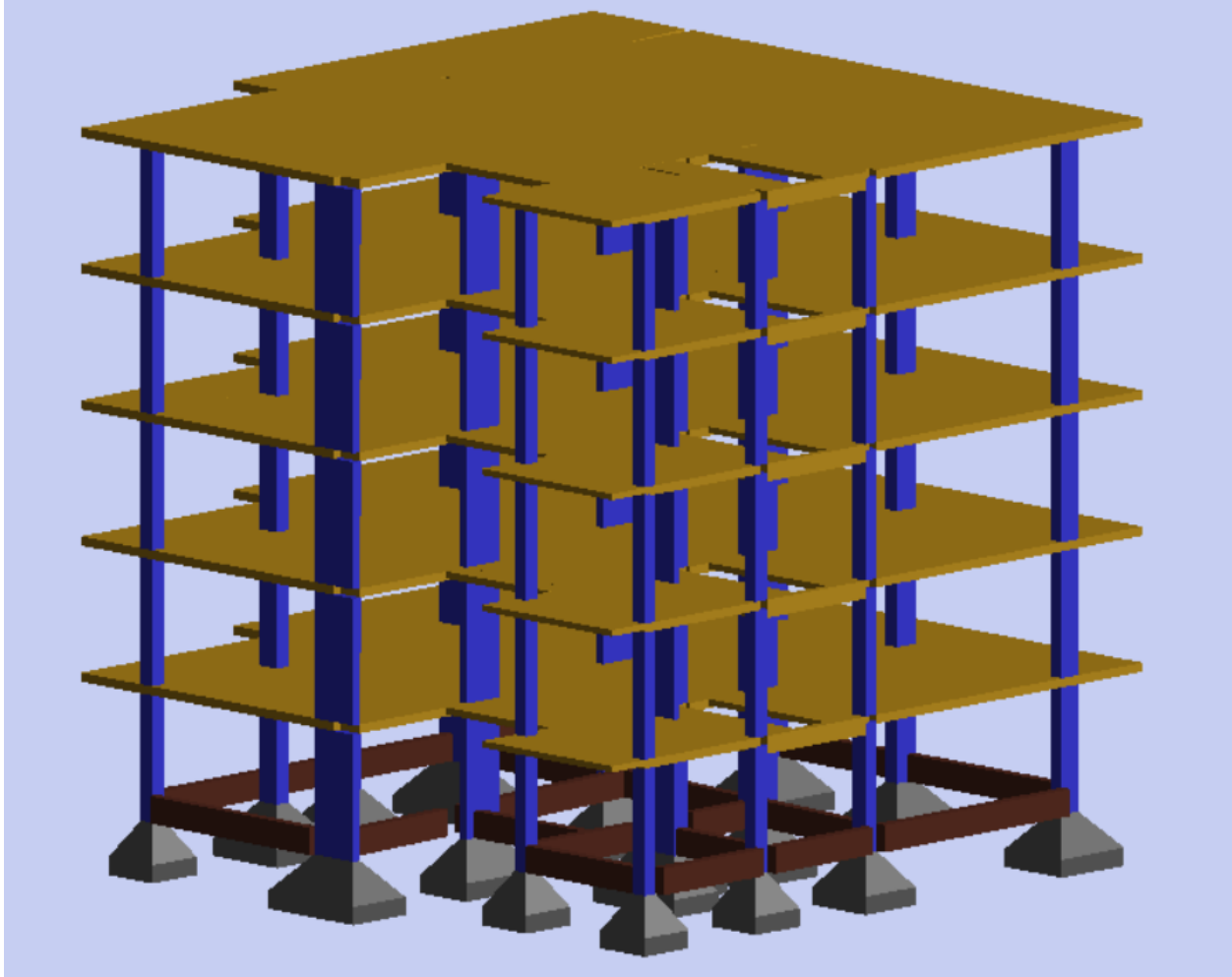




Εικόνα 7.8 Προσομοίωση χωρικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής



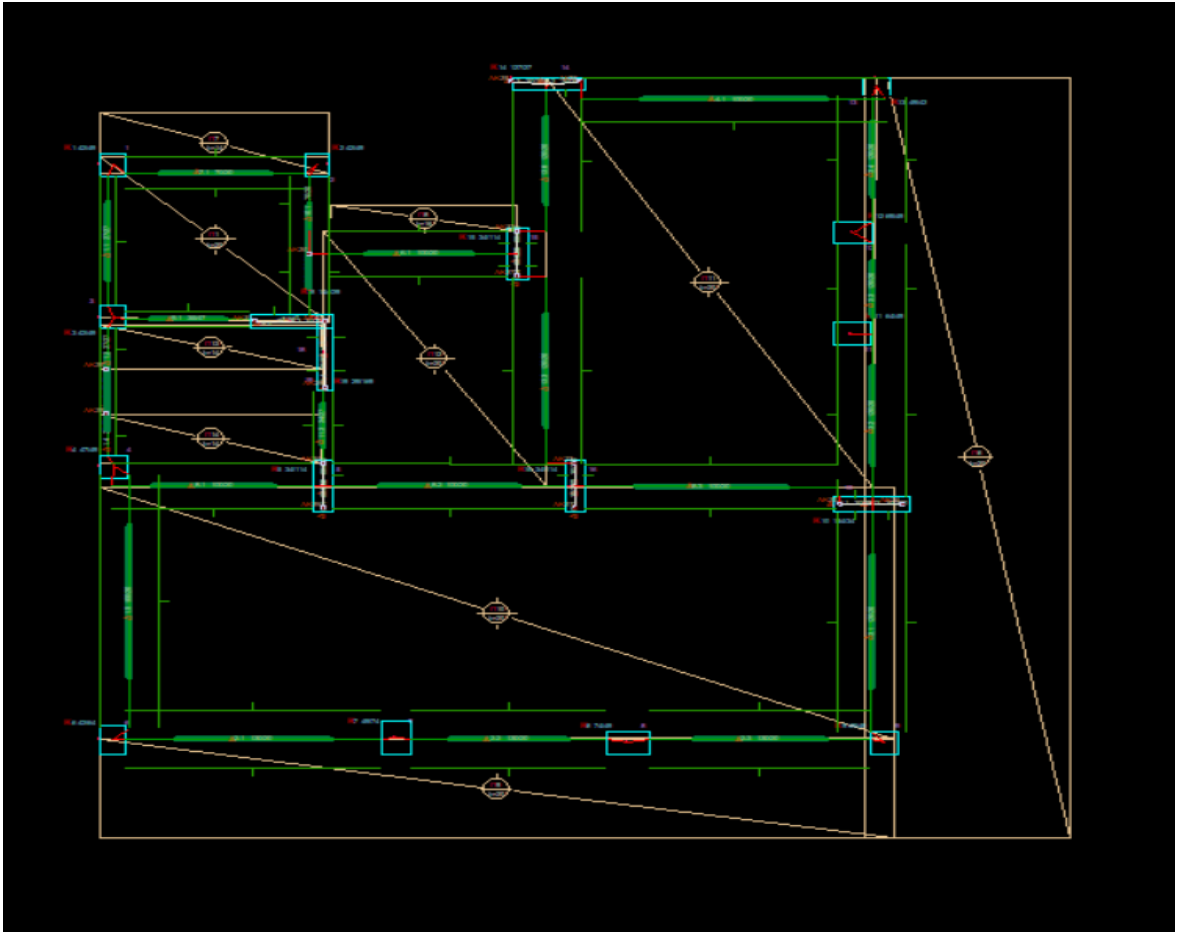
Εικόνα 7.9 Τρισδιάστατη απεικόνιση υφιστάμενης κατασκευής



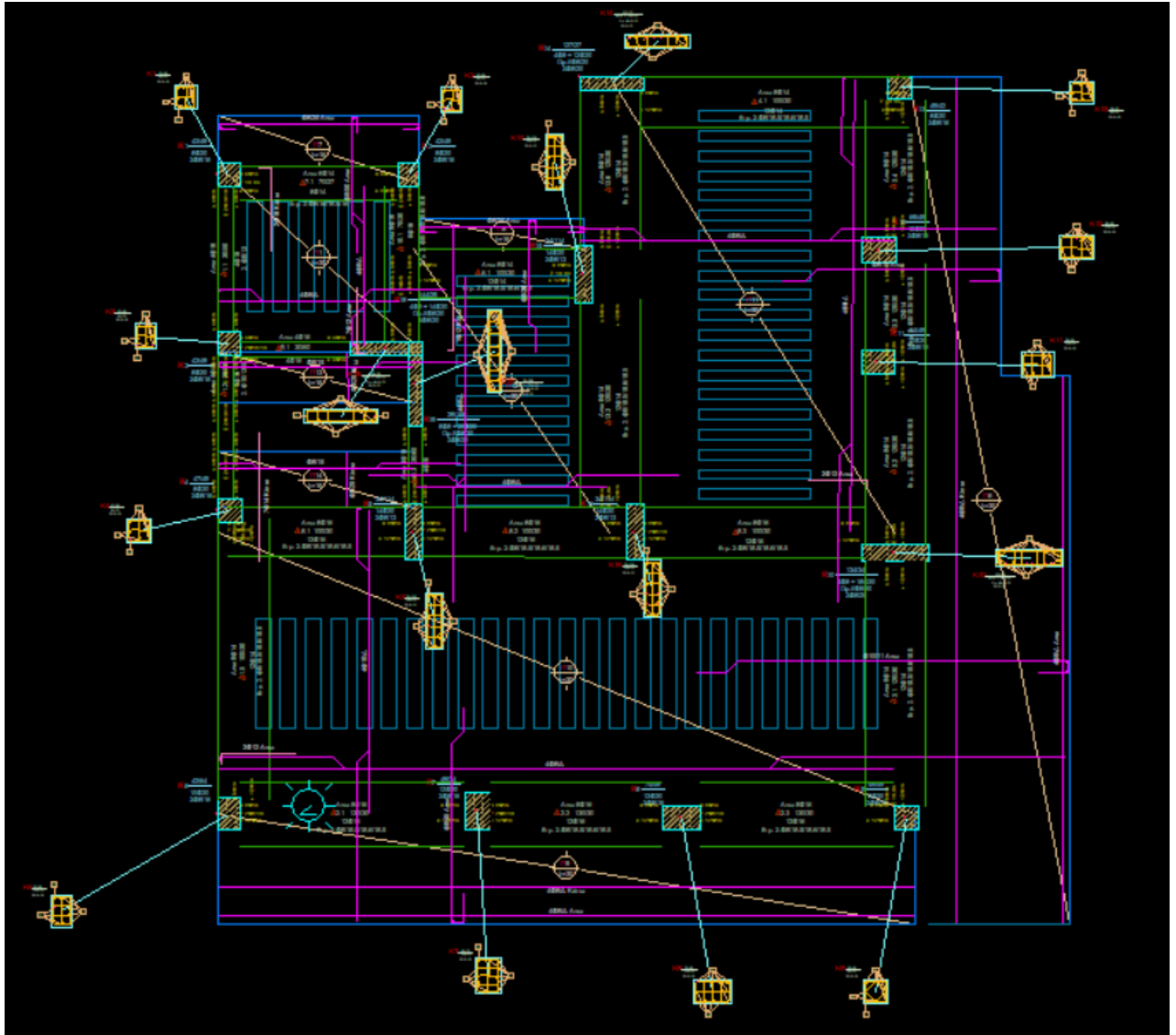
Εικόνα 7.10 Τρισδιάστατη απεικόνιση υφιστάμενης κατασκευής

#### 7.4 Δεδομένα προσθήκης και νέων υλικών

Το σκυρόδεμα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι ποιότητας C25/30, ενώ ο χάλυβας θα είναι B500C τόσο για τον διαμήκη οπλισμό, όσο και για τους συνδετήρες. Ακόμα η κατασκευή θα μελετηθεί με Ευρωκώδικα 2 (EC2) και Ευρωκώδικα 8 (EC8). Η προσθήκη αφορά έναν επιπλέον όροφο και ακολουθήθηκε η φιλοσοφία σχεδιασμού και της υπόλοιπης κατασκευής. Ποιά συγκεκριμένα τοποθετήθηκαν υποστυλώματα και τοιχία στις θέσεις που υπάρχουν στους υφιστάμενους ορόφους και αντί δοκών, δημιουργήθηκαν ενισχυμένες ζώνες στα σημεία των πλακών που θα λειτουργούν σαν δοκάρια. Παράλληλα η πλάκα της προσθήκης είναι δοκιδωτή, όπως ακριβώς και στους άλλους ορόφους, με μόνη διαφορά το πάχος της, το οποίο είναι κατά 10cm μεγαλύτερο. Η αύξηση του πάχους στηρίχθηκε στο γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη κύριων δοκών, επομένως υπάρχει ανάγκη ανακούφισης των ενισχυμένων ζωνών της πλάκας.



Εικόνα 7.11 Κάτοψη προσθήκης ορόφου



Εικόνα 7.12 Κάτοψη ξυλοτύπου προσθήκης ορόφου

## 7.5 Διερεύνηση βλαβών

Μετά από διεξοδικό έλεγχο στο κτίριο παρατηρήθηκαν οι εξής βλάβες. Αρχικά οι δοκοί Δ3 και Δ12 είναι ιδιαίτερα καταπονημένες από φαινόμενα υγρασίας. Ακόμα στο υποστύλωμα Κ13 και στην στάθμη του 4ου ορόφου έχουν εμφανιστεί ρωγμές παράλληλες στην μεγάλη διεύθυνση του στοιχείου. Κατά τα άλλα το κτίριο βρίσκεται σε άριστη κατάσταση.

## 7.6 Επίπεδο Σ.Α.Δ.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά φέροντος οργανισμού και τοιχοπληρώσεων

Κατά την επιτόπου αυτοψία στο κτίριο και μετά από μετρήσεις, διαπιστώθηκε πως τα σχέδια της άδειας ταυτίζονται με την πραγματικότητα, οπότε επιτυγχάνεται Σ.Α.Δ υψηλή κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ 3.6 και ΚΛ3 κατά Ευρωκώδικα 8 μέρος 3.

### 7.6.1 Υλικά

Οι αντοχές των υλικών της κατασκευής μετρήθηκαν επιτόπου και προέκυψε Σ.Α.Δ. Ικανοποιητική κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 3.6 και ΚΛ2 κατά Ευρωκώδικα 8 μέρος 3 .

### 7.6.2 Λεπτομέρειες οπλισμού

Όσον αφορά τις λεπτομέρειες του οπλισμού των στοιχείων έγινε δειγματοληπτική επιθεώρηση περιορισμένου εύρους και προέκυψε Σ.Α.Δ. Ικανοποιητική κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 3.6 και ΚΛ2 κατά Ευρωκώδικα 8 μέρος 3 .

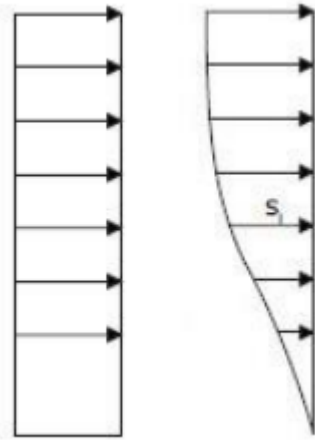
### 7.6.3 Συμπέρασμα Σ.Α.Δ.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως έχουμε ικανοποιητική Σ.Α.Δ. για την υφιστάμενη κατασκευή και επίπεδο γνώσης ΚΛ2, οπότε σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 , EC8-3 και όπως βλέπουμε παρακάτω το  $CF=1.20$ .

Γενικά μπορούμε να πούμε πως οι παραπάνω υποθέσεις έγιναν με σκοπό να καταλήξουμε σε Σ.Α.Δ. Ικανοποιητική για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

## 7.7 Αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής

Η κατασκευή που μελετάμε έχει ικανοποιητική στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων οπότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) για την αποτίμησή της . Για να γίνει η ανάλυση αυτή επιλέξαμε ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή φόρτισης , χωρίς τυχηματική εκκεντρότητα, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα .



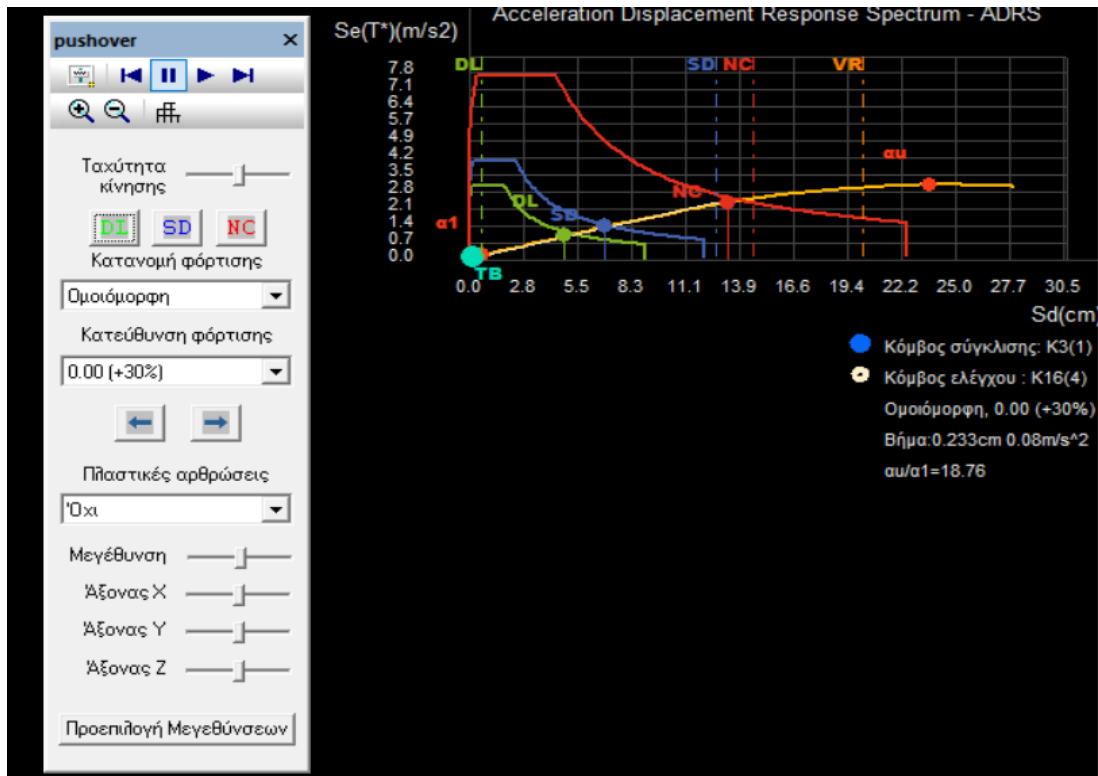
Εικόνα 7.13 Ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή αντίστοιχα

Κτίριο	
Συντελεστής q   Σκυρόδεμα   Οπλισμός   Έδαφος   Δομικός χάλυβας   Σύμμικτα   Τοιχοπήρωση   Υλικά - Αποτίμηση   Αποτίμηση   Φάσμ	
<b>Γενικά</b>	
Τυχηματική εκκεντρότητα	? Όχι
Φαινόμενα 2ας τάξης (P-Δ)	? Ναι
Πλήθος Αξονικών (Αλληλεπίδραση N-My-Mz)	? 5
Γωνία στροφής χορδής θu για ορθογωνικές διατομές	? Εμπειρικό μοντέλο (EC8-3 (A.1))
γελ για VR [ΚΑΝΕΠΕ ΠΑΡ. 7Γ, ή EC8 A3.3.1]	? 1.000
Επιρροή περίσφιξης στα διαγράμματα αντοχής	? Ναι
Γωνία στροφής χορδής θSD (θB) βάσει	? EC8
Έλεγχος διάτμησης κόμβου	? Ναι
<b>Pushover</b>	
A' Κατανομή φόρτισης	? Ομοιόμορφη
B' Κατανομή φόρτισης	? Ιδιομορφική
Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]	? 30.0
Άοπλες τοιχοπήρωσεις ενεργές	? Ναι
Ενισχυμένες τοιχοπήρωσεις ενεργές	? Ναι
Τοιχοματοποιήσεις πλαισίων ενεργές	? Ναι
Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης	? Ναι

Εικόνα 7.14 Προδιαγραφές ανάλυσης κτιρίου

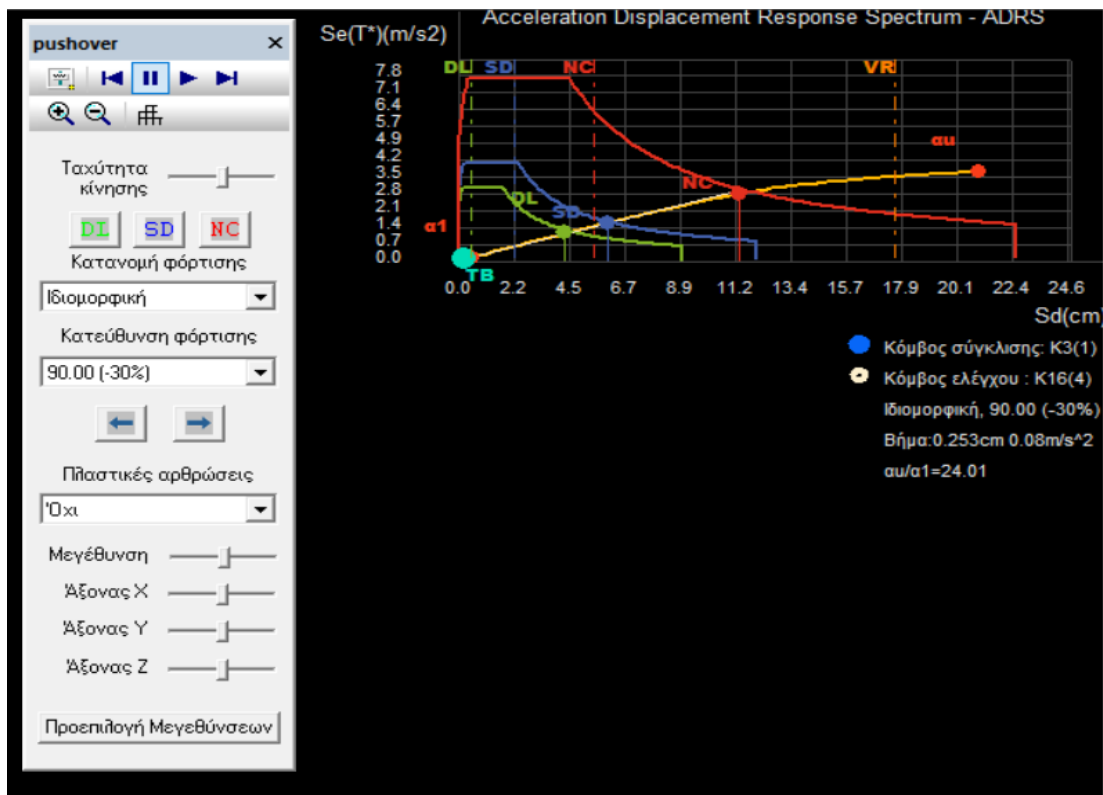
Αφού εκτελέσαμε την ανάλυση push over, το πρώτο βήμα για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι η παρατήρηση των διαγραμμάτων απαίτησης - ικανότητας ADRS. Στην μελέτη που εξετάζουμε βλέπουμε άλλα διαγράμματα να επαρκούν και άλλα διαγράμματα να μην επαρκούν, ενώ παράλληλα εντοπίζουμε μεγάλες διαφορές μεταξύ ομοιόμορφων και ιδιομορφικών κατανομών, καθώς και διαφορές μεταξύ των κατευθύνσεων φόρτισης. Κάτι τέτοιο είναι απολύτως λογικό, λόγω της μη κανονικότητας του κτιρίου. Ένα ακόμα συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε από τα διαγράμματα ADRS, είναι πως το υπό μελέτη κτίριο είναι εξαιρετικά εύκαμπτο, κάτι το οποίο υποψιαζόμαστε και από την κάτοψη τυπικού ορόφου (απουσία μεγάλων τοιχωμάτων και απουσία στιβαρών δοκών, την θέση των οποίων παίρνουν οι ενισχυμένες ζώνες) και πλέον το εντοπίζουμε και στην καμπύλη ικανότητας, η οποία είναι πολύ χαμηλή. Παρακάτω παρουσιάζω ενδεικτικά τρία τέτοια διαγράμματα.





Εικόνα 7.15 Διάγραμμα Απαίτησης - Ικανότητας A για ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης

Στην εικόνα 7.12 βλέπουμε την καμπύλη ικανότητας του κτιρίου (κίτρινη γραμμή) σύμφωνα με την συγκεκριμένη φόρτιση. Πάνω στην καμπύλη αυτή, υπάρχουν τα σημεία που θα έχει μετατοπιστεί το κτίριο για την κάθε στάθμη επιτελεστικότητας NC, SD, DL. Ακόμα στο σχήμα υπάρχουν τα σημεία απαίτησης μετατόπισης του κτιρίου για την εκάστοτε στάθμη επιτελεστικότητας. Για την επάρκεια του κτιρίου θα πρέπει οι μετατοπίσεις της καμπύλης ικανότητας να είναι μεγαλύτερες από τις μετατοπίσεις απαίτησης. Στο συγκεκριμένο σχήμα βλέπουμε πως το κτίριο επαρκεί για τις στάθμες επιτελεστικότητας NC και SD αλλά όχι και για την DL καθώς οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές είναι δεξιά από τις αντίστοιχες κουκίδες για τις στάθμες NC και SD όχι όμως και για την DL.



Εικόνα 7.16 Διάγραμμα Απαίτησης - Ικανότητας B για ιδιομορφική κατανομή

Στην ιδιομορφική φόρτιση που βλέπουμε στην εικόνα 7.13 παρατηρούμε πως η κατασκευή δεν επαρκεί σε καμία από τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας, καθώς απαίτησης υπερβαίνουν τις μετατοπίσεις ικανότητας και οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές είναι αριστερά από τις αντίστοιχες κουκίδες για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.



Εικόνα 7.17 Διάγραμμα Απαιτήσης - Ικανότητας  $\Gamma$  για ιδιομορφική κατανομή

Στην εικόνα 7.14 υπάρχει άλλη μία ιδιομορφική κατανομή φόρτισης και όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε οι απαιτήσεις των μετατοπίσεων υπερβαίνουν την ικανότητα μετατόπισης του κτιρίου σε κάθε στάθμη επιτελεστικότητας εκτός της NC όπου η κάθετη διακεκομμένη γραμμή είναι δεξιά της αντίστοιχης κουκίδας.

Μετά τα παραπάνω διαγράμματα θα πρέπει να διερευνήσουμε τα μέλη που θα έχουν υποστεί βλάβες στην εκάστοτε στάθμη επιτελεστικότητας. Κάτι τέτοιο θα φανεί στους λόγους επάρκειας των μελών οι οποίοι θα πρέπει να είναι μικρότεροι της μονάδας. Σε περίπτωση που οι λόγοι αυτοί είναι μεγαλύτεροι του 1, τότε το μέλος αστοχεί για την εν λόγω στάθμη επιτελεστικότητας. Στο δικό μας παράδειγμα είχαμε τα εξής αποτελέσματα.

## Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας δοκών

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL Λ	SD Λ	NC Λ	DL	SD Λγγ	NC
<a href="#">Δ1.1(-1)</a> , Λ 1(-1), κ	0.19	0.04	0.07	0.11	0.12	0.17
<a href="#">Δ1.1(-1)</a> , Λ 3(-1), κ	0.08	0.03	0.05	0.09	0.10	0.13
<a href="#">Δ1.2(-1)</a> , Λ 3(-1), κ	0.05	0.02	0.03	0.07	0.08	0.11
<a href="#">Δ1.2(-1)</a> , Λ 4(-1), κ	0.11	0.05	0.06	0.10	0.11	0.14
<a href="#">Δ1.3(-1)</a> , Λ 4(-1), κ	0.17	0.03	0.03	0.16	0.17	0.21
<a href="#">Δ1.3(-1)</a> , Λ 6(-1), κ	0.43	0.06	0.09	0.18	0.19	0.22
<a href="#">Δ2.1(-1)</a> , Λ 6(-1), κ	0.25	0.03	0.06	0.14	0.15	0.18
<a href="#">Δ2.1(-1)</a> , Λ 7(-1), κ	0.13	0.03	0.04	0.13	0.14	0.16
<a href="#">Δ2.2(-1)</a> , Λ 7(-1), κ	0.13	0.04	0.06	0.12	0.13	0.19
<a href="#">Δ2.2(-1)</a> , Λ 8(-1), κ	0.15	0.06	0.09	0.12	0.13	0.18
<a href="#">Δ2.3(-1)</a> , Λ 8(-1), κ	0.17	0.06	0.08	0.14	0.15	0.20
<a href="#">Δ2.3(-1)</a> , Λ 9(-1), κ	0.23	0.08	0.11	0.13	0.14	0.21
<a href="#">Δ3.1(-1)</a> , Λ 9(-1), κ	0.19	0.04	0.08	0.13	0.14	0.16
<a href="#">Δ3.1(-1)</a> , Λ 10(-1), κ	0.15	0.01	0.01	0.15	0.16	0.18
<a href="#">Δ3.2(-1)</a> , Λ 10(-1), κ	0.11	0.02	0.02	0.11	0.12	0.14
<a href="#">Δ3.2(-1)</a> , Λ 11(-1), κ	0.10	0.04	0.05	0.10	0.10	0.13
<a href="#">Δ3.3(-1)</a> , Λ 11(-1), κ	0.06	0.03	0.04	0.07	0.09	0.12
<a href="#">Δ3.3(-1)</a> , Λ 12(-1), κ	0.07	0.04	0.05	0.07	0.08	0.13
<a href="#">Δ3.4(-1)</a> , Λ 12(-1), κ	0.11	0.04	0.04	0.11	0.12	0.16
<a href="#">Δ3.4(-1)</a> , Λ 13(-1), κ	0.16	0.06	0.08	0.10	0.12	0.18
<a href="#">Δ4.1(-1)</a> , Λ 13(-1), κ	0.25	0.05	0.08	0.15	0.17	0.21
<a href="#">Δ4.1(-1)</a> , Λ 26(-1), κ	0.43	0.13	0.14	0.18	0.19	0.23
<a href="#">Δ5.1(-1)</a> , Λ 14(-1), κ	0.24	0.03	0.05	0.14	0.16	0.22
<a href="#">Δ5.1(-1)</a> , Λ 23(-1), κ	0.22	0.14	0.18	0.11	0.13	0.18
<a href="#">Δ5.3(-1)</a> , Λ 15(-1), κ	0.43	0.11	0.14	0.18	0.20	0.25
<a href="#">Δ5.3(-1)</a> , Λ 16(-1), κ	0.45	0.12	0.17	0.19	0.21	0.27
<a href="#">Δ6.1(-1)</a> , Λ 15(-1), κ	0.23	0.07	0.08	0.12	0.13	0.15
<a href="#">Δ6.1(-1)</a> , Λ 20(-1), κ	0.06	0.03	0.04	0.07	0.08	0.10
<a href="#">Δ7.1(-1)</a> , Λ 1(-1), κ	0.16	0.04	0.07	0.11	0.12	0.16
<a href="#">Δ7.1(-1)</a> , Λ 2(-1), κ	0.16	0.04	0.08	0.11	0.12	0.17
<a href="#">Δ8.1(-1)</a> , Λ 4(-1), κ	0.18	0.06	0.09	0.10	0.11	0.14
<a href="#">Δ8.1(-1)</a> , Λ 5(-1), κ	0.10	0.02	0.02	0.10	0.11	0.14
<a href="#">Δ8.2(-1)</a> , Λ 5(-1), κ	0.09	0.02	0.03	0.10	0.11	0.12
<a href="#">Δ8.2(-1)</a> , Λ 16(-1), κ	0.08	0.01	0.01	0.10	0.10	0.12
<a href="#">Δ8.3(-1)</a> , Λ 16(-1), κ	0.14	0.02	0.02	0.14	0.15	0.19
<a href="#">Δ8.3(-1)</a> , Λ 10(-1), κ	0.42	0.15	0.17	0.16	0.18	0.22

<a href="#">Δ9.1(-1)</a> , Λ 3(-1), κ	0.19	0.05	0.07	0.14	0.19	0.35
<a href="#">Δ9.1(-1)</a> , Λ 21(-1), κ	0.42	0.24	0.31	0.19	0.22	0.33
<a href="#">Δ10.1(-1)</a> , Λ 2(-1), κ	0.18	0.06	0.09	0.14	0.16	0.22
<a href="#">Δ10.2(-1)</a> , Λ 22(-1), κ	0.44	0.17	0.22	0.20	0.23	0.32
<a href="#">Δ11.1(-1)</a> , Λ 19(-1), κ	0.50	0.33	0.45	0.38	0.48	0.68
<a href="#">Δ11.1(-1)</a> , Λ 5(-1), κ	0.44	0.26	0.33	0.31	0.41	0.62
<a href="#">Δ1.1(0)</a> , 1(0), κ	0.90	0.39	0.66	0.15	0.16	0.18
<a href="#">Δ1.1(0)</a> , 3(0), κ	0.67	0.37	0.56	0.15	0.16	0.19
<a href="#">Δ1.2(0)</a> , 3(0), δ	0.62	0.18	0.32	0.16	0.19	0.25
<a href="#">Δ1.4(0)</a> , 4(0), δ	0.82	0.19	0.31	0.18	0.21	0.22
<a href="#">Δ9.1(0)</a> , 3(0), δ	<b>1.12!</b>	0.28	0.51	0.15	0.17	0.18
<a href="#">Δ9.1(0)</a> , Λ 21(0), δ	<b>1.11!</b>	0.35	0.48	0.17	0.17	0.18
<a href="#">Δ10.1(0)</a> , 2(0), κ	<b>2.27!</b>	<b>1.54!</b>	<b>1.52!</b>	0.65	0.67	0.73
<a href="#">Δ10.2(0)</a> , Λ 22(0), κ	<b>2.03!</b>	<b>1.32!</b>	<b>1.39!</b>	0.51	0.52	0.56
<a href="#">Δ11.3(0)</a> , Λ 30(0), δ	0.91	0.38	0.57	0.14	0.16	0.18
<a href="#">Δ11.3(0)</a> , Λ 28(0), δ	0.99	0.38	0.50	0.15	0.17	0.18
<a href="#">Δ1.1(1)</a> , 1(1), κ	0.93	0.43	0.67	0.15	0.16	0.18
<a href="#">Δ1.1(1)</a> , 3(1), κ	0.70	0.45	0.66	0.16	0.17	0.20
<a href="#">Δ1.2(1)</a> , 3(1), δ	0.77	0.20	0.34	0.17	0.20	0.26
<a href="#">Δ1.4(1)</a> , 4(1), δ	0.91	0.24	0.37	0.19	0.21	0.23
<a href="#">Δ9.1(1)</a> , 3(1), δ	<b>1.24!</b>	0.32	0.53	0.16	0.17	0.19
<a href="#">Δ9.1(1)</a> , Λ 21(1), δ	<b>1.23!</b>	0.40	0.57	0.17	0.17	0.19
<a href="#">Δ10.1(1)</a> , 2(1), κ	<b>2.25!</b>	<b>1.53!</b>	<b>1.50!</b>	0.65	0.67	0.73
<a href="#">Δ10.2(1)</a> , Λ 22(1), κ	<b>2.14!</b>	<b>1.42!</b>	<b>1.53!</b>	0.51	0.52	0.57
<a href="#">Δ11.3(1)</a> , Λ 30(1), δ	<b>1.04!</b>	0.44	0.65	0.15	0.17	0.18
<a href="#">Δ11.3(1)</a> , Λ 28(1), δ	<b>1.11!</b>	0.44	0.61	0.16	0.17	0.18
<a href="#">Δ1.1(2)</a> , 1(2), κ	0.89	0.37	0.54	0.15	0.16	0.17
<a href="#">Δ1.1(2)</a> , 3(2), κ	0.67	0.38	0.56	0.15	0.16	0.19
<a href="#">Δ1.2(2)</a> , 3(2), δ	0.64	0.17	0.24	0.16	0.19	0.25
<a href="#">Δ1.4(2)</a> , 4(2), δ	0.83	0.20	0.31	0.18	0.21	0.22
<a href="#">Δ9.1(2)</a> , 3(2), δ	0.98	0.25	0.44	0.14	0.17	0.18
<a href="#">Δ9.1(2)</a> , Λ 21(2), δ	<b>1.03!</b>	0.33	0.47	0.16	0.17	0.18
<a href="#">Δ10.1(2)</a> , 2(2), κ	<b>2.17!</b>	<b>1.46!</b>	<b>1.38!</b>	0.64	0.66	0.71
<a href="#">Δ10.2(2)</a> , Λ 22(2), κ	<b>2.01!</b>	<b>1.31!</b>	<b>1.35!</b>	0.51	0.52	0.55
<a href="#">Δ11.3(3)</a> , Λ 30(3), δ	0.67	0.25	0.39	0.11	0.14	0.17
<a href="#">Δ11.3(3)</a> , Λ 28(3), δ	0.80	0.29	0.39	0.13	0.15	0.17
<a href="#">Δ1.1(4)</a> , 1(4), κ	0.22	0.17	0.21	0.02	0.03	0.04
<a href="#">Δ1.1(4)</a> , 3(4), κ	0.14	0.12	0.16	0.02	0.03	0.04
<a href="#">Δ1.2(4)</a> , 3(4), δ	0.29	0.06	0.09	0.04	0.05	0.09
<a href="#">Δ1.4(4)</a> , 4(4), δ	0.25	0.05	0.07	0.04	0.05	0.09
<a href="#">Δ9.1(4)</a> , 3(4), δ	0.50	0.08	0.13	0.04	0.06	0.09
<a href="#">Δ9.1(4)</a> , Λ 21(4), δ	0.45	0.18	0.24	0.05	0.07	0.11
<a href="#">Δ10.1(4)</a> , 2(4), κ	0.68	0.46	0.65	0.04	0.06	0.11
<a href="#">Δ10.2(4)</a> , Λ 22(4), κ	0.19	0.19	0.27	0.04	0.05	0.09
<a href="#">Δ11.3(4)</a> , Λ 30(4), δ	0.55	0.17	0.25	0.05	0.07	0.10
<a href="#">Δ11.3(4)</a> , Λ 28(4), δ	0.50	0.22	0.29	0.05	0.07	0.10

Πίνακας 7.1 Λόγοι επάρκειας δοκών υφιστάμενης κατασκευής

Από τους παραπάνω πίνακες βλέπουμε πως υπάρχουν προβλήματα σε κάποιες δοκούς, σε όλες τις στάθμες της κατασκευής, καθώς και σε όλες τις στάθμες επιτελεστικότητας. Ακόμη παρατηρούμε πως οι βλάβες αυτές θα είναι καμπτικού και όχι διατμητικού χαρακτήρα, κάτι που μας ικανοποιεί για την γενικότερη φιλοσοφία του ικανοτικού σχεδιασμού της κατασκευής (αποφυγή ψαθυρής αστοχίας).

## Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Π.	DL λ	SD λ	NC λ		DL	SD AV	NC
<u>K1(0)</u> , κάτω, κ	0.30	0.23	0.43	γ:	0.22	0.27	0.66
<u>K1(0)</u> , άνω, κ	0.26	0.19	0.28	z:	0.16	0.20	0.36
<u>K1(1)</u> , κάτω, κ	0.38	0.22	0.39	γ:	0.28	0.35	0.64
<u>K1(1)</u> , άνω, κ	0.38	0.24	0.38	z:	0.11	0.13	0.16
<u>K1(2)</u> , κάτω, κ	0.38	0.21	0.30	γ:	0.28	0.35	0.61
<u>K1(2)</u> , άνω, κ	0.39	0.21	0.30	z:	0.09	0.10	0.11
<u>K1(3)</u> , κάτω, κ	0.32	0.18	0.22	γ:	0.24	0.30	0.51
<u>K1(3)</u> , άνω, κ	0.36	0.17	0.20	z:	0.13	0.14	0.15
<u>K1(4)</u> , κάτω, κ	0.20	0.12	0.15	γ:	0.15	0.19	0.34
<u>K1(4)</u> , άνω, κ	0.19	0.09	0.12	z:	0.05	0.05	0.07
<u>K2(0)</u> , κάτω, κ	0.34	0.27	0.44	γ:	0.25	0.32	0.59
<u>K2(0)</u> , άνω, κ	0.29	0.21	0.29	z:	0.13	0.16	0.27
<u>K2(1)</u> , κάτω, κ	0.47	0.29	0.39	γ:	0.33	0.41	0.67
<u>K2(1)</u> , άνω, κ	0.45	0.24	0.32	z:	0.10	0.10	0.12
<u>K2(2)</u> , κάτω, κ	0.44	0.21	0.25	γ:	0.32	0.40	0.67
<u>K2(2)</u> , άνω, κ	0.47	0.25	0.32	z:	0.09	0.09	0.11
<u>K2(3)</u> , κάτω, κ	0.36	0.15	0.16	γ:	0.27	0.33	0.54
<u>K2(3)</u> , άνω, κ	0.42	0.24	0.27	z:	0.12	0.12	0.13
<u>K2(4)</u> , κάτω, κ	0.23	0.13	0.12	γ:	0.16	0.20	0.36
<u>K2(4)</u> , άνω, κ	0.19	0.10	0.13	z:	0.04	0.05	0.07
<u>K3(0)</u> , κάτω, κ	0.34	0.26	0.45	γ:	0.17	0.20	0.34
<u>K3(0)</u> , άνω, κ	0.14	0.06	0.10	z:	0.15	0.22	0.41
<u>K3(1)</u> , κάτω, κ	0.27	0.23	0.25	γ:	0.14	0.15	0.17
<u>K3(1)</u> , άνω, κ	0.24	0.15	0.19	z:	0.16	0.21	0.33
<u>K3(2)</u> , κάτω, κ	0.25	0.15	0.13	γ:	0.14	0.16	0.18
<u>K3(2)</u> , άνω, κ	0.27	0.19	0.23	z:	0.16	0.22	0.33
<u>K3(3)</u> , κάτω, κ	0.18	0.07	0.07	γ:	0.11	0.14	0.16
<u>K3(3)</u> , άνω, κ	0.23	0.16	0.19	z:	0.13	0.19	0.28
<u>K3(4)</u> , κάτω, κ	0.12	0.05	0.06	γ:	0.09	0.12	0.17
<u>K3(4)</u> , άνω, κ	0.18	0.11	0.15	z:	0.09	0.13	0.24

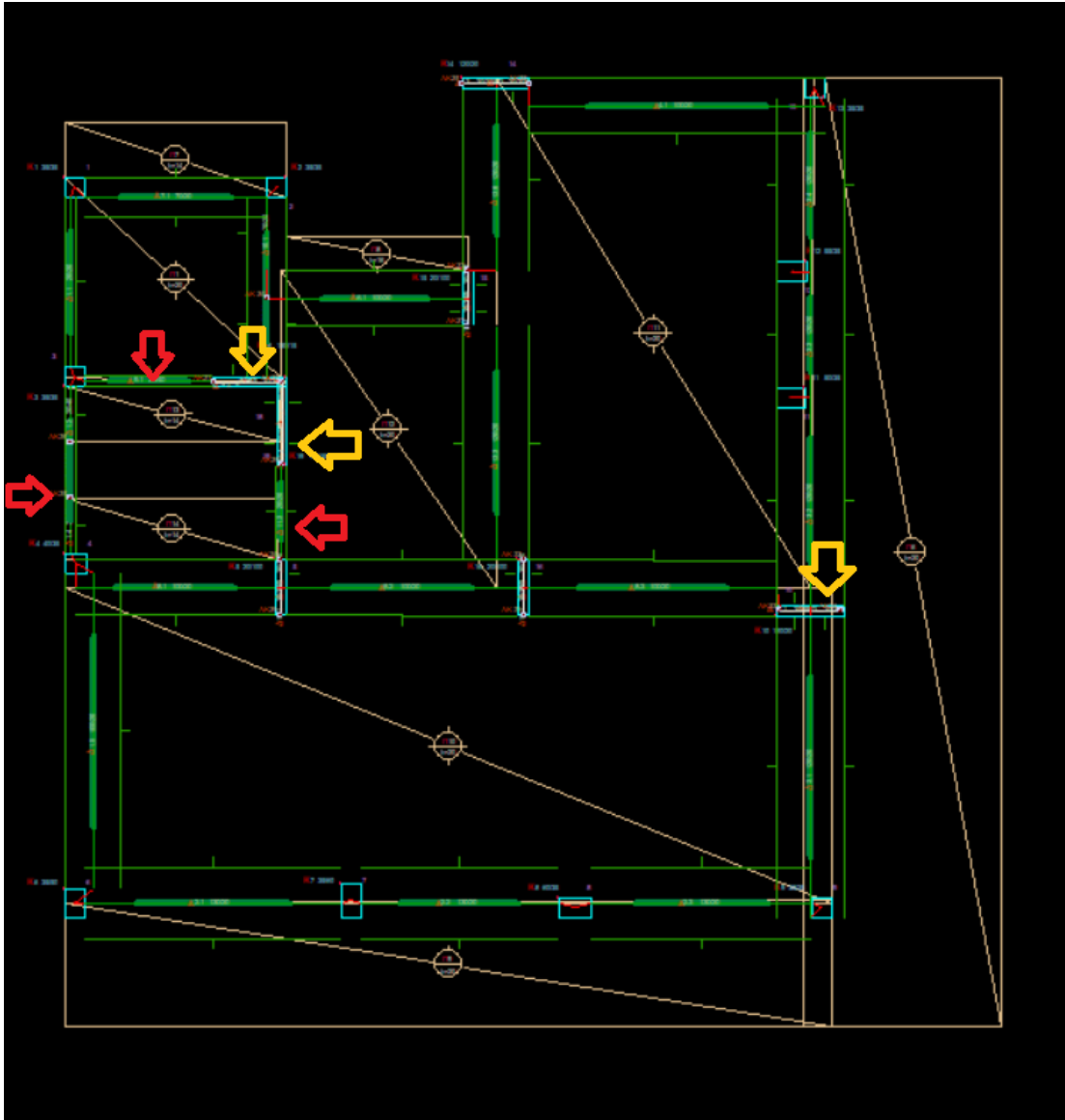
<a href="#">K4(0)</a> , κάτω, κ	0.37	0.27	0.41	γ:	0.28	0.36	0.67
<a href="#">K4(0)</a> , άνω, κ	0.29	0.16	0.18	z:	0.20	0.26	0.63
<a href="#">K4(1)</a> , κάτω, κ	0.40	0.21	0.27	γ:	0.31	0.41	0.68
<a href="#">K4(1)</a> , άνω, κ	0.39	0.21	0.29	z:	0.16	0.20	0.36
<a href="#">K4(2)</a> , κάτω, κ	0.39	0.18	0.18	γ:	0.30	0.40	0.64
<a href="#">K4(2)</a> , άνω, κ	0.41	0.19	0.24	z:	0.16	0.21	0.34
<a href="#">K4(3)</a> , κάτω, κ	0.35	0.14	0.15	γ:	0.28	0.35	0.56
<a href="#">K4(3)</a> , άνω, κ	0.40	0.17	0.20	z:	0.17	0.22	0.34
<a href="#">K4(4)</a> , κάτω, κ	0.25	0.11	0.13	γ:	0.18	0.24	0.43
<a href="#">K4(4)</a> , άνω, κ	0.23	0.12	0.16	z:	0.08	0.10	0.18
<a href="#">K5(0)</a> , κάτω, κ	0.51	0.47	0.81	sls:	-	-	0.34
<a href="#">K5(0)</a> , άνω, κ	0.24	0.24	0.40	z:	0.26	0.36	0.56
<a href="#">K5(1)</a> , κάτω, κ	0.36	0.33	0.49	sls:	-	-	-
<a href="#">K5(1)</a> , άνω, κ	0.32	0.29	0.44	z:	0.10	0.12	0.23
<a href="#">K5(2)</a> , κάτω, κ	0.29	0.25	0.37	sls:	-	-	-
<a href="#">K5(2)</a> , άνω, κ	0.33	0.29	0.42	z:	0.07	0.09	0.14
<a href="#">K5(3)</a> , κάτω, κ	0.22	0.18	0.27	sls:	-	-	-
<a href="#">K5(3)</a> , άνω, κ	0.27	0.21	0.31	z:	0.06	0.08	0.09
<a href="#">K5(4)</a> , κάτω, κ	0.14	0.12	0.17	sls:	-	-	-
<a href="#">K5(4)</a> , άνω, κ	0.13	0.11	0.15	z:	0.02	0.03	0.07
<a href="#">K6(0)</a> , κάτω, κ	0.40	0.33	0.51	γ:	0.21	0.26	0.46
<a href="#">K6(0)</a> , άνω, κ	0.25	0.15	0.20	z:	0.32	0.39	0.69
<a href="#">K6(1)</a> , κάτω, κ	0.37	0.28	0.35	γ:	0.24	0.29	0.45
<a href="#">K6(1)</a> , άνω, κ	0.35	0.24	0.31	z:	0.23	0.29	0.47
<a href="#">K6(2)</a> , κάτω, κ	0.31	0.19	0.22	γ:	0.24	0.29	0.46
<a href="#">K6(2)</a> , άνω, κ	0.34	0.24	0.30	z:	0.19	0.24	0.38
<a href="#">K6(3)</a> , κάτω, κ	0.27	0.10	0.09	γ:	0.23	0.28	0.41
<a href="#">K6(3)</a> , άνω, κ	0.35	0.24	0.27	z:	0.21	0.25	0.36
<a href="#">K6(4)</a> , κάτω, κ	0.13	0.10	0.09	γ:	0.09	0.11	0.18
<a href="#">K6(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.08	0.11	z:	0.10	0.13	0.21
<a href="#">K7(0)</a> , κάτω, κ	0.49	0.31	0.48	γ:	0.32	0.42	0.78
<a href="#">K7(0)</a> , άνω, κ	0.38	0.21	0.32	z:	0.18	0.25	0.59
<a href="#">K7(1)</a> , κάτω, κ	0.45	0.25	0.39	γ:	0.35	0.46	0.79
<a href="#">K7(1)</a> , άνω, κ	0.45	0.24	0.37	z:	0.04	0.06	0.13
<a href="#">K7(2)</a> , κάτω, κ	0.39	0.20	0.28	γ:	0.32	0.42	0.79
<a href="#">K7(2)</a> , άνω, κ	0.42	0.23	0.31	z:	0.03	0.04	0.07
<a href="#">K7(3)</a> , κάτω, κ	0.29	0.14	0.19	γ:	0.26	0.34	0.58
<a href="#">K7(3)</a> , άνω, κ	0.33	0.17	0.23	z:	0.02	0.02	0.04
<a href="#">K7(4)</a> , κάτω, κ	0.17	0.13	0.17	γ:	0.14	0.19	0.35
<a href="#">K7(4)</a> , άνω, κ	0.18	0.09	0.12	z:	0.05	0.07	0.12

<a href="#">K8(0)</a> , κάτω, κ	0.40	0.34	0.51	γ:	0.09	0.12	0.26
<a href="#">K8(0)</a> , άνω, κ	0.25	0.13	0.20	z:	0.31	0.42	0.80
<a href="#">K8(1)</a> , κάτω, κ	0.32	0.20	0.27	γ:	0.03	0.03	0.05
<a href="#">K8(1)</a> , άνω, κ	0.32	0.19	0.27	z:	0.28	0.37	0.71
<a href="#">K8(2)</a> , κάτω, κ	0.27	0.12	0.17	γ:	0.03	0.04	0.06
<a href="#">K8(2)</a> , άνω, κ	0.31	0.17	0.24	z:	0.27	0.35	0.67
<a href="#">K8(3)</a> , κάτω, κ	0.20	0.09	0.12	γ:	0.02	0.03	0.03
<a href="#">K8(3)</a> , άνω, κ	0.27	0.13	0.18	z:	0.23	0.30	0.54
<a href="#">K8(4)</a> , κάτω, κ	0.11	0.09	0.11	γ:	0.02	0.03	0.05
<a href="#">K8(4)</a> , άνω, κ	0.14	0.08	0.10	z:	0.10	0.14	0.24
<a href="#">K9(0)</a> , κάτω, κ	0.30	0.27	0.42	γ:	0.27	0.35	0.65
<a href="#">K9(0)</a> , άνω, κ	0.24	0.14	0.21	z:	0.16	0.21	0.34
<a href="#">K9(1)</a> , κάτω, κ	0.29	0.21	0.28	γ:	0.25	0.31	0.51
<a href="#">K9(1)</a> , άνω, κ	0.29	0.20	0.29	z:	0.15	0.20	0.30
<a href="#">K9(2)</a> , κάτω, κ	0.26	0.17	0.19	γ:	0.24	0.30	0.50
<a href="#">K9(2)</a> , άνω, κ	0.28	0.17	0.22	z:	0.16	0.20	0.31
<a href="#">K9(3)</a> , κάτω, κ	0.23	0.13	0.13	γ:	0.22	0.27	0.43
<a href="#">K9(3)</a> , άνω, κ	0.27	0.17	0.19	z:	0.17	0.20	0.29
<a href="#">K9(4)</a> , κάτω, κ	0.12	0.09	0.09	γ:	0.08	0.11	0.19
<a href="#">K9(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.09	0.11	z:	0.05	0.07	0.10
<a href="#">K10(0)</a> , κάτω, κ	0.52	0.49	<b>1.03!</b>	sls:	-	-	0.44
<a href="#">K10(0)</a> , άνω, κ	0.26	0.24	0.38	z:	0.35	0.47	0.76
<a href="#">K10(1)</a> , κάτω, κ	0.38	0.35	0.48	sls:	-	-	-
<a href="#">K10(1)</a> , άνω, κ	0.36	0.32	0.43	z:	0.19	0.24	0.46
<a href="#">K10(2)</a> , κάτω, κ	0.32	0.26	0.34	sls:	-	-	-
<a href="#">K10(2)</a> , άνω, κ	0.37	0.30	0.39	z:	0.15	0.19	0.30
<a href="#">K10(3)</a> , κάτω, κ	0.27	0.19	0.24	sls:	-	-	-
<a href="#">K10(3)</a> , άνω, κ	0.33	0.23	0.29	z:	0.12	0.14	0.21
<a href="#">K10(4)</a> , κάτω, κ	0.19	0.16	0.22	sls:	-	-	-
<a href="#">K10(4)</a> , άνω, κ	0.18	0.12	0.16	z:	0.05	0.06	0.11
<a href="#">K11(0)</a> , κάτω, κ	0.38	0.32	0.46	γ:	0.25	0.35	0.68
<a href="#">K11(0)</a> , άνω, κ	0.30	0.17	0.27	z:	0.18	0.23	0.46
<a href="#">K11(1)</a> , κάτω, κ	0.39	0.24	0.35	γ:	0.32	0.44	0.77
<a href="#">K11(1)</a> , άνω, κ	0.39	0.20	0.29	z:	0.08	0.10	0.15
<a href="#">K11(2)</a> , κάτω, κ	0.33	0.17	0.25	γ:	0.29	0.38	0.68
<a href="#">K11(2)</a> , άνω, κ	0.35	0.20	0.29	z:	0.05	0.06	0.09
<a href="#">K11(3)</a> , κάτω, κ	0.26	0.13	0.16	γ:	0.24	0.31	0.53
<a href="#">K11(3)</a> , άνω, κ	0.29	0.16	0.22	z:	0.07	0.08	0.10
<a href="#">K11(4)</a> , κάτω, κ	0.15	0.10	0.13	γ:	0.13	0.17	0.29
<a href="#">K11(4)</a> , άνω, κ	0.17	0.08	0.11	z:	0.05	0.06	0.10



<a href="#">K12(0)</a> , κάτω, κ	0.44	0.31	0.43	γ:	0.29	0.41	0.74
<a href="#">K12(0)</a> , άνω, κ	0.34	0.22	0.34	z:	0.18	0.23	0.48
<a href="#">K12(1)</a> , κάτω, κ	0.43	0.26	0.37	γ:	0.34	0.48	0.80
<a href="#">K12(1)</a> , άνω, κ	0.42	0.23	0.34	z:	0.08	0.10	0.14
<a href="#">K12(2)</a> , κάτω, κ	0.36	0.19	0.26	γ:	0.31	0.43	0.78
<a href="#">K12(2)</a> , άνω, κ	0.39	0.22	0.30	z:	0.07	0.08	0.14
<a href="#">K12(3)</a> , κάτω, κ	0.27	0.14	0.20	γ:	0.24	0.32	0.58
<a href="#">K12(3)</a> , άνω, κ	0.31	0.18	0.24	z:	0.06	0.06	0.07
<a href="#">K12(4)</a> , κάτω, κ	0.16	0.11	0.13	γ:	0.14	0.19	0.33
<a href="#">K12(4)</a> , άνω, κ	0.17	0.09	0.11	z:	0.04	0.05	0.09
<a href="#">K13(0)</a> , κάτω, κ	0.37	0.30	0.48	γ:	0.24	0.31	0.59
<a href="#">K13(0)</a> , άνω, κ	0.28	0.16	0.30	z:	0.23	0.31	0.60
<a href="#">K13(1)</a> , κάτω, κ	0.38	0.32	0.44	γ:	0.23	0.28	0.50
<a href="#">K13(1)</a> , άνω, κ	0.38	0.28	0.41	z:	0.25	0.32	0.57
<a href="#">K13(2)</a> , κάτω, κ	0.36	0.26	0.33	γ:	0.24	0.30	0.51
<a href="#">K13(2)</a> , άνω, κ	0.38	0.29	0.38	z:	0.24	0.32	0.52
<a href="#">K13(3)</a> , κάτω, κ	0.28	0.16	0.19	γ:	0.19	0.23	0.38
<a href="#">K13(3)</a> , άνω, κ	0.32	0.23	0.27	z:	0.21	0.27	0.44
<a href="#">K13(4)</a> , κάτω, κ	0.17	0.09	0.09	γ:	0.13	0.16	0.30
<a href="#">K13(4)</a> , άνω, κ	0.16	0.11	0.15	z:	0.09	0.12	0.21
<a href="#">K14(0)</a> , κάτω, κ	0.54	0.45	0.86	sls:	-	-	0.37
<a href="#">K14(0)</a> , άνω, κ	0.39	0.36	0.54	z:	0.33	0.42	0.65
<a href="#">K14(1)</a> , κάτω, κ	0.47	0.44	0.70	sls:	-	-	0.22
<a href="#">K14(1)</a> , άνω, κ	0.43	0.37	0.53	z:	0.24	0.31	0.58
<a href="#">K14(2)</a> , κάτω, κ	0.40	0.33	0.45	sls:	-	-	0.18
<a href="#">K14(2)</a> , άνω, κ	0.42	0.35	0.50	z:	0.16	0.20	0.34
<a href="#">K14(3)</a> , κάτω, κ	0.37	0.28	0.35	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(3)</a> , άνω, κ	0.37	0.26	0.36	z:	0.14	0.16	0.26
<a href="#">K14(4)</a> , κάτω, κ	0.28	0.19	0.23	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(4)</a> , άνω, κ	0.24	0.17	0.21	z:	0.04	0.04	0.05
<a href="#">K15(0)</a> , κάτω, κ	0.42	0.46	0.90	sls:	-	-	0.51
<a href="#">K15(0)</a> , άνω, κ	0.31	0.28	0.32	z:	0.30	0.42	0.83
<a href="#">K15(1)</a> , κάτω, κ	0.55	0.46	0.63	sls:	-	-	0.55
<a href="#">K15(1)</a> , άνω, κ	0.52	0.40	0.51	z:	0.28	0.40	0.77
<a href="#">K15(2)</a> , κάτω, κ	0.45	0.32	0.32	sls:	-	-	-
<a href="#">K15(2)</a> , άνω, κ	0.53	0.43	0.54	z:	0.24	0.34	0.61
<a href="#">K15(3)</a> , κάτω, κ	0.42	0.25	0.23	sls:	-	-	-
<a href="#">K15(3)</a> , άνω, κ	0.54	0.39	0.44	z:	0.20	0.27	0.49
<a href="#">K15(4)</a> , κάτω, κ	0.30	0.21	0.19	sls:	-	-	-
<a href="#">K15(4)</a> , άνω, κ	0.22	0.18	0.22	z:	0.14	0.19	0.32
<a href="#">K16(0)</a> , κάτω, κ	0.36	0.41	0.71	sls:	-	-	0.40
<a href="#">K16(0)</a> , άνω, κ	0.30	0.28	0.45	z:	0.23	0.30	0.61
<a href="#">K16(1)</a> , κάτω, κ	0.41	0.36	0.53	sls:	-	-	0.11
<a href="#">K16(1)</a> , άνω, κ	0.40	0.37	0.55	z:	0.19	0.26	0.53
<a href="#">K16(2)</a> , κάτω, κ	0.38	0.33	0.43	sls:	-	-	0.08
<a href="#">K16(2)</a> , άνω, κ	0.39	0.33	0.46	z:	0.17	0.23	0.39
<a href="#">K16(3)</a> , κάτω, κ	0.31	0.24	0.30	sls:	-	-	-
<a href="#">K16(3)</a> , άνω, κ	0.33	0.25	0.32	z:	0.14	0.18	0.32
<a href="#">K16(4)</a> , κάτω, κ	0.21	0.16	0.20	sls:	-	-	-
<a href="#">K16(4)</a> , άνω, κ	0.21	0.15	0.21	z:	0.06	0.08	0.14
<a href="#">K18(0)</a> , κάτω, κ	0.72	0.45	<b>1.08!</b>	sls:	-	-	0.49
<a href="#">K18(0)</a> , άνω, κ	0.52	0.24	0.97	z:	0.38	0.51	0.67
<a href="#">K18(1)</a> , κάτω, κ	0.56	0.38	0.66	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(1)</a> , άνω, κ	0.51	0.33	0.73	z:	0.39	0.54	0.80
<a href="#">K18(2)</a> , κάτω, κ	0.27	0.28	0.45	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(2)</a> , άνω, κ	0.32	0.31	0.38	z:	0.28	0.37	0.83
<a href="#">K18(3)</a> , κάτω, κ	0.13	0.13	0.21	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(3)</a> , άνω, κ	0.23	0.21	0.29	z:	0.15	0.18	0.27
<a href="#">K18(4)</a> , κάτω, κ	0.23	0.16	0.26	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(4)</a> , άνω, κ	0.23	0.13	0.21	z:	0.15	0.19	0.35
<a href="#">K19(0)</a> , κάτω, κ	0.86	0.51	<b>1.03!</b>	sls:	-	-	0.53
<a href="#">K19(0)</a> , άνω, κ	0.35	0.21	<b>1.10!</b>	z:	0.38	0.51	0.72
<a href="#">K19(1)</a> , κάτω, κ	0.56	0.39	0.75	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(1)</a> , άνω, κ	0.51	0.32	0.60	z:	0.41	0.58	0.84
<a href="#">K19(2)</a> , κάτω, κ	0.22	0.22	0.34	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(2)</a> , άνω, κ	0.27	0.25	0.40	z:	0.25	0.35	0.84
<a href="#">K19(3)</a> , κάτω, κ	0.10	0.08	0.14	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(3)</a> , άνω, κ	0.17	0.15	0.23	z:	0.09	0.13	0.26
<a href="#">K19(4)</a> , κάτω, κ	0.22	0.18	0.26	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(4)</a> , άνω, κ	0.16	0.13	0.20	z:	0.18	0.24	0.44

Πίνακας 7.2 Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων υφιστάμενης κατασκευής

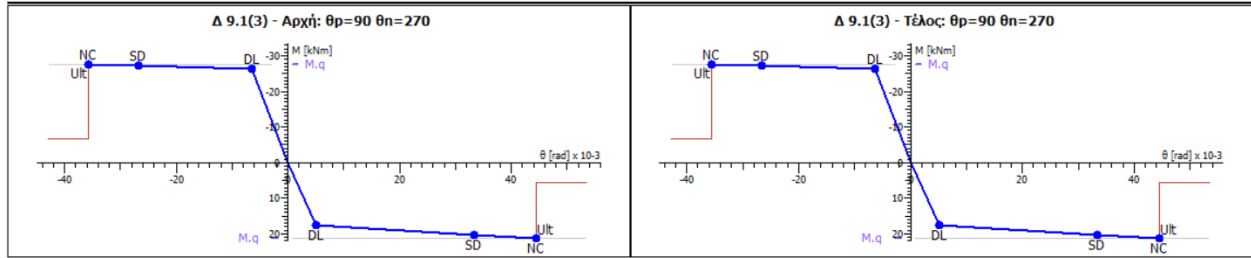


Εικόνα 7.18 Στοιχεία που αστοχούν.

Όπως παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα, και σε αυτή την περίπτωση θα υπάρχουν κάποιες αστοχίες, οι οποίες εντοπίζονται μόνο στην στάθμη επιτελεστικότητας NC και θα είναι καμπτικού χαρακτήρα.

Εκτός από τους παραπάνω συγκεντρωτικούς πίνακες, μέσω του fespa μπορούμε να εξάγουμε και τα διαγράμματα αντοχής για κάθε δοκό και κάθε υποστύλωμα της κατασκευής. Ενδεικτικά παραθέτω τα διαγράμματα καθώς και τους αντίστοιχους πίνακες για μία τυχαία δοκό και ένα τυχαίο υποστύλωμα του κτιρίου.

Καμπύλες Αντοχής



Πίνακες M-θ

Θέση [l]	Γωνία [deg]	Γενικά στοιχεία		Ροπή [kNm]			Γωνία Στροφής Χορδής [rad]				
		EL <sub>cr</sub> /EL <sub>nom</sub>	μθ	Μέθ. q	DL	SD	NC	DL	SD	NC	Ult
Αρχή	90 (Mz+)	3,3%	8,72	21,0	17,4	20,0	21,0	5,09E-03	3,33E-02	4,44E-02	4,44E-02
Αρχή	270 (Mz-)	4,0%	5,48	-27,8	-26,5	-27,4	-27,8	-6,49E-03	-2,67E-02	-3,56E-02	-3,56E-02
Τέλος	90 (Mz+)	3,3%	8,72	21,0	17,4	20,0	21,0	5,09E-03	3,33E-02	4,44E-02	4,44E-02
Τέλος	270 (Mz-)	4,0%	5,48	-27,8	-26,5	-27,4	-27,8	-6,49E-03	-2,67E-02	-3,56E-02	-3,56E-02

\* ==> Nd= 0,00[kN]

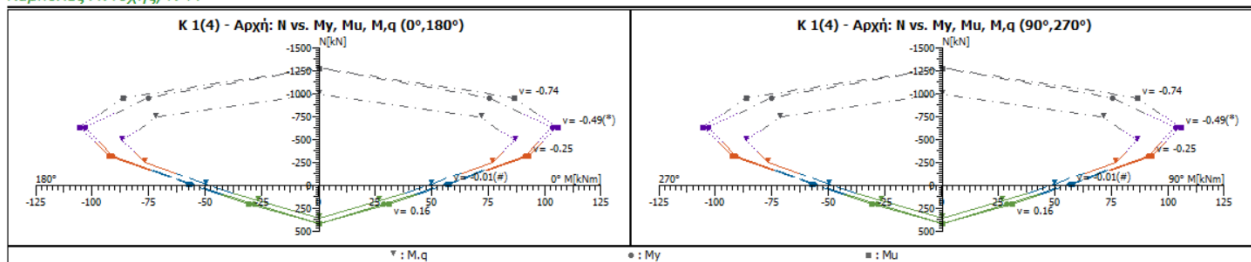
Διατμητική Αντοχή

Θέση [l]	N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		FRP VRf/v VRc [kN]
			VR [kN]	VR [kN]	VR [kN]	VR [kN]	
Αρχή	0,0	34,0	188,7	188,7	4,48	146,4	-
Τέλος	0,0	34,0	188,7	188,7	4,48	146,4	-

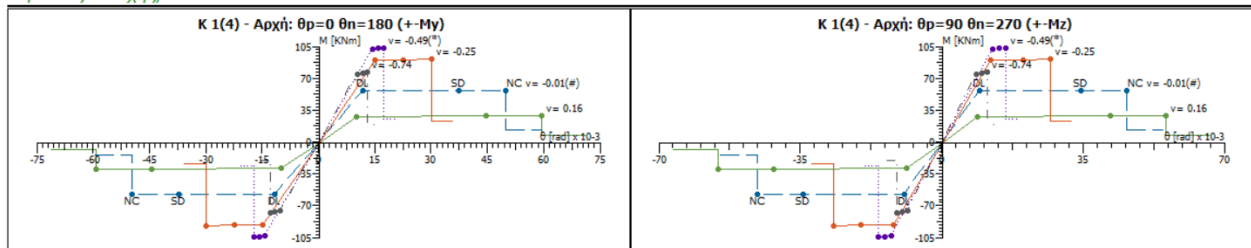
Εικόνα 7.19 Διάγραμμα αντοχής δοκού 9.1 στάθμη 3

Στην εικόνα 7.15 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 κλήσης 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. Κάτι τέτοιο είναι απόλυτα λογικό, αφού η δοκός είναι διαφορετικά οπλισμένη στην άνω και στην κάτω ίνα της.

Καμπύλες Αντοχής, N-M



Καμπύλες Αντοχής, M-θ



Γωνία [deg]	Γενικά στοιχεία				Ροπή [kNm]			Γωνία Στροφής Χορδής [rad]			Μέθοδος q	
	N [kN]	EL <sub>z</sub> /EL <sub>max</sub>	μθ	DL	SD	NC	DL	SD	NC	N [kN]	M [kNm]	
0	203,76	6,0%	6,00	28,86	29,71	30,08	9,87E-03	4,44E-02	5,92E-02	176,44	26,67	
	-11,36(#)	10,0%	4,25	56,73	57,03	57,18	1,17E-02	3,72E-02	4,96E-02	-11,36(#)	49,78	
	-318,69	12,5%	1,99	91,26	91,55	91,85	1,50E-02	2,24E-02	2,99E-02	-248,53	76,75	
	-626,02(*)	14,9%	1,21	103,65	103,88	104,11	1,43E-02	1,58E-02	1,73E-02	-485,70(*)	86,91	
	-954,85	15,0%	1,24	75,36	76,58	77,80	1,04E-02	1,16E-02	1,28E-02	-739,08	71,95	
90	203,76	4,6%	6,33	28,85	29,72	30,08	8,79E-03	4,17E-02	5,56E-02	176,44	26,69	
	-11,36(#)	8,4%	4,88	56,73	57,04	57,19	9,42E-03	3,45E-02	4,59E-02	-11,36(#)	49,78	
	-318,69	10,7%	2,25	91,26	91,60	91,88	1,19E-02	2,02E-02	2,69E-02	-248,53	76,76	
	-626,02(*)	11,5%	1,25	103,70	103,95	104,20	1,26E-02	1,42E-02	1,58E-02	-485,70(*)	86,82	
	-954,85	12,5%	1,34	75,39	76,89	78,39	8,42E-03	9,87E-03	1,13E-02	-739,08	71,88	
180	203,76	6,0%	6,00	-28,86	-29,71	-30,08	-9,87E-03	-4,44E-02	-5,92E-02	176,44	-26,67	
	-11,36(#)	10,0%	4,25	-56,73	-57,03	-57,18	-1,17E-02	-3,72E-02	-4,96E-02	-11,36(#)	-49,78	
	-318,69	12,5%	1,99	-91,26	-91,55	-91,85	-1,50E-02	-2,24E-02	-2,99E-02	-248,53	-76,75	
	-626,02(*)	14,9%	1,21	-103,65	-103,88	-104,11	-1,43E-02	-1,58E-02	-1,73E-02	-485,70(*)	-86,91	
	-954,85	15,0%	1,24	-75,36	-76,58	-77,80	-1,04E-02	-1,16E-02	-1,28E-02	-739,08	-71,95	
270	203,76	4,6%	6,33	-28,85	-29,72	-30,08	-8,79E-03	-4,17E-02	-5,56E-02	176,44	-26,69	
	-11,36(#)	8,4%	4,88	-56,72	-57,04	-57,19	-9,42E-03	-3,45E-02	-4,59E-02	-11,36(#)	-49,78	
	-318,69	10,7%	2,25	-91,26	-91,60	-91,88	-1,19E-02	-2,02E-02	-2,69E-02	-248,53	-76,76	
	-626,02(*)	11,5%	1,25	-103,70	-103,95	-104,20	-1,26E-02	-1,42E-02	-1,58E-02	-485,70(*)	-86,82	
	-954,85	12,5%	1,34	-75,39	-76,89	-78,39	-8,42E-03	-9,87E-03	-1,13E-02	-739,08	-71,88	

(#)=> Αξονική από τα οισιεί μόνιμο φορτία [φόρτιση {G + ψ2\*Q}] (\*)=> balance point

Διαμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή			Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μ.δ.ρ. [/]	VR [kN]	VRmax [kN]	
203,76	13,2	48,3	104,0	9,20	36,2	93,6	
-11,36(#)	40,4	49,0	105,9	6,23	36,9	95,3	
-318,69	62,8	66,7	157,4	2,39	60,9	149,9	
-626,02(*)	62,8	81,0	209,0	1,05	78,5	204,6	
-954,85	62,8	81,0	264,2	1,10	78,4	258,3	

Διαμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Y

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή			Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	μ.δ.ρ. [/]	VR [kN]	VRmax [kN]	
203,76	13,2	51,0	104,0	9,76	38,2	93,6	
-11,36(#)	40,4	51,9	105,9	7,29	39,2	95,3	
-318,69	62,8	78,0	157,4	2,83	70,8	148,5	
-626,02(*)	62,8	99,1	209,0	1,13	96,2	204,3	
-954,85	62,8	99,1	264,2	1,29	95,8	257,4	

Εικόνα 7.20 Διαγράμματα αντοχής κολώνας 1 στάθμη 4

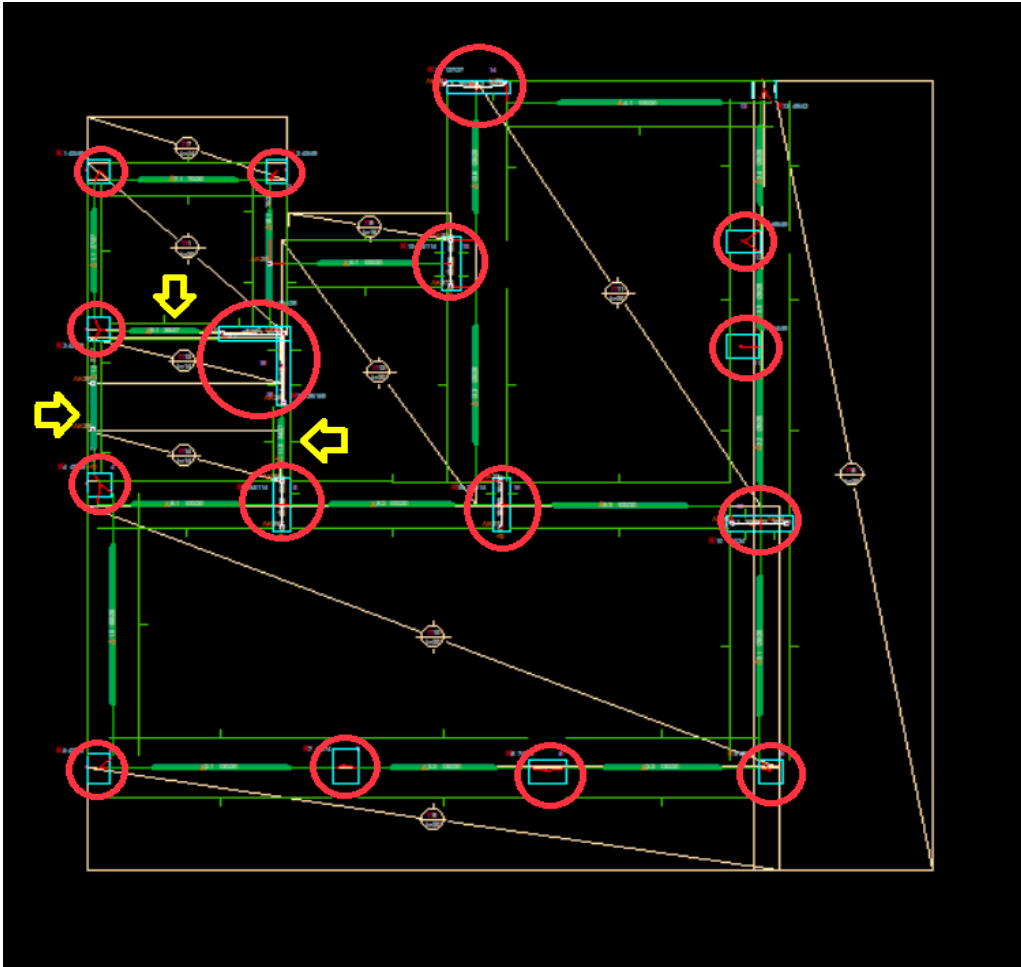
Στην εικόνα 7.16 υπάρχουν τα διαγράμματα αντοχής που αφορούν ένα υποστυλώμα. Στην περίπτωση των υποστυλωμάτων εκτός από τα διαγράμματα ροπής - γωνίας, υπάρχουν και τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης. Στα διαγράμματα αυτά απεικονίζεται η αντοχή του υποστυλώματος κατά την ταυτόχρονη καταπόνηση σε αξονικό φορτίο και καμπτική ροπή σε διάφορους συνδυασμούς αυτών των δύο.

## 7.8 Ανασχεδιασμός και ενίσχυση κτιρίου

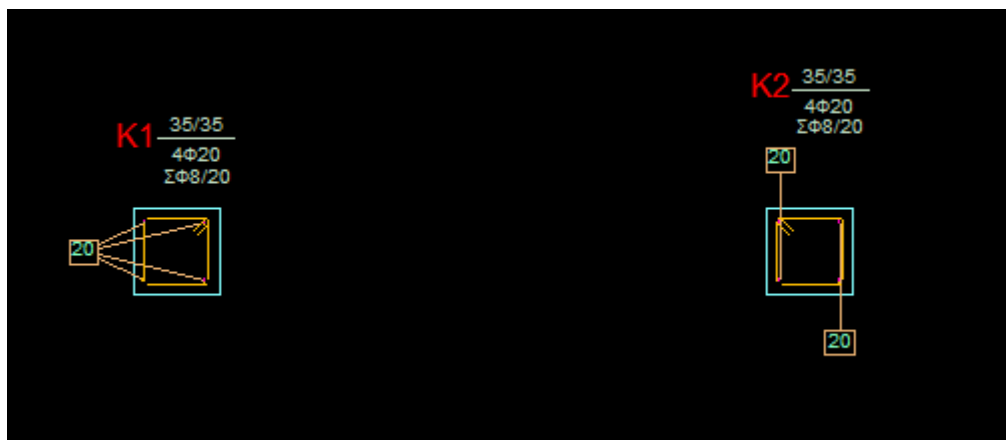
Βλέποντας τους παραπάνω πίνακες, συμπεραίνουμε πως το κτίριο έχει κάποιες τοπικές αδυναμίες αντοχής, οι οποίες φάνηκαν στους πίνακες, τον λόγο ανεπάρκειας, αλλά παράλληλα υπάρχει και συνολική αδυναμία δυσκαμψίας, η οποία φάνηκε στα διαγράμματα απαίτησης - ικανότητας. Για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων έγινε η αξιολόγηση των διαθέσιμων επιλογών επέμβασης, αλλά και των κατασκευαστικών περιορισμών που υπάρχουν. Έτσι αποκλείστηκε η επιλογή των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας για αρχιτεκτονικούς, αλλά και κατασκευαστικούς λόγους, καθώς θα έπρεπε να κλείσουν ανοίγματα ή να παρεμποδιστούν τοιχοπληρώσεις. Ακόμα απορρίφθηκε η επιλογή κατασκευής νέων υποστυλωμάτων με σκοπό την μείωση των ανοιγμάτων, καθώς θεωρήθηκε μια εξαιρετικά δαπανηρή επιλογή για ένα κτίριο πέντε ορόφων. Μία ακόμα λύση θα μπορούσε να είναι η μετατροπή υποστυλωμάτων σε τοιχία, η

οποία θα αύξανε την δυσκαμψία, αλλά και την αντοχή του κτιρίου, όμως και με αυτόν τον τρόπο θα υπήρχε πολύ μεγάλη όχληση για ένα κτίριο κατοικιών. Τέλος εξετάστηκε η επιλογή των FRPs, η οποία συγκέντρωνε διάφορα πλεονεκτήματα όπως αμελητέα αισθητική παρέμβαση, αύξηση της πλαστιμότητας και αντοχής έναντι τέμνουσας. Όμως η στρατηγική που κατάφερε να συγκεράσει τους περιορισμούς και τους στόχους της ενίσχυσης ήταν η επέμβαση με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται ταυτόχρονα η αντοχή έναντι κάμψης (υπάρχουν ελλείμματα όπως είδαμε και στους λόγους επάρκειας), η δυσκαμψία (είδαμε στα διαγράμματα απαίτησης - ικανότητας ότι πρόκειται για εύκαμπτο κτίριο) και η πλαστιμότητα, ενώ παράλληλα είναι μια ευρέως διαδεδομένη τεχνική και δημιουργεί μικρότερη όχληση στην χρήση του κτιρίου συγκριτικά με κάποιες άλλες επιλογές.

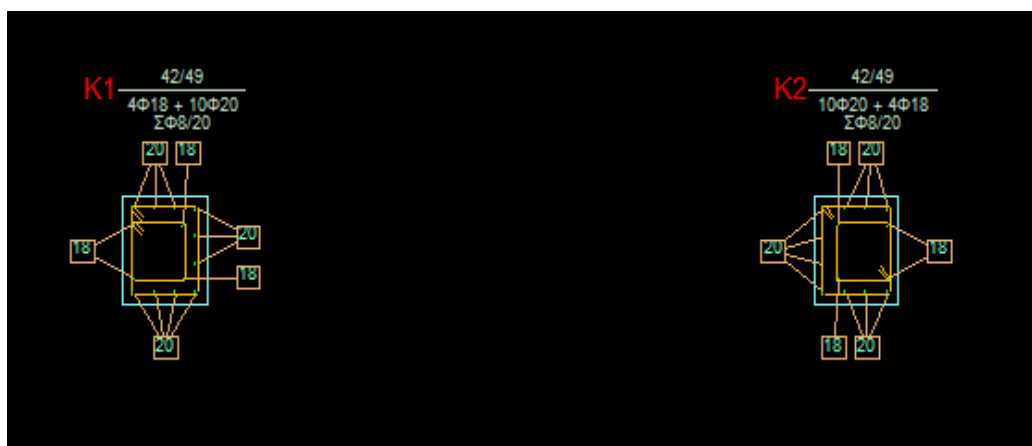
Στην συνέχεια η στρατηγική που ακολουθήσαμε ήταν να ενισχύσουμε τα δοκάρια που παρουσίασαν λόγο ανεπάρκειας μεγαλύτερο του 1, ώστε να μην αστοχούν και να γίνει και ενίσχυση όλων των υποστυλωμάτων κάτι που θα βελτίωνε την δυσκαμψία, αλλά και γενικότερα την ομοιόμορφη συμπεριφορά του κτιρίου. Έτσι ο μανδύας που χρησιμοποιήθηκε είχε πάχος 10cm σε όλα τα στοιχεία (αν αφαιρέσουμε τα 3cm επικάλυψης που αφαιρείται για την εφαρμογή τότε το στοιχείο αυξάνει το πάχος κατά 7cm σε κάθε πλευρά). Στα δοκάρια η αύξηση του πάχους γίνεται κατά πλάτος και στις δύο πλευρές και καθ' ύψος μόνο στην κάτω ίνα (κρέμαση) καθώς αν αυξηθεί το πάχος της άνω ίνας, θα υπάρξει πρόβλημα στην χρήση του υπερκείμενου ορόφου. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση είναι σκυρόδεμα C25/30 και χάλυβας B500c. Παρακάτω υπάρχουν εικόνες των διατομών των υποστυλωμάτων πριν και μετά την επέμβαση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.



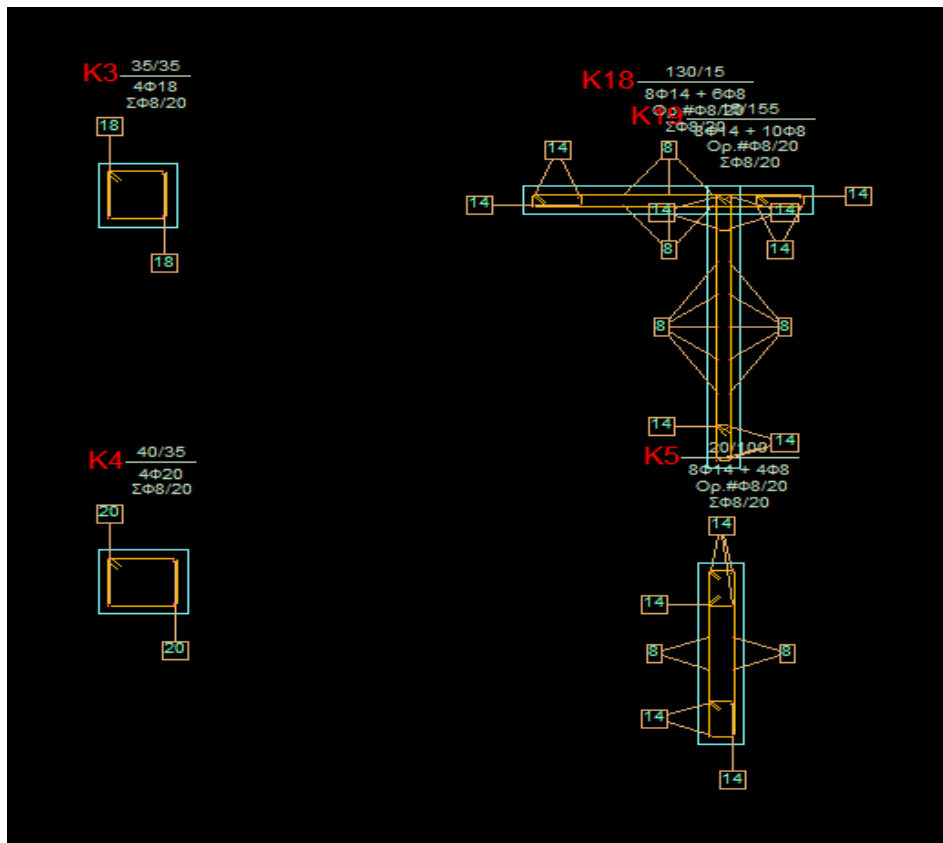
Εικόνα 7.21 Μέλη που ενισχύθηκαν.



Εικόνα 7.22 Κολώνες K1,K2 υφιστάμενου κτιρίου

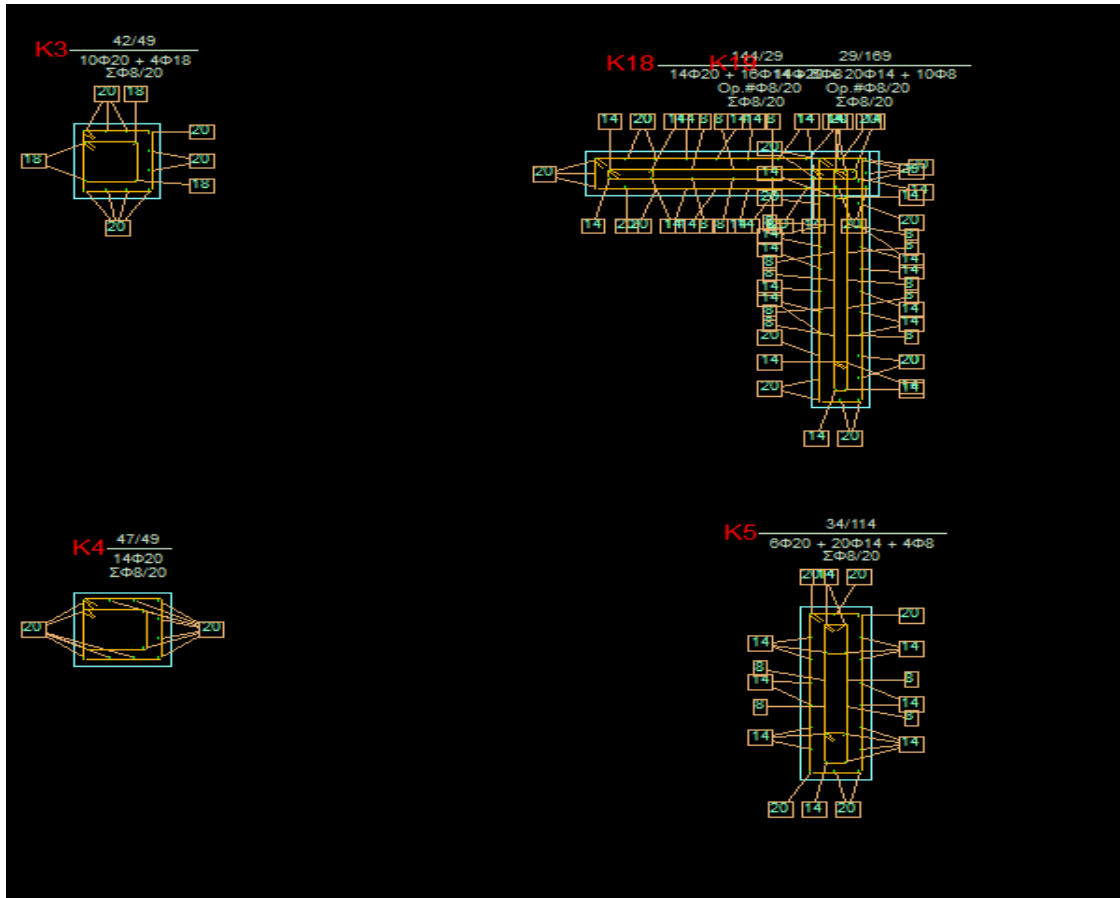


Εικόνα 7.23 Ενισχυμένες κολώνες K1,K2

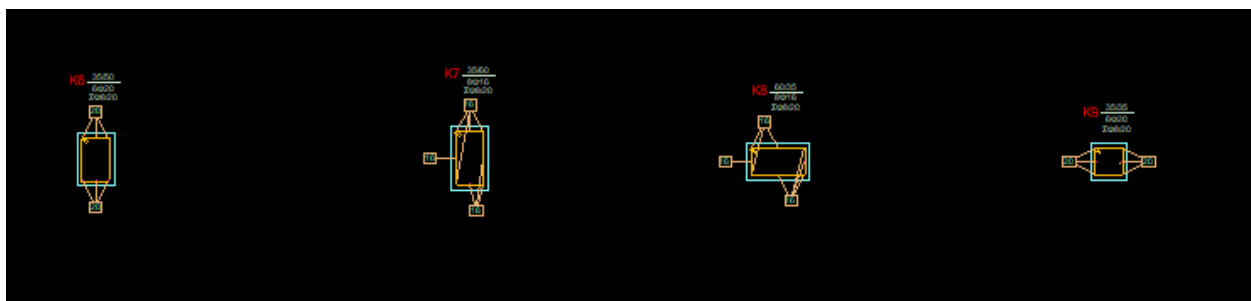


Εικόνα 7.24 Κολώνες K3,K4,K5,K18,K19 υφιστάμενου κτιρίου





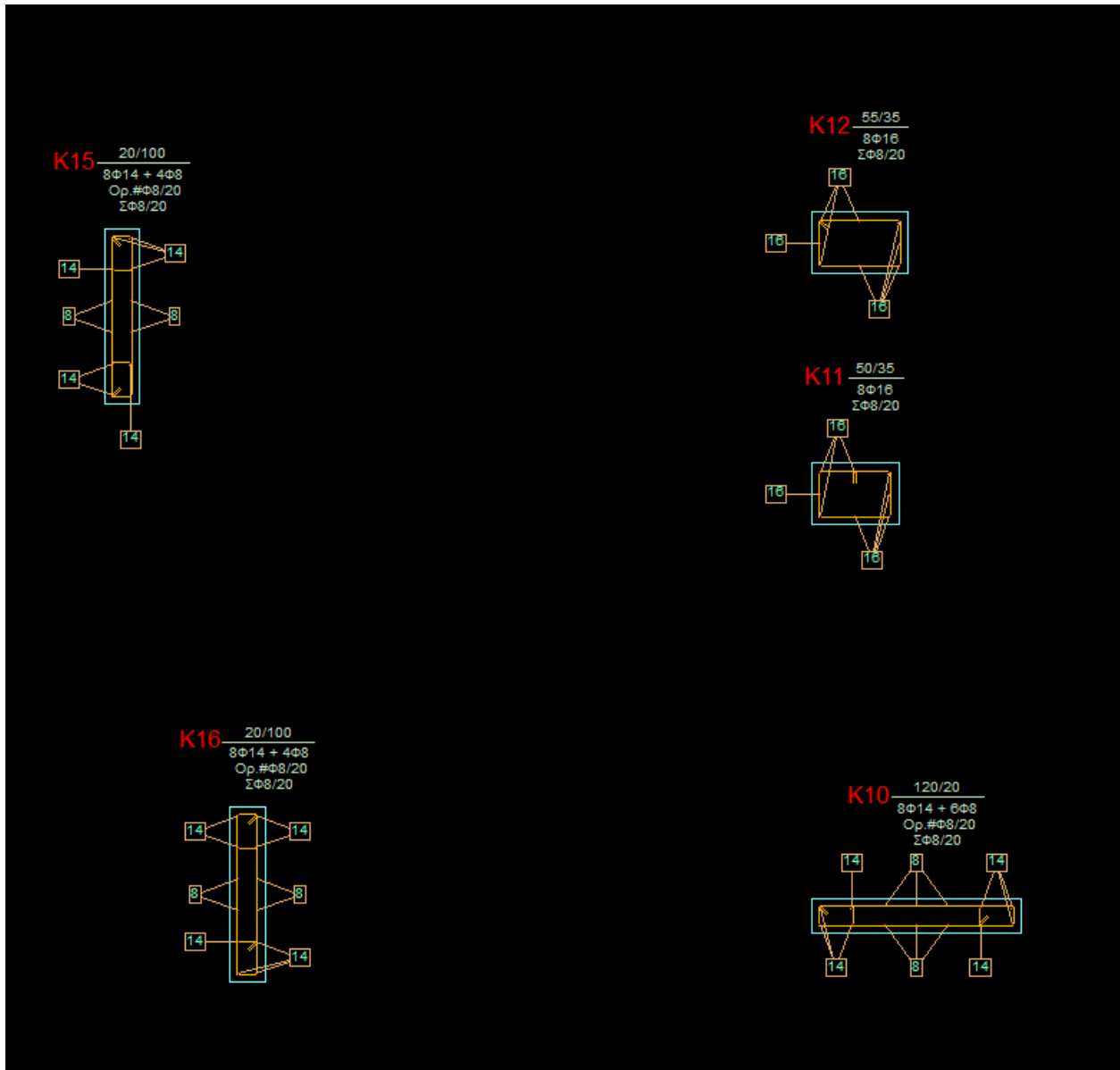
Εικόνα 7.25 Ενισχυμένες κολώνες K3,K4,K5,K18,K19



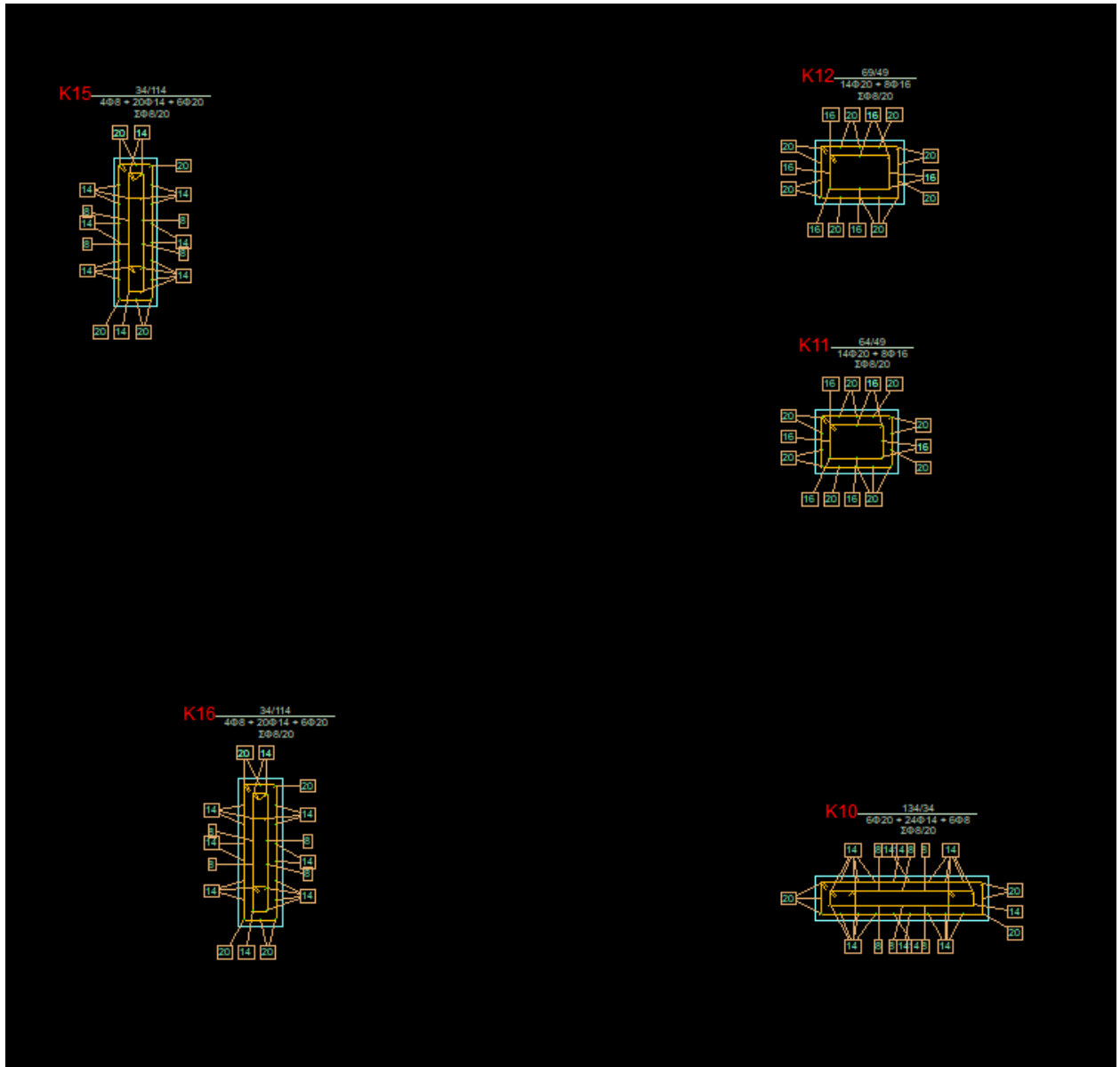
Εικόνα 7.26 Κολώνες K6,K7,K8,K9 υφιστάμενου κτιρίου



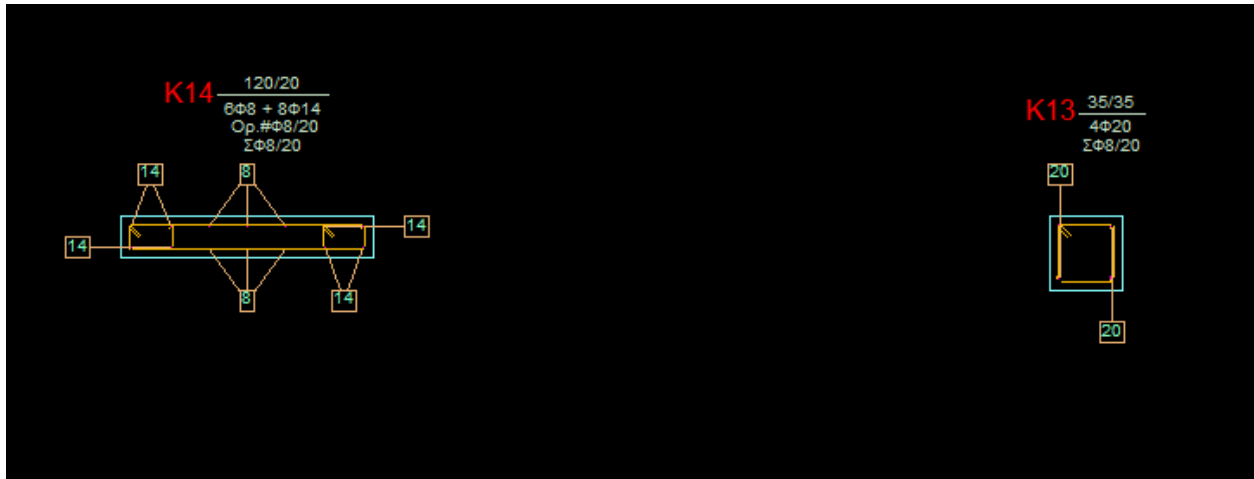
Εικόνα 7.27 Ενισχυμένες κολώνες K6,K7,K8,K9



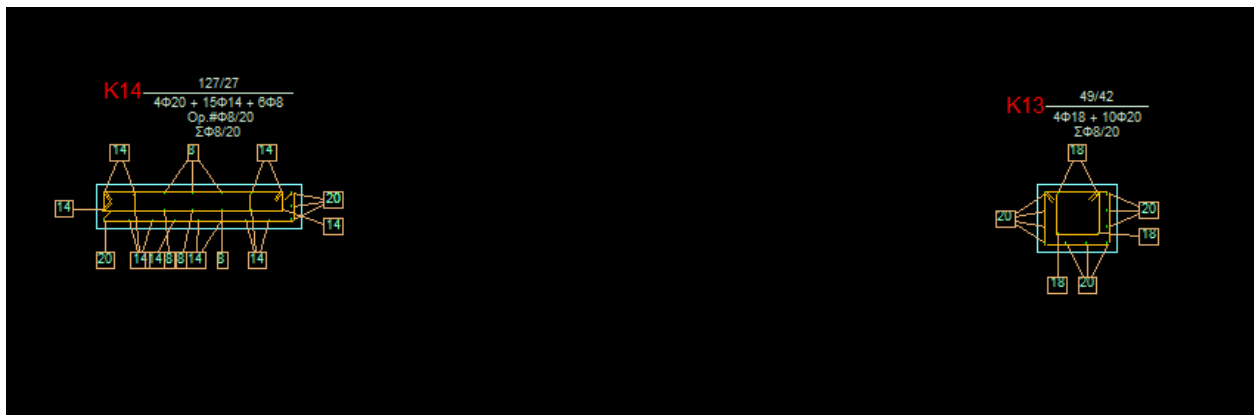
Εικόνα 7.28 Κολώνες K10,K11,K12,K15,K16 υφιστάμενου κτιρίου



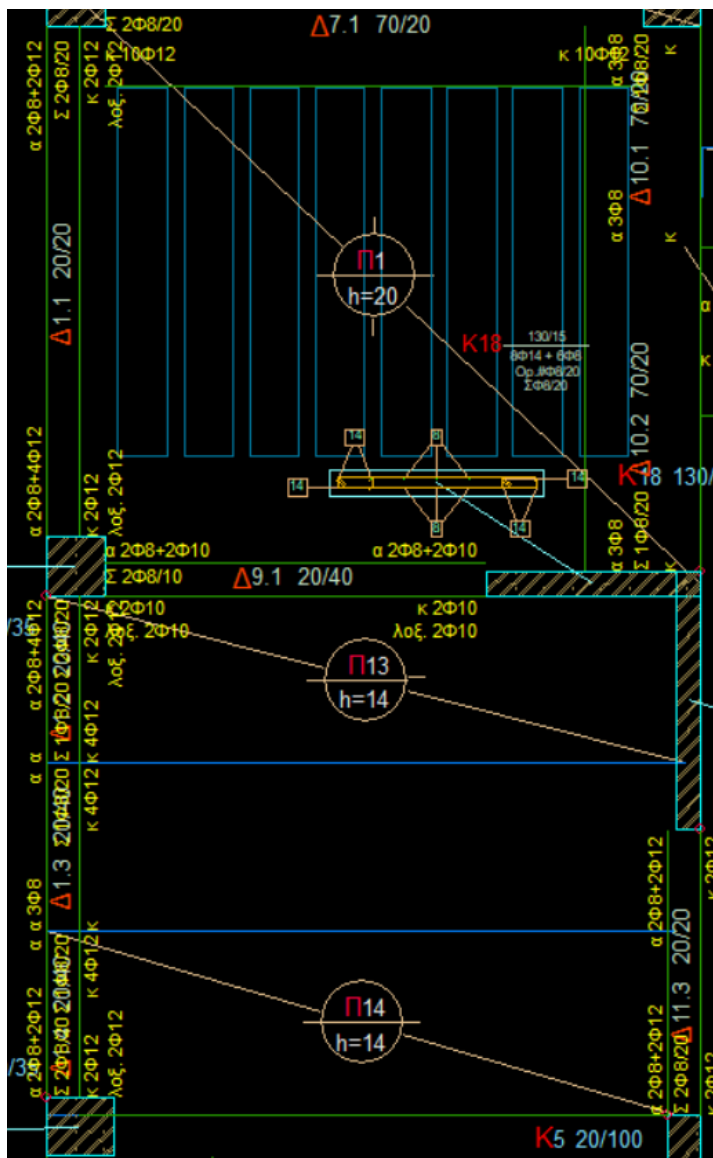
Εικόνα 7.29 Ενισχυμένες κολώνες K10,K11,K12,K15,K15



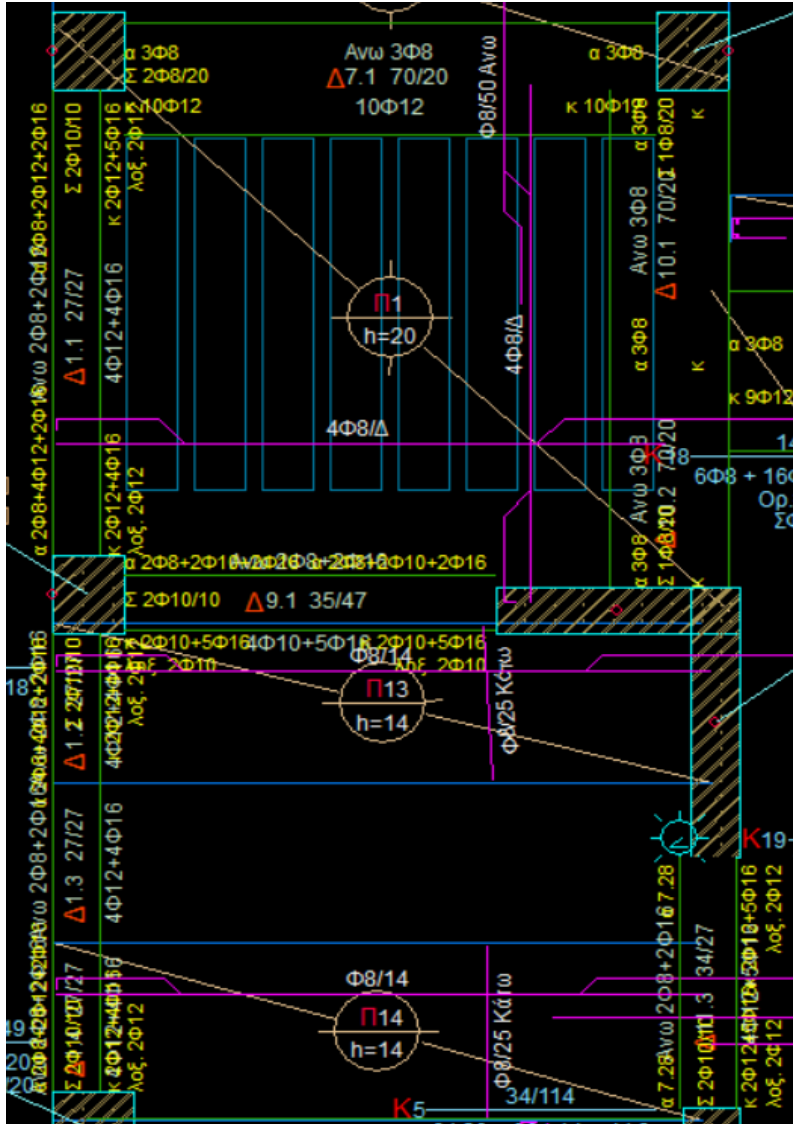
Εικόνα 7.30 Κολώνες K13,K14 υφιστάμενου κτιρίου



Εικόνα 7.31 Ενισχυμένες κολώνες K13,K14



Εικόνα 7.32 Τα υφιστάμενα δοκάρια πριν την ενίσχυση



Εικόνα 7.33 Τα νέα ενισχυμένα δοκάρια

Αφού έγιναν οι παραπάνω ενισχύσεις των μελών στην κατασκευή, θα πρέπει να επανελεγχθεί και να ανταποκρίνεται στις στάθμες επιτελεστικότητας που υπαγορεύει ο κανονισμός. Για τον λόγο αυτό έγινε αρχικά μία push over ανάλυση και στην συνέχεια χρειάστηκε να γίνει και μία ακόμα ελαστική δυναμική ανάλυση χρονοιστορίας. Ο λόγος που μας οδήγησε σε αυτό είναι το γεγονός πως μετά από τον έλεγχο επιρροής ανώτερων ιδιομορφών που επιβάλλει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ§5.7.2 βρέθηκαν λόγοι  $V_{90\%}/V_1 > 1.3$  και έτσι χρειάστηκε και συμπληρωματική ανάλυση.

Κατεύθυνση X

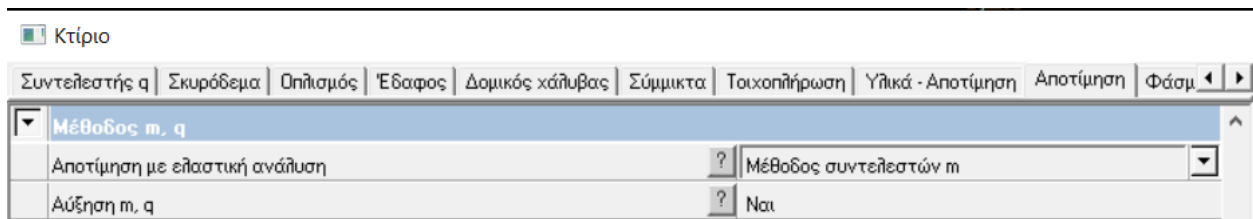
Όροφος i	Υψόμετρο	Vi για ιδιομορφές με ΣM>90% [kN]	Vi της δεσπόζουσας ιδιομορφής [kN]	Λόγος V90%/V1		Όριο
[/]	[m]			[/]	[/]	[/]
6	18.00	0.15319E+03	0.10576E+03	1.45	>	1.3
5	15.00	0.71115E+03	0.57594E+03	1.23	<	1.3
4	12.00	0.10433E+04	0.97198E+03	1.07	<	1.3
3	9.00	0.12695E+04	0.12691E+04	1.00	<	1.3
2	6.00	0.14948E+04	0.14478E+04	1.03	<	1.3
1	3.00	0.16195E+04	0.15155E+04	1.07	<	1.3

Κατεύθυνση Z

Όροφος i	Υψόμετρο	Vi για ιδιομορφές με ΣM>90% [kN]	Vi της δεσπόζουσας ιδιομορφής [kN]	Λόγος V90%/V1		Όριο
[/]	[m]			[/]	[/]	[/]
6	18.00	0.15539E+03	0.11350E+03	1.37	>	1.3
5	15.00	0.74661E+03	0.62133E+03	1.20	<	1.3
4	12.00	0.11194E+04	0.10504E+04	1.07	<	1.3
3	9.00	0.13753E+04	0.13745E+04	1.00	<	1.3
2	6.00	0.16128E+04	0.15717E+04	1.03	<	1.3
1	3.00	0.17431E+04	0.16482E+04	1.06	<	1.3

Εικόνα 7.34 Πίνακας ελέγχου επιρροής ανώτερων ιδιομορφών

Για την ελαστική ανάλυση χρονοιστορίας χρησιμοποιήθηκε συντελεστής m. Λόγω του ότι η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συνδυαστικά με την ανάλυση pushover, έχουμε την δυνατότητα να κάνουμε αύξηση του συντελεστή m. Ακόμα δώσαμε την εντολή στο FESPA να κάνει την ανάλυση χρονοιστορίας με 7 σεισμούς διάρκειας 20sec ο κάθε ένας.

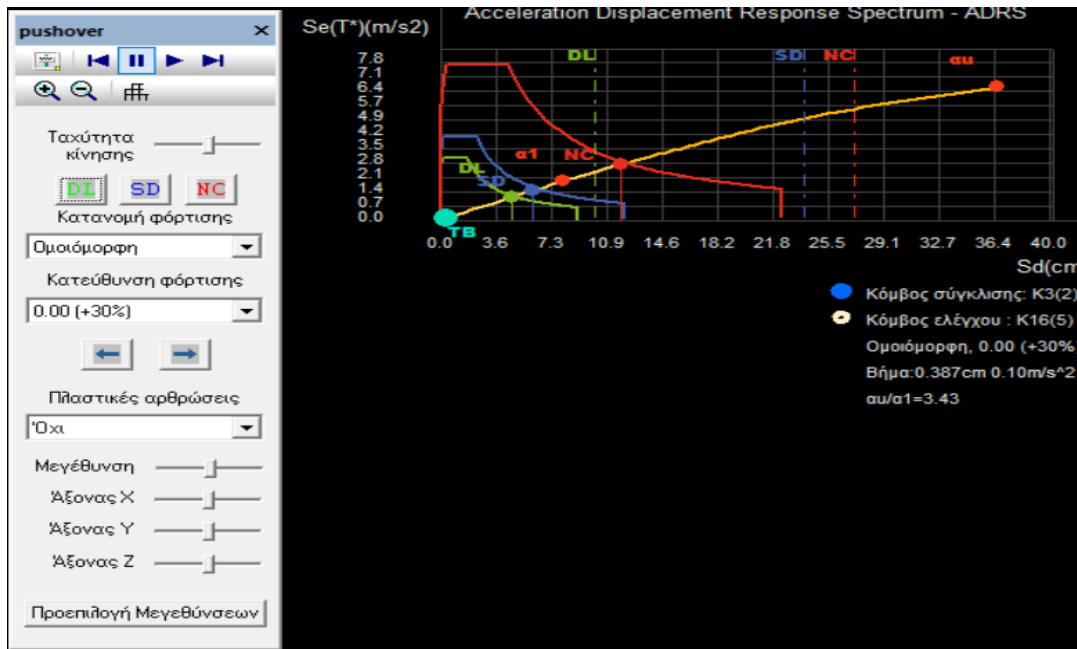


Εικόνα 7.35 Πίνακας συντελεστών μεθόδου

Τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα	
Αριθμός τεχνητών σεισμικών διεγέρσεων	7
Χρονικό βήμα dta (sec)	0.010
Διάρκεια Tdur (sec)	20.000

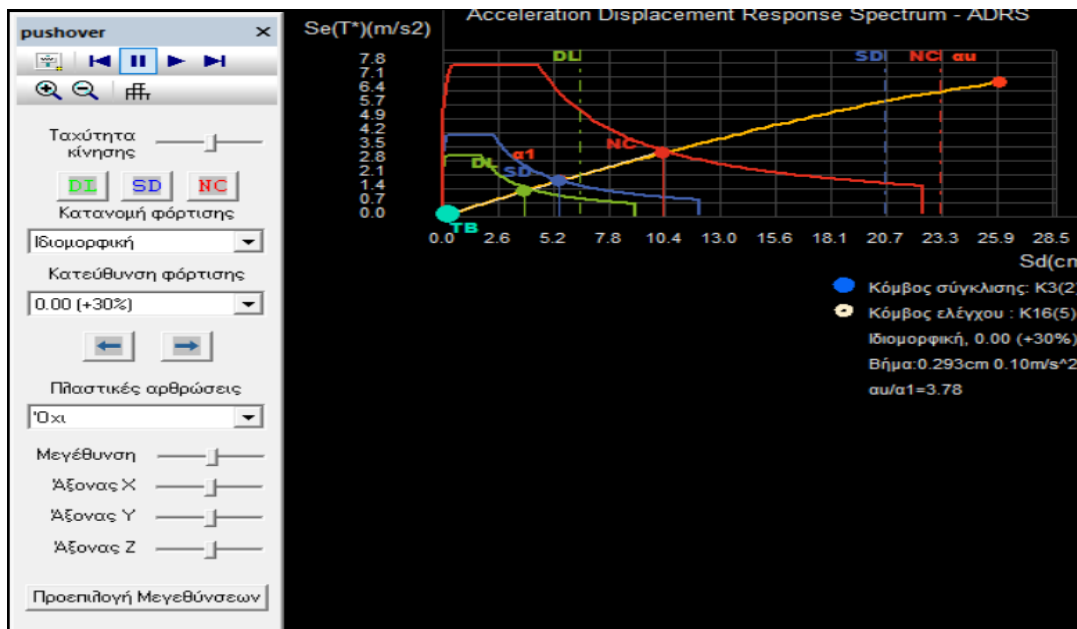
Εικόνα 7.36 Πίνακας παραμέτρων τεχνητών επιταχυνσιογραφημάτων

Ύστερα από τις δύο αναλύσεις που αναφέρθηκαν τα αποτελέσματα ήταν πολύ καλά. Αρχικά τα διαγράμματα απαίτησης - ικανότητας επαρκούν για τις στάθμες επιτελεστικότητας SD και NC και παράλληλα η καμπύλη ικανότητας της ενισχυμένης κατασκευής, περνάει σαφώς από σημεία υψηλότερα από την καμπύλη της κατασκευής χωρίς τις ενισχύσεις. Το γεγονός αυτό μας αποκαλύπτει πως η κατασκευή και αντέχει και έχει αυξήσει την δυσκαμψία της. Ενδεικτικά από κάτω δύο διαγράμματα ADRS.



Εικόνα 7.37 Διάγραμμα Απαίτησης - Ικανότητας για ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης

Στην εικόνα 7.31 βλέπουμε τις μετατοπίσεις ικανότητας να είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από τις μετατοπίσεις απαίτησης και για τις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας καθώς, όλες οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές είναι δεξιά των αντίστοιχων κουκίδων του ίδιου χρώματος. Οπότε καταλαβαίνουμε πως το κτίριο επαρκεί για τις στάθμες NC, SD και DL.



Εικόνα 7.38 Διάγραμμα Απαίτησης - Ικανότητας για ιδιομορφική κατανομή φόρτισης



Στην εικόνα 7.32 βλέπουμε το διάγραμμα απαίτησης ικανότητας μετά από μία ιδιομορφική κατανομή φόρτισης στην κατασκευή. Μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η κατασκευή ανταποκρίνεται τόσο στις απαιτήσεις της στάθμης NC όσο και στις απαιτήσεις της στάθμης SD. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει όμως και για την στάθμη DL καθώς βλέπουμε η απαίτηση παραμόρφωσης να είναι μικρότερη από την ικανότητα του κτιρίου.

Ακόμα βλέποντας τους λόγους επάρκειας των μελών της κατασκευής που προέκυψε τόσο απο την pushover ανάλυση, όσο και από ελαστική δυναμική ανάλυση χρονοιστορίας, διαπιστώνουμε πως για τις στάθμες επιτελεστικότητας SD και NC επαρκούν όλα τα μέλη, τόσο σε κάμψη, όσο και σε διάτμηση καθώς έχουν  $\lambda < 1$ .

### Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας δοκών

Μέλος άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL λ	SD λ	NC λ	DL	SD λ <sub>vy</sub>	NC
<a href="#">Δ1.1(-1)</a> , λ 1(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ1.1(-1)</a> , λ 3(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ1.2(-1)</a> , λ 3(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ1.2(-1)</a> , λ 4(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ1.3(-1)</a> , λ 4(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ1.3(-1)</a> , λ 6(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ2.1(-1)</a> , λ 6(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ2.1(-1)</a> , λ 7(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ2.2(-1)</a> , λ 7(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ2.2(-1)</a> , λ 8(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ2.3(-1)</a> , λ 8(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ2.3(-1)</a> , λ 9(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.1(-1)</a> , λ 9(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.1(-1)</a> , λ 10(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.2(-1)</a> , λ 10(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.2(-1)</a> , λ 11(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.3(-1)</a> , λ 11(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.3(-1)</a> , λ 12(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.4(-1)</a> , λ 12(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ3.4(-1)</a> , λ 13(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ4.1(-1)</a> , λ 13(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ4.1(-1)</a> , λ 26(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ5.1(-1)</a> , λ 14(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ5.1(-1)</a> , λ 23(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ5.3(-1)</a> , λ 15(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ5.3(-1)</a> , λ 16(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ6.1(-1)</a> , λ 15(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ6.1(-1)</a> , λ 20(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ7.1(-1)</a> , λ 1(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ7.1(-1)</a> , λ 2(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ8.1(-1)</a> , λ 4(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ8.1(-1)</a> , λ 5(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ8.2(-1)</a> , λ 5(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ8.2(-1)</a> , λ 16(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ8.3(-1)</a> , λ 16(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ8.3(-1)</a> , λ 10(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ9.1(-1)</a> , λ 3(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ9.1(-1)</a> , λ 21(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-

<a href="#">Δ10.1(-1)</a> , Λ 2(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ10.1(-1)</a> , Λ 20(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ10.2(-1)</a> , Λ 20(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ10.2(-1)</a> , Λ 22(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ11.1(-1)</a> , Λ 19(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ11.1(-1)</a> , Λ 5(-1), κ	0.00	0.00	0.00	-	-	-
<a href="#">Δ1.1(0)</a> , 1(0), κ	0.31	0.15	0.21	0.10	0.12	0.18
<a href="#">Δ1.1(0)</a> , 3(0), κ	0.29	0.16	0.22	0.10	0.12	0.19
<a href="#">Δ1.2(0)</a> , 3(0), δ	0.29	0.09	0.13	0.09	0.11	0.17
<a href="#">Δ1.4(0)</a> , 4(0), δ	0.39	0.09	0.12	0.09	0.11	0.17
<a href="#">Δ9.1(0)</a> , 3(0), δ	0.47	0.12	0.18	0.15	0.20	0.34
<a href="#">Δ9.1(0)</a> , Λ 21(0), δ	0.62	0.14	0.22	0.17	0.22	0.32
<a href="#">Δ11.3(0)</a> , Λ 30(0), δ	0.67	0.22	0.30	0.18	0.25	0.35
<a href="#">Δ11.3(0)</a> , Λ 28(0), δ	0.69	0.20	0.28	0.19	0.26	0.35
<a href="#">Δ1.1(1)</a> , 1(1), κ	0.37	0.19	0.27	0.11	0.13	0.22
<a href="#">Δ1.1(1)</a> , 3(1), κ	0.33	0.19	0.28	0.11	0.14	0.22
<a href="#">Δ1.2(1)</a> , 3(1), δ	0.34	0.11	0.15	0.10	0.12	0.19
<a href="#">Δ1.4(1)</a> , 4(1), δ	0.44	0.11	0.16	0.10	0.12	0.20
<a href="#">Δ9.1(1)</a> , 3(1), δ	0.64	0.16	0.25	0.20	0.27	0.40
<a href="#">Δ9.1(1)</a> , Λ 21(1), δ	0.80	0.19	0.29	0.22	0.28	0.36
<a href="#">Δ11.3(1)</a> , Λ 30(1), δ	0.81	0.27	0.37	0.22	0.28	0.39
<a href="#">Δ11.3(1)</a> , Λ 28(1), δ	0.87	0.25	0.36	0.24	0.30	0.41
<a href="#">Δ1.1(2)</a> , 1(2), κ	0.36	0.18	0.26	0.11	0.13	0.21
<a href="#">Δ1.1(2)</a> , 3(2), κ	0.33	0.19	0.27	0.11	0.13	0.22
<a href="#">Δ1.2(2)</a> , 3(2), δ	0.34	0.11	0.15	0.10	0.12	0.19
<a href="#">Δ1.4(2)</a> , 4(2), δ	0.43	0.10	0.15	0.10	0.12	0.19
<a href="#">Δ9.1(2)</a> , 3(2), δ	0.60	0.15	0.23	0.19	0.25	0.38
<a href="#">Δ9.1(2)</a> , Λ 21(2), δ	0.76	0.18	0.27	0.21	0.27	0.36
<a href="#">Δ11.3(2)</a> , Λ 30(2), δ	0.75	0.25	0.34	0.20	0.28	0.38
<a href="#">Δ11.3(2)</a> , Λ 28(2), δ	0.81	0.23	0.33	0.22	0.29	0.39
<a href="#">Δ1.1(3)</a> , 1(3), κ	0.29	0.14	0.20	0.09	0.11	0.17
<a href="#">Δ1.1(3)</a> , 3(3), κ	0.27	0.14	0.21	0.10	0.11	0.17
<a href="#">Δ1.2(3)</a> , 3(3), δ	0.28	0.09	0.12	0.09	0.10	0.16
<a href="#">Δ1.4(3)</a> , 4(3), δ	0.35	0.08	0.11	0.09	0.10	0.16
<a href="#">Δ9.1(3)</a> , 3(3), δ	0.45	0.11	0.17	0.14	0.19	0.33
<a href="#">Δ9.1(3)</a> , Λ 21(3), δ	0.59	0.14	0.21	0.16	0.22	0.32

<a href="#">Δ11.3(3)</a> , Λ 30(3), δ	0.57	0.19	0.27	0.16	0.22	0.32
<a href="#">Δ11.3(3)</a> , Λ 28(3), δ	0.64	0.17	0.26	0.18	0.24	0.34
<a href="#">Δ1.1(4)</a> , 1(4), κ	0.23	0.10	0.14	0.08	0.09	0.14
<a href="#">Δ1.1(4)</a> , 3(4), κ	0.21	0.10	0.15	0.08	0.10	0.14
<a href="#">Δ1.2(4)</a> , 3(4), δ	0.23	0.07	0.09	0.08	0.09	0.13
<a href="#">Δ1.4(4)</a> , 4(4), δ	0.30	0.07	0.09	0.08	0.09	0.13
<a href="#">Δ9.1(4)</a> , 3(4), δ	0.32	0.09	0.13	0.11	0.14	0.27
<a href="#">Δ9.1(4)</a> , Λ 21(4), δ	0.45	0.10	0.16	0.13	0.17	0.29
<a href="#">Δ11.3(4)</a> , Λ 30(4), δ	0.41	0.14	0.20	0.12	0.16	0.29
<a href="#">Δ11.3(4)</a> , Λ 28(4), δ	0.47	0.13	0.19	0.14	0.18	0.29
<a href="#">Δ1.1(5)</a> , 1(5), δ	0.10	0.03	0.05	0.03	0.04	0.08
<a href="#">Δ1.1(5)</a> , 3(5), δ	0.10	0.03	0.04	0.03	0.04	0.08
<a href="#">Δ1.2(5)</a> , 3(5), δ	0.12	0.03	0.04	0.05	0.06	0.10
<a href="#">Δ1.4(5)</a> , 4(5), δ	0.11	0.03	0.04	0.04	0.05	0.09
<a href="#">Δ1.5(5)</a> , 4(5), κ	0.06	0.03	0.05	0.03	0.04	0.07
<a href="#">Δ1.5(5)</a> , 6(5), κ	0.08	0.05	0.07	0.03	0.04	0.07
<a href="#">Δ2.1(5)</a> , 6(5), κ	0.08	0.04	0.05	0.03	0.05	0.09
<a href="#">Δ2.1(5)</a> , 7(5), κ	0.06	0.03	0.05	0.03	0.05	0.09
<a href="#">Δ2.2(5)</a> , 7(5), κ	0.07	0.04	0.06	0.05	0.07	0.13
<a href="#">Δ2.2(5)</a> , 8(5), κ	0.08	0.04	0.06	0.05	0.07	0.13
<a href="#">Δ2.3(5)</a> , 8(5), κ	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.11
<a href="#">Δ2.3(5)</a> , 9(5), κ	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.11
<a href="#">Δ3.1(5)</a> , 9(5), κ	0.07	0.04	0.05	0.03	0.04	0.07
<a href="#">Δ3.1(5)</a> , 10(5), κ	0.06	0.03	0.05	0.03	0.04	0.07
<a href="#">Δ3.2(5)</a> , 10(5), κ	0.07	0.04	0.06	0.05	0.06	0.12
<a href="#">Δ3.2(5)</a> , 11(5), κ	0.09	0.04	0.06	0.05	0.06	0.12
<a href="#">Δ3.3(5)</a> , 11(5), κ	0.07	0.03	0.04	0.06	0.08	0.15
<a href="#">Δ3.3(5)</a> , 12(5), κ	0.06	0.04	0.05	0.06	0.08	0.15
<a href="#">Δ3.4(5)</a> , 12(5), κ	0.09	0.04	0.05	0.05	0.08	0.15
<a href="#">Δ3.4(5)</a> , 13(5), κ	0.08	0.03	0.05	0.05	0.08	0.15
<a href="#">Δ4.1(5)</a> , 13(5), κ	0.60	0.08	0.12	0.05	0.06	0.12
<a href="#">Δ4.1(5)</a> , Λ 26(5), κ	0.11	0.07	0.09	0.04	0.06	0.11
<a href="#">Δ6.1(5)</a> , 15(5), κ	0.09	0.06	0.09	0.06	0.08	0.15
<a href="#">Δ6.1(5)</a> , Λ 20(5), κ	0.06	0.02	0.02	0.06	0.08	0.15
<a href="#">Δ7.1(5)</a> , 1(5), κ	0.11	0.06	0.08	0.06	0.07	0.15
<a href="#">Δ7.1(5)</a> , 2(5), κ	0.10	0.06	0.08	0.06	0.07	0.15
<a href="#">Δ8.1(5)</a> , 4(5), κ	0.07	0.04	0.06	0.05	0.07	0.14
<a href="#">Δ8.1(5)</a> , 5(5), κ	0.07	0.04	0.05	0.05	0.07	0.14
<a href="#">Δ8.2(5)</a> , 5(5), κ	0.09	0.05	0.07	0.05	0.06	0.12
<a href="#">Δ8.2(5)</a> , 16(5), κ	0.06	0.03	0.05	0.05	0.06	0.12
<a href="#">Δ8.3(5)</a> , 16(5), κ	0.07	0.04	0.05	0.05	0.07	0.14
<a href="#">Δ8.3(5)</a> , Λ 33(5), κ	0.10	0.06	0.09	0.05	0.07	0.14
<a href="#">Δ9.1(5)</a> , 3(5), δ	0.15	0.04	0.05	0.07	0.10	0.21
<a href="#">Δ9.1(5)</a> , Λ 21(5), δ	0.23	0.09	0.14	0.08	0.11	0.22
<a href="#">Δ10.1(5)</a> , 2(5), κ	0.10	0.06	0.08	0.09	0.12	0.23
<a href="#">Δ10.2(5)</a> , Λ 22(5), κ	0.13	0.06	0.08	0.10	0.14	0.25
<a href="#">Δ11.3(5)</a> , Λ 30(5), δ	0.26	0.09	0.13	0.15	0.21	0.42
<a href="#">Δ11.3(5)</a> , Λ 28(5), δ	0.30	0.11	0.17	0.16	0.21	0.42
<a href="#">Δ13.3(5)</a> , Λ 32(5), κ	0.12	0.06	0.08	0.05	0.07	0.14
<a href="#">Δ13.3(5)</a> , Λ 27(5), κ	0.12	0.06	0.09	0.05	0.07	0.14
<a href="#">Δ13.6(5)</a> , Λ 23(5), κ	0.09	0.05	0.08	0.06	0.08	0.14
<a href="#">Δ13.6(5)</a> , 14(5), κ	0.09	0.03	0.04	0.06	0.08	0.14

Πίνακας 7.3 Λόγοι επάρκειας δοκών ενισχυμένου φορέα μετά από ανάλυση pushover

## Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	DL λ	SD λ	NC λ		DL	SD λγ	NC
<u>K1(0)</u> , κάτω, κ	0.16	0.11	0.16	γ:	0.07	0.09	0.16
<u>K1(0)</u> , άνω, κ	0.09	0.04	0.06	z:	0.05	0.07	0.14
<u>K1(1)</u> , κάτω, κ	0.13	0.10	0.14	γ:	0.07	0.09	0.17
<u>K1(1)</u> , άνω, κ	0.13	0.06	0.09	z:	0.04	0.05	0.09
<u>K1(2)</u> , κάτω, κ	0.13	0.07	0.10	γ:	0.07	0.09	0.18
<u>K1(2)</u> , άνω, κ	0.15	0.08	0.11	z:	0.04	0.05	0.09
<u>K1(3)</u> , κάτω, κ	0.10	0.05	0.07	γ:	0.06	0.08	0.14
<u>K1(3)</u> , άνω, κ	0.13	0.07	0.11	z:	0.03	0.04	0.07
<u>K1(4)</u> , κάτω, κ	0.08	0.05	0.06	γ:	0.05	0.06	0.10
<u>K1(4)</u> , άνω, κ	0.11	0.06	0.08	z:	0.03	0.03	0.05
<u>K1(5)</u> , κάτω, κ	0.06	0.03	0.03	γ:	0.03	0.04	0.07
<u>K1(5)</u> , άνω, κ	0.06	0.04	0.05	z:	0.03	0.04	0.07
<u>K2(0)</u> , κάτω, κ	0.15	0.12	0.16	γ:	0.07	0.09	0.18
<u>K2(0)</u> , άνω, κ	0.07	0.04	0.04	z:	0.04	0.06	0.11
<u>K2(1)</u> , κάτω, κ	0.20	0.14	0.18	γ:	0.08	0.10	0.19
<u>K2(1)</u> , άνω, κ	0.13	0.09	0.12	z:	0.06	0.07	0.13
<u>K2(2)</u> , κάτω, κ	0.18	0.10	0.13	γ:	0.07	0.10	0.18
<u>K2(2)</u> , άνω, κ	0.15	0.13	0.18	z:	0.05	0.07	0.12
<u>K2(3)</u> , κάτω, κ	0.15	0.07	0.08	γ:	0.06	0.08	0.15
<u>K2(3)</u> , άνω, κ	0.13	0.11	0.16	z:	0.05	0.06	0.10
<u>K2(4)</u> , κάτω, κ	0.11	0.04	0.05	γ:	0.05	0.06	0.11
<u>K2(4)</u> , άνω, κ	0.11	0.09	0.12	z:	0.04	0.05	0.08
<u>K2(5)</u> , κάτω, κ	0.06	0.02	0.03	γ:	0.03	0.04	0.08
<u>K2(5)</u> , άνω, κ	0.06	0.04	0.06	z:	0.03	0.04	0.07
<u>K3(0)</u> , κάτω, κ	0.19	0.13	0.19	γ:	0.07	0.09	0.16
<u>K3(0)</u> , άνω, κ	0.10	0.06	0.07	z:	0.06	0.08	0.16
<u>K3(1)</u> , κάτω, κ	0.23	0.14	0.18	γ:	0.09	0.13	0.21
<u>K3(1)</u> , άνω, κ	0.18	0.09	0.10	z:	0.05	0.07	0.14
<u>K3(2)</u> , κάτω, κ	0.24	0.12	0.16	γ:	0.10	0.14	0.22
<u>K3(2)</u> , άνω, κ	0.20	0.12	0.15	z:	0.06	0.08	0.16
<u>K3(3)</u> , κάτω, κ	0.17	0.07	0.09	γ:	0.08	0.11	0.19
<u>K3(3)</u> , άνω, κ	0.17	0.11	0.15	z:	0.04	0.06	0.12
<u>K3(4)</u> , κάτω, κ	0.11	0.05	0.07	γ:	0.05	0.08	0.14
<u>K3(4)</u> , άνω, κ	0.12	0.07	0.11	z:	0.03	0.04	0.07
<u>K3(5)</u> , κάτω, κ	0.09	0.03	0.04	γ:	0.06	0.09	0.18
<u>K3(5)</u> , άνω, κ	0.12	0.07	0.10	z:	0.05	0.07	0.13

<a href="#">K4(0)</a> , κάτω, κ	0.18	0.14	0.19	γ:	0.06	0.07	0.14
<a href="#">K4(0)</a> , άνω, κ	0.07	0.05	0.06	z:	0.07	0.10	0.18
<a href="#">K4(1)</a> , κάτω, κ	0.12	0.07	0.11	γ:	0.05	0.06	0.11
<a href="#">K4(1)</a> , άνω, κ	0.10	0.05	0.06	z:	0.06	0.08	0.14
<a href="#">K4(2)</a> , κάτω, κ	0.12	0.06	0.08	γ:	0.04	0.05	0.09
<a href="#">K4(2)</a> , άνω, κ	0.12	0.07	0.09	z:	0.07	0.09	0.15
<a href="#">K4(3)</a> , κάτω, κ	0.09	0.05	0.06	γ:	0.04	0.05	0.09
<a href="#">K4(3)</a> , άνω, κ	0.11	0.07	0.10	z:	0.06	0.07	0.12
<a href="#">K4(4)</a> , κάτω, κ	0.08	0.04	0.05	γ:	0.04	0.04	0.07
<a href="#">K4(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.06	0.07	z:	0.05	0.06	0.09
<a href="#">K4(5)</a> , κάτω, κ	0.06	0.02	0.02	γ:	0.02	0.02	0.05
<a href="#">K4(5)</a> , άνω, κ	0.08	0.04	0.06	z:	0.05	0.06	0.11
<a href="#">K5(0)</a> , κάτω, κ	0.22	0.21	0.31	γ:	0.09	0.12	0.23
<a href="#">K5(0)</a> , άνω, κ	0.10	0.06	0.09	z:	0.12	0.16	0.28
<a href="#">K5(1)</a> , κάτω, κ	0.16	0.12	0.18	γ:	0.09	0.12	0.24
<a href="#">K5(1)</a> , άνω, κ	0.13	0.07	0.11	z:	0.08	0.10	0.16
<a href="#">K5(2)</a> , κάτω, κ	0.14	0.09	0.13	γ:	0.08	0.11	0.22
<a href="#">K5(2)</a> , άνω, κ	0.15	0.10	0.15	z:	0.05	0.06	0.10
<a href="#">K5(3)</a> , κάτω, κ	0.10	0.06	0.08	γ:	0.08	0.10	0.20
<a href="#">K5(3)</a> , άνω, κ	0.14	0.10	0.15	z:	0.06	0.08	0.13
<a href="#">K5(4)</a> , κάτω, κ	0.07	0.05	0.08	γ:	0.04	0.06	0.12
<a href="#">K5(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.07	0.11	z:	0.03	0.04	0.08
<a href="#">K5(5)</a> , κάτω, κ	0.05	0.03	0.04	sls:	-	-	-
<a href="#">K5(5)</a> , άνω, κ	0.08	0.06	0.09	z:	0.05	0.07	0.15
<a href="#">K6(0)</a> , κάτω, κ	0.17	0.15	0.21	γ:	0.05	0.07	0.12
<a href="#">K6(0)</a> , άνω, κ	0.07	0.05	0.07	z:	0.07	0.09	0.17
<a href="#">K6(1)</a> , κάτω, κ	0.14	0.13	0.17	γ:	0.08	0.10	0.16
<a href="#">K6(1)</a> , άνω, κ	0.13	0.05	0.07	z:	0.06	0.07	0.11
<a href="#">K6(2)</a> , κάτω, κ	0.11	0.08	0.09	γ:	0.06	0.08	0.13
<a href="#">K6(2)</a> , άνω, κ	0.14	0.09	0.12	z:	0.05	0.06	0.10
<a href="#">K6(3)</a> , κάτω, κ	0.09	0.05	0.04	γ:	0.06	0.08	0.13
<a href="#">K6(3)</a> , άνω, κ	0.13	0.09	0.12	z:	0.04	0.05	0.07
<a href="#">K6(4)</a> , κάτω, κ	0.08	0.05	0.04	γ:	0.07	0.08	0.12
<a href="#">K6(4)</a> , άνω, κ	0.14	0.09	0.10	z:	0.05	0.06	0.08
<a href="#">K6(5)</a> , κάτω, κ	0.05	0.04	0.04	γ:	0.03	0.04	0.06
<a href="#">K6(5)</a> , άνω, κ	0.05	0.03	0.04	z:	0.01	0.01	0.02
<a href="#">K7(0)</a> , κάτω, κ	0.16	0.15	0.22	γ:	0.10	0.13	0.25
<a href="#">K7(0)</a> , άνω, κ	0.08	0.07	0.10	z:	0.04	0.05	0.10
<a href="#">K7(1)</a> , κάτω, κ	0.13	0.11	0.16	γ:	0.09	0.11	0.22
<a href="#">K7(1)</a> , άνω, κ	0.10	0.08	0.11	z:	0.03	0.04	0.07
<a href="#">K7(2)</a> , κάτω, κ	0.10	0.06	0.08	γ:	0.08	0.10	0.19
<a href="#">K7(2)</a> , άνω, κ	0.11	0.08	0.12	z:	0.01	0.02	0.03
<a href="#">K7(3)</a> , κάτω, κ	0.07	0.06	0.08	γ:	0.07	0.09	0.17
<a href="#">K7(3)</a> , άνω, κ	0.10	0.07	0.11	z:	0.01	0.01	0.03
<a href="#">K7(4)</a> , κάτω, κ	0.06	0.04	0.06	γ:	0.06	0.08	0.14
<a href="#">K7(4)</a> , άνω, κ	0.08	0.06	0.09	z:	0.01	0.01	0.02
<a href="#">K7(5)</a> , κάτω, κ	0.04	0.03	0.04	γ:	0.04	0.05	0.10
<a href="#">K7(5)</a> , άνω, κ	0.06	0.03	0.04	z:	0.01	0.02	0.04
<a href="#">K8(0)</a> , κάτω, κ	0.20	0.13	0.20	γ:	0.04	0.06	0.11
<a href="#">K8(0)</a> , άνω, κ	0.04	0.04	0.07	z:	0.12	0.16	0.31
<a href="#">K8(1)</a> , κάτω, κ	0.10	0.07	0.10	γ:	0.02	0.02	0.04
<a href="#">K8(1)</a> , άνω, κ	0.07	0.05	0.07	z:	0.08	0.11	0.21
<a href="#">K8(2)</a> , κάτω, κ	0.07	0.04	0.05	γ:	0.01	0.02	0.04
<a href="#">K8(2)</a> , άνω, κ	0.09	0.06	0.09	z:	0.07	0.10	0.20
<a href="#">K8(3)</a> , κάτω, κ	0.04	0.03	0.04	γ:	0.01	0.01	0.01
<a href="#">K8(3)</a> , άνω, κ	0.09	0.06	0.09	z:	0.06	0.08	0.15
<a href="#">K8(4)</a> , κάτω, κ	0.03	0.03	0.04	γ:	0.01	0.01	0.01
<a href="#">K8(4)</a> , άνω, κ	0.07	0.05	0.07	z:	0.04	0.06	0.11
<a href="#">K8(5)</a> , κάτω, κ	0.04	0.03	0.04	γ:	0.01	0.02	0.03
<a href="#">K8(5)</a> , άνω, κ	0.05	0.03	0.05	z:	0.03	0.03	0.07
<a href="#">K9(0)</a> , κάτω, κ	0.16	0.15	0.21	γ:	0.09	0.11	0.20
<a href="#">K9(0)</a> , άνω, κ	0.06	0.05	0.07	z:	0.05	0.07	0.12
<a href="#">K9(1)</a> , κάτω, κ	0.11	0.09	0.10	γ:	0.06	0.08	0.14
<a href="#">K9(1)</a> , άνω, κ	0.10	0.06	0.08	z:	0.05	0.06	0.11
<a href="#">K9(2)</a> , κάτω, κ	0.09	0.07	0.09	γ:	0.06	0.07	0.13
<a href="#">K9(2)</a> , άνω, κ	0.10	0.08	0.11	z:	0.04	0.06	0.09
<a href="#">K9(3)</a> , κάτω, κ	0.08	0.05	0.06	γ:	0.05	0.06	0.11
<a href="#">K9(3)</a> , άνω, κ	0.09	0.07	0.09	z:	0.04	0.05	0.09
<a href="#">K9(4)</a> , κάτω, κ	0.07	0.03	0.03	γ:	0.05	0.06	0.10
<a href="#">K9(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.07	0.08	z:	0.05	0.06	0.09
<a href="#">K9(5)</a> , κάτω, κ	0.04	0.02	0.02	γ:	0.02	0.03	0.06
<a href="#">K9(5)</a> , άνω, κ	0.05	0.03	0.04	z:	0.02	0.02	0.04

<a href="#">K10(0)</a> , κάτω, κ	0.23	0.23	0.32	γ:	0.08	0.12	0.22
<a href="#">K10(0)</a> , άνω, κ	0.09	0.09	0.14	z:	0.11	0.15	0.29
<a href="#">K10(1)</a> , κάτω, κ	0.16	0.12	0.17	γ:	0.09	0.12	0.23
<a href="#">K10(1)</a> , άνω, κ	0.12	0.07	0.10	z:	0.08	0.11	0.19
<a href="#">K10(2)</a> , κάτω, κ	0.12	0.07	0.10	γ:	0.08	0.12	0.22
<a href="#">K10(2)</a> , άνω, κ	0.14	0.10	0.14	z:	0.03	0.04	0.07
<a href="#">K10(3)</a> , κάτω, κ	0.10	0.07	0.10	γ:	0.08	0.11	0.21
<a href="#">K10(3)</a> , άνω, κ	0.13	0.10	0.14	z:	0.06	0.07	0.13
<a href="#">K10(4)</a> , κάτω, κ	0.08	0.07	0.10	γ:	0.06	0.08	0.15
<a href="#">K10(4)</a> , άνω, κ	0.11	0.08	0.12	z:	0.03	0.04	0.06
<a href="#">K10(5)</a> , κάτω, κ	0.05	0.03	0.04	sls:	-	-	-
<a href="#">K10(5)</a> , άνω, κ	0.05	0.02	0.04	z:	0.02	0.03	0.05
<a href="#">K11(0)</a> , κάτω, κ	0.16	0.14	0.20	γ:	0.07	0.10	0.18
<a href="#">K11(0)</a> , άνω, κ	0.09	0.05	0.08	z:	0.05	0.06	0.12
<a href="#">K11(1)</a> , κάτω, κ	0.14	0.11	0.16	γ:	0.08	0.11	0.21
<a href="#">K11(1)</a> , άνω, κ	0.12	0.07	0.10	z:	0.03	0.03	0.05
<a href="#">K11(2)</a> , κάτω, κ	0.12	0.06	0.09	γ:	0.07	0.10	0.20
<a href="#">K11(2)</a> , άνω, κ	0.13	0.08	0.12	z:	0.02	0.02	0.04
<a href="#">K11(3)</a> , κάτω, κ	0.09	0.05	0.07	γ:	0.06	0.09	0.16
<a href="#">K11(3)</a> , άνω, κ	0.11	0.08	0.11	z:	0.01	0.02	0.03
<a href="#">K11(4)</a> , κάτω, κ	0.07	0.05	0.06	γ:	0.05	0.07	0.13
<a href="#">K11(4)</a> , άνω, κ	0.09	0.07	0.10	z:	0.01	0.02	0.02
<a href="#">K11(5)</a> , κάτω, κ	0.04	0.02	0.04	γ:	0.03	0.04	0.08
<a href="#">K11(5)</a> , άνω, κ	0.06	0.03	0.04	z:	0.01	0.02	0.03
<a href="#">K12(0)</a> , κάτω, κ	0.21	0.15	0.22	γ:	0.13	0.17	0.31
<a href="#">K12(0)</a> , άνω, κ	0.13	0.08	0.10	z:	0.04	0.06	0.11
<a href="#">K12(1)</a> , κάτω, κ	0.17	0.11	0.16	γ:	0.10	0.13	0.26
<a href="#">K12(1)</a> , άνω, κ	0.15	0.10	0.14	z:	0.03	0.03	0.06
<a href="#">K12(2)</a> , κάτω, κ	0.16	0.08	0.11	γ:	0.10	0.14	0.26
<a href="#">K12(2)</a> , άνω, κ	0.16	0.09	0.13	z:	0.02	0.02	0.04
<a href="#">K12(3)</a> , κάτω, κ	0.11	0.07	0.10	γ:	0.08	0.11	0.21
<a href="#">K12(3)</a> , άνω, κ	0.13	0.08	0.12	z:	0.01	0.01	0.03
<a href="#">K12(4)</a> , κάτω, κ	0.08	0.07	0.10	γ:	0.06	0.08	0.16
<a href="#">K12(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.07	0.10	z:	0.01	0.01	0.02
<a href="#">K12(5)</a> , κάτω, κ	0.05	0.03	0.04	γ:	0.04	0.05	0.10
<a href="#">K12(5)</a> , άνω, κ	0.06	0.03	0.04	z:	0.01	0.02	0.04
<a href="#">K13(0)</a> , κάτω, κ	0.19	0.12	0.17	γ:	0.09	0.12	0.21
<a href="#">K13(0)</a> , άνω, κ	0.11	0.04	0.05	z:	0.06	0.08	0.16
<a href="#">K13(1)</a> , κάτω, κ	0.14	0.10	0.14	γ:	0.07	0.09	0.16
<a href="#">K13(1)</a> , άνω, κ	0.14	0.06	0.08	z:	0.06	0.07	0.12
<a href="#">K13(2)</a> , κάτω, κ	0.13	0.08	0.10	γ:	0.07	0.10	0.17
<a href="#">K13(2)</a> , άνω, κ	0.16	0.09	0.12	z:	0.05	0.06	0.11
<a href="#">K13(3)</a> , κάτω, κ	0.10	0.04	0.05	γ:	0.06	0.08	0.14
<a href="#">K13(3)</a> , άνω, κ	0.14	0.09	0.12	z:	0.04	0.05	0.08
<a href="#">K13(4)</a> , κάτω, κ	0.08	0.03	0.04	γ:	0.05	0.07	0.12
<a href="#">K13(4)</a> , άνω, κ	0.13	0.08	0.10	z:	0.04	0.05	0.07
<a href="#">K13(5)</a> , κάτω, κ	0.04	0.02	0.02	γ:	0.03	0.03	0.06
<a href="#">K13(5)</a> , άνω, κ	0.05	0.04	0.05	z:	0.02	0.03	0.03
<a href="#">K14(0)</a> , κάτω, κ	0.30	0.15	0.21	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(0)</a> , άνω, κ	0.19	0.10	0.14	z:	0.08	0.10	0.20
<a href="#">K14(1)</a> , κάτω, κ	0.18	0.09	0.15	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(1)</a> , άνω, κ	0.20	0.07	0.09	z:	0.06	0.08	0.15
<a href="#">K14(2)</a> , κάτω, κ	0.15	0.06	0.09	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(2)</a> , άνω, κ	0.20	0.07	0.09	z:	0.04	0.05	0.10
<a href="#">K14(3)</a> , κάτω, κ	0.14	0.06	0.07	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(3)</a> , άνω, κ	0.19	0.07	0.10	z:	0.03	0.04	0.06
<a href="#">K14(4)</a> , κάτω, κ	0.11	0.05	0.07	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(4)</a> , άνω, κ	0.14	0.07	0.10	z:	0.03	0.04	0.06
<a href="#">K14(5)</a> , κάτω, κ	0.09	0.03	0.04	sls:	-	-	-
<a href="#">K14(5)</a> , άνω, κ	0.06	0.02	0.03	z:	0.01	0.02	0.03
<a href="#">K15(0)</a> , κάτω, κ	0.26	0.24	0.35	γ:	0.07	0.09	0.17
<a href="#">K15(0)</a> , άνω, κ	0.03	0.04	0.07	z:	0.15	0.20	0.38
<a href="#">K15(1)</a> , κάτω, κ	0.11	0.11	0.16	γ:	0.05	0.07	0.15
<a href="#">K15(1)</a> , άνω, κ	0.08	0.06	0.08	z:	0.09	0.13	0.26
<a href="#">K15(2)</a> , κάτω, κ	0.09	0.08	0.12	γ:	0.05	0.07	0.15
<a href="#">K15(2)</a> , άνω, κ	0.10	0.09	0.14	z:	0.05	0.07	0.14
<a href="#">K15(3)</a> , κάτω, κ	0.06	0.03	0.04	γ:	0.04	0.06	0.12
<a href="#">K15(3)</a> , άνω, κ	0.10	0.09	0.14	z:	0.07	0.10	0.19
<a href="#">K15(4)</a> , κάτω, κ	0.04	0.03	0.03	γ:	0.03	0.04	0.07
<a href="#">K15(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.09	0.13	z:	0.05	0.07	0.14
<a href="#">K15(5)</a> , κάτω, κ	0.03	0.02	0.03	sls:	-	-	-
<a href="#">K15(5)</a> , άνω, κ	0.06	0.04	0.05	z:	0.02	0.02	0.05



<a href="#">K16(0)</a> , κάτω, κ	0.20	0.18	0.26	γ:	0.09	0.13	0.25
<a href="#">K16(0)</a> , άνω, κ	0.10	0.07	0.09	z:	0.09	0.12	0.23
<a href="#">K16(1)</a> , κάτω, κ	0.15	0.11	0.15	γ:	0.09	0.13	0.25
<a href="#">K16(1)</a> , άνω, κ	0.14	0.08	0.11	z:	0.07	0.09	0.16
<a href="#">K16(2)</a> , κάτω, κ	0.14	0.09	0.12	γ:	0.09	0.12	0.23
<a href="#">K16(2)</a> , άνω, κ	0.15	0.10	0.15	z:	0.04	0.05	0.09
<a href="#">K16(3)</a> , κάτω, κ	0.12	0.07	0.10	γ:	0.08	0.12	0.22
<a href="#">K16(3)</a> , άνω, κ	0.13	0.09	0.13	z:	0.05	0.07	0.12
<a href="#">K16(4)</a> , κάτω, κ	0.09	0.06	0.08	γ:	0.06	0.09	0.16
<a href="#">K16(4)</a> , άνω, κ	0.11	0.07	0.10	z:	0.03	0.04	0.07
<a href="#">K16(5)</a> , κάτω, κ	0.06	0.04	0.06	sls:	-	-	-
<a href="#">K16(5)</a> , άνω, κ	0.09	0.06	0.08	z:	0.01	0.02	0.03
<a href="#">K18(0)</a> , κάτω, κ	0.25	0.14	0.23	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(0)</a> , άνω, κ	0.11	0.06	0.11	z:	0.15	0.19	0.35
<a href="#">K18(1)</a> , κάτω, κ	0.24	0.14	0.22	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(1)</a> , άνω, κ	0.19	0.09	0.16	z:	0.17	0.24	0.43
<a href="#">K18(2)</a> , κάτω, κ	0.14	0.09	0.12	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(2)</a> , άνω, κ	0.15	0.10	0.13	z:	0.12	0.18	0.31
<a href="#">K18(3)</a> , κάτω, κ	0.09	0.05	0.08	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(3)</a> , άνω, κ	0.14	0.08	0.12	z:	0.10	0.14	0.24
<a href="#">K18(4)</a> , κάτω, κ	0.04	0.03	0.04	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(4)</a> , άνω, κ	0.09	0.06	0.09	z:	0.05	0.07	0.11
<a href="#">K18(5)</a> , κάτω, κ	0.07	0.03	0.05	sls:	-	-	-
<a href="#">K18(5)</a> , άνω, κ	0.09	0.04	0.06	z:	0.06	0.07	0.14
<a href="#">K19(0)</a> , κάτω, κ	0.25	0.14	0.22	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(0)</a> , άνω, κ	0.12	0.07	0.11	z:	0.13	0.18	0.36
<a href="#">K19(1)</a> , κάτω, κ	0.24	0.13	0.22	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(1)</a> , άνω, κ	0.19	0.08	0.13	z:	0.18	0.25	0.48
<a href="#">K19(2)</a> , κάτω, κ	0.13	0.09	0.12	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(2)</a> , άνω, κ	0.15	0.10	0.14	z:	0.13	0.18	0.34
<a href="#">K19(3)</a> , κάτω, κ	0.10	0.04	0.07	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(3)</a> , άνω, κ	0.14	0.08	0.12	z:	0.10	0.14	0.26
<a href="#">K19(4)</a> , κάτω, κ	0.04	0.03	0.04	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(4)</a> , άνω, κ	0.10	0.06	0.10	z:	0.06	0.08	0.14
<a href="#">K19(5)</a> , κάτω, κ	0.07	0.04	0.06	sls:	-	-	-
<a href="#">K19(5)</a> , άνω, κ	0.04	0.02	0.04	z:	0.06	0.08	0.15

Πίνακας 7.4 Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα μετά από ανάλυση pushover

## Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας δοκών

Μέλος άκρο, Κόμμο/Δευτ. Σ. Μ.	Λελ (10% / 50)	DL		SD		NC		DL	SD AVV	NC
		λ	m	λ	m	λ	m			
Δ1.1(0), 1(0), κ	0.96	0.42	1.00	0.24	2.70	0.31	3.61	0.13	0.16	0.23
Δ1.1(0), 3(0), κ	0.91	0.42	1.00	0.28	2.32	0.36	3.09	0.14	0.17	0.24
Δ1.2(0), 3(0), δ	0.90	0.42	1.00	0.21	3.81	0.25	5.08	0.12	0.14	0.22
Δ1.4(0), 4(0), δ	1.13	0.53	1.00	0.23	4.59	0.28	6.12	0.12	0.15	0.21
Δ9.1(0), 3(0), δ	1.29	0.47	1.00	0.14	4.65	0.18	6.20	0.16	0.21	0.39
Δ9.1(0), Λ 21(0), δ	1.70	0.78	1.00	0.30	6.32	0.35	8.43	0.22	0.27	0.47
Δ11.3(0), Λ 30(0), δ	2.30	0.92	1.00	0.23	5.00	0.33	6.66	0.24	0.33	0.57
Δ11.3(0), Λ 28(0), δ	2.33	0.98	1.00	0.32	5.00	0.41	6.66	0.27	0.35	0.58
Δ1.1(1), 1(1), κ	1.11	0.49	1.00	0.27	2.70	0.36	3.61	0.14	0.18	0.26
Δ1.1(1), 3(1), κ	1.03	0.47	1.00	0.31	2.32	0.40	3.09	0.15	0.19	0.27
Δ1.2(1), 3(1), δ	1.04	0.48	1.00	0.23	3.81	0.28	5.08	0.13	0.16	0.23
Δ1.4(1), 4(1), δ	1.27	0.57	1.00	0.24	4.59	0.29	6.12	0.13	0.16	0.23
Δ9.1(1), 3(1), δ	1.63	0.62	1.00	0.14	4.65	0.19	6.20	0.21	0.28	0.54
Δ9.1(1), Λ 21(1), δ	2.14	0.95	1.00	0.31	6.32	0.38	8.43	0.24	0.33	0.55
Δ11.3(1), Λ 30(1), δ	2.66!	1.06!	1.00	0.26	5.00	0.38	6.66	0.28	0.38	0.59
Δ11.3(1), Λ 28(1), δ	2.74!	1.15!	1.00	0.37	5.00	0.48	6.66	0.31	0.41	0.59
Δ1.1(2), 1(2), κ	1.15	0.50	1.00	0.28	2.70	0.36	3.61	0.14	0.16	0.27
Δ1.1(2), 3(2), κ	1.06	0.48	1.00	0.32	2.32	0.41	3.09	0.14	0.17	0.28
Δ1.2(2), 3(2), δ	1.03	0.47	1.00	0.23	3.81	0.28	5.08	0.13	0.15	0.23
Δ1.4(2), 4(2), δ	1.26	0.57	1.00	0.24	4.59	0.29	6.12	0.13	0.15	0.23
Δ9.1(2), 3(2), δ	1.79	0.69	1.00	0.15	4.65	0.20	6.20	0.20	0.28	0.53
Δ9.1(2), Λ 21(2), δ	2.16	0.95	1.00	0.31	6.32	0.38	8.43	0.26	0.33	0.56
Δ11.3(2), Λ 30(2), δ	2.47	0.98	1.00	0.24	5.00	0.34	6.66	0.27	0.35	0.59
Δ11.3(2), Λ 28(2), δ	2.55!	1.08!	1.00	0.35	5.00	0.46	6.66	0.30	0.38	0.59
Δ1.1(3), 1(3), κ	0.93	0.41	1.00	0.23	2.70	0.30	3.61	0.12	0.15	0.23
Δ1.1(3), 3(3), κ	0.87	0.41	1.00	0.27	2.32	0.35	3.09	0.13	0.16	0.24
Δ1.2(3), 3(3), δ	0.83	0.39	1.00	0.20	3.81	0.24	5.08	0.11	0.13	0.21
Δ1.4(3), 4(3), δ	1.00	0.46	1.00	0.21	4.59	0.25	6.12	0.11	0.13	0.21
Δ9.1(3), 3(3), δ	1.49	0.57	1.00	0.13	4.65	0.17	6.20	0.18	0.23	0.44
Δ9.1(3), Λ 21(3), δ	1.87	0.83	1.00	0.28	6.32	0.34	8.43	0.22	0.28	0.50
Δ11.3(3), Λ 30(3), δ	2.06	0.81	1.00	0.19	5.00	0.28	6.66	0.23	0.30	0.56
Δ11.3(3), Λ 28(3), δ	2.16	0.92	1.00	0.31	5.00	0.40	6.66	0.26	0.34	0.58
Δ1.1(4), 1(4), κ	0.68	0.31	1.00	0.18	2.70	0.23	3.61	0.10	0.12	0.18
Δ1.1(4), 3(4), κ	0.66	0.33	1.00	0.23	2.32	0.28	3.09	0.11	0.13	0.19
Δ1.2(4), 3(4), δ	0.66	0.32	1.00	0.18	3.81	0.21	5.08	0.10	0.11	0.16
Δ1.4(4), 4(4), δ	0.81	0.39	1.00	0.19	4.59	0.22	6.12	0.09	0.11	0.16
Δ9.1(4), 3(4), δ	1.11	0.41	1.00	0.11	4.65	0.14	6.20	0.15	0.20	0.35
Δ9.1(4), Λ 21(4), δ	1.46	0.67	1.00	0.25	6.32	0.29	8.43	0.19	0.23	0.41
Δ11.3(4), Λ 30(4), δ	1.51	0.59	1.00	0.14	5.00	0.20	6.66	0.17	0.23	0.41
Δ11.3(4), Λ 28(4), δ	1.61	0.70	1.00	0.25	5.00	0.31	6.66	0.20	0.26	0.44
Δ1.1(5), 1(5), δ	0.38	0.17	1.00	0.05	5.68	0.07	7.57	0.05	0.07	0.11
Δ1.1(5), 3(5), δ	0.39	0.19	1.00	0.09	5.29	0.10	7.05	0.06	0.08	0.12
Δ1.2(5), 3(5), δ	0.40	0.20	1.00	0.10	5.29	0.11	7.05	0.07	0.09	0.14
Δ1.4(5), 4(5), δ	0.38	0.18	1.00	0.08	5.68	0.09	7.57	0.05	0.07	0.12
Δ1.5(5), 4(5), κ	0.20	0.09	1.00	0.06	2.25	0.08	3.00	0.06	0.06	0.11
Δ1.5(5), 6(5), κ	0.30	0.14	1.00	0.09	2.88	0.11	3.84	0.06	0.06	0.11
Δ2.1(5), 6(5), κ	0.25	0.11	1.00	0.06	3.13	0.07	4.17	0.05	0.07	0.12
Δ2.1(5), 7(5), κ	0.22	0.08	1.00	0.04	2.45	0.05	3.26	0.05	0.07	0.12
Δ2.2(5), 7(5), κ	0.26	0.11	1.00	0.04	3.38	0.06	4.51	0.08	0.10	0.18
Δ2.2(5), 8(5), κ	0.26	0.10	1.00	0.04	2.65	0.06	4.51	0.08	0.10	0.18
Δ2.3(5), 8(5), κ	0.27	0.12	1.00	0.06	3.28	0.07	4.38	0.07	0.09	0.16
Δ2.3(5), 9(5), κ	0.24	0.09	1.00	0.04	2.57	0.06	3.43	0.07	0.09	0.16
Δ3.1(5), 9(5), κ	0.23	0.10	1.00	0.05	3.16	0.06	4.22	0.04	0.05	0.09
Δ3.1(5), 10(5), κ	0.19	0.07	1.00	0.03	2.49	0.05	3.32	0.04	0.05	0.09
Δ3.2(5), 10(5), κ	0.25	0.09	1.00	0.05	2.75	0.07	3.66	0.08	0.10	0.16
Δ3.2(5), 11(5), κ	0.31	0.14	1.00	0.07	3.48	0.09	4.64	0.08	0.10	0.16
Δ3.3(5), 11(5), κ	0.24	0.10	1.00	0.04	3.90	0.05	5.20	0.09	0.11	0.19
Δ3.3(5), 12(5), κ	0.24	0.09	1.00	0.04	2.75	0.05	3.66	0.09	0.11	0.19
Δ3.4(5), 12(5), κ	0.29	0.13	1.00	0.06	3.71	0.07	4.95	0.09	0.11	0.19
Δ3.4(5), 13(5), κ	0.25	0.10	1.00	0.04	2.94	0.05	3.92	0.09	0.11	0.19
Δ4.1(5), 13(5), κ	1.90	0.68	1.00	0.10	1.63	0.13	2.01	0.08	0.11	0.17
Δ4.1(5), Λ 26(5), κ	0.39	0.18	1.00	0.10	3.05	0.12	4.07	0.08	0.10	0.16
Δ6.1(5), 15(5), κ	0.29	0.11	1.00	0.06	2.73	0.08	3.64	0.09	0.12	0.19
Δ6.1(5), Λ 20(5), κ	0.20	0.08	1.00	0.03	3.57	0.05	4.76	0.09	0.12	0.19
Δ7.1(5), 1(5), κ	0.40	0.18	1.00	0.10	3.13	0.12	4.18	0.09	0.12	0.21
Δ7.1(5), 2(5), κ	0.33	0.13	1.00	0.08	2.63	0.10	3.50	0.09	0.12	0.21
Δ8.1(5), 4(5), κ	0.23	0.09	1.00	0.06	2.31	0.07	3.08	0.10	0.12	0.20
Δ8.1(5), 5(5), κ	0.27	0.13	1.00	0.07	3.26	0.09	4.35	0.10	0.12	0.20
Δ8.2(5), 5(5), κ	0.31	0.14	1.00	0.08	3.14	0.10	4.18	0.09	0.11	0.18
Δ8.2(5), 16(5), κ	0.20	0.08	1.00	0.05	2.42	0.07	3.23	0.09	0.11	0.18
Δ8.3(5), 16(5), κ	0.27	0.11	1.00	0.05	3.06	0.07	4.08	0.08	0.10	0.18
Δ8.3(5), Λ 33(5), κ	0.34	0.13	1.00	0.06	2.36	0.08	3.14	0.08	0.10	0.18
Δ9.1(5), 3(5), δ	0.57	0.25	1.00	0.09	5.68	0.11	7.57	0.12	0.16	0.29
Δ9.1(5), Λ 21(5), δ	0.84	0.38	1.00	0.15	5.38	0.18	7.17	0.14	0.17	0.30
Δ10.1(5), 2(5), κ	0.32	0.15	1.00	0.10	2.46	0.12	3.27	0.15	0.19	0.32
Δ10.2(5), Λ 22(5), κ	0.49	0.24	1.00	0.14	3.24	0.16	4.32	0.17	0.21	0.36
Δ11.3(5), Λ 30(5), δ	0.92	0.40	1.00	0.13	5.23	0.17	6.98	0.24	0.31	0.54
Δ11.3(5), Λ 28(5), δ	1.04	0.46	1.00	0.17	4.90	0.21	6.53	0.24	0.32	0.54
Δ13.3(5), Λ 32(5), κ	0.38	0.15	1.00	0.06	2.63	0.08	3.51	0.09	0.10	0.19
Δ13.3(5), Λ 27(5), κ	0.41	0.17	1.00	0.07	3.34	0.10	4.45	0.09	0.10	0.19
Δ13.6(5), Λ 23(5), κ	0.33	0.13	1.00	0.05	3.61	0.07	4.82	0.07	0.09	0.17
Δ13.6(5), 14(5), κ	0.25	0.11	1.00	0.04	3.61	0.06	4.82	0.07	0.09	0.17

Πίνακας 7.5 Λόγοι επάρκειας δοκών ενισχυμένου φορέα μετά από ανάλυση χρονιστορίας



## Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων

Μέλος όγκο. Κύριο/Δευτ. Σ.Μ.	λεf (10% / 50)	DL		SD		NC		DL	SD		NC
		λ	m	λ	m	λ	m		AV	NC	
K1(0), κάτω, κ	0.73	0.29	1.00	0.19	1.96	0.27	2.63	γ:	0.09	0.11	0.22
K1(0), άνω, κ	0.31	0.13	1.00	0.08	2.23	0.10	3.05	ζ:	0.09	0.12	0.21
K1(1), κάτω, κ	0.55	0.13	1.00	0.10	1.98	0.14	1.73	γ:	0.09	0.12	0.20
K1(1), άνω, κ	0.29	0.13	1.00	0.08	1.57	0.12	1.88	ζ:	0.06	0.07	0.12
K1(2), κάτω, κ	0.54	0.22	1.00	0.09	3.12	0.13	4.14	γ:	0.09	0.12	0.20
K1(2), άνω, κ	0.46	0.18	1.00	0.10	2.38	0.13	3.10	ζ:	0.06	0.08	0.14
K1(3), κάτω, κ	0.27	0.11	1.00	0.07	2.63	0.09	3.45	γ:	0.08	0.11	0.16
K1(3), άνω, κ	0.36	0.15	1.00	0.09	2.19	0.13	2.85	ζ:	0.05	0.07	0.11
K1(4), κάτω, κ	0.20	0.10	1.00	0.06	2.48	0.08	3.29	γ:	0.07	0.09	0.14
K1(4), άνω, κ	0.27	0.13	1.00	0.08	2.04	0.10	2.47	ζ:	0.04	0.05	0.08
K1(5), κάτω, κ	0.14	0.07	1.00	0.04	2.50	0.05	3.33	γ:	0.05	0.06	0.10
K1(5), άνω, κ	0.26	0.11	1.00	0.04	2.98	0.06	4.39	ζ:	0.04	0.06	0.10
K2(0), κάτω, κ	0.63	0.25	1.00	0.14	2.16	0.20	2.86	γ:	0.10	0.13	0.22
K2(0), άνω, κ	0.48	0.19	1.00	0.07	1.41	0.10	1.56	ζ:	0.07	0.09	0.15
K2(1), κάτω, κ	0.37	0.18	1.00	0.14	1.67	0.18	2.46	γ:	0.10	0.13	0.23
K2(1), άνω, κ	0.63	0.25	1.00	0.10	1.51	0.15	1.76	ζ:	0.08	0.09	0.14
K2(2), κάτω, κ	0.47	0.19	1.00	0.10	2.03	0.14	2.63	γ:	0.09	0.12	0.21
K2(2), άνω, κ	0.62	0.25	1.00	0.14	2.55	0.19	3.38	ζ:	0.07	0.08	0.14
K2(3), κάτω, κ	0.34	0.15	1.00	0.10	2.12	0.12	2.81	γ:	0.09	0.10	0.18
K2(3), άνω, κ	0.57	0.23	1.00	0.12	2.33	0.17	3.09	ζ:	0.07	0.08	0.13
K2(4), κάτω, κ	0.26	0.12	1.00	0.07	3.44	0.08	4.64	γ:	0.07	0.09	0.13
K2(4), άνω, κ	0.27	0.13	1.00	0.10	2.01	0.13	2.63	ζ:	0.06	0.07	0.11
K2(5), κάτω, κ	0.16	0.07	1.00	0.03	4.25	0.03	3.52	γ:	0.05	0.06	0.10
K2(5), άνω, κ	0.25	0.10	1.00	0.04	2.67	0.06	3.77	ζ:	0.04	0.06	0.10
K3(0), κάτω, κ	0.98	0.43	1.00	0.23	2.23	0.32	2.98	γ:	0.10	0.13	0.21
K3(0), άνω, κ	0.80	0.32	1.00	0.14	2.53	0.20	3.39	ζ:	0.11	0.14	0.22
K3(1), κάτω, κ	1.01	0.41	1.00	0.18	2.29	0.25	3.04	γ:	0.12	0.15	0.27
K3(1), άνω, κ	0.85	0.34	1.00	0.13	3.93	0.18	4.63	ζ:	0.08	0.11	0.18
K3(2), κάτω, κ	1.00 <sup>th</sup>	0.40	1.00	0.18	3.38	0.25	4.50	γ:	0.14	0.17	0.32
K3(2), άνω, κ	0.85	0.34	1.00	0.13	2.53	0.18	3.36	ζ:	0.10	0.12	0.21
K3(3), κάτω, κ	0.82	0.33	1.00	0.14	3.41	0.19	4.54	γ:	0.12	0.15	0.27
K3(3), άνω, κ	0.72	0.29	1.00	0.12	2.97	0.16	3.95	ζ:	0.07	0.10	0.18
K3(4), κάτω, κ	0.56	0.22	1.00	0.09	3.55	0.12	4.73	γ:	0.10	0.12	0.21
K3(4), άνω, κ	0.51	0.21	1.00	0.08	3.28	0.12	4.36	ζ:	0.05	0.07	0.12
K3(5), κάτω, κ	0.41	0.16	1.00	0.04	5.02	0.06	6.67	γ:	0.11	0.14	0.24
K3(5), άνω, κ	0.51	0.21	1.00	0.08	2.87	0.11	3.79	ζ:	0.08	0.10	0.19
K4(0), κάτω, κ	0.61	0.26	1.00	0.18	1.93	0.23	2.57	γ:	0.08	0.10	0.17
K4(0), άνω, κ	0.22	0.10	1.00	0.09	1.41	0.09	1.56	ζ:	0.11	0.15	0.24
K4(1), κάτω, κ	0.39	0.19	1.00	0.12	3.22	0.15	4.20	γ:	0.06	0.08	0.12
K4(1), άνω, κ	0.33	0.16	1.00	0.11	2.21	0.13	2.86	ζ:	0.10	0.12	0.18
K4(2), κάτω, κ	0.39	0.17	1.00	0.09	3.09	0.13	3.90	γ:	0.05	0.06	0.10
K4(2), άνω, κ	0.40	0.19	1.00	0.11	2.70	0.14	3.61	ζ:	0.10	0.13	0.20
K4(3), κάτω, κ	0.29	0.13	1.00	0.09	2.09	0.11	2.77	γ:	0.05	0.07	0.11
K4(3), άνω, κ	0.38	0.16	1.00	0.09	3.45	0.11	3.27	ζ:	0.08	0.11	0.18
K4(4), κάτω, κ	0.20	0.10	1.00	0.07	1.93	0.09	2.93	γ:	0.05	0.06	0.10
K4(4), άνω, κ	0.30	0.14	1.00	0.10	2.24	0.11	2.99	ζ:	0.07	0.08	0.14
K4(5), κάτω, κ	0.16	0.07	1.00	0.04	2.70	0.05	3.56	γ:	0.03	0.04	0.07
K4(5), άνω, κ	0.33	0.13	1.00	0.05	3.29	0.07	4.16	ζ:	0.07	0.09	0.16
K5(0), κάτω, κ	1.22	0.49	1.00	0.29	2.24	0.41	2.98	γ:	0.10	0.14	0.27
K5(0), άνω, κ	0.60	0.24	1.00	0.14	2.31	0.20	3.08	ζ:	0.17	0.22	0.42
K5(1), κάτω, κ	0.77	0.31	1.00	0.20	1.89	0.28	2.45	γ:	0.11	0.13	0.24
K5(1), άνω, κ	0.64	0.26	1.00	0.14	2.25	0.20	2.95	ζ:	0.10	0.14	0.26
K5(2), κάτω, κ	0.66	0.26	1.00	0.16	1.95	0.23	2.54	γ:	0.11	0.13	0.24
K5(2), άνω, κ	0.64	0.26	1.00	0.17	1.98	0.24	2.60	ζ:	0.07	0.08	0.16
K5(3), κάτω, κ	0.50	0.20	1.00	0.11	2.68	0.15	2.61	γ:	0.11	0.14	0.26
K5(3), άνω, κ	0.59	0.24	1.00	0.14	2.07	0.21	2.44	ζ:	0.09	0.12	0.23
K5(4), κάτω, κ	0.35	0.14	1.00	0.08	2.02	0.11	2.65	γ:	0.07	0.09	0.16
K5(4), άνω, κ	0.46	0.18	1.00	0.12	2.08	0.17	2.77	ζ:	0.06	0.07	0.14
K5(5), κάτω, κ	0.23	0.09	1.00	0.06	1.85	0.08	2.40	σε:	-	-	-
K5(5), άνω, κ	0.40	0.16	1.00	0.09	2.41	0.13	3.19	ζ:	0.09	0.12	0.20
K6(0), κάτω, κ	0.63	0.27	1.00	0.20	1.69	0.28	2.12	γ:	0.06	0.08	0.14
K6(0), άνω, κ	0.17	0.07	1.00	0.06	2.02	0.07	2.57	ζ:	0.11	0.14	0.23
K6(1), κάτω, κ	0.27	0.15	1.00	0.13	1.59	0.17	1.90	γ:	0.09	0.11	0.19
K6(1), άνω, κ	0.21	0.12	1.00	0.09	2.26	0.11	1.85	ζ:	0.08	0.10	0.15
K6(2), κάτω, κ	0.20	0.11	1.00	0.09	1.60	0.12	1.93	γ:	0.08	0.09	0.15
K6(2), άνω, κ	0.25	0.13	1.00	0.10	2.04	0.12	2.24	ζ:	0.07	0.08	0.13
K6(3), κάτω, κ	0.19	0.11	1.00	0.10	1.68	0.12	2.06	γ:	0.08	0.10	0.16
K6(3), άνω, κ	0.25	0.13	1.00	0.11	1.80	0.14	2.25	ζ:	0.06	0.06	0.11
K6(4), κάτω, κ	0.14	0.09	1.00	0.08	1.90	0.09	1.84	γ:	0.09	0.10	0.16
K6(4), άνω, κ	0.27	0.15	1.00	0.13	2.36	0.15	2.17	ζ:	0.07	0.08	0.11
K6(5), κάτω, κ	0.11	0.07	1.00	0.06	2.75	0.06	3.20	γ:	0.04	0.05	0.09
K6(5), άνω, κ	0.15	0.06	1.00	0.03	2.21	0.05	3.00	ζ:	0.02	0.02	0.03

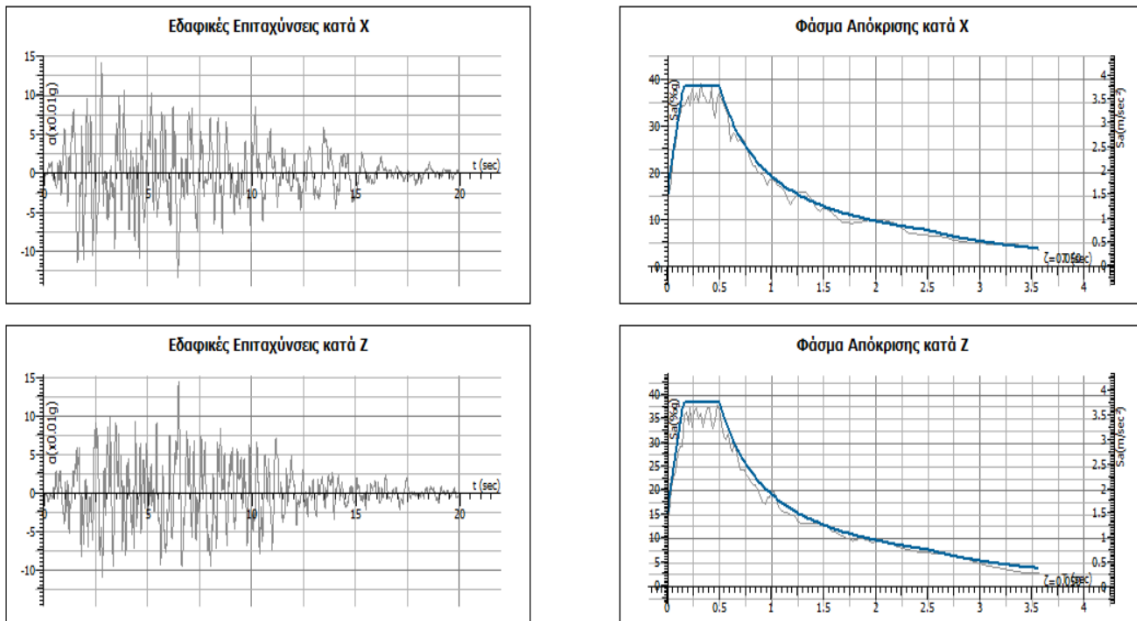
K7(0), κάτω, κ	0.56	0.23	1.00	0.15	1.53	0.24	1.79	γ:	0.13	0.16	0.29
K7(0), άνω, κ	0.24	0.10	1.00	0.08	1.61	0.12	1.97	z:	0.06	0.07	0.13
K7(1), κάτω, κ	0.39	0.15	1.00	0.11	1.62	0.16	1.92	γ:	0.11	0.14	0.26
K7(1), άνω, κ	0.35	0.14	1.00	0.08	1.73	0.12	3.00	z:	0.04	0.05	0.07
K7(2), κάτω, κ	0.34	0.14	1.00	0.07	1.71	0.10	2.13	γ:	0.10	0.12	0.23
K7(2), άνω, κ	0.35	0.14	1.00	0.08	2.49	0.11	3.15	z:	0.02	0.02	0.04
K7(3), κάτω, κ	0.27	0.11	1.00	0.07	1.82	0.11	2.25	γ:	0.10	0.13	0.22
K7(3), άνω, κ	0.33	0.13	1.00	0.07	1.88	0.11	1.92	z:	0.02	0.03	0.04
K7(4), κάτω, κ	0.19	0.08	1.00	0.06	1.54	0.10	1.84	γ:	0.09	0.11	0.18
K7(4), άνω, κ	0.27	0.11	1.00	0.07	2.06	0.10	1.83	z:	0.02	0.02	0.04
K7(5), κάτω, κ	0.15	0.06	1.00	0.03	2.81	0.04	3.00	γ:	0.06	0.08	0.14
K7(5), άνω, κ	0.23	0.10	1.00	0.04	2.70	0.06	3.57	z:	0.03	0.04	0.05
K8(0), κάτω, κ	0.63	0.25	1.00	0.17	1.65	0.25	1.84	γ:	0.06	0.08	0.13
K8(0), άνω, κ	0.11	0.05	1.00	0.04	1.75	0.05	2.23	z:	0.15	0.20	0.37
K8(1), κάτω, κ	0.32	0.13	1.00	0.07	2.73	0.09	3.60	γ:	0.02	0.03	0.05
K8(1), άνω, κ	0.25	0.10	1.00	0.06	1.84	0.09	2.38	z:	0.10	0.13	0.23
K8(2), κάτω, κ	0.26	0.11	1.00	0.06	2.30	0.08	2.49	γ:	0.02	0.02	0.04
K8(2), άνω, κ	0.29	0.12	1.00	0.06	2.76	0.08	3.65	z:	0.09	0.12	0.23
K8(3), κάτω, κ	0.19	0.08	1.00	0.06	1.68	0.09	1.65	γ:	0.01	0.02	0.03
K8(3), άνω, κ	0.28	0.12	1.00	0.06	2.56	0.09	3.08	z:	0.09	0.11	0.20
K8(4), κάτω, κ	0.10	0.04	1.00	0.03	1.53	0.05	1.65	γ:	0.01	0.01	0.02
K8(4), άνω, κ	0.24	0.10	1.00	0.06	1.89	0.08	2.76	z:	0.07	0.09	0.16
K8(5), κάτω, κ	0.11	0.05	1.00	0.03	1.97	0.04	2.63	γ:	0.02	0.02	0.04
K8(5), άνω, κ	0.17	0.07	1.00	0.03	3.33	0.04	4.44	z:	0.04	0.06	0.09
K9(0), κάτω, κ	0.62	0.25	1.00	0.17	2.00	0.24	2.37	γ:	0.10	0.14	0.24
K9(0), άνω, κ	0.27	0.11	1.00	0.05	1.41	0.08	1.56	z:	0.05	0.07	0.12
K9(1), κάτω, κ	0.36	0.10	1.00	0.09	1.58	0.12	1.91	γ:	0.08	0.10	0.17
K9(1), άνω, κ	0.32	0.09	1.00	0.08	1.60	0.10	1.96	z:	0.06	0.08	0.12
K9(2), κάτω, κ	0.20	0.09	1.00	0.07	1.63	0.10	2.01	γ:	0.07	0.09	0.15
K9(2), άνω, κ	0.20	0.10	1.00	0.08	1.63	0.10	2.00	z:	0.06	0.07	0.11
K9(3), κάτω, κ	0.17	0.08	1.00	0.07	1.67	0.09	1.98	γ:	0.07	0.09	0.15
K9(3), άνω, κ	0.21	0.10	1.00	0.08	1.77	0.10	2.25	z:	0.06	0.07	0.11
K9(4), κάτω, κ	0.13	0.07	1.00	0.06	1.62	0.08	1.99	γ:	0.07	0.09	0.15
K9(4), άνω, κ	0.21	0.11	1.00	0.09	1.81	0.11	2.35	z:	0.06	0.07	0.11
K9(5), κάτω, κ	0.09	0.05	1.00	0.04	2.63	0.05	3.51	γ:	0.03	0.04	0.08
K9(5), άνω, κ	0.19	0.08	1.00	0.03	2.98	0.05	3.88	z:	0.03	0.03	0.05
K10(0), κάτω, κ	0.74	0.31	1.00	0.25	1.56	0.38	1.85	γ:	0.11	0.14	0.27
K10(0), άνω, κ	0.34	0.14	1.00	0.11	1.79	0.15	2.28	z:	0.14	0.18	0.32
K10(1), κάτω, κ	0.47	0.20	1.00	0.12	2.33	0.18	1.78	γ:	0.12	0.15	0.29
K10(1), άνω, κ	0.34	0.16	1.00	0.10	2.68	0.13	3.49	z:	0.08	0.11	0.19
K10(2), κάτω, κ	0.42	0.17	1.00	0.11	1.69	0.15	2.03	γ:	0.11	0.15	0.27
K10(2), άνω, κ	0.42	0.17	1.00	0.13	2.32	0.16	3.00	z:	0.04	0.05	0.08
K10(3), κάτω, κ	0.32	0.13	1.00	0.08	1.55	0.12	1.97	γ:	0.12	0.15	0.27
K10(3), άνω, κ	0.43	0.18	1.00	0.11	1.63	0.16	1.81	z:	0.07	0.09	0.15
K10(4), κάτω, κ	0.27	0.11	1.00	0.09	1.55	0.12	1.85	γ:	0.09	0.11	0.20
K10(4), άνω, κ	0.34	0.14	1.00	0.11	1.54	0.16	1.96	z:	0.06	0.07	0.12
K10(5), κάτω, κ	0.17	0.07	1.00	0.03	3.10	0.04	4.11	sk:	-	-	-
K10(5), άνω, κ	0.20	0.08	1.00	0.03	3.16	0.03	4.20	z:	0.03	0.04	0.07
K11(0), κάτω, κ	0.60	0.24	1.00	0.16	2.09	0.23	2.70	γ:	0.09	0.12	0.22
K11(0), άνω, κ	0.38	0.15	1.00	0.09	1.87	0.13	2.77	z:	0.05	0.07	0.13
K11(1), κάτω, κ	0.50	0.20	1.00	0.10	1.86	0.15	2.42	γ:	0.10	0.14	0.25
K11(1), άνω, κ	0.47	0.19	1.00	0.09	1.95	0.13	2.47	z:	0.03	0.04	0.07
K11(2), κάτω, κ	0.45	0.18	1.00	0.09	2.39	0.13	2.93	γ:	0.10	0.13	0.24
K11(2), άνω, κ	0.47	0.19	1.00	0.09	2.70	0.12	3.57	z:	0.02	0.03	0.04
K11(3), κάτω, κ	0.34	0.14	1.00	0.09	1.87	0.13	2.43	γ:	0.09	0.12	0.21
K11(3), άνω, κ	0.39	0.16	1.00	0.07	3.10	0.10	4.12	z:	0.02	0.02	0.04
K11(4), κάτω, κ	0.23	0.09	1.00	0.06	1.79	0.09	2.30	γ:	0.08	0.10	0.18
K11(4), άνω, κ	0.30	0.12	1.00	0.07	1.94	0.11	2.44	z:	0.02	0.02	0.04
K11(5), κάτω, κ	0.14	0.06	1.00	0.03	2.88	0.04	3.37	γ:	0.05	0.07	0.12
K11(5), άνω, κ	0.20	0.08	1.00	0.03	2.42	0.04	3.21	z:	0.02	0.03	0.05
K12(0), κάτω, κ	0.69	0.28	1.00	0.20	1.93	0.30	2.45	γ:	0.15	0.20	0.36
K12(0), άνω, κ	0.43	0.17	1.00	0.13	1.72	0.19	2.25	z:	0.05	0.07	0.13
K12(1), κάτω, κ	0.53	0.21	1.00	0.12	1.75	0.17	2.21	γ:	0.11	0.15	0.28
K12(1), άνω, κ	0.51	0.21	1.00	0.10	2.37	0.14	2.05	z:	0.04	0.05	0.09
K12(2), κάτω, κ	0.51	0.21	1.00	0.09	2.69	0.13	3.10	γ:	0.13	0.17	0.30
K12(2), άνω, κ	0.53	0.21	1.00	0.11	2.57	0.15	2.60	z:	0.02	0.03	0.05
K12(3), κάτω, κ	0.40	0.16	1.00	0.08	1.87	0.12	2.36	γ:	0.11	0.14	0.25
K12(3), άνω, κ	0.45	0.18	1.00	0.09	2.18	0.12	3.79	z:	0.02	0.03	0.05
K12(4), κάτω, κ	0.28	0.11	1.00	0.07	1.66	0.12	2.09	γ:	0.09	0.12	0.20
K12(4), άνω, κ	0.35	0.14	1.00	0.08	1.65	0.12	2.04	z:	0.02	0.02	0.03
K12(5), κάτω, κ	0.15	0.06	1.00	0.04	2.04	0.06	2.71	γ:	0.06	0.08	0.13
K12(5), άνω, κ	0.19	0.08	1.00	0.04	2.14	0.05	2.83	z:	0.02	0.03	0.05

K13(0), κάτω, κ	0.80	0.32	1.00	0.20	1.72	0.28	2.20	y:	0.10	0.14	0.25
K13(0), άνω, κ	0.42	0.17	1.00	0.10	1.97	0.15	2.52	z:	0.09	0.11	0.20
K13(1), κάτω, κ	0.31	0.25	1.00	0.11	2.17	0.14	2.62	y:	0.08	0.11	0.17
K13(1), άνω, κ	0.43	0.19	1.00	0.08	2.22	0.11	2.11	z:	0.07	0.09	0.13
K13(2), κάτω, κ	0.51	0.12	1.00	0.08	1.79	0.12	2.46	y:	0.09	0.12	0.18
K13(2), άνω, κ	0.29	0.13	1.00	0.09	2.54	0.12	2.32	z:	0.06	0.07	0.13
K13(3), κάτω, κ	0.38	0.10	1.00	0.07	2.01	0.09	2.69	y:	0.08	0.10	0.17
K13(3), άνω, κ	0.29	0.13	1.00	0.09	2.03	0.11	2.64	z:	0.05	0.07	0.11
K13(4), κάτω, κ	0.17	0.09	1.00	0.06	2.42	0.07	2.20	y:	0.07	0.09	0.15
K13(4), άνω, κ	0.28	0.14	1.00	0.10	2.11	0.12	2.82	z:	0.05	0.06	0.10
K13(5), κάτω, κ	0.09	0.04	1.00	0.03	2.42	0.03	3.20	y:	0.03	0.05	0.08
K13(5), άνω, κ	0.19	0.08	1.00	0.04	2.75	0.05	3.54	z:	0.02	0.03	0.06
K14(0), κάτω, κ	1.05	0.44	1.00	0.33	1.82	0.46	2.39	sls:	-	-	-
K14(0), άνω, κ	0.44	0.18	1.00	0.12	1.86	0.18	2.49	z:	0.11	0.15	0.24
K14(1), κάτω, κ	0.58	0.26	1.00	0.16	4.02	0.17	4.88	sls:	-	-	-
K14(1), άνω, κ	0.42	0.21	1.00	0.15	3.00	0.16	4.63	z:	0.09	0.10	0.17
K14(2), κάτω, κ	0.53	0.23	1.00	0.14	4.06	0.16	5.35	sls:	-	-	-
K14(2), άνω, κ	0.48	0.23	1.00	0.14	3.88	0.15	5.60	z:	0.05	0.07	0.11
K14(3), κάτω, κ	0.40	0.19	1.00	0.14	4.16	0.15	5.57	sls:	-	-	-
K14(3), άνω, κ	0.46	0.22	1.00	0.14	4.26	0.15	5.68	z:	0.05	0.06	0.09
K14(4), κάτω, κ	0.27	0.17	1.00	0.13	3.62	0.14	4.95	sls:	-	-	-
K14(4), άνω, κ	0.35	0.20	1.00	0.17	2.69	0.18	3.59	z:	0.05	0.06	0.10
K14(5), κάτω, κ	0.22	0.12	1.00	0.08	5.07	0.08	6.87	sls:	-	-	-
K14(5), άνω, κ	0.18	0.07	1.00	0.03	4.63	0.04	4.17	z:	0.02	0.03	0.05
K15(0), κάτω, κ	0.76	0.32	1.00	0.25	1.61	0.37	1.97	y:	0.08	0.11	0.20
K15(0), άνω, κ	0.11	0.05	1.00	0.04*	1.41	0.05	2.48	z:	0.20	0.26	0.44
K15(1), κάτω, κ	0.31	0.13	1.00	0.11	1.57	0.16	2.04	y:	0.06	0.08	0.15
K15(1), άνω, κ	0.24	0.10	1.00	0.08	1.67	0.12	2.08	z:	0.11	0.14	0.23
K15(2), κάτω, κ	0.27	0.11	1.00	0.09	1.55	0.14	1.86	y:	0.07	0.09	0.15
K15(2), άνω, κ	0.28	0.12	1.00	0.09	1.56	0.14	1.88	z:	0.07	0.09	0.16
K15(3), κάτω, κ	0.23	0.09	1.00	0.06	1.64	0.09	1.94	y:	0.06	0.08	0.14
K15(3), άνω, κ	0.30	0.12	1.00	0.09	1.72	0.13	2.13	z:	0.10	0.13	0.24
K15(4), κάτω, κ	0.12	0.05	1.00	0.04	1.59	0.05	2.10	y:	0.04	0.05	0.10
K15(4), άνω, κ	0.32	0.13	1.00	0.09	1.76	0.13	2.25	z:	0.08	0.11	0.20
K15(5), κάτω, κ	0.09	0.04	1.00	0.02	1.79	0.04	2.33	sls:	-	-	-
K15(5), άνω, κ	0.20	0.08	1.00	0.05	1.82	0.07	2.27	z:	0.03	0.04	0.07
K16(0), κάτω, κ	0.69	0.29	1.00	0.24	1.58	0.36	1.91	y:	0.11	0.14	0.26
K16(0), άνω, κ	0.27	0.12	1.00	0.09	1.91	0.12	1.97	z:	0.11	0.15	0.26
K16(1), κάτω, κ	0.41	0.17	1.00	0.11	2.25	0.16	2.03	y:	0.11	0.15	0.27
K16(1), άνω, κ	0.32	0.14	1.00	0.10	2.52	0.12	3.07	z:	0.08	0.11	0.18
K16(2), κάτω, κ	0.40	0.17	1.00	0.11	1.66	0.14	3.05	y:	0.11	0.13	0.25
K16(2), άνω, κ	0.41	0.17	1.00	0.12	2.37	0.16	2.65	z:	0.05	0.07	0.11
K16(3), κάτω, κ	0.31	0.14	1.00	0.08	2.65	0.11	3.49	y:	0.12	0.15	0.28
K16(3), άνω, κ	0.42	0.18	1.00	0.11	1.93	0.15	3.15	z:	0.07	0.09	0.14
K16(4), κάτω, κ	0.26	0.12	1.00	0.09	2.10	0.11	2.23	y:	0.09	0.12	0.21
K16(4), άνω, κ	0.34	0.16	1.00	0.10	2.59	0.15	1.97	z:	0.05	0.06	0.11
K16(5), κάτω, κ	0.20	0.08	1.00	0.06	1.91	0.08	2.45	sls:	-	-	-
K16(5), άνω, κ	0.31	0.13	1.00	0.06	2.64	0.08	4.40	z:	0.02	0.02	0.03
K18(0), κάτω, κ	1.66 <sup>(m)</sup>	0.67	1.00	0.36	2.29	0.51	3.06	sls:	-	-	-
K18(0), άνω, κ	1.54	0.62	1.00	0.38	2.19	0.53	2.92	z:	0.18	0.23	0.44
K18(1), κάτω, κ	1.37 <sup>(m)</sup>	0.55	1.00	0.29	2.51	0.41	3.34	sls:	-	-	-
K18(1), άνω, κ	1.36	0.55	1.00	0.28	2.57	0.40	3.42	z:	0.25	0.32	0.54
K18(2), κάτω, κ	0.76	0.31	1.00	0.14	2.73	0.19	3.64	sls:	-	-	-
K18(2), άνω, κ	0.74	0.30	1.00	0.15	2.73	0.20	3.64	z:	0.16	0.21	0.36
K18(3), κάτω, κ	0.77	0.31	1.00	0.16	2.55	0.22	3.39	sls:	-	-	-
K18(3), άνω, κ	0.80	0.32	1.00	0.17	2.55	0.23	3.41	z:	0.15	0.22	0.37
K18(4), κάτω, κ	0.61	0.25	1.00	0.14	2.25	0.20	2.98	sls:	-	-	-
K18(4), άνω, κ	0.80	0.32	1.00	0.18	2.33	0.26	3.10	z:	0.13	0.16	0.26
K18(5), κάτω, κ	0.62	0.25	1.00	0.10	3.29	0.14	4.39	sls:	-	-	-
K18(5), άνω, κ	0.67 <sup>(m)</sup>	0.27	1.00	0.11	3.32	0.15	4.42	z:	0.10	0.11	0.20
K19(0), κάτω, κ	1.59	0.64	1.00	0.43	1.98	0.60	2.64	sls:	-	-	-
K19(0), άνω, κ	1.33	0.54	1.00	0.37	1.96	0.51	2.61	z:	0.19	0.25	0.49
K19(1), κάτω, κ	1.27	0.51	1.00	0.28	2.43	0.39	3.23	sls:	-	-	-
K19(1), άνω, κ	1.23	0.50	1.00	0.27	2.43	0.38	3.24	z:	0.25	0.35	0.63
K19(2), κάτω, κ	0.67	0.27	1.00	0.14	2.63	0.19	3.50	sls:	-	-	-
K19(2), άνω, κ	0.71	0.29	1.00	0.14	2.64	0.20	3.52	z:	0.18	0.24	0.43
K19(3), κάτω, κ	0.69	0.28	1.00	0.15	2.50	0.21	3.34	sls:	-	-	-
K19(3), άνω, κ	0.85 <sup>(m)</sup>	0.34	1.00	0.18	2.59	0.25	3.31	z:	0.17	0.22	0.39
K19(4), κάτω, κ	0.52	0.21	1.00	0.17	2.01	0.24	2.83	sls:	-	-	-
K19(4), άνω, κ	0.92 <sup>(m)</sup>	0.37	1.00	0.23	2.14	0.32	2.85	z:	0.13	0.18	0.32
K19(5), κάτω, κ	0.56	0.23	1.00	0.08	3.77	0.11	5.03	sls:	-	-	-
K19(5), άνω, κ	0.39	0.16	1.00	0.05	3.75	0.07	5.02	z:	0.09	0.11	0.21

Πίνακας 7.6 Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα μετά από ανάλυση χρονιοστορίας

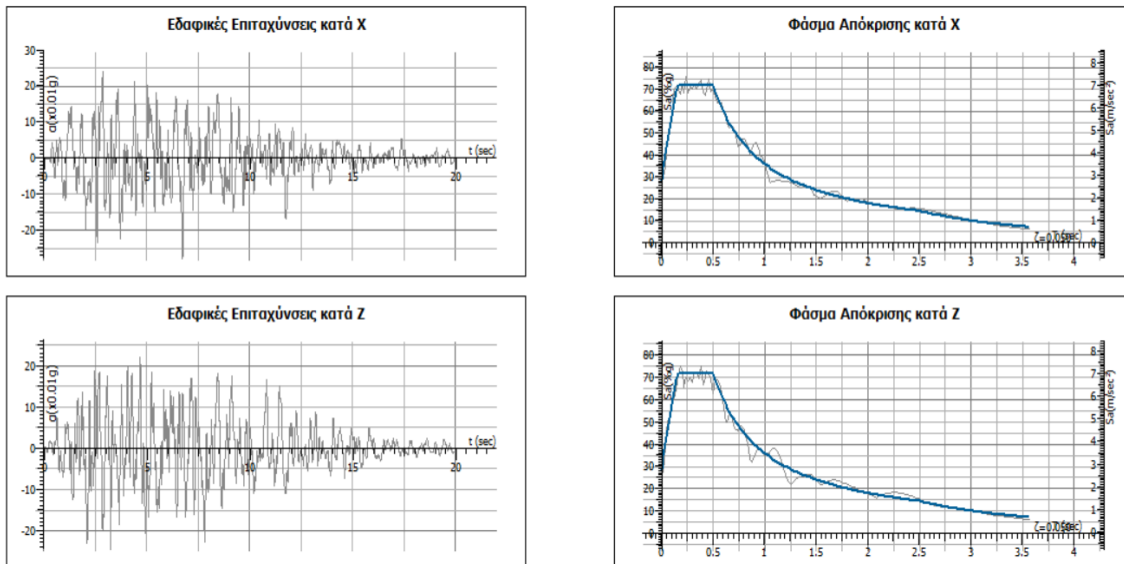
Από κάτω υπάρχουν ενδεικτικά δύο από τα επιταχυνσιογραφήματα και τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης που προέκυψαν από την ελαστική δυναμική ανάλυση χρονιοστορίας.

2) SD- Επιταχ/φήματα και φάσματα απόκρισης



Εικόνα 7.39 Επιταχυνσιογράφημα και φάσμα απόκρισης του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας SD

4) NC- Επιταχ/φήματα και φάσματα απόκρισης



Εικόνα 7.40 Επιταχυνσιογράφημα και φάσμα απόκρισης του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας NC

Για την σωστή συνεργασία του παλαιού και του νέου σκυροδέματος σε ένα ενισχυμένο στοιχείο, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση βλήτρων. Στην μελέτη για την περίπτωση που εξετάζουμε τα βλήτρα διαστασιολογήθηκαν και παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στις εικόνες που ακολουθούν.

Για την διαστασιολόγηση των βλήτρων από το στατικό πρόγραμμα fespa χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω σχέσεις οι οποίες υπαγορεύονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ και έχουν διατυπωθεί αναλυτικότερα και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Αντοχή βλήτρου

$$F_{ud} = 0.65d_b^2 \sqrt{f_{cd}f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Θλίβουσα δύναμη

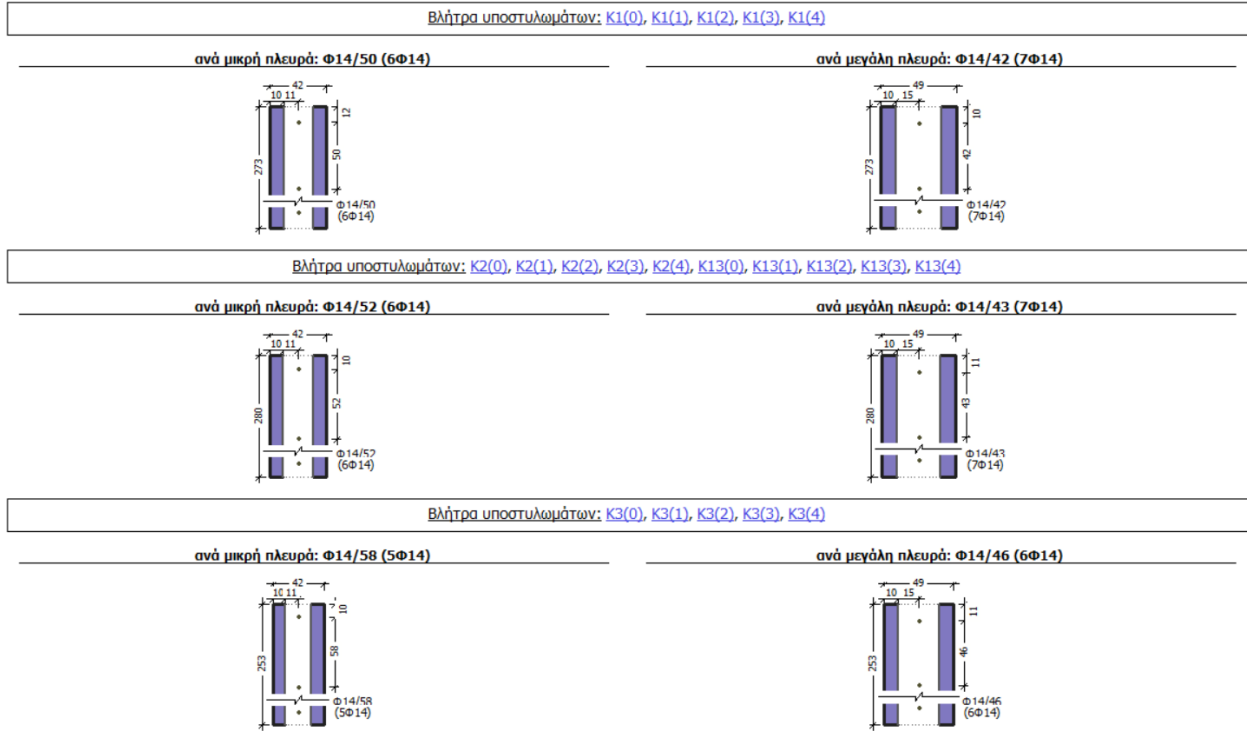
$$F_{cm1} = \frac{N_v + N_E}{2} + \frac{M_n}{z}$$

Έλεγχος ελαχίστων

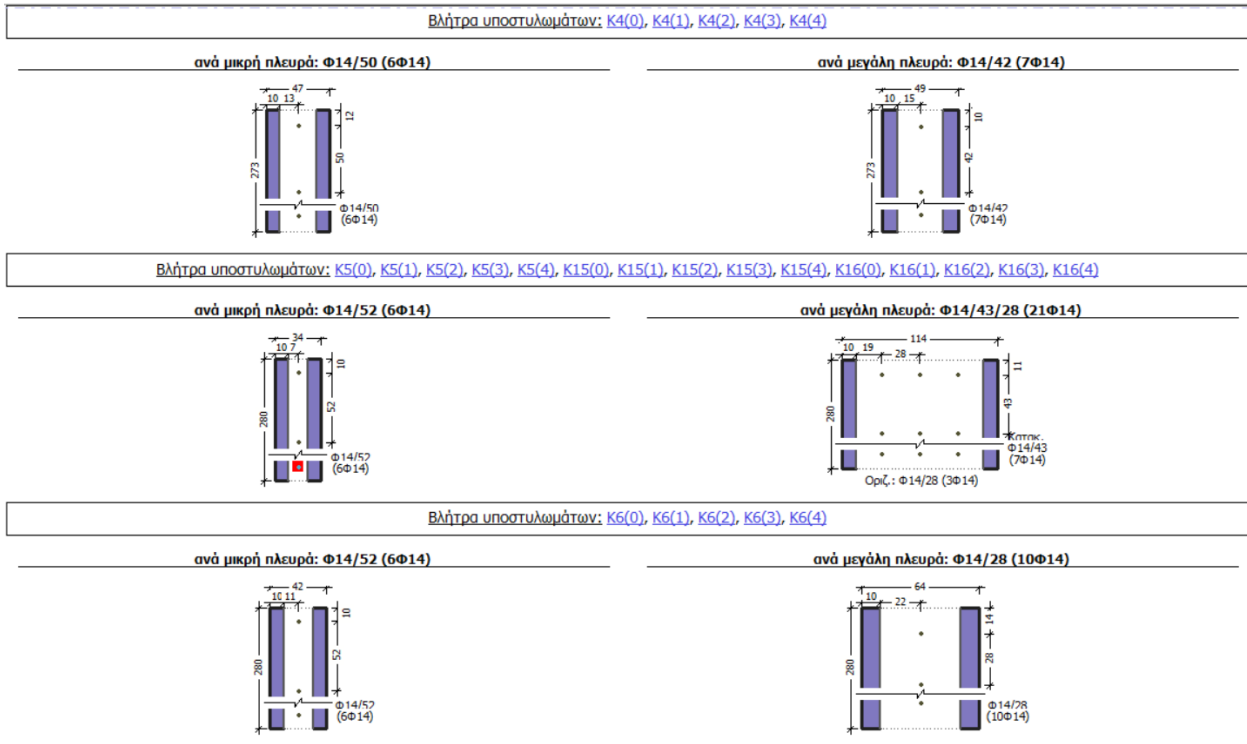
$$\rho_{\delta.min} = 1.2\text{‰}$$

$$A_{s\delta} = 1.2\text{‰} * A_{c\delta}$$

Το μήκος έμπηξης θα πρέπει να είναι  $8d_b$



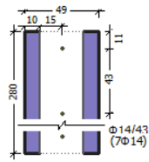
Εικόνα 7.41 Λεπτομέρειες βλήτρων ανά παρειά



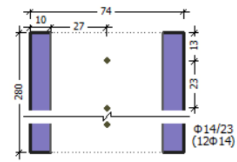
Εικόνα 7.42 Λεπτομέρειες βλήτρων ανά παρειά

Βλήτρα υποστρωμάτων: [K7\(0\)](#), [K7\(1\)](#), [K7\(2\)](#), [K7\(3\)](#), [K7\(4\)](#), [K8\(0\)](#), [K8\(1\)](#), [K8\(2\)](#), [K8\(3\)](#), [K8\(4\)](#)

ανά μικρή πλευρά:  $\Phi 14/43$  (7 $\Phi 14$ )

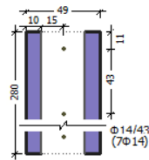


ανά μεγάλη πλευρά:  $\Phi 14/23$  (12 $\Phi 14$ )



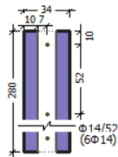
Βλήτρα υποστρωμάτων: [K9\(0\)](#), [K9\(1\)](#), [K9\(2\)](#), [K9\(3\)](#), [K9\(4\)](#)

ανά πλευρά:  $\Phi 14/43$  (7 $\Phi 14$ )

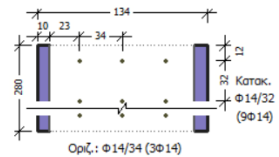


Βλήτρα υποστρωμάτων: [K10\(0\)](#), [K10\(1\)](#), [K10\(2\)](#), [K10\(3\)](#), [K10\(4\)](#)

ανά μικρή πλευρά:  $\Phi 14/52$  (6 $\Phi 14$ )



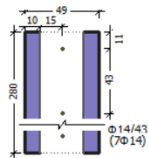
ανά μεγάλη πλευρά:  $\Phi 14/32/34$  (27 $\Phi 14$ )



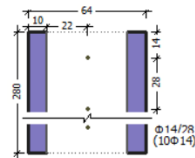
Εικόνα 7.43 Λεπτομέρειες βλήτρων ανά παρειά

Βλήτρα υποστρωμάτων: [K11\(0\)](#), [K11\(1\)](#), [K11\(2\)](#), [K11\(3\)](#), [K11\(4\)](#)

ανά μικρή πλευρά:  $\Phi 14/43$  (7 $\Phi 14$ )

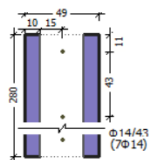


ανά μεγάλη πλευρά:  $\Phi 14/28$  (10 $\Phi 14$ )

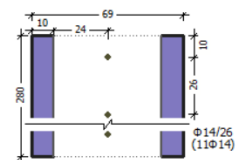


Βλήτρα υποστρωμάτων: [K12\(0\)](#), [K12\(1\)](#), [K12\(2\)](#), [K12\(3\)](#), [K12\(4\)](#)

ανά μικρή πλευρά:  $\Phi 14/43$  (7 $\Phi 14$ )

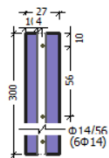


ανά μεγάλη πλευρά:  $\Phi 14/26$  (11 $\Phi 14$ )

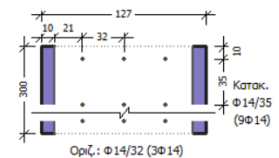


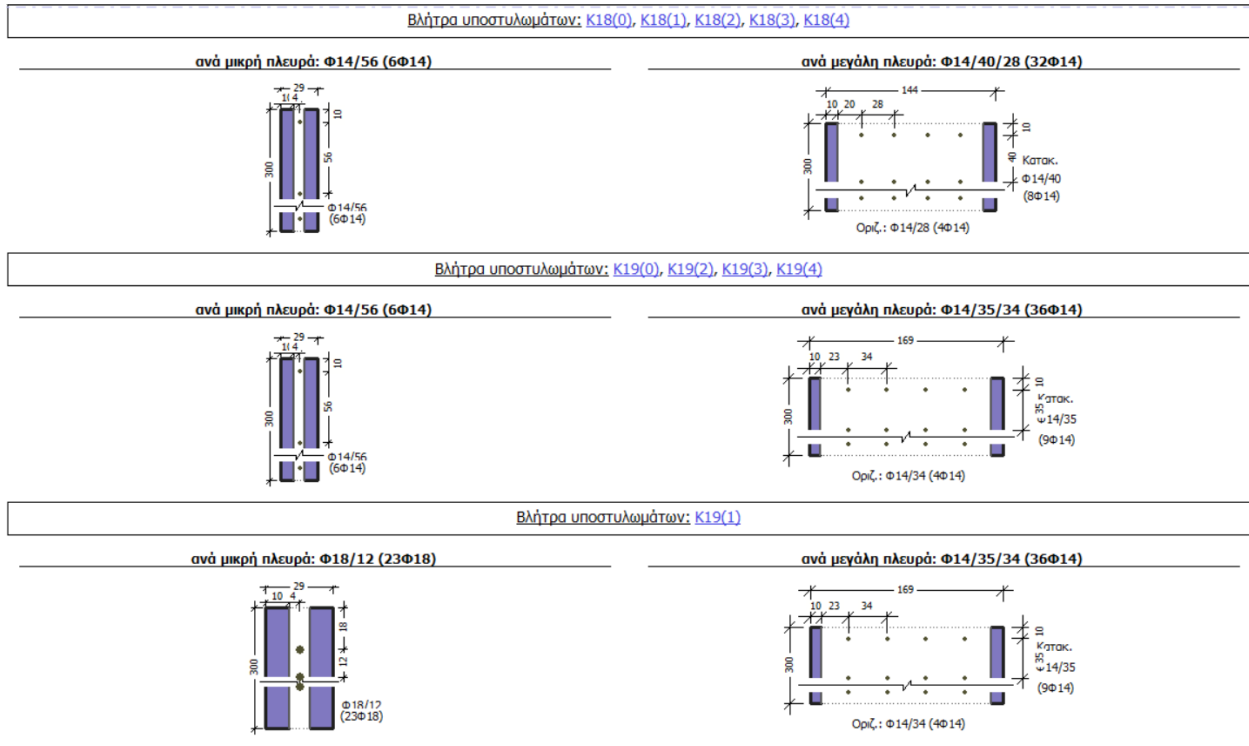
Βλήτρα υποστρωμάτων: [K14\(0\)](#), [K14\(1\)](#), [K14\(2\)](#), [K14\(3\)](#), [K14\(4\)](#)

ανά μικρή πλευρά:  $\Phi 14/56$  (6 $\Phi 14$ )



ανά μεγάλη πλευρά:  $\Phi 14/35/32$  (27 $\Phi 14$ )

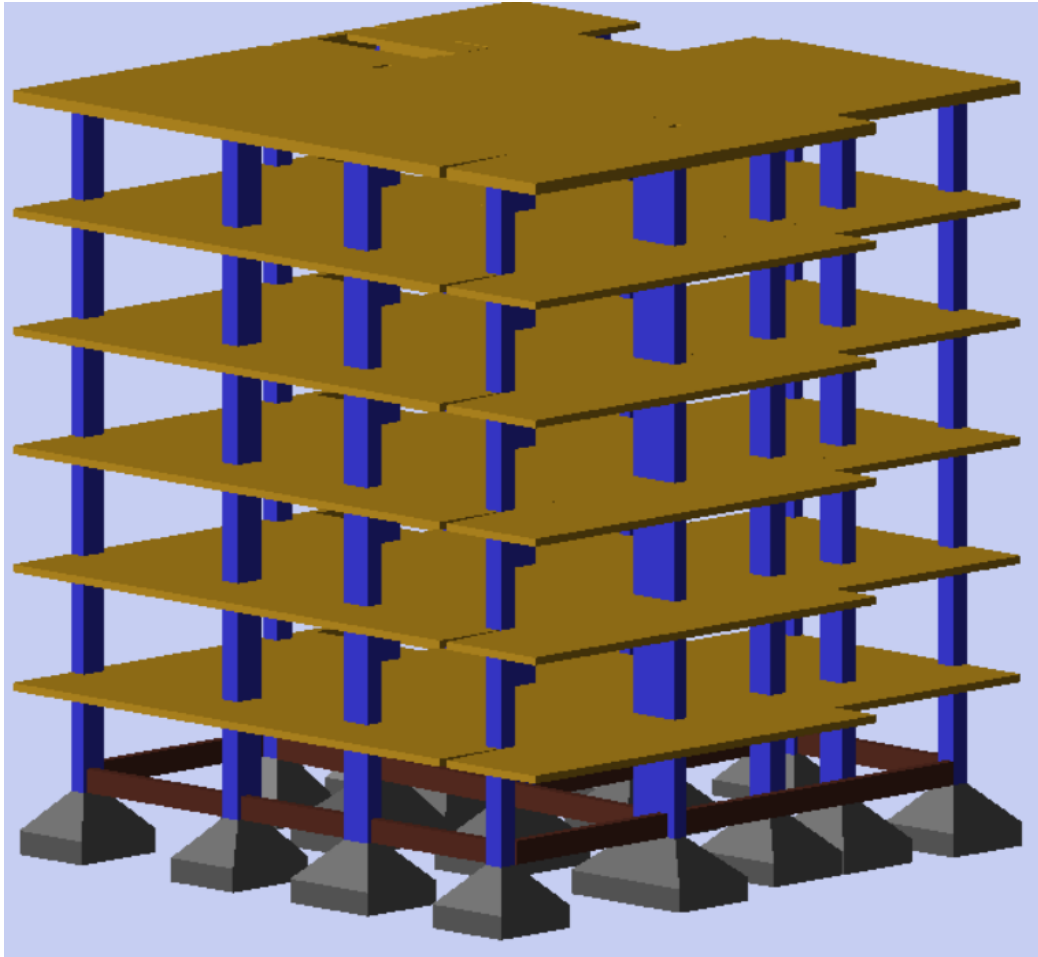




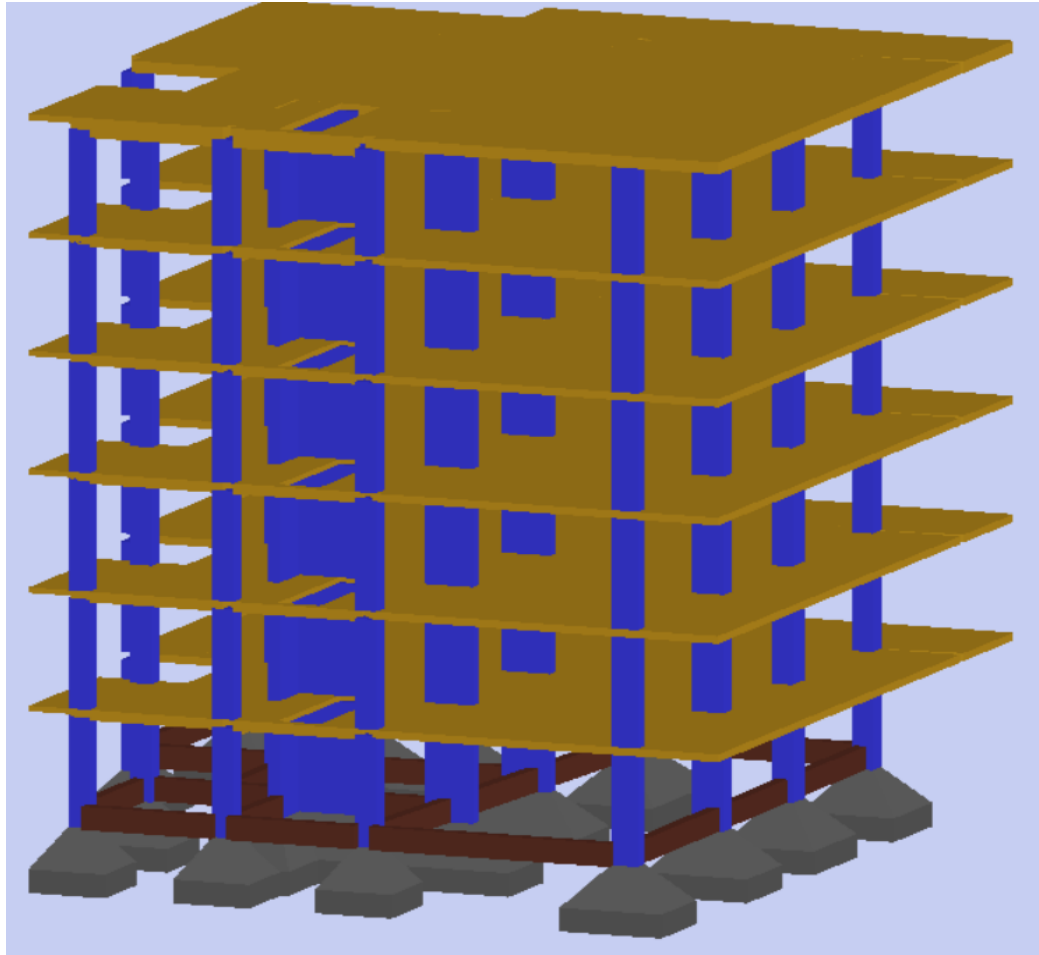
Εικόνα 7.44 Λεπτομέρειες βλήτρων ανά παρειά

Μετά την προσθήκη του ορόφου αλλά και τις επεμβάσεις που έγιναν το κτίριο θα έχει πλέον την παρακάτω μορφή.





Εικόνα 7.45 Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου μετά την προσθήκη και την ενίσχυση του.



Εικόνα 7.46 Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου μετά την προσθήκη και την ενίσχυση του.

## 8 Συμπέρασμα

Στην συγκεκριμένη εργασία αναπτύχθηκε εκτενώς το θέμα της προσθήκης ορόφου σε υφιστάμενη κατασκευή, καθώς και ο έλεγχος επάρκειας αλλά και ο ανασχεδιασμός της. Αρχικά αναλύθηκαν όλες οι βασικές αρχές και οι όροι που θα μπορούσαμε να συναντήσουμε σε ένα οποιοδήποτε πρόβλημα τέτοιας φύσεως. Στην συνέχεια έγινε η μελέτη μιας υπάρχουσας κατασκευής.

Το κτίριο που μελετήθηκε είναι μία τετραώροφη πολυκατοικία η οποία κατασκευάστηκε το 1976. Σε αυτό έγινε έλεγχος επάρκειας με pushover ανάλυση και διαπιστώθηκε τόσο από τους λόγους επάρκειας, όσο και από τα διαγράμματα απαίτησης - ικανότητας, πως το κτίριο δεν μπορεί να ανταποκριθεί ούτε στην στάθμη επιτελεστικότητας B (προστασία ζωής ) ούτε στην στάθμη επιτελεστικότητας Γ (οιονεί κατάρρευση). Στη συνέχεια έγινε η προσθήκη του νέου ορόφου, αλλά και η ενίσχυση των αδυναμιών μελών και όχι μόνο με σκοπό την καλύτερη συμπεριφορά του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα έγινε μία ανάλυση των αδυναμιών που πρέπει να διορθωθούν αλλά και τον περιορισμών που υπάρχουν στην συγκεκριμένη περίπτωση. Έτσι καταλήξαμε στην ενίσχυση με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος και την μέθοδο του gunite, δηλαδή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τόσο των δοκών που αστοχήσαν όσο και όλων των υποστυλωμάτων, ώστε να προκύψει η καλύτερη δυνατή συμπεριφορά του νέου ενισχυμένου φορέα. Στην συνέχεια ελέγξαμε εκ νέου το κτίριο τόσο με στατική ανελαστική ανάλυση όσο και με ελαστική ανάλυση χρονοιστορίας.

Μετά από αυτές τις ανάλυσης διαπιστώθηκε από τα διαγράμματα απαίτησης - ικανότητας, πως η ενισχυμένη κατασκευή είναι λιγότερο εύκαμπτη σε σύγκριση με την υφιστάμενη και πλέον επαρκεί για τις στάθμες επιτελεστικότητας B και Γ. Το παραπάνω συμπέρασμα επαληθεύτηκε και από τους λόγους επάρκειας, οι οποίοι ήταν μικρότερη του 1 για όλα τα μέλη του φορέα και για τις δύο στάθμες. Για τις αναλύσεις που κάναμε χρησιμοποιήσαμε το στατικό πρόγραμμα fespa. Το συμπέρασμα που υπάρχει μετά από όλη την διερεύνηση είναι πως τα κτίρια που έχουν μελετηθεί με παλαιότερους κανονισμούς παρουσιάζουν μεγάλες αδυναμίες στην αντοχή τους, στην δυσκαμψία τους και στην γενικότερη συμπεριφορά τους στον σεισμό. Για τον λόγο αυτό οι επεμβάσεις που χρειάζονται είναι αρκετά εκτεταμένες.

## 9 Βιβλιογραφία

1. Σπυράκος Κ. (2004). «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». Εκδ. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Αθήνα.
2. Τάσιος Θ. Π. (2012). «Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Αθήνα
3. Δρίτσος Σ. (2005). «Ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος» Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πάτρα.
4. Πνευματικός .Ν (2018). «Εισαγωγή στην Μελέτη Αντισεισμικών Κατασκευών». Εκδ. ΛΥΧΝΟΣ. Αθήνα
5. 3DR Engineering Software Ltd. «KAN.ΕΠΕ. Κανονισμός Επεμβάσεων». Αθήνα
6. Κυριαζόπουλος Αντώνης «Σημειώσεις Μαθήματος Επισκευών και Ενισχύσεων Κατασκευών» e-class uniwa. Αθήνα
7. Τριανταφύλλου Α. (2006). «Ενισχύσεις Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος και Φέρουσας Τοιχοποιίας με Σύνθετα Υλικά». Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πάτρα.
8. Φαρδής Μ. Ν. (2012). «Κανονισμός Επεμβάσεων σε Υφιστάμενα Δομήματα». Σεμινάριο ΤΕΕ, ΟΑΣΠ, ΣΠΜΕ. Αθήνα.
9. LH Λογισμική (2013). «Pushover-Θεωρητικά στοιχεία». Αθήνα

Για την αποτίμηση τον ανασχεδιασμό και την ενίσχυση του φορέα που εξετάστηκε έγινε χρήση του στατικού προγράμματος fespa. Ευχαριστώ πολύ την εταιρεία LH Λογισμική για την παραχώρηση του προγράμματος κατά την περίοδο εκπόνησης της εργασίας μου.

## 10 Εικόνες

1. <http://www.paver.gr/shop/skyrodema/%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF-%CF%83%CE%BA%CF%85%CF%81%CE%BF%CE%B4%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82-james-detail>
2. <https://docplayer.gr/72728382-Mi-katastrofikes-dokimes-skyrodematos.html>
3. <https://dokimioe.gr/>
4. [http://enixiseis.gr/activities/elegxoi\\_antoxis.aspx](http://enixiseis.gr/activities/elegxoi_antoxis.aspx)
5. <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/5959/%CE%95%CE%9D%CE%99%CE%A3%CE%A7%CE%A5%CE%A3%CE%97%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%99%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%A9%CE%9D%20%CE%9F%CE%A0%CE%9B%CE%99%CE%A3%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%9F%CE%A5%20%CE%A3%CE%9A%CE%A5%CE%A1%CE%9F%CE%94%CE%95%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A3%CE%98%CE%95%CE%A4%CE%95%CE%A3%20%20%CE%A3%CE%A4%CE%A1%CE%A9%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%A3%CE%9A%CE%A5%CE%A1%CE%9F%CE%94%CE%95%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A3..pdf?sequence=1&isAllowed=y4.4>
6. [http://www.episkeves2.civil.upatras.gr/?page\\_id=979](http://www.episkeves2.civil.upatras.gr/?page_id=979)