

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ



**ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ Ο/Σ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΠΟ
ΔΗΜΗΤΡΑ Ι. ΚΑΚΑΡΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
ΒΗΣΣΑΡΙΩΝ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ
ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής κ. Παπαδόπουλο Βησσαρίων, λέκτορα της Πολυτεχνικής Σχολής του ΕΜΠ καθώς και στον Δρ. Φραγκιαδάκη Μιχάλη, για τις πολύ σημαντικές υποδείξεις τους και τη συνεχή καθοδήγησή τους σε όλη τη διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά ήταν κινητήρια δύναμη για μένα γιατί εκτός του ότι με βοήθησαν στο να διεκπεραιώσω τη παρούσα εργασία, ταυτόχρονα κρατούσαν αμείωτο το ενδιαφέρον μου στο να μάθω περισσότερα γύρω από το θέμα των υφιστάμενων κτιρίων και να γνωρίσω έναν πολύ σημαντικό τομέα του Πολιτικού Μηχανικού. Τους ευχαριστώ που μου έδωσαν αυτή τη δυνατότητα.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου και είναι συνεχώς κοντά μου σε κάθε προσπάθεια. Τίποτα από όσα έχω καταφέρει στην έως τώρα σταδιοδρομία μου δεν θα ήταν εφικτό να γίνει και για τον λόγο αυτό αισθάνομαι ιδιαίτερα ευγνώμων.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερος τον Τάσο, ο οποίος με στήριξε ηθικά σε όλη τη πορεία μου για την απόκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς κτιρίων έχουν λάβει χώρα αρκετά πειράματα κτιρίων κατασκευασμένα σε φυσική κλίμακα. Ένα από αυτά είναι και το κτίριο που εξετάζεται στη παρούσα εργασία, το οποίο βασίστηκε στο κτίριο SPEAR και σχεδιάστηκε από τους M.N. Φαρδή και P. Negro, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος SPEAR (Seismic Performance Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings). Το κτίριο είναι αντιπροσωπευτικό παλαιότερων κατασκευών, που απαντώνται πολύ συχνά στις χώρες της Νότιας Ευρώπης, οι οποίες χαρακτηρίζονται από απουσία αντισεισμικού σχεδιασμού. Στη χώρα μας πολλά κτίρια, με παρόμοιες αδυναμίες, βασισμένα στον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959, κατασκευάστηκαν την περίοδο της δεκαετίας του 1970 όπου υπήρξε έντονη ανοικοδόμηση.

Η μελέτη αποτίμησης του εν λόγω κτιρίου βασίστηκε στον Ελληνικό Κανονισμό Επεμβάσεων, ΟΑΣΠ 2009. Ως μέθοδος ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε η ανελαστική στατική (μη – γραμμική) μέθοδος, ώστε να εκτιμηθούν οι γεωμετρικές μη – γραμμικότητες και παραμορφώσεις, που λαμβάνουν χώρα σε φορείς υπό σεισμική καταπόνηση. Το κτίριο, προσομοιώνεται και με τη συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων στην ανάληψη σεισμικών φορτίων και προκύπτουν συγκριτικά συμπεράσματα σε σχέση με την ευνοϊκή ή δυσμενή επιρροή αυτών στα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Εισαγωγή.....	1
1.2	Ανάλυση περιεχομένων κεφαλαίων.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΡΟ ΤΟΥ 1984

2.1	Ισχύοντες αντισεισμικοί κανονισμοί προ του 1984.....	4
2.2	Βασικές αδυναμίες υφιστάμενων κατασκευών.....	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ – ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

3.1	Στόχοι του ΚΑΝονισμού ΕΠεμβάσεων.....	8
3.2	Βασικές αρχές για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς υφιστάμενων κτιρίων στο στάδιο της αποτίμησης.....	10
3.2.1	Αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων.....	10
3.2.1.1	Συλλογή στοιχείων – Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.).....	11
3.2.2	Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού – Στάθμες επιτελεστικότητας.....	12
3.2.3	Γενικές αρχές λήψης αποφάσεων για επέμβαση.....	15
3.2.3.1	Κριτήρια επιλογής – Τύποι δομητικής επέμβασης και συνέπειες.....	16
3.2.4	Συντελεστές Ασφαλείας.....	18

3.2.5	Προχωρημένες Μέθοδοι Ανάλυσης.....	25
3.2.5.1	Ανελαστική στατική ανάλυση.....	26
3.2.5.1.1	Περιγραφή μεθόδου και προϋποθέσεις εφαρμογής.....	26
3.2.5.1.2	Προσομοίωση και ανάλυση.....	28
3.2.5.1.3	Διγραμμική απεικόνιση της καμπύλης ικανότητας – εξιδανικευμένη καμπύλη.....	30
3.2.5.1.4	Προσδιορισμός στοχευόμενης μετακίνησης.....	31
3.2.5.2	Ανελαστική δυναμική ανάλυση.....	34
3.2.5.2.1	Περιγραφή της μεθόδου και προϋποθέσεις εφαρμογής.....	34
3.2.5.2.2	Προσομοίωση και ανάλυση.....	35
3.2.6	Παραμορφωσιακά μεγέθη διατομής από Ο/Σ.....	37
3.2.6.1	Ροπή και καμπυλότητα στη διαρροή.....	37
3.2.6.2	Καμπυλότητα αστοχίας.....	39
3.2.6.3	Γωνία στροφής (θ_y) στη διαρροή.....	41
3.2.6.4	Μέση γωνία στροφής (θ_{um}) στην αστοχία και πλαστικό μέρος.....	42
3.2.6.5	Προσδιορισμός λόγου διάτμησης (α_s) – Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων Ο/Σ.....	47
3.2.7	Διατμητική αντοχή μελών οπλισμένου σκυροδέματος.....	48
3.3	Ενιαίος Δείκτης Συμπεριφοράς (q).....	50
3.4	Έλεγχοι Ασφαλείας.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΝ.ΕΠΕ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟ Ο/Σ

4.1	Περιγραφή του κτιρίου.....	59
4.2	Είσοδος γεωμετρίας και ιδιοτήτων των υλικών.....	63
4.3	Πρόγραμμα ανάλυσης.....	67

4.4 Αποτίμηση της συμπεριφοράς με την ανελαστική στατική ανάλυση.....	73
4.4.1 Στοχευόμενη μετακίνηση.....	73
4.4.2 Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ' ύψος.....	78
4.4.3 Καμπύλες ικανότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.....	79
4.4.4 Προσδιορισμός συντελεστή συμπεριφοράς (q).....	82
4.4.5 Αποτελέσματα ελέγχων.....	85
4.4.6 Συμπεριφορά κτιρίου με τη συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων.....	91
4.4.6.1 Προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	92
4.4.6.2 Στοχευόμενη μετακίνηση.....	97
4.4.6.3 Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ' ύψος.....	100
4.4.6.4 Καμπύλες ικανότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.....	100
4.4.6.5 Προσδιορισμός συντελεστή συμπεριφοράς (q).....	102
4.4.6.6 Αποτελέσματα ελέγχων.....	104
4.5 Συγκριτικά συμπεράσματα συνολικά στον φορέα αλλά και στα επιμέρους δομικά στοιχεία από την ευμενή ή δυσμενή επιρροή της τοιχοποιίας σε αυτά.....	110

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΣΧΕΔΙΑ ΞΥΛΟΥΤΥΠΩΝ ΦΟΡΕΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΗΨΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 3-1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού φέροντος οργανισμού
- Πίνακας 3-2: Τιμές συντελεστή γ_{sd}
- Πίνακας 3-3: Τιμές συντελεστή γ_{sd}
- Πίνακας 3-4: Τιμές συντελεστή C_2
- Πίνακας 3-5: Τιμές δείκτη υπεραντοχής (q_b)
- Πίνακας 4-1: Πειραματικά αποτελέσματα δοκιμών σκυροδέματος
- Πίνακας 4-2: Κατανομή της μάζας στις οροφές της κατασκευής
- Πίνακας 4-3: Ιδιοπερίοδοι και κυκλικές ιδιοσυχνότητες του κτιρίου
- Πίνακας 4-4: Στοχευόμενες μετακινήσεις για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας
- Πίνακας 4-5: Μέγιστες σεισμικές επιταχύνσεις για ζώνη II σεισμικής επικινδυνότητας
- Πίνακας 4-6: Νέες ιδιοπερίοδοι και κυκλικές ιδιοσυχνότητες του κτιρίου
- Πίνακας 4-7: Νέες στοχευόμενες μετακινήσεις για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας
- Πίνακας 4-8: Για στάθμη B και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως
- Πίνακας 4-9: Για στάθμη B και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως
- Πίνακας 4-10: Για στάθμη A και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως
- Πίνακας 4-11: Για στάθμη A και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 3.1: Επίπεδα επιτελεστικότητας για διαφορετικά επίπεδα έντασης
- Σχήμα 3.2: Καμπύλη Αντίστασης (Capacity Curve)
- Σχήμα 3.3: Εξιδανίκευση μιας (σχηματικής) καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη
- Σχήμα 4.1: Το κτίριο του πειράματος NEARB μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής
- Σχήμα 4.2: Κάτοψη και τομή κτιρίου
- Σχήμα 4.3 : Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα υπό εφελκυσμό διαμέτρου $d=6\text{mm}$
- Σχήμα 4.4: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα υπό εφελκυσμό διαμέτρου $d = 10\text{mm}$
- Σχήμα 4.5 : Πρόσθετες μάζες σκυροδέματος στις πλάκες των ορόφων
- Σχήμα 4.6 : Κάτοψη τυπικού ορόφου κτιρίου
- Σχήμα 4.7: Απεικόνιση 1^{ης} ιδιομορφής
- Σχήμα 4.8: Απεικόνιση 2^{ης} ιδιομορφής
- Σχήμα 4.9: Ελαστικά φάσματα επιταχύνσεων ($\Phi_e - T_e$) για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας – σύμφωνα με το Παράρτημα Α του ΕΑΚ
- Σχήμα 4.10: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση x-x
- Σχήμα 4.11: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση y-y
- Σχήμα 4.12: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση x-x
- Σχήμα 4.13: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση y-y
- Σχήμα 4.14: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» και για διεύθυνση x-x
- Σχήμα 4.15: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» και για διεύθυνση y-y

- Σχήμα 4.16: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως (Στάθμη Β)
- Σχήμα 4.17: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως (Στάθμη Β)
- Σχήμα 4.18: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως (Στάθμη Γ)
- Σχήμα 4.19: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως (Στάθμη Γ)
- Σχήμα 4.20: Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ
- Σχήμα 4.21: Διάγραμμα διατμητικών τάσεων – γωνιακών παραμορφώσεων άοπλης τοιχοπλήρωσης
- Σχήμα 4.22: Προσομοίωση τοιχοποιίας ως ισοδύναμη (προς το φάτνωμα) θλιβόμενη διαγώνια ράβδος
- Σχήμα 4.23: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων ισοδύναμης θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου
- Σχήμα 4.24: Απεικόνιση 1^{ης} ιδιομορφής
- Σχήμα 4.25 Απεικόνιση 2^{ης} ιδιομορφής
- Σχήμα 4.26: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση x-x
- Σχήμα 4.27: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση y-y
- Σχήμα 4.28: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση x-x
- Σχήμα 4.29: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση y-y
- Σχήμα 4.30: Διαρροή υποστυλώματος Κ9 στον 1^ο όροφο (μέσον & κεφαλή) για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y
- Σχήμα 4.31: Διαρροή υποστυλώματος Κ9 στον 1^ο όροφο για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως (Στάθμη Β)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα είναι μία από τις πλέον σεισμογενείς χώρες και δυστυχώς τα τελευταία χρόνια έχουν χαθεί πολλές ανθρώπινες ζωές με αποκορύφωμα τον τελευταίο σεισμό της Αθήνας το 1999.

Το πρόβλημα στη χώρα μας οφείλεται σε έναν μεγάλο αριθμό κτιρίων που είχαν κατασκευαστεί πριν το 1984, δηλαδή πριν την πρώτη ουσιαστική τροποποίηση του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959. Τα κτίρια αυτά παρουσιάζουν μειωμένη ανθεκτικότητα τόσο στον σχεδιασμό τους όσο και στη κατασκευή τους. Κατά τις δεκαετίες '60 και '70 υπήρξε μεγάλη ανοικοδόμηση, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος των κτιρίων στα μεγάλα αστικά κέντρα να υστερούν σημαντικά από πλευράς σεισμικής επάρκειας συγκρινόμενα με τα σύγχρονα κτίρια.

Για την αντιμετώπιση του ζητήματος της συμπεριφοράς παλιών κτιρίων κρίθηκε αναγκαία η σύνταξη του Ελληνικού Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), η οποία έγινε από την επιστημονική ομάδα του ΟΑΣΠ και ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2009 (3^ο τελικό σχέδιο κειμένου). Ο κανονισμός αυτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τους μελετητές μηχανικούς, οι οποίοι καλούνται να εξυπηρετήσουν τόσο την οικονομία όσο και την ασφάλεια των κατασκευών.

Στα πλαίσια του Ελληνικού Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) εκπονείται η παρούσα Διπλωματική εργασία αντικείμενο της οποίας γίνεται μία τριώροφη κατασκευή, η οποία βρίσκεται στο εργαστήριο ELSA του Joint Research Center (JRC) στην Ιταλία. Το κτίριο του εν λόγω πειράματος, είναι βασισμένο στο κτίριο SPEAR, το οποίο σχεδιάστηκε από τους M.N. Φαρδή και P. Negro, στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος SPEAR (Seismic Performance Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings). Πρόκειται για μία παλιά τυπική ευρωπαϊκή κατασκευή, η οποία οικοδομήθηκε προκειμένου να ανταπεξέλθει σε απαιτήσεις περασμένων κανονισμών. Τα προβλήματα που παρουσιάζει όπως έλλειψη οπλισμών, ανεπάρκεια περίσφιγξης, α-κανονικότητα και αδύναμους κόμβους είναι

αντιπροσωπευτικά κτιρίων, που οικοδομήθηκαν και στη χώρα μας με τον Κανονισμό του '59.

Στο παραπάνω κτίριο μελετήθηκε η συμπεριφορά του με χρήση μη γραμμικών μεθόδων ανάλυσης καθώς και η συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων στην σεισμική απόκριση του δομήματος. Για τον σκοπό αυτό αναλύεται και η μέθοδος που προτείνει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ στην προσομοίωση της τοιχοποιίας. Ακόμη προκύπτουν αποτελέσματα από την αποτίμηση της κατασκευής χωρίς την παρουσία των τοιχοπληρώσεων και αντίστοιχα αποτελέσματα με την παρουσία των τοιχοπληρώσεων. Τέλος ανακύπτουν συμπεράσματα που αφορούν την επιρροή της τοιχοποιίας τόσο στα στοιχεία Ο/Σ αλλά και στο σύνολο του κτιρίου.

1.2 Ανάλυση Περιεχομένων Κεφαλαίων

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει μία σειρά κεφαλαίων τα περιεχόμενα των οποίων περιγράφονται ακολούθως:

Στο **1^ο Κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή, όπου γίνεται μία συνοπτική αναφορά στο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο **2^ο Κεφάλαιο** γίνεται μία ιστορική αναδρομή των αντισεισμικών κανονισμών που ήταν σε ισχύ προ του 1984. Αναλύονται οι ελλείψεις του αντισεισμικού κανονισμού του 1959 και αναφέρονται οι αντίστοιχες αδυναμίες σε κτίρια κατασκευασμένα σύμφωνα με αυτόν τον κανονισμό.

Στο **3^ο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται ο Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) και ο σκοπός της δημιουργίας του. Αναλύονται βασικές έννοιες και κριτήρια που αποτελούν τις βάσεις για μία σωστή μελέτη αποτίμησης ενός υφιστάμενου κτιρίου, όπως οι Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.), οι συντελεστές ασφαλείας, οι στάθμες επιτελεσματικότητας και ο ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς (q). Επιπλέον, αναλύονται οι προχωρημένες μέθοδοι ανάλυσης, όπως είναι η ανελαστική (μη γραμμική) στατική μέθοδος και η ανελαστική (μη γραμμική) δυναμική μέθοδος, κάτω από ποιες προϋποθέσεις χρησιμοποιούνται καθώς και τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα αυτών των μεθόδων. Τέλος, μεγάλη σημασία δίνεται στην ανάλυση των παραμορφωσιακών μεγεθών

που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο των διατομών από Ο/Σ, όταν η ανάλυση της κατασκευής βασίζεται σε μία από τις παραπάνω προχωρημένες μεθόδους που αναφέραμε.

Στο **4^ο Κεφάλαιο** οι παραπάνω έννοιες του ΚΑΝ.ΕΠΕ εφαρμόζονται σε τριώροφο κτίριο, το οποίο βρίσκεται στο εργαστήριο ELSA του Joint Research Center (JRC) στην Ιταλία. Η κατασκευή είναι αντιπροσωπευτική των αδυναμιών που παρουσιάζονται σε κτίρια που έχουν ανεγερθεί και στη χώρα μας, σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959. Παρουσιάζεται η γεωμετρία του κτιρίου με κατόψεις και τομές, γίνεται αναφορά των ιδιοτήτων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και δίνονται κατασκευαστικά σχέδια με τις διαμέτρους των οπλισμών και τις θέσεις τους. Ακόμα, γίνεται μία αναφορά στο πρόγραμμα όπου βασίστηκε η ανάλυση του κτιρίου και στις δυνατότητές του. Δίνονται οι στοχευόμενες μετακινήσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε στάθμη επιτελεστικότητας, οι αντίστοιχες καμπύλες ικανότητας και υπολογίζεται ο συντελεστής συμπεριφοράς (q) του φορέα. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα, που αφορούν τα στοιχεία Ο/Σ (δοκοί – υποστυλώματα), όπως προέκυψαν από την μη γραμμική στατική ανάλυση. Στη συνέχεια, στο κτίριο εισάγονται τοιχοπληρώσεις μεταξύ των φανωμάτων, ώστε να εκτιμήσουμε την συνεισφορά τους στην ανάληψη σεισμικών φορτίων και την ευνοική/δυσμενής επίδρασή τους στα στοιχεία Ο/Σ. Αναλύεται ο τρόπος προσομοίωσής τους, σύμφωνα και με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Κατά αντιστοιχία, δίνονται οι καμπύλες ικανότητας σε κάθε στάθμη, όπως τροποποιήθηκαν λόγω της προσθήκης των τοιχοπληρώσεων και ο συντελεστής συμπεριφοράς (q) του φορέα. Ομοίως, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα, που αφορούν τόσο τα στοιχεία Ο/Σ (δοκοί – υποστυλώματα) όσο και τις τοιχοπληρώσεις, όπως προέκυψαν από την μη γραμμική στατική ανάλυση. Τέλος, συγκρίνονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την ευμενή ή τη δυσμενή επιρροή της τοιχοποιίας τόσο στα στοιχεία Ο/Σ αλλά και στο σύνολο του φορέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΡΟ ΤΟΥ 1984

2.1 Ισχύοντες αντισεισμικοί κανονισμοί προ του 1984

Ο πρώτος αντισεισμικός κανονισμός της Ελλάδας θεσπίστηκε το 1959 με το Βασιλικό Διάταγμα 19/26.02.1959. Προ του 1959 είχαν εφαρμοστεί σε ορισμένες περιοχές που είχαν πληγεί από σεισμούς, μια σειρά από αντισεισμικά μέτρα, τα οποία κωδικοποίησε ο Κανονισμός του 1959. Παρόλα αυτά όσες κατασκευές σχεδιάστηκαν με αυτόν τον κανονισμό δεν διέθεταν σημαντική αντοχή σε σεισμό, ιδίως οι πολυώροφες.

Αυτό διότι ο αντισεισμικός κανονισμός αφορούσε περισσότερο μονώροφες κατασκευές παρά πολυκατοικίες. Η ανάλυση για σεισμικά φορτία βασιζόταν στο μοντέλο του μονώροφου και ο έλεγχος γινόταν ξεχωριστά για κάθε όροφο, με θεώρηση ελαστικής στήριξης στα υποστυλώματα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η πλαισιακή λειτουργία και η συμμετοχή των δοκών στην ανάληψη της σεισμικής έντασης.

Οι σεισμικοί συντελεστές που εφαρμόζονταν ανά περιοχές ήταν ιδιαίτερα χαμηλοί και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι σεισμικές δράσεις που λαμβάνονταν κατά την ανάλυση να είναι πολύ μειωμένες. Βέβαια, σε αυτό μεγάλη σημασία είχε η απουσία ισχυρής σεισμικής δραστηριότητας για μεγάλο χρονικό διάστημα γεγονός που δεν βοήθησε τους μηχανικούς της εποχής να συνειδητοποιήσουν τον σεισμικό κίνδυνο και την αναγκαιότητα να διευρύνουν τις γνώσεις τους γύρω από το φαινόμενο του σεισμού και την επίδρασή του στις κατασκευές. Τόσο ο αντισεισμικός σχεδιασμός – που ήταν ελλιπέστατος – όσο και ο ποιοτικός έλεγχος – που ήταν πρακτικά ανύπαρκτος είχε δυσμενείς συνέπειες στην σεισμική αντοχή των κτιρίων της περιόδου εκείνης.

Για τη διαστασιολόγηση του οπλισμένου σκυροδέματος παρέμενε σε ισχύ ο κανονισμός του 1954 (Βασιλικό Διάταγμα της 18.2/26.7.1954) ο οποίος ήταν απλή

μετάφραση του αντίστοιχου Γερμανικού του 1936 (DIN 1045). Δεν περιελάμβανε διατάξεις για την κατασκευαστική διαμόρφωση και λεπτομέρειες όπλισης μελών με στόχο την τοπική πλαστιμότητα.

Επομένως, ο κανονισμός αυτός ήταν αποκλειστικά προσανατολισμένος σε κατασκευές που καλούνται να αναλάβουν κυρίως κατακόρυφα φορτία. Το αποτέλεσμα ήταν ότι τα κτίρια δεν διέθεταν ένα σαφώς ορισμένο δομικό σύστημα ανάληψης οριζόντιων δυνάμεων και στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις. Αντίθετα, η αρχιτεκτονική διάταξη καθόριζε τις θέσεις των δοκών και των υποστυλωμάτων με αποτέλεσμα το κτίριο να κυριαρχείται από έμμεσες στηρίξεις δοκών επί άλλων δοκών και να χαρακτηρίζεται από σχεδόν πλήρη απουσία ξεκάθαρων πλαισίων ή μεικτών συστημάτων.

2.2 Βασικές αδυναμίες παλιών κτιρίων

Όσα κτίρια κατασκευάστηκαν το διάστημα που περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο δεν μπορούν να κατασκευαστούν ως ασφαλείς αντισεισμικές κατασκευές. Έννοιες όπως ανελαστική συμπεριφορά, πλαστιμότητα, ικανοτικός σχεδιασμός, σεισμικός κίνδυνος κ.λ.π. ήταν παντελώς άγνωστες στους μηχανικούς. Οι έννοιες αυτές άρχισαν να εισέρχονται στην Ελληνική βιβλιογραφία και πρακτική μετά τους πρώτους καταστροφικούς σεισμούς (Θεσσαλονίκη 1978, Αλκωνίδες 1981) που έπληξαν μεγάλα αστικά κέντρα και προκάλεσαν καταρρεύσεις πολυκατοικιών.

Ως γνωστόν η γενική συμπεριφορά ενός δομικού συστήματος εξαρτάται από την συμπεριφορά των επιμέρους δομικών μελών που συνθέτουν το φέροντα οργανισμό του. Στη συνέχεια παρατίθενται τα κύρια χαρακτηριστικά δομικών μελών οπλισμένων σκυροδέματος σχεδιασμένων με βάση τους παλιούς κανονισμούς:

- Ανεπαρκώς αγκυρωμένοι ή ακόμα και ανοιχτοί συνδετήρες σε γωνία 90° , γεγονός που τους εμπόδιζε να αναπτύξουν τη συνολική τους εφελκυστική αντοχή. Πολλές φορές η αντοχή τέτοιων συνδετήρων είναι πρακτικά μηδενική. Το αποτέλεσμα είναι πρακτικά ανύπαρκτος εγκιβωτισμός του σκυροδέματος, πολύ μικρές αντοχές σε διάτμηση και αρκετά μειωμένη έως ανύπαρκτη τοπική πλαστιμότητα.

- Ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού, που για μεν τους πρώτους οφειλόταν κυρίως στην μέθοδο ανάλυσης και στις χαμηλές σεισμικές δράσεις σχεδιασμού, για δε τους συνδετήρες οφειλόταν επιπλέον και στην απουσία ελέγχων περίσφιγξης και στις ελλειπείς κατασκευαστικές διατάξεις.
- Ανεπαρκείς λεπτομέρειες κατασκευαστικής όπλισης, κυρίως σε ότι είχε να κάνει με τον εγκάρσιο οπλισμό.
- Χαμηλές αντοχές σκυροδέματος καθώς επίσης και ανομοιομορφία στην κατανομή της ποιότητας σκυροδέματος στα διάφορα τμήματα του φορέα, γεγονός που οφειλόταν στην επι τόπου παρασκευή και μεταφορά του σκυροδέματος και στην απουσία ποιοτικών ελέγχων.
- Χαμηλές αντοχές χάλυβα με ευρεία χρήση λείου οπλισμού με άγκιστρα.
- Φτωχές αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού και ανεπαρκείς μήκοι αλληλεπικάλυψης (ματίσματα οπλισμών) που πολλές φορές γινόταν εντός κρίσιμων περιοχών.
- Ελαφρώς οπλισμένοι ή και σε πολλές περιπτώσεις τελείως άοπλοι κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων, στοιχείο που δημιουργούσε τοπικά σημεία αδυναμίας στις θέσεις σύνδεσης των διαφόρων μελών μεταξύ τους.
- Διαστασιολόγηση με βάση τις επιτρεπόμενες τάσεις και απουσία ικανοτικού σχεδιασμού δοκών και υποστυλωμάτων σε κάμψη και διάτμηση.
- Τήρηση μικρών επικαλύψεων με συνέπεια την έντονη ενανθράκωση του σκυροδέματος και διάβρωση οπλισμών.
- Ανεπαρκέστατοι οπλισμοί τοιχωμάτων δυσκαμψίας κυρίως λόγω εσφαλμένων παραδοχών υπολογισμού (πάκτωση στη βάση και άρθρωση στην κορυφή – μοντέλο μονωρόφου).
- Απουσία περισφιγμένων κρυφουποστυλωμάτων στα άκρα τοιχωμάτων.

Με την απουσία ουσιαστικής περίσφιγξης (συχνά Φ6/20 ή και Φ6/30) τόσο η αντοχή όσο και η παραμορφωσιμότητα αυτών των μελών μειώνεται δραματικά με τις εναλλαγές του προσήμου της φόρτισης κατά την διάρκεια ενός σεισμού. Καταπονήσεις όπως διαγώνιος εφελκυσμός και αστοχίες όπως λυγισμός ράβδων κ.λ.π. επιταχύνονται με αποτέλεσμα την πρόωρη ψαθυρή αστοχία του μέλους.

Η ποσοτικοποίηση της πραγματικής αντοχής και ικανότητας παραμόρφωσης τέτοιων δομικών στοιχείων είναι αρκετά πολύπλοκη. Σε αυτό συμβάλλουν πολύ παράγοντες όπως η σωστή προσομοίωση του φορέα, το πρόγραμμα ανάλυσης, η ανάλυση που θα χρησιμοποιηθεί, όμως πρωταρχικής σημασίας κατέχει η στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων (Σ.Α.Δ.), η οποία σχετίζεται, όπως θα αναφερθεί και εκτενέστερα στο Κεφάλαιο 3, με την επάρκεια των πληροφοριών που διαθέτει ο μηχανικός περί του υφισταμένου κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠΕ) – ΒΑΣΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

3.1 Στόχοι του ΚΑΝονισμού ΕΠΕμβάσεων

Παρά το γεγονός ότι σε όλες τις σεισμικές περιοχές του κόσμου ο σεισμικός κίνδυνος προέρχεται κυρίως από παλαιότερες κατασκευές, η έρευνα και η εκπαίδευση στην Αντισεισμική Τεχνολογία, καθώς και το σύνολο σχεδόν της δραστηριότητας σε εθνικό ή υπερεθνικό επίπεδο για σύνταξη σχετικών κανονισμών και προδιαγραφών εξακολουθεί να επικεντρώνεται στις νέες κατασκευές. Σε εθνικό επίπεδο το συνολικό κόστος της ενίσχυσης των παλαιότερων κατασκευών που κρίνονται επικίνδυνες είναι τόσο μεγάλο σε σύγκριση με το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν μιας σεισμογενούς χώρας όπως η Ελλάδα, που η Πολιτεία προτιμά να αγνοεί το πρόβλημα, περιμένοντας ουσιαστικά ότι αυτό θα λυθεί χάρη στη φυσική φθορά των κατασκευών.

Για τους λόγους αυτούς δεν συνηθίζεται, υπό κανονικές συνθήκες, η σεισμική ενίσχυση παλαιότερων κατασκευών, εκτός αν αυτές έχουν μεγάλη σπουδαιότητα (όπως κτίρια νοσοκομείων, σχολείων, ή δημόσια κτίρια που χρειάζεται να λειτουργούν πλήρως κατά τη διάρκεια και μετά το σεισμό, κλπ.). Έτσι κατά κανόνα τη σεισμική ενίσχυση έρχεται να προκαλέσει ένα έκτακτο γεγονός, όπως η αλλαγή και αναβάθμιση χρήσης (η οποία, ούτως ή άλλως επιβάλλει διακοπή της λειτουργίας) ή, συνήθως για την Ελλάδα, ένας ισχυρός σεισμός που προκαλεί βλάβες που χρειάζεται να επισκευασθούν.

Πέρα από τους ανωτέρω οικονομικοπολιτικούς λόγους που αποθαρρύνουν την ενίσχυση παλαιότερων κατασκευών, υπάρχουν και αντικίνητρα καθαρά τεχνικής φύσης. Σε εθνικό επίπεδο δεν υπάρχει ευρεία συμφωνία της τεχνικής και επιστημονικής κοινότητας της Αντισεισμικής Τεχνολογίας για την ακολουθητέα διαδικασία και τρόπο σεισμικής αποτίμησης υφισταμένων κατασκευών. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι ο πρώτος επίσημα θεσμοθετημένος κανονισμός για τη σεισμική αποτίμηση υφισταμένων κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος είναι ο Ευρωκώδικας 8 (CEN 2005).

Τα πράγματα είναι σε ακόμη πιο πρώιμο στάδιο όσον αφορά στη σεισμική ενίσχυση κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, καθότι, παρόλο που το σημερινό επίπεδο γνώσεων και εμπειρίας για τις τεχνικές επισκευής και ενίσχυσης είναι ικανοποιητικό, δεν υφίστανται ακόμη ευρέως αποδεκτά ή θεσμοθετημένα κριτήρια για τη μελέτη της ενίσχυσης.

Η πρακτική επίπτωση της έλλειψης κριτηρίων για τον ανασχεδιασμό είναι ότι αυτή λειτουργεί είτε ως αντικίνητρο για την ανάληψη από το Μηχανικό ενός έργου ανασχεδιασμού, είτε, εάν την αναλάβει, αυξάνει το μέσο κόστος των σεισμικών ενισχύσεων, καθότι ο Μηχανικός, μη έχοντας τη νομική και ουσιαστική κάλυψη που παρέχουν τα θεσμοθετημένα ή ευρέως αποδεκτά κριτήρια, υιοθετεί πιο συντηρητικά κριτήρια που οδηγούν σε λιγότερο οικονομικές λύσεις. Την έλλειψη αυτή έρχεται να καλύψει στην Ελλάδα ο Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), ο οποίος συντάχθηκε από την επιστημονική ομάδα του ΟΑΣΠ και ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2009 (3^ο τελικό σχέδιο κειμένου). Ο κανονισμός αυτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για τους μελετητές μηχανικούς, οι οποίοι καλούνται να εξυπηρετήσουν τόσο την οικονομία όσο και την ασφάλεια των κατασκευών.

3.2 Βασικές αρχές για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς υφιστάμενων κτιρίων στο στάδιο της αποτίμησης

Για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς υφιστάμενων κτιρίων ο Κανονισμός Επεμβάσεων καθοδηγεί τον μελετητή μηχανικό στα βασικά στάδια της μελέτης, ώστε να καταλήξει στην αποτίμηση του δομήματος.

3.2.1 Αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων

Με τον όρο «Αποτίμηση» σεισμικής συμπεριφοράς ορίζουμε την ποσοτική εκτίμηση και τον έλεγχο της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας ενός δομήματος σε σχέση με μία συγκεκριμένη στάθμη σεισμικής δράσης.

Η λεπτομερής αποτίμηση της αντοχής ενός κτιρίου αποτελεί το πρώτο απαραίτητο στάδιο μιας καλής μελέτης ενίσχυσης, γιατί μέσω αυτής εντοπίζονται τα τρωτά σημεία της κατασκευής και επιλέγεται το είδος και η έκταση της ενίσχυσης.

Προς αυτή τη κατεύθυνση η μελέτη αποτίμησης μπορεί να διακριθεί στα παρακάτω βήματα:

1. Η συλλογή όλων των στοιχείων που αφορούν το συγκεκριμένο δόμημα και η εκτενής έρευνα του ιστορικού του κτιρίου είναι υψίστης σημασίας, ώστε και η μετέπειτα προσομοίωση του φορέα στο εκάστοτε πρόγραμμα ανάλυσης να ανταποκρίνεται όσο γίνεται καλύτερα στην πραγματική κατάσταση του δομήματος.

2. Η μέθοδος της ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθεί από τον μελετητή μηχανικό θα δώσει διαφοροποιημένα αποτελέσματα. Τα τελευταία χρόνια δίνεται η δυνατότητα η ανάλυση να γίνεται με τη χρήση προχωρημένων μεθόδων, όπως η ανελαστική στατική και η ανελαστική δυναμική ανάλυση, οι οποίες δίνουν πολύ πιο αξιόπιστα αποτελέσματα σε σχέση με τις αντίστοιχες γραμμικές μεθόδους.

3. Οι έλεγχοι ασφαλείας των οριακών καταστάσεων είναι το τελικό στάδιο της αποτίμησης μετά την διερεύνηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Στη φάση αυτή αποφασίζεται αν απαιτείται ή όχι να γίνει ανασχεδιασμός του δομήματος ανάλογα με το αν πληρούνται ή όχι τα κριτήρια των ελέγχων ασφαλείας.

3.2.1.1 Συλλογή στοιχείων – Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.)

Η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) αφορά δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του υφισταμένου κτιρίου και λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό.

Διακρίνονται τέσσερις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων:

- «Υψηλή»
- «Ικανοποιητική»
- «Ανεκτή»
- «Ανεπαρκής»

Η επιλογή της κατάλληλης Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων εξαρτάται από τις παρακάτω κατηγορίες πληροφοριών:

- i. Από τις αντίστοιχες προβλέψεις χειρισμού στον σχεδιασμό του κάθε δομικού στοιχείου
- ii. Από τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών (του σκυροδέματος, του χάλυβα οπλισμού, του χάλυβα προεντάσεως – αν υπάρχει – καθώς και των τοίχων πλήρωσης)
- iii. Από τα γεωμετρικά στοιχεία του δομήματος, τα οποία σχετίζονται από την προέλευση των δεδομένων. Αν δηλαδή αυτό προέρχεται π.χ. από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί ή από σχέδιο αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις – όπως εντοπίστηκαν κατά τη διερεύνηση ή από αξιόπιστες μετρήσεις-σωστή αποτύπωση ή από έμμεσες μεθόδους ή από εύλογη κρίση Μηχανικού. Βέβαια, υπάρχει και η περίπτωση να μην υπάρχουν καθόλου δεδομένα, οπότε και η στάθμη ανάλογα με το στοιχείο που ελέγχουμε (σε σχέση με τη γεωμετρία ή τη θέση του – αν πρόκειται για οπλισμός) θεωρείται «ανεπαρκής».

Σημειώνεται ότι ο χαρακτηρισμός της στάθμης ενός στοιχείου ως «ανεπαρκής» επιτρέπεται μόνο σε δευτερεύοντα φέροντα στοιχεία. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί και σε κύρια στοιχεία όταν οι τιμές μπορούν να αιτιολογηθούν επαρκώς με βάση την προτέρα συμπεριφορά του κτιρίου, οπότε και εφαρμόζονται όσα ισχύουν για «ανεκτή» Σ.Α.Δ.

Η διάκριση ενός στοιχείου ως **κύριο φέρων** ή ως **δευτερεύων φέρων στοιχείο** γίνεται για να διαφοροποιηθούν οι έλεγχοι για την κάθε κατηγορία στοιχείων. Συγκεκριμένα, τα δευτερεύοντα επιτρέπεται να υποστούν μεγαλύτερες μετακινήσεις και βλάβες απ'ότι τα πρωτεύοντα. Επιπλέον, στη φάση της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων αν το στοιχείο δεν είναι καθοριστικό για την ευστάθεια του κτιρίου υπό σεισμικές δράσεις μπορεί εξαρχής να χαρακτηριστεί δευτερεύων ώστε να αποφύγουμε έναν πιθανό ανασχεδιασμό.

Κατά συνέπεια, τα δευτερεύοντα στοιχεία είναι αδύνατο να πληρούν τα κριτήρια επιτελεστικότητας, όπως αναφέρονται στον Κανονισμό Επεμβάσεων, χωρίς όμως αυτό να συνεπάγεται αναπόφευκτη αδυναμία του φορέα. Στην κατηγορία αυτή η ανήκουν οι δοκοί συζεύξεως τοιχωμάτων, οι δοκοί με έμμεσες στηρίξεις δοκών, τα φυτευτά υποστυλώματα σε περιπτώσεις ρετιρέ κ.λ.π. Ο έλεγχος της επάρκειας του φορέα μπορεί να γίνει χωρίς αυτά (π.χ. με θεώρηση «αρθρωτής» συνδέσεώς τους με τον κύριο φορέα – οπότε και δεν παραλαμβάνουν ροπές).

Η Σ.Α.Δ. δεν είναι αναγκαστικώς ενιαία για ολόκληρο το κτίριο. Προσδιορίζονται οι επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών όπως αναφέρθηκαν πιο πάνω και επιλέγεται εν τέλει η δυσμενέστερη. Η μέθοδος ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθεί στην πορεία είναι άμεσα σχετιζόμενη με την αντίστοιχη Σ.Α.Δ.

3.2.2 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού – Στάθμες επιτελεστικότητας

Για την εξυπηρέτηση ευρύτερων κοινωνικο-οικονομικών αναγκών τόσο στον ΚΑΝ.ΕΠΕ όσο και σε άλλους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, όπως στον Ευρωκώδικα 8 (EC8), έχει εισαχθεί η έννοια του σχεδιασμού με βάση την επιτελεστικότητα (performance – based design).

Οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού αποτελούν συνδυασμούς αφενός μιας στάθμης επιτελεστικότητας και αφετέρου μιας σεισμικής δράσης, με δεδομένη «ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτιρίου» (σεισμός σχεδιασμού).

Οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού δεν είναι κατ'ανάγκη οι ίδιοι. Οι στόχοι ανασχεδιασμού ενδέχεται να είναι υψηλότεροι από τους στόχους αποτίμησης.

Συγκεκριμένα ο ΚΑΝ.ΕΠΕ έχει θεσπίσει τις ακόλουθες στάθμες επιτελεστικότητας όσον αφορά τον φέρον οργανισμό:

1) «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό», είναι μία κατάσταση κατά την οποία δεν διακόπτεται καμιά λειτουργία του κτιρίου κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό σχεδιασμού, εκτός από ενδεχομένως δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες. Είναι ενδεχόμενο να παρουσιαστούν μερικές τριχοειδείς ρωγμές (κυρίως καμπτικού χαρακτήρα) στον φέροντα οργανισμό.

2) «Προστασία ζωής», είναι μία κατάσταση κατά την οποία αναμένεται να παρουσιαστούν επισκευάσιμες βλάβες στον φέροντα οργανισμό του κτιρίου, χωρίς όμως να συμβεί θάνατος ή σοβαρός τραυματισμός ατόμων εξαιτίας των βλαβών αυτών και χωρίς να συμβούν ουσιώδεις βλάβες στην οικοσκευή ή τα αποθηκευόμενα στο κτίριο υλικά.

3) «Οιονεί κατάρρευση», είναι μία κατάσταση κατά την οποία αναμένεται κατά τον σεισμό σχεδιασμού να παρουσιαστούν εκτεταμένες σοβαρές (μη-επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες στον φέροντα οργανισμό, ο οποίος όμως έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία (κατά και για ένα διάστημα μετά τον σεισμό) χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ συνιστά για την αποτίμηση ή την ενίσχυση του φέροντος οργανισμού υφισταμένων κτιρίων και για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες επιτελεστικότητας σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης στο συμβατικό χρόνο ζωής των 50 ετών είτε 50% είτε 10% σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα 3-1:

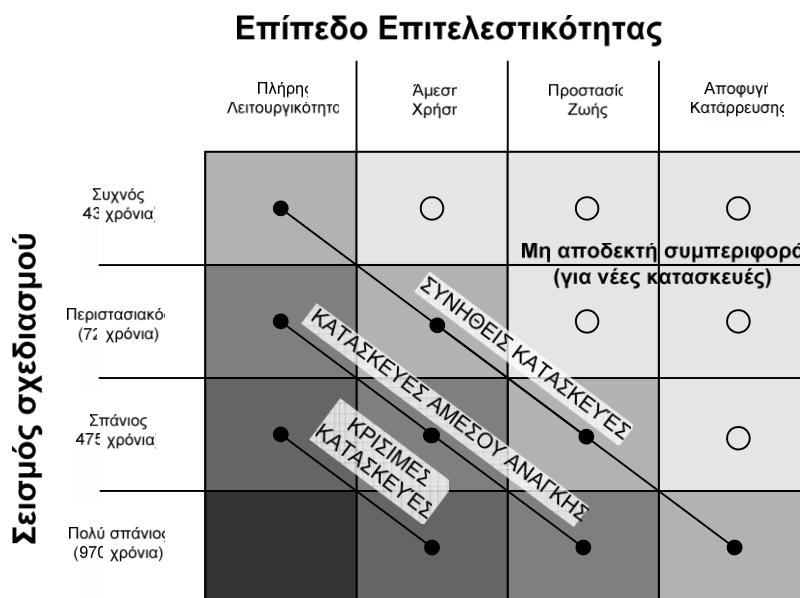
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	Άμεση χρήση μετά τον σεισμό	Προστασία ζωής	Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Πίνακας 3-1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού φέροντος οργανισμού

Υπενθυμίζεται ότι η σχέση μεταξύ της περιόδου επαναφοράς T_m και της πιθανότητας υπέρβασης p σε t χρόνια, δίνεται από τη σχέση του Poisson:

$$T_m = -\frac{t}{\ln(1-p)} \quad (3.1)$$

Βασική απαίτηση είναι να δίνεται η δυνατότητα στον μηχανικό ή στον ιδιοκτήτη του έργου να επιλέξει την επιθυμητή συμπεριφορά του κτιρίου για κάθε επίπεδο επιτελεστικότητας. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται εφικτή η επιλογή μιας λύσης κατά την οποία λαμβάνονται υπόψη τόσο το αρχικό κόστος κατασκευής όσο και το συνολικό κόστος κατά τον κύκλο ζωής του έργου.



Σχήμα 3.1 Επίπεδα επιτελεστικότητας για διαφορετικά επίπεδα έντασης (ο: μη-αποδεκτή συμπεριφορά, ● αποδεκτή συμπεριφορά)

Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται ότι ένα επίπεδο επιτελεστικότητας μπορεί να αντιστοιχεί σε διαφορετικά επίπεδα σεισμικής έντασης ανάλογα με τη σημαντικότητα της κατασκευής. Ακόμη, π.χ. για συνήθεις κατασκευές θα ισχύουν τα εξής:

- Για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» λαμβάνουμε σεισμική δράση που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης 50% (άρα μέση περίοδο επαναφοράς 72 χρόνια για συμβατικό χρόνο ζωής της κατασκευής 50 ετών).

- Για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» λαμβάνουμε σεισμική δράση που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης 10% (άρα μέση περίοδο επαναφοράς 475 χρόνια για συμβατικό χρόνο ζωής της κατασκευής 50 ετών.
- Για στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» λαμβάνουμε σεισμική δράση που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης 2% (άρα μέση περίοδο επαναφοράς 2475 χρόνια για συμβατικό χρόνο ζωής της κατασκευής 50 ετών.

3.2.3 Γενικές αρχές λήψης αποφάσεων για επέμβαση

Με τον όρο δομητική **επέμβαση** νοείται οποιαδήποτε εργασία που έχει ως αποτέλεσμα την επιθυμητή μεταβολή υφισταμένων μηχανικών χαρακτηριστικών ενός στοιχείου ή δομήματος και έχει ως συνέπεια την τροποποίηση της απόκρισής του.

Τέτοιες μεταβολές είναι συνήθως η τροποποίηση των γεωμετρικών ή/και μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων καθώς και η προσθήκη νέων ή η αφαίρεση υφισταμένων δομικών στοιχείων.

Με τον ορισμό αυτό, κάθε επισκευή ή/και ενίσχυση είναι μία επέμβαση.

Με τον όρο **επισκευή** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα που έχει βλάβες από οποιαδήποτε αιτία, η οποία αποκαθιστά τα προ της βλάβης μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του δομήματος και το επαναφέρει στην αρχική του φέρουσα ικανότητα.

Με τον όρο **ενίσχυση** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα με ή χωρίς βλάβες, η οποία αυξάνει τη φέρουσα ικανότητα ή πλαστιμότητα του στοιχείου ή του φορέα σε στάθμη σε υψηλότερη από αυτήν του αρχικού σχεδιασμού.

3.2.3.1 Κριτήρια επιλογής – Τύποι δομητικής επέμβασης και συνέπειες

Με βάση τα συμπεράσματα από την αποτίμηση του δομήματος καθώς και από τη φύση και την έκταση των βλαβών ή φθορών (όταν υπάρχουν), λαμβάνονται αποφάσεις επεμβάσεων με στόχο αφενός μεν την ικανοποίηση των βασικών απαιτήσεων του αντισεισμικού σχεδιασμού, αφετέρου δε την ελαχιστοποίηση του κόστους και την εξυπηρέτηση των κοινωνικών αναγκών.

Κριτήρια επιλογής δομητικής επέμβασης

Τα **γενικά κριτήρια** για την επιλογή των τύπων δομητικής επέμβασης είναι κριτήρια κόστους και χρόνου.

Τέτοια κριτήρια θεωρούνται:

- Το κόστος, τόσο το αρχικό όσο και το μελλοντικό (δηλ.τα έξοδα συντήρησης και οι πιθανές μελλοντικές φθορές ή βλάβες), σε σχέση με τη σπουδαιότητα και την ηλικία του υπόψη κτιρίου.
- Η διαθέσιμη ποιότητα εργασίας – τα μέτρα επέμβασης θα πρέπει να συμβαδίζουν με τα διαθέσιμα μέσα και την διαθέσιμη ποιότητα εργασίας.
- Η χρήση του κτιρίου, δηλαδή η επίπτωση των εργασιών επέμβασης στη χρήση του κτιρίου.
- Η αισθητική – το σχήμα της επέμβασης ενδέχεται να ποικίλει μεταξύ πλήρως αφανών επεμβάσεων και σκόπιμα διακριτών νέων – πρόσθετων – στοιχείων.
- Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής ταυτότητας των ιστορικών κτιρίων και η συνεκτίμηση του βαθμού αντιστρεψιμότητας των επεμβάσεων.
- Η διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών.

Τα **τεχνικά κριτήρια** επιλογής θεωρούνται:

- Τα διαπιστωμένα σοβαρά σφάλματα θα πρέπει να αποκατασταθούν καταλλήλως στο σύνολό τους.
- Οι σοβαρές βλάβες (και φθορές) σε πρωτεύοντα στοιχεία θα πρέπει να αποκατασταθούν στο σύνολό τους.
- Σε περίπτωση εντόνως μη-κανονικών κτιρίων (κυρίως από την άποψη της κατανομής της υπεραντοχής), η δομική κανονικότητά τους πρέπει να βελτιωθεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό.
- Όλες οι απαιτήσεις αντίστασης κρίσιμων περιοχών των πρωτευόντων στοιχείων – τα απαιτούμενα εντατικά μεγέθη αντίστασης και η απαιτούμενη ικανότητα πλαστικής παραμόρφωσης – πρέπει να ικανοποιούνται μετά την επέμβαση (ως προς τη διάκριση μεταξύ πρωτευόντων και δευτερευόντων στοιχείων).
- Όπου είναι δυνατόν, θα πρέπει να επιδιώκεται η αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας σε κρίσιμες περιοχές. Πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα ώστε, στο βαθμό που είναι δυνατόν, οι τοπικές επισκευές ή/και ενισχύσεις να μη μειώνουν τη διαθέσιμη πλαστιμότητα των κρίσιμων περιοχών.
- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ανθεκτικότητα τόσο των νέων όσο και των αρχικών στοιχείων, καθώς και το ενδεχόμενο της φθοράς σε ιδιαίτερες περιπτώσεις.

Τύποι δομητικής επέμβασης και συνέπειες

Με βάση τα αποτελέσματα της αποτίμησης του δομήματος και τα προηγούμενα κριτήρια πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλοι τύποι επέμβασης σε επιμέρους δομικά στοιχεία ή στο σύνολο του κτιρίου και του δευτερεύοντος οργανισμού (αν απαιτείται), λαμβάνοντας υπόψη τις συνέπειες των επεμβάσεων στις θεμελιώσεις.

Η επιλογή αυτή εντάσσεται σε μια στρατηγική επέμβασης, η οποία στοχεύει στη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου και συνίσταται στην τροποποίηση ή τον έλεγχο βασικών παραμέτρων που επηρεάζουν τη σεισμική συμπεριφορά του.

Προκειμένου να επιτευχθεί μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης μπορούν να υιοθετηθούν στρατηγικές τόσο τεχνικού όσο και διαχειριστικού χαρακτήρα ή/και συνδυασμός τους.

Ενδεικτικώς αναφέρονται ορισμένες στρατηγικές τεχνικού και διαχειριστικού χαρακτήρα:

Στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα

- Αύξηση της αντοχής του κτιρίου
- Αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης των μελών
- Διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών και μη-κανονικοτήτων
- Μείωση των σεισμικών απαιτήσεων

Στρατηγικές διαχειριστικού χαρακτήρα

- Περιορισμός ή αλλαγή της χρήσης του κτιρίου
- Μερική ή ολική καθαίρεση (π.χ. ορισμένων ορόφων)
- Μονολιθική μεταφορά του δομήματος σε άλλη θέση
- Απόφαση για «καμία επέμβαση». Στην περίπτωση αυτή μπορεί να γίνει αποδεκτή και μια μείωση της απομένουσας τεχνικής διάρκειας ζωής του δομήματος, υπό τον όρο ότι η μετά ταύτα κατεδάφιση του κτιρίου είναι εγγυημένη.

3.2.4 Συντελεστές Ασφαλείας

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ στο κεφάλαιο 4 ορίζει ορισμένους συντελεστές ασφαλείας, οι οποίοι εισάγονται στην ανίσωση ασφαλείας κατά τον έλεγχο του μέλους ή του συνόλου του δομήματος.

Η ανίσωση ασφαλείας οφείλει να αποδείξει ότι το κρίσιμο μέγεθος (εντατικό ή παραμορφωσιακό) είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα και εφαρμόζεται κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων. Η μορφή της είναι η ίδια με αυτή που προβλέπεται στον ΕΑΚ και ΕΚΩΣ2000:

$$S_d < R_d \quad (3.2)$$

με

$S_d = \gamma_{sd} \times S (S_k \times \gamma_f)$ και $R_d = (I/\gamma_{Rd}) \times R (R_k/\gamma_m)$, όπου:

- S_d είναι οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις
- R_d είναι οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων (εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών)

- S_k είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων, για τις οποίες υπάρχει πιθανότητα υπερβάσεως σε 50 έτη
- R_k είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις και έχουν ορισμένη πιθανότητα υποσκελίσεως

Οι συντελεστές ασφαλείας που εισάγονται στην παραπάνω ανίσωση ασφαλείας κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1) **Συντελεστές ασφαλείας για τα προσομοιώματα (γ_{sd} , γ_{Rd}):** είναι οι συντελεστές ασφαλείας με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω των οποίων εκτιμώνται οι συνέπειες των δράσεων και οι κάθε είδους αντιστάσεις, αντιστοίχως.

- Αν το σύνολο σχεδόν των σεισμικών δράσεων αναλαμβάνεται κυρίως από νέους, ικανούς και επαρκείς φορείς τότε λαμβάνεται $\gamma_{sd} = 1,00$.
- Αν οι σεισμικές δράσεις αναλαμβάνονται και από το υφιστάμενο δόμημα (ή μόνο από αυτό) και δεν γίνονται παραμετρικές διερευνήσεις και έλεγχοι, οι τιμές γ_{sd} που θα χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από τη σοβαρότητα (την ένταση) και την έκταση των βλαβών ή/και των επεμβάσεων (ανεξαρτήτως μεθόδου ανάλυσης) σύμφωνα με τον Πίνακα 3-2:

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή/και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή/και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
$\gamma_{sd}=1,20$	$\gamma_{sd}=1,10$	$\gamma_{sd}=1,00$

Πίνακας 3-2: Τιμές συντελεστή γ_{sd}

- Αν πρόκειται για ανάλυση και έλεγχο συνόλου (κτιρίου ή συνόλου) και ιδιαίτερα για τις δυσκαμψίες (ή τις δυσστησιές) οι τιμές γ_{sd} σχετίζονται με τη 3στάθμη επιτελεστικότητας, σύμφωνα με τον Πίνακα 3-3:

Στάθμες Επιτελεστικότητας	$\gamma_{sd}=1,25\pm 0,10$
«Άμεση χρήση μετά το σεισμό» -Στάθμη Α	1,05
«Προστασία ζωής» - Στάθμη Β	1,25
«Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» - Στάθμη Γ	1,35

Πίνακας 3-3: Τιμές συντελεστή γ_{sd}

¹Οι συντελεστές γ_{Ra}

2) **Συντελεστές ασφαλείας για τις δράσεις (γ_g , γ_f):** Κατά την οριακή κατάσταση αστοχίας διακρίνονται σε αυτούς που αφορούν τις μόνιμες δράσεις (γ_g) και σε αυτούς που αφορούν τις μεταβλητές δράσεις (γ_f).

- Για τις μεταβλητές δράσεις χρησιμοποιούνται γενικώς οι καθιερωμένες τιμές γ_f και ψ_i κατά τους Κανονισμούς (π.χ.ΕΚΩΣ 2000 και ΕΑΚ2000).
- Οι τιμές των συντελεστών ασφαλείας (γ_g) που λαμβάνονται για τις μόνιμες δράσεις σχετίζονται με την Σ.Α.Δ.

Πιο συγκεκριμένα:

- για τους βασικούς συνδυασμούς και για δυσμενείς επιρροές της δράσεως

Ικανοποιητική Σ.Α.Δ.: $\gamma_g=1,35$

Ανεκτή ή υψηλή Σ.Α.Δ.: $\gamma_g=1,50$ ή $1,20$ αντιστοίχως

- για τις υπόλοιπες περιπτώσεις συνδυασμών και επιρροών της δράσεως (συμπεριλαμβανομένου και της τυχηματικής δράσης του σεισμού)

Ικανοποιητική Σ.Α.Δ.: $\gamma_g=1,10$

Ανεκτή ή υψηλή Σ.Α.Δ.: $\gamma_g=1,20$ ή $1,00$ αντιστοίχως

¹ Δες παράγραφο 3.4: Έλεγχοι Ασφαλείας

3) Συντελεστές ασφαλείας για τις ιδιότητες των υλικών (γ_f, γ_m):

Κατά την οριακή κατάσταση αστοχίας οι αντιπροσωπευτικές τιμές έχουν προκύψει από δοκιμές και κατάλληλη βαθμονόμηση. Στη πορεία, οι τιμές αυτές διαιρούνται με τους κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας (γ_m), ώστε να καθοριστούν οι τιμές σχεδιασμού των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στον έλεγχο ασφαλείας.

Η κατηγορία μεθόδων ελέγχου με βάση τα εντατικά ή παραμορφωσιακά μεγέθη επιλέγεται με βάση τον αναμενόμενο τύπο αστοχίας (ψαθυρό ή πλάστιμο).

Γενικώς, αν η διαθέσιμη τοπική πλαστιμότητα μ_θ (ή μ_d) είναι $\geq 2,0$ (ή αν $\mu_{1/r} \geq 3,0$) δηλ.αν η συμπεριφορά είναι οιονεί – πλάστιμη, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους παραμορφώσεων. Αλλιώς, αν η συμπεριφορά είναι οιονεί – ψαθυρή, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους δυνάμεων.

Σε κάθε περίπτωση, οι ενδεχόμενοι ψαθυροί μηχανισμοί αστοχίας (π.χ. λόγω διάτμησης ή λόγω μικρού λόγου διάτμησης, $a_s < 2$) ελέγχονται σε όρους δυνάμεων.

Επίσης, στοιχεία υπογείων και θεμελίων ελέγχονται πάντοτε σε όρους δυνάμεων (εντατικών μεγεθών).

Οι συντελεστές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται και κατ'επέκταση οι τιμές σχεδιασμού των υλικών εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει ο παραπάνω έλεγχος ασφαλείας.

Συγκεκριμένα διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

1^η περίπτωση: Ο έλεγχος ασφαλείας γίνεται σε όρους εντατικών μεγεθών

Στην περίπτωση αυτή, οι ιδιότητες των υφιστάμενων υλικών συγκεκριμένου (επιμέρους) δομικού στοιχείου αντιπροσωπεύονται με τις μέσες τιμές² τους μειωμένες κατά μία τυπική απόκλιση³, οι δε ιδιότητες προστιθέμενων υλικών αντιπροσωπεύονται με τις χαρακτηριστικές τιμές τους που προβλέπονται από τους ισχύοντες Κανονισμούς.

² Η μέση τιμή (και συχνότερη μάλλον τιμή) για συγκεκριμένο δομικό στοιχείο (ή ομάδα ομοειδών στοιχείων) είναι η διαπιστωμένη «ονομαστική» τιμή (η μετρημένη) κατά τη φάση των διερευνητικών εργασιών που γίνονται στον φορέα.

³ Η τυπική απόκλιση εξαρτάται από το είδος του υλικού καθώς και την ποιότητα και την περίοδο κατασκευής.

- Για τα υφιστάμενα υλικά

Αν ακολουθείται η πλήρης διαδικασία που προβλέπεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ για τον επανέλεγχο σκυροδέματος και χάλυβα για «υψηλή» στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων, οι τιμές γ_m επιτρέπεται να λαμβάνονται μειωμένες σε σχέση με αυτές που ισχύουν για το σχεδιασμό νέων κτιρίων :

- $\gamma_c = 1.50 - 0.15 = 1.35$
- $\gamma_s = 1.15 - 0.10 = 1.05$

Αν υιοθετούνται οι τιμές της αρχικής μελέτης για τις αντοχές των υλικών, με τον απαιτούμενο επανέλεγχο για «ικανοποιητική» στάθμη αξιοπιστίας, οι τιμές γ_m θα λαμβάνονται ίδιες με αυτές που προβλέπονται στους ισχύοντες Κανονισμούς:

- $\gamma_c = 1.50$
- $\gamma_s = 1.15$

Αν δεν διατίθεται η αρχική μελέτη του κτιρίου, ούτε ακολουθείται πλήρης διαδικασία επανελέγχου σκυροδέματος και χάλυβα, οπότε δεχόμαστε μία «ανεκτή» στάθμη αξιοπιστίας οι τιμές γ_m λαμβάνονται αυξημένες σε σχέση με αυτές που ισχύουν για το σχεδιασμό νέων κτιρίων:

- $\gamma_c = 1.50 + 0.15 = 1.65$
- $\gamma_s = 1.15 + 0.10 = 1.25$

Οι τιμές των συντελεστών (γ_m) που αφορούν τις άοπλες τοιχοπληρώσεις που λαμβάνονται υπόψη για αποτίμηση ή ανασχεδιασμό ανάλογα με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων θα λαμβάνονται ως εξής:

- Για «υψηλή» Σ.Α.Δ. : $\gamma_m=1.50$
- Για «ικανοποιητική» Σ.Α.Δ.: $\gamma_m=2.00$
- Για «ανεκτή» Σ.Α.Δ. : $\gamma_m=2.50$

- Για τα προστιθέμενα υλικά

Στην περίπτωση ελέγχου με εντατικά μεγέθη η αντιπροσωπευτική τιμή των προστιθέμενων υλικών είναι ίση με τη χαρακτηριστική τιμή.

Για τις ιδιότητες προστιθέμενων υλικών οι τιμές των επιμέρους συντελεστών γ_m λαμβάνονται αυξημένες ως προς αυτές που ισχύουν για το σχεδιασμό νέων κτιρίων.

Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται τυχόν πρόσθετες αβεβαιότητες οι οποίες σχετίζονται αφενός με τη ποικιλία των τεχνικών επεμβάσεως και τη μικρή ενδεχομένως διατομή των προστιθέμενων νέων υλικών και αφετέρου με τη δυσκολία προσπελασιμότητας (και ελέγχου) και τις παρεπόμενες αποκλίσεις ομοιομορφίας και ποιότητας.

Αν η διατομή των προστιθέμενων υλικών και η προσπελασιμότητα της θέσης όπου αυτά προστίθενται είναι συνήθης:

- $\gamma_c = 1.05 \times 1.50 = 1.58$
- $\gamma_s = 1.05 \times 1.15 = 1.21$

Αν η διατομή των προστιθέμενων υλικών είναι μειωμένη ή / και η προσπέλαση της θέσης όπου αυτά προστίθενται είναι δυσχερής:

- $\gamma_c = 1.20 \times 1.50 = 1.80$
- $\gamma_s = 1.20 \times 1.15 = 1.38$

2^η περίπτωση: Ο έλεγχος ασφαλείας γίνεται σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών

Στην περίπτωση ελέγχου με παραμορφωσιακά μεγέθη (μετακινήσεις, στροφές, κ.λ.π.) οι ιδιότητες των υλικών αντιπροσωπεύονται γενικώς με τις μέσες τιμές τους.

- Για τα υφιστάμενα υλικά

Αν ακολουθείται η πλήρης διαδικασία που προβλέπεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ για τον επανέλεγχο σκυροδέματος και χάλυβα για «υψηλή» στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων, οι τιμές γ_m επιτρέπεται να λαμβάνονται μειωμένες σε σχέση με αυτές που ισχύουν για το σχεδιασμό νέων κτιρίων :

- $\gamma_m = 1.10 - 0.10 = 1.00$

Αν υιοθετούνται οι τιμές της αρχικής μελέτης για τις αντοχές των υλικών, με τον απαιτούμενο επανέλεγχο για «ικανοποιητική» στάθμη αξιοπιστίας, οι τιμές γ_m θα λαμβάνονται ίδιες με αυτές που προβλέπονται στους ισχύοντες Κανονισμούς:

- $\gamma_m = 1.10$

Αν δεν διατίθεται η αρχική μελέτη του κτιρίου, ούτε ακολουθείται πλήρης διαδικασία επανελέγχου σκυροδέματος και χάλυβα, οπότε δεχόμαστε μία «ανεκτή» στάθμη αξιοπιστίας οι τιμές γ_m λαμβάνονται αυξημένες σε σχέση με αυτές που ισχύουν για το σχεδιασμό νέων κτιρίων:

- $\gamma_m = 1.10 + 0.10 = 1.20$

- Για τα προστιθέμενα υλικά

Στην περίπτωση ελέγχου με παραμορφωσιακά μεγέθη η αντιπροσωπευτική τιμή των προστιθέμενων υλικών είναι ίση με τη μέση τιμή.

Ομοίως, όπως ήδη αναφέρθηκε, οι τιμές των επιμέρους συντελεστών γ_m των προστιθέμενων υλικών λαμβάνονται αυξημένες ως προς αυτές που ισχύουν για το σχεδιασμό νέων κτιρίων.

Αν η διατομή των προστιθέμενων υλικών και η προσπελασιμότητα της θέσης όπου αυτά προστίθενται είναι συνήθης:

- $\gamma_m = 1.15$

Αν η διατομή των προστιθέμενων υλικών είναι μειωμένη ή / και η προσπέλαση της θέσης όπου αυτά προστίθενται είναι δυσχερής:

- $\gamma_m = 1.25$

3.2.5 Προχωρημένες Μέθοδοι Ανάλυσης

Για τον άμεσο καθορισμό του επιπέδου βλάβης σε κάθε επίπεδο επιτελεστικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι ανάλυσης.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ προτείνει τέσσερις μεθόδους ανάλυσης: ελαστική (ισοδύναμη) στατική με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς, ελαστική δυναμική με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς, ανελαστική στατική και ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονιστορίας). Η ελαστική στατική ανάλυση αντιστοιχεί στην «απλοποιημένη φασματική μέθοδο» και η ελαστική δυναμική ανάλυση στην «δυναμική φασματική μέθοδο» που προτείνουν τόσο ο ΕΑΚ όσο και ο ΕΚ8. Η μη-γραμμική στατική μέθοδος είναι επίσης γνωστή και ως υπερωθητική ανάλυση (*push over*). Στις δυναμικές μεθόδους η απόκριση καθορίζεται με τη χρονική ολοκλήρωση της εξίσωσης κίνησης επιβάλλοντας στην κατασκευή σεισμικές καταγραφές.

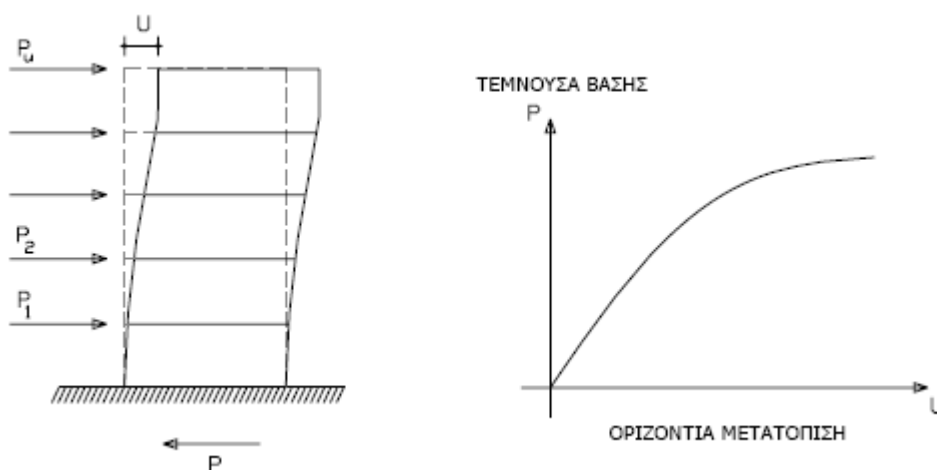
Οι γραμμικές μέθοδοι ανάλυσης χρησιμοποιούν δράσεις σχεδιασμού προερχόμενες από το άθροισμα των δράσεων των φορτίων βαρύτητας και των σεισμικών φορτίων. Οι ανελαστικές (μη-γραμμικές) μέθοδοι ανάλυσης επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση ελέγχων ανώτερου επιπέδου (Foley (2002)). Οι έλεγχοι αυτοί αναφέρονται συνήθως σε πλαστικές στροφές ή σε σχετικές μετακινήσεις, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν έλεγχοι ακόμα και για τις παραμορφώσεις (*Strains*) ανάλογα με το υλικό. Οι έλεγχοι αυτοί βασίζονται στην καλύτερη γνώση της συμπεριφοράς της κατασκευής και μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση του συνολικού κόστους μιας κατασκευής σε σχέση με τις στατικές μεθόδους ανάλυσης. Όσον αφορά στην ευστάθεια του φορέα, εφόσον η ανελαστική ανάλυση λαμβάνει υπόψη την παραμορφωμένη γεωμετρία, οι επιπλέον μετατοπίσεις λόγω φαινομένων δευτέρας τάξεως λαμβάνονται υπόψη άμεσα.

3.2.5.1 Ανελαστική στατική ανάλυση

Η ανελαστική στατική μέθοδος ανάλυσης γνωστή και ως υπερωθητική μέθοδος ανάλυσης (pushover analysis) ή στατική μη- γραμμική ανάλυση είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μη – γραμμική μέθοδος υπολογισμού της σεισμικής απαίτησης. Η μέθοδος είναι προσεγγιστική, αφού ο σεισμός είναι ένα δυναμικό φαινόμενο, αλλά δεδομένο ότι είναι μη – γραμμική μέθοδος, η ανάλυση λαμβάνει άμεσα υπόψη τη μη – γραμμική συμπεριφορά υλικού και γεωμετρίας. Επομένως, κύριος στόχος της μεθόδου είναι η εκτίμηση του μεγέθους των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα αναπτυχθούν στα δομικά στοιχεία όταν το κτίριο υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται η αποτίμηση ή ο ανασχεδιασμός.

3.2.5.1.1 Περιγραφή της μεθόδου και προϋποθέσεις εφαρμογής

Το μαθηματικό μοντέλο της κατασκευής «σπρώχνεται» (pushed) από μία κατανομή οριζόντιων πλευρικών φορτίων (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Καμπύλη Αντίστασης (Capacity Curve)

Το προσομοίωμα αυτό υποβάλλεται σε οριζόντια φορτία κατανεμημένα κατά τρόπο ανάλογο προς τις αδρανειακές δυνάμεις του σεισμού, τα οποία αυξάνονται μονότονα, εν γένει μέχρις ότου η μετατόπιση του χαρακτηριστικού κόμβου γίνει ίση με τη στοχευόμενη μετατόπιση ή εναλλακτικά μέχρις ότου κάποιο δομικό στοιχείο δεν είναι πλέον σε θέση να φέρει τα κατακόρυφα φορτία του. Η κατασκευή φορτίζεται με τα οριζόντια φορτία και ταυτόχρονα με τα κατακόρυφα φορτία βαρύτητας σύμφωνα με τον σεισμικό συνδυασμό, όπως καθορίζεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, ο οποίος είναι ο ίδιος με αυτόν του ΕΑΚ, όπως προβλέπεται στη παράγραφο 4.1.2.

Από την ανάλυση αυτή προκύπτει η καμπύλη αντίστασης του κτιρίου, η οποία εν γένει χαράσσεται σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης χαρακτηριστικού σημείου του κτιρίου (κόμβου ελέγχου) (Σχήμα 3.2). Ως χαρακτηριστικός κόμβος λαμβάνεται κάποιος κόμβος του φορέα που βρίσκεται στο κέντρο μάζας της οροφής του κτιρίου. Η στοχευόμενη μετατόπιση είναι η μετατόπιση του χαρακτηριστικού κόμβου κατά τον σεισμό σχεδιασμού και ο υπολογισμός της παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο. Κατά τον σχεδιασμό με βάση την επιτελεστικότητα η τιμή της στοχευόμενης μετατόπισης εξαρτάται από το επίπεδο επιτελεστικότητας που εξετάζεται.

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι να διασφαλίζεται στο σύνολο του φορέα τουλάχιστον «ικανοποιητική» Σ.Α.Δ. Επιπλέον η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να γίνει:

- Σε κτίρια στα οποία η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών δεν είναι σημαντική. Για τον έλεγχο αυτό απαιτείται μια αρχική δυναμική ελαστική ανάλυση όπου θα συνεκτιμώνται οι ιδιομορφές οι οποίες συνεισφέρουν τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας. Κατόπιν, θα γίνεται δεύτερη δυναμική ελαστική ανάλυση με βάση μόνο την πρώτη ιδιομορφή (σε κάθε διεύθυνση). Η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών μπορεί να θεωρείται σημαντική όταν η τέμνουσα σε κάθε όροφο που προκύπτει από την πρώτη ανάλυση υπερβαίνει το 130% εκείνης από τη δεύτερη ανάλυση. Για τις πιο πάνω δυναμικές αναλύσεις γίνεται χρήση του ελαστικού φάσματος του ΕΑΚ ($q=1$).
- Σε κτίρια στα οποία η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών είναι σημαντική υπό τον όρο ότι θα εφαρμόζεται σε συνδυασμό με μια συμπληρωματική δυναμική ελαστική ανάλυση.

3.2.5.1.2 Προσομοίωση και ανάλυση

Στο προσομοίωμα θα συμπεριλαμβάνονται εν γένει τόσο τα πρωτεύοντα όσο και τα δευτερεύοντα στοιχεία αλλά και οι τοιχοπληρώσεις. Η μείωση της δυσκαμψίας και της αντίστασης των κύριων και των δευτερευόντων στοιχείων στη μετελαστική φάση της απόκρισής τους θα προσομοιώνεται άμεσα με χρήση κατάλληλων καταστατικών νόμων. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη παράγραφο 7.1.2. του ΚΑΝ.ΕΠΕ, η μηχανική συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου ή μιας συνδέσεως στοιχείων (κόμβου) περιγράφεται μέσω ενός διαγράμματος εντατικού μεγέθους 'F' συναρτήσει της παραμόρφωσης ή σχετικής μετακίνησης 'δ'. Όπου καθοριστική της ανελαστικής συμπεριφοράς είναι η κάμψη, κατάλληλα μεγέθη F και δ είναι η ροπή κάμψης M και η καμπυλότητα 1/r. Αν καθοριστική της ανελαστικής συμπεριφοράς είναι η διάτμηση, κατάλληλα μεγέθη είναι η τέμνουσα V και η γωνιακή (διατμητική) παραμόρφωση γ.

Εναλλακτικώς, επιτρέπεται χρήση απλοποιημένης στατικής ανελαστικής ανάλυσης, όπου μπορούν να προσομοιώνονται μόνο τα πρωτεύοντα στοιχεία ανάληψης σεισμικών δυνάμεων του κτιρίου και η φάση εξασθένισης της αντίστασης των στοιχείων δεν θα προσομοιώνεται.

Απαγορεύεται η επιλεκτική κατάταξη φερόντων δομικών στοιχείων στην κατηγορία των δευτερευόντων με τρόπο ώστε η μορφολογία του κτιρίου να μετατρέπεται από μη – κανονική σε κανονική. Το ίδιο ισχύει και για τις τοιχοπληρώσεις, όταν συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα.

Τα οριζόντια φορτία θα λαμβάνονται σε δύο διευθύνσεις με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών βάσεως 10:3 και (χωριστά) 3:10 και θα εφαρμόζονται στη στάθμη κάθε διαφράγματος (πλάκα ορόφου), σύμφωνα με την κατανομή των αδρανειακών φορτίων του σεισμού. Για όλες τις αναλύσεις απαιτείται η εφαρμογή δύο τουλάχιστον καθύψος κατανομών φορτίων, ώστε να λαμβάνεται (κατά το δυνατό) υπόψη η μεταβολή του τρόπου κατανομής των φορτίων λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς ορισμένων περιοχών του φορέα αλλά και λόγω επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών.

Από κάθε μία από τις ακόλουθες ομάδες κατανομών των φορτίων καθύψος μπορεί να επιλέγεται η μία από τις δύο απαιτούμενες κατανομές.

Ως πρώτη κατανομή («ιδιομορφική») μπορεί να επιλέγεται μία από τις κατωτέρω:

- Κατανομή καθύψος σύμφωνα με τη σχέση (3.15) του ΕΑΚ (για κανονικά κτίρια):

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum m_j \cdot z_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (3.3)$$

όπου N: αριθμός ορόφων, z_i : η απόσταση της στάθμης i από τη βάση

Η χρήση της κατανομής αυτής επιτρέπεται μόνο εφόσον η συμμετοχή της πρώτης ιδιομορφής στη συνολική μάζα του φορέα ξεπερνά το 75% (στη θεωρούμενη διεύθυνση) και εφόσον χρησιμοποιείται επιπροσθέτως και η «ομοιόμορφη» κατανομή (βλ.κατωτέρω).

- Κατανομή καθύψος σύμφωνα με το σχήμα της πρώτης ιδιομορφής στη θεωρούμενη διεύθυνση. Η χρήση της κατανομής αυτής επιτρέπεται εφόσον η συμμετοχή της πρώτης ιδιομορφής στη συνολική μάζα του φορέα ξεπερνά το 75%.
- Κατανομή καθύψος συμβατή με την κατανομή των τεμνουσών ορόφων που υπολογίζονται με συνδυασμό των ιδιομορφικών αποκρίσεων από τη φασματική ανάλυση, χρησιμοποιώντας τον απαιτούμενο αριθμό ιδιομορφών (παράγραφος 3.4.2 ΕΑΚ – για κάθε συνιστώσα της σεισμικής διέγερσης θα λαμβάνεται υποχρεωτικά τέτοιος αριθμός ιδιομορφών ώστε το άθροισμα των δρυσών ιδιομορφικών μαζών $\sum M_i$ να φτάνει στο 90% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας M του συστήματος).

Η χρήση της κατανομής αυτής επιβάλλεται όταν η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου ξεπερνά το 1.0sec. Εναλλακτικώς, μπορεί να εφαρμοστεί στη περίπτωση αυτή η παράγραφος 3.5.2[2] του ΕΑΚ:

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot \varphi_i}{\sum m_j \cdot \varphi_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (3.4)$$

όπου N: αριθμός ορόφων,

m_i : η συγκεντρωμένη μάζα στη στάθμη i ,

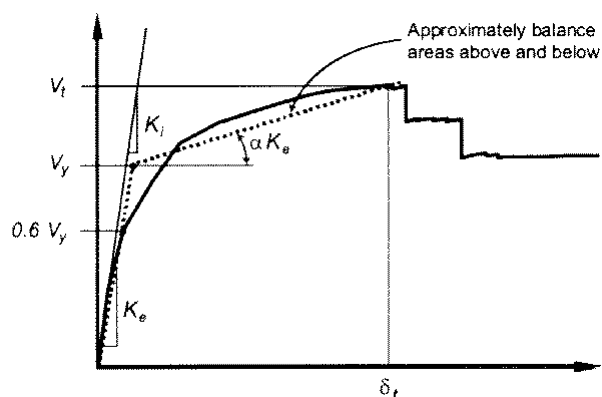
φ_i : η συνιστώσα στη στάθμη i της θεμελιώδους ιδιομορφής μεταφορικής ταλάντωσης κατά την θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται με οποιαδήποτε μέθοδο της μηχανικής, $V_H = 0.07 \cdot T \cdot V_o$ ($\leq 0.25 \cdot V_o$) είναι μία πρόσθετη δύναμη που εφαρμόζεται στη κορυφή του κτιρίου όταν $T \geq 1.0\text{sec}$.

Ως δεύτερη κατανομή μπορεί να επιλέγεται μία από τις κατωτέρω:

- «Ομοιόμορφη» κατανομή αποτελούμενη από οριζόντια φορτία ανάλογα προς τη μάζα κάθε στάθμης (ορόφου).
- Αναπροσαρμοζόμενη κατανομή που επιβάλλεται σύμφωνα με τον τρόπο παραμόρφωσης του φορέα. Η αναπροσαρμοζόμενη κατανομή φορτίων θα προκύπτει συνεκτιμώντας τις μεταβολές στις ιδιότητες του φορέα (δυσκαμψία, ιδιομορφές) κατά τη μετελαστική φάση της απόκρισης.

3.2.5.1.3 Διγραμμική απεικόνιση της καμπύλης ικανότητας – εξιδανικευμένη καμπύλη

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ προτείνει τη μετατροπή της καμπύλης ικανότητας, που συνδέει την τέμνουσα βάσεως και τη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου, προσεγγιστικά σε μία διγραμμική καμπύλη για τον υπολογισμό της ισοδύναμης πλευρικής δυσκαμψίας K_e και της αντίστοιχης δύναμης διαρροής V_y του κτιρίου.



Σχήμα 3.3: Εξιδανίκευση μιας (σχηματικής) καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη

Η διγραμμική προσέγγιση της καμπύλης ικανότητας γίνεται έτσι ώστε να προκύψουν ίσα εμβαδά πάνω και κάτω από τα σημεία τομής της πραγματικής και της εξιδανικευμένης καμπύλης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3. Το σημείο τομής των δύο κλάδων της διγραμμικής καμπύλης δίνει την τέμνουσα βάσης διαρροής V_y , ενώ η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e προκύπτει ως η επιβατική δυσκαμψία που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση προς 60% της δύναμης διαρροής V_y .

Η κλίση του πρώτου κλάδου είναι K_e και η κλίση του δεύτερου κλάδου είναι ίση με $\alpha \cdot K_e$. Η ανηγμένη κλίση του δεύτερου κλάδου α προσδιορίζεται από μία ευθεία που διέρχεται από το σημείο τομής της πραγματικής μη – γραμμικής καμπύλης αντίστασης που αντιστοιχεί στη μετακίνηση αστοχίας δ_u , πέραν της οποίας παρατηρείται σημαντική μείωση της αντοχής του φορέα. Σε κάθε περίπτωση η προκύπτουσα τιμή της α πρέπει να είναι θετική ή μηδέν αλλά να μην ξεπερνά το 0.10 (ώστε να είναι συμβατή και με τις λοιπές παραδοχές της μεθόδου που προτείνει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ για την εκτίμηση της στοχευόμενης μετακίνησης δ_t , όπως ο συντελεστής C_1).

Η τιμή T_e της ισοδύναμης κυριαρχούσας ιδιοπεριόδου στη θεωρούμενη διεύθυνση υπολογίζεται με βάση την εξιδανικευμένη καμπύλη από τη σχέση:

$$T_e = T \cdot \sqrt{\frac{K_o}{K_e}} \quad (3.5)$$

όπου: T η ελαστική κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος στη θεωρούμενη διεύθυνση που υπολογίζεται με βάση μια ελαστική δυναμική ανάλυση,

K_o (ή K_i) η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία και

K_e η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία που υπολογίζεται όπως περιγράφηκε παραπάνω.

3.2.5.1.4 Προσδιορισμός στοχευόμενης μετακίνησης

Προκειμένου να ελεγχθεί για κάθε επίπεδο επιτελεστικότητας εάν η “απαίτηση” – η σεισμική ένταση των μελών S_d – είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την “ικανότητα” – την αντίσταση των μελών R_d – πρέπει να καθοριστεί η στοχευόμενη μετακίνηση (*target displacement*). Η στοχευόμενη μετακίνηση είναι η μετακίνηση του χαρακτηριστικού κόμβου για τον σεισμό σχεδιασμού.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ προτείνει για τον υπολογισμό της στοχευόμενης μετακίνησης την μέθοδο του συντελεστή μετακίνησης (*Displacement coefficient method*).

Συγκεκριμένα, η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t θα υπολογίζεται συνεκτιμώντας κατάλληλα όλους τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μετακίνηση ενός ανελαστικά αποκρινόμενου κτιρίου.

Επιτρέπεται να γίνεται θεώρηση της μετακίνησης ενός ελαστικού μονοβάθμιου συστήματος με ιδιοπερίοδο ίση με τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του κτιρίου, το οποίο υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται ο έλεγχος, με κατάλληλη διόρθωση ώστε να προκύψει η αντίστοιχη μετακίνηση του ελαστοπλαστικά αποκρινόμενου κτιρίου.

Εφόσον δεν χρησιμοποιείται ακριβέστερη προσέγγιση, η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t επιτρέπεται να υπολογίζεται με βάση τη παρακάτω σχέση:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot (T_e^2 / 4\pi^2) \cdot \Phi_e \quad (3.5)$$

όπου:

Φ_e : η ελαστική φασματική ψευδοεπιτάχυνση που αντιστοιχεί ισοδύναμη περίοδο της κατασκευής T_e (σύμφωνα με το ελαστικό φάσμα του Παρ.Α του ΕΑΚ) και

C_0, C_1, C_2, C_3 διορθωτικοί συντελεστές που ορίζονται ως ακολούθως:

C_0 : Συντελεστής που συσχετίζει τη φασματική μετακίνηση του ισοδύναμου ελαστικού φορέα με δυσκαμψία K_e ($S_d = [T_e^2 / 4\pi^2] \cdot \Phi_e$), με τη πραγματική μετακίνηση δ_t της κορυφής του ελαστοπλαστικά αποκρινόμενου φορέα. Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται ίσες με 1.0, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, για αριθμό ορόφων 1, 2, 3, 4, 5 και ≥ 10 , αντίστοιχα.

C_1 : Συντελεστής (≥ 1) που συσχετίζει την αναμενόμενη μέγιστη ανελαστική μετακίνηση με τις μετακινήσεις που υπολογίζονται από γραμμική ελαστική ανάλυση.

Ο λόγος $C_1 = \delta_{inel} / \delta_{el}$ επιτρέπεται να λαμβάνεται από τις σχέσεις:

$$C_1 = 1.0 \quad \text{για } T \geq T_2 \text{ και}$$

$$C_1 = [1.0 + (R-1) \cdot T_2 / T] / R \quad \text{για } T < T_2$$

όπου : T_2 η τιμή περιόδου στην οποία αρχίζει ο κατιών κλάδος του φάσματος απόκρισης

$R = V_{el} / V_y$ ο λόγος της ελαστικής απαίτησης προς την αντίσταση διαρροής του φορέα. Ο λόγος αυτός μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

$R = \frac{\Phi e/g}{V_y/W} \cdot C_m$ στην οποία η αντίσταση διαρροής V_y υπολογίζεται με κατάλληλη διγραμμικοποίηση του διαγράμματος δυνάμεων (τέμνουσας βάσεων) – μετακινήσεων (κορυφής) του κτιρίου. Απλοποιητικά (και προς το μέρος της ασφαλείας), ο λόγος V_y/W στη σχέση μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0.15 για κτίρια με μικτό σύστημα και 0.10 για κτίρια με αμιγώς πλαίσιακό σύστημα.

C_2 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του σχήματος του βρόχου υστέρησης στη μέγιστη μετακίνηση. Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται από τον Πίνακα 3-4 που ακολουθεί:

Στάθμη επιτελεστικότητας	T = 0.1s		T ≥ T ₂	
	Φορέας τύπου 1	Φορέας τύπου 1	Φορέας τύπου 1	Φορέας τύπου 1
Άμεση χρήση μετά τον σεισμό	1.0	1.0	1.0	1.0
Προστασία ζωής	1.3	1.0	1.1	1.0
Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης	1.5	1.0	1.2	1.0

Πίνακας 3-4: Τιμές συντελεστή C_2

Δεδομένου ότι η επιρροή της υστερητικής συμπεριφοράς είναι μεγαλύτερη για υψηλότερα επίπεδα μετελαστικής συμπεριφοράς του φορέα στον Πίνακα 3-4 γίνεται μία διαφοροποίηση του C_2 με τη στάθμη επιτελεστικότητας.

Ως φορείς τύπου 1 νοούνται οι φορείς χαμηλής πλαστιμότητας (π.χ. κτίρια πριν το 1985 ή κτίρια που η καμπύλη αντίστασής τους χαρακτηρίζεται από διαθέσιμη πλαστιμότητα μετακινήσεων μικρότερη του 2).

Ως φορείς τύπου 2 νοούνται οι φορείς που αναμένεται να έχουν υψηλότερη υστερητική συμπεριφορά από εκείνους με χαμηλή πλαστιμότητα (π.χ. κτίρια από το 1985 και έπειτα ή κτίρια που η καμπύλη αντίστασής τους χαρακτηρίζεται από διαθέσιμη πλαστιμότητα μετακινήσεων μεγαλύτερη του 2).

C_3 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2ας τάξεως (P-Δ).

Μπορεί να ληφθεί ίσος με:

- ο $C_3 = 1 + 5 \cdot (\theta - 0.1) / T$,

όπου θ ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας (παράγραφος 4.1.2.2 ΕΑΚ) ή

- ο $C_3 = 1.0$ για συνήθη κτίρια από Ο/Σ και τοιχοποιία , όπου $\theta < 0.1$.

Τέλος, η στοχευόμενη μετακίνηση θα επαυξάνεται κατάλληλα για να συνεκτιμηθούν τα στρεπτικά φαινόμενα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε την ανελαστική στατική ανάλυση και εφόσον γίνεται χρήση δισδιάστατων προσομοιωμάτων, η επιρροή της στρέψης θα υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη στοχευόμενη μετακίνηση (δt) με τη μέγιστη τιμή του η' που υπολογίστηκε (από ελαστική ανάλυση) για οποιονδήποτε όροφο του κτιρίου.

3.2.5.2 Ανελαστική δυναμική ανάλυση

Κατά την ανελαστική δυναμική ανάλυση γίνεται χρονική ολοκλήρωση της εξίσωσης κίνησης με σεισμικές καταγραφές. Η επιλογή των σεισμικών καταγραφών περιγράφεται σε επόμενη ενότητα. Πρόκειται για την ακριβέστερη μέθοδο ανάλυσης που έχει όμως σημαντικό υπολογιστικό κόστος σε σχέση με τις μη γραμμικές μεθόδους αλλά και τη μη γραμμική στατική μέθοδο (push over). Η απόκριση της κατασκευής συχνά είναι πολύ ευαίσθητη στα χαρακτηριστικά της σεισμικής καταγραφής και αυτό απαιτεί πλήθος σεισμικών καταγραφών.

3.2.5.2.1 Περιγραφή της μεθόδου και προϋποθέσεις εφαρμογής

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, προϋπόθεση εφαρμογής της ανελαστικής δυναμικής ανάλυσης είναι καταρχάς η επαρκής εμπειρία και εξειδίκευση του Πολιτικού Μηχανικού. Επιπλέον, συνίσταται να διασφαλίζεται μία «ικανοποιητική» Σ.Α.Δ.

Το προσομοίωμα συνεκτιμά με άμεσο τρόπο τα μη – γραμμικά χαρακτηριστικά της έντασης – παραμόρφωσης των στοιχείων του κτιρίου και υποβάλλεται σε σεισμική δράση υπό μορφή ιστορικού επιταχύνσεων βάσεως για να υπολογιστούν τόσο τα εντατικά μεγέθη όσο και οι μετακινήσεις.

3.2.5.2.2 Προσομοίωση και ανάλυση

Οι απαιτήσεις που αφορούν την προσομοίωση είναι οι ίδιες που ισχύουν και στην περίπτωση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης, με εξαίρεση τις διατάξεις για τον κόμβο ελέγχου και τη στοχευόμενη μετακίνηση. Το μαθηματικό μοντέλο λαμβάνει άμεσα υπόψη την ανελαστική απόκριση της κατασκευής, με αποτέλεσμα η χρησιμοποίηση διορθωτικών συντελεστών (π.χ. C_0, C_1, C_2, C_3) να μην είναι απαραίτητη.

Στην ανελαστική δυναμική ανάλυση η σεισμική δράση θα εισάγεται υπό μορφή ιστορικού οριζοντίων επιταχύνσεων βάσεως, είτε από πραγματικές καταγραφές είτε από συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα, αυτά πρέπει να αναχθούν στην ένταση της σεισμικής δράσης που επιλέχθηκε σύμφωνα με το επίπεδο επιτελεστικότητας σχεδιασμού.

Οι κυριότερες παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην επιλογή επιταχυνσιογραφημάτων είναι το μέγεθος του σεισμού, η απόσταση από τη σεισμική πηγή, οι εδαφικές συνθήκες και η εγγύτητα του σταθμού καταγραφής στην εξεταζόμενη περιοχή (γεωγραφικό κριτήριο). Η αναγωγή των επιταχυνσιογραφημάτων σε κοινή ένταση συνιστάται να γίνεται βάσει φασματικών τιμών, οπότε συνεκτιμώνται τόσο τα χαρακτηριστικά του επιταχυνσιογραφήματος όσο και της κατασκευής (στην ελαστική κατάσταση). Οι φασματικές τιμές είναι συναρτήσεις περιόδου, οπότε απαιτείται κατάλληλη επιλογή της τιμής ή της περιοχής τιμών περιόδων για τις οποίες θα υπολογιστεί η παράμετρος αναγωγής. Μια συχνά χρησιμοποιούμενη παράμετρος είναι η φασματική ένταση κατά Housner, που αναφέρεται στο εμβαδόν του φάσματος ψευδοταχυτήτων στη ζώνη ιδιοπεριόδων από 0.1s έως 2.5s. Όταν ο έλεγχος αφορά μια συγκεκριμένη κατασκευή είναι σκόπιμη η μείωση του εύρους της περιοχής περιόδων για τις οποίες υπολογίζεται η φασματική ένταση, θεωρώντας μια σχετικά στενή ζώνη γύρω από τη θεμελιώδη ασύζευκτη ιδιοπερίοδο της κατασκευής.

Εφόσον χρησιμοποιούνται τουλάχιστον τρία επιταχυνσιογραφήματα, ο έλεγχος θα γίνεται για τη μέγιστη τιμή κάθε εντατικού μεγέθους που προκύπτει από την ανάλυση της χρονιοιστορίας (και τα αντίστοιχα ταυτοχρόνως δρώντα μεγέθη, όποτε απαιτείται).

Εφόσον χρησιμοποιούνται τουλάχιστον επτά επιταχυνσιογραφήματα (ή ζεύγη επιταχυνσιογραφημάτων, για ανάλυση στο χώρο), επιτρέπεται να γίνεται ο έλεγχος για τη μέση τιμή κάθε μεγέθους.

Το μητρώο απόσβεσης θα περιγράφει τα χαρακτηριστικά απόσβεσης του κτιρίου για απόκριση κοντά στο όριο διαρροής των στοιχείων.

Η χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων και ο συνδυασμός τους για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας γίνεται σύμφωνα με τους ισχύοντες Κανονισμούς (ΕΚΩΣ 2000 και ΕΑΚ 2000) και με τους αντίστοιχους συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων ψ_i .

Το κτίριο θα αναλύεται για ταυτόχρονη δράση ζευγών επιταχυνσιογραφημάτων στις διευθύνσεις X και Y. Η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας θα λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με τις παραγράφους 3.1.1[5] και 3.6 του ΕΑΚ.

3.2.6 Παραμορφωσιακά μεγέθη διατομής από Ο/Σ

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται μη – γραμμικές αναλύσεις και εφόσον το στοιχείο αστοχεί καμπτικά (πλάστιμα), οι έλεγχοι ασφαλείας ανάλογα με το επίπεδο επιτελεστικότητας σχεδιασμού γίνονται με τη χρήση παραμορφωσιακών μεγεθών (π.χ. μμε γωνίες στροφής χορδής στη διαρροή θ_y ή με γωνίες στροφής στην αστοχία θ_u και πλαστικό μέρος γωνίας στροφής έως την αστοχία θ_u,pl).

3.2.6.1 Ροπή και καμπυλότητα στη διαρροή

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού της ροπής και της καμπυλότητας στη διαρροή σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ).

Για τον υπολογισμό της ροπής και της καμπυλότητας του στοιχείου στη διαρροή προτείνονται εξισώσεις κλειστού τύπου, οι οποίες βασίζονται στις εξής παραδοχές:

- Ισχύει η υπόθεση Navier – Bernoulli της επιπεδότητας των διατομών
- Η σχέση σ - ϵ των υλικών μέχρι τη διαρροή είναι γραμμική (για τον χάλυβα και το σκυρόδεμα)
- Κριτήριο διαρροής: α) εξάντληση της τάσης διαρροής του χάλυβα f_y ή β) παραμόρφωση ακραίας θλιβόμενης ίνας πέραν του $\epsilon_c \approx 1.8f_c/E_c$
- Ισχύουν για ορθογωνικές διατομές. Επίσης ισχύει και για διατομές Γ, Τ, Π, κ.λ.π. στις οποίες η θλιβόμενη ζώνη έχει σταθερό πλάτος b . Η συνθήκη αυτή ελέγχεται με βάση το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή $\xi_y \cdot d$, με ξ_y όπως υπολογίζεται παρακάτω
- Οι εξισώσεις προκύπτουν από συνθήκες ισοροπίας των ορθών τάσεων που ασκούνται στη διατομή του στοιχείου. Για τον προσδιορισμό του ύψους της θλιβόμενης ζώνης μέχρι τη διαρροή (x_y) γίνεται θεώρηση τριγωνικής κατανομής των ορθών τάσεων του σκυροδέματος, όπου η τάση γίνεται μέγιστη στην ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος.

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού, τότε:

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s \cdot (1 - \xi_y) \cdot d} \quad (3.5)$$

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε μη – γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος (για παραμόρφωση ακραίας ίνας πέραν του $\epsilon_c \approx 1.8f_c/E_c$), τότε:

$$(1/r)_y = \frac{\epsilon_c}{\xi_y \cdot d} \approx \frac{1.8 \cdot f_c}{E_c \cdot \xi_y \cdot d} \quad (3.6)$$

Λαμβάνεται η μικρότερη των τιμών $(1/r)_y$ από τις εξισώσεις (3.5) και (3.6).

Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή, ξ_y , ανηγμένο στο στατικό ύψος d είναι:

$$\xi_y = (\alpha^2 \cdot A^2 + 2 \cdot \alpha \cdot B)^{1/2} - \alpha \cdot A \quad (3.7)$$

όπου:

$$\alpha = E_s/E_c \text{ και}$$

τα A, B προσδιορίζονται από τις ακόλουθες εξισώσεις (3.8) και (3.9), εάν η διαρροή οφείλεται στον εφελκυσμένο οπλισμό ή το θλιβόμενο σκυροδέμα, αντίστοιχα.

- Διαρροή λόγω χάλυβα:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{b \cdot d \cdot f_y} \quad (3.8)$$

$$B = \rho + \rho' \cdot \delta' + 0.5 \cdot \rho_v \cdot (1 + \delta') + \frac{N}{b \cdot d \cdot f_y}$$

- Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\epsilon_c \cdot E_s \cdot b \cdot d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8 \cdot \alpha \cdot b \cdot d \cdot f_c} \quad (3.9)$$

$$B = \rho + \rho' \cdot \delta' + 0.5 \cdot \rho_v \cdot (1 + \delta')$$

Στις εξισώσεις (3.8) και (3.9), ρ, ρ' και ρ_v είναι τα ποσοστά του εφελκυσμένου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους καταναμημένου οπλισμού (ανηγμένα στο $b \cdot d$),

$\delta' = d'/d$, όπου d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία ίνα σκυροδέματος, b το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και N το αξονικό φορτίο (θετικό σε θλίψη).

Με δεδομένη τη καμπυλότητα στη διαρροή, η οποία όπως αναφέρθηκε είναι η μικρότερη τιμή που προκύπτει από τις εξισώσεις (3.5) και (3.6), η αντίστοιχη ροπή M_y υπολογίζεται από τη σχέση (3.10):

$$\begin{aligned} \frac{M_y}{b \cdot d^3} &= \\ &= (1/r)_y \cdot \left\{ Ec \cdot \frac{\xi_y^2}{2} \cdot \left(0.5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + [(1 - \xi_y) \cdot \rho + (\xi_y - \delta') \cdot \rho' + \frac{\rho_v}{6} \cdot (1 - \delta')] \cdot \frac{Es}{2} \right\} \end{aligned} \quad (3.10)$$

3.2.6.2 Καμπυλότητα αστοχίας

Η καμπυλότητα αστοχίας $(1/r)_u$ μιας διατομής οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να υπολογιστεί συντάσσοντας διάγραμμα ροπών – καμπυλοτήτων της διατομής μέχρι την «αστοχία», λαμβάνοντας υπόψη ότι η διατομή μπορεί να αστοχήσει είτε λόγω θραύσης του εφελκόμενου οπλισμού είτε λόγω αστοχίας του σκυροδέματος σε θλίψη και μάλιστα (ανάλογα με τη περίσφιγξη της θλιβόμενης ζώνης) πριν ή μετά την αποφλοίωση του απερίσφιγκτου τμήματος της διατομής. Έτσι,

- ο λόγω θραύσης του εφελκόμενου οπλισμού:

$$(1/r)_{su} = \frac{\varepsilon_{su}}{(1 - \xi_{su}) \cdot d} \quad (3.11)$$

- ο λόγω αστοχίας θλιβόμενου σκυροδέματος:

$$(1/r)_{cu} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\xi_{cu} \cdot d} \quad (3.12)$$

Στις εξισώσεις (3.11) και (3.12), ξ_{su} και ξ_{cu} είναι το ανηγμένο στο d ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία του χάλυβα και του σκυροδέματος, αντίστοιχα, ε_{su} η ομοιόμορφη μήκυνση αστοχίας του εφελκόμενου οπλισμού και ε_{cu} η βράχυνση αστοχίας της ακραίας θλιβόμενης ίνας σκυροδέματος.

Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία (x_u) προσδιορίζεται από συνθήκες ισορροπίας των ορθών τάσεων που ασκούνται στη διατομή του στοιχείου. Συγκεκριμένα, γίνεται θεώρηση μιας ορθογωνικής κατανομής των ορθών τάσεων του σκυροδέματος, σε ύψος $0,8 \cdot x_u$ όπου η τάση στην ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος είναι ίση με το $0,85 \cdot f_c$.

Η βράχυνση αστοχίας της ακραίας ίνας του περισφιγμένου πυρήνα ε_{cu} μπορεί να εκτιμηθεί ως:

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega w \quad (3.13)$$

όπου:

ωw : είναι το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού περίσφιγξης

α : ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης, ως εξής:

$$\alpha = \left(1 - \frac{s_h}{2b_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{s_h}{2h_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_c h_c}\right) \quad (3.14)$$

όπου:

s_h : η καθαρή απόσταση των συνδετήρων

b_c, h_c : οι διαστάσεις του πυρήνα (με $h_c \leq 1,5 \div 2,0 b_c$) και

b_i : οι (περίπου ίσες) αποστάσεις μεταξύ διαμήκων ράβδων που συγκρατούνται από συνδετήρα ή άγκιστρο σιγμοειδούς εγκάρσιου συνδέσμου, κατά τη περίμετρο της διατομής. Εναλλακτικώς, αν η αποστάσεις δεν είναι ίσες ή σχεδόν ίσες, αντί του h_c μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ύψος της θλιβόμενης εντός του περισφιγμένου πυρήνα, οπότε ως b_i θα λαμβάνονται οι αποστάσεις μεταξύ διαμήκων ράβδων κατά την εξωτερική περίμετρο της θλιβόμενης ζώνης, με αφετηρία τον ουδέτερο άξονα.

Στη περίπτωση που οι συνδετήρες δεν κλείνουν με άγκιστρο προς το εσωτερικό του σκυροδέματος ($\geq 135^\circ$ στις γωνίες και $\geq 90^\circ$ στο ενδιάμεσο των πλευρών), συνιστάται να αμελείται η περίσφιγξη (ο συντελεστής α λαμβάνεται ίσος με 0).

3.2.6.3 Γωνία στροφής (θ_y) στη διαρροή

Ο τρόπος υπολογισμού της γωνίας στροφής στη διαρροή, σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), περιγράφεται στην παρούσα παράγραφο.

Ως γωνία στροφής χορδής στο άκρο Α ενός μέλους ορίζεται η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της χορδής που συνδέει τα δυο άκρα Α και Β και της εφαπτομένης στον άξονα του του άκρου Α του μέλους.

Η έννοια “διαρροή” ενός δομικού στοιχείου είναι ευρύτερη εκείνης που προκαλείται αποκλειστικώς από τη διαρροή του οπλισμού. Θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμορφώσεις κατά τη διαρροή του στοιχείου. Οι μηχανισμοί που δρουν ταυτόχρονα κατά τη μεταφορά δυνάμεων μέσω ενός μέλους και κατ’επέκταση οι παραμορφώσεις που προκύπτουν από τις δυνάμεις είναι καμπτικές, διατμητικές και λόγω εξόλκευσης οπλισμών.

Επομένως, η παραμόρφωση του μέλους θα προκύψει από το άθροισμα της παραμόρφωσης λόγω κάμψης (θ_{fl}), λόγω διάτμησης (θ_{sh}) και λόγω ολίσθησης του οπλισμού από τη περιοχή αγκύρωσης (θ_{slip}).

$$\theta_y = \theta_{fl} + \theta_{sh} + \theta_{slip} \quad (3.15)$$

Η γωνία στροφής χορδής στη καμπτική διαρροή στοιχείων υπολογίζεται από τη σχέση:

- Για δοκούς ή υποστυλώματα:

$$\theta_y = \left(\frac{1}{r}\right)_y \cdot \frac{Ls+avz}{3} + 0,0014 \cdot \left(1 + 1,5 \frac{h}{Ls}\right) + \frac{\left(\frac{1}{r}\right)_y \cdot d_b \cdot f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (3.16)$$

- Για τοιχώματα:

$$\theta_y = \left(\frac{1}{r}\right)_y \cdot \frac{Ls+av \cdot z}{3} + 0,0013 + \frac{\left(\frac{1}{r}\right)_y \cdot d_b \cdot f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (3.17)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις (3.16) και (3.17), ο 1^{ος} όρος εκφράζει την συμβολή των καμπτικών παραμορφώσεων, ο 2^{ος} όρος εκφράζει τις μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος Ls , ενώ ο 3^{ος} όρος εκφράζει την επιρροή της εξόλκευσης του τμήματος των ράβδων πέραν της ακραίας διατομής του στοιχείου (f_y και f_c σε ΜΡα).

Επιπλέον, στις εξισώσεις (3.16) και (3.17) ο όρος $av \cdot z$ εκφράζει την επιρροή του «μήκους μετάθεσης» των ροπών κάμψης, z είναι ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων, ο δε av ισούται με 1 εάν η τέμνουσα, V_{R1} , που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση του στοιχείου, υπολείπεται της τιμής της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή $V_{Mu} = M_y/L_s$ και με 0 αν είναι μεγαλύτερη.

3.2.6.4 Γωνία στροφής (θ_{um}) στην αστοχία και πλαστικό μέρος ($\theta_{um,pl}$)

Παρακάτω δίνονται οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της γωνίας στροφής κατά την αστοχία του στοιχείου (θ_{um}) και του αντίστοιχου πλαστικού μέρους (θ_{um}^{pl}) και αναλύονται οι περιπτώσεις στις οποίες αυτές χρησιμοποιούνται - σε σχέση με τη χρονική περίοδο κατασκευής των στοιχείων, την ποιότητα των ράβδων οπλισμού (λείες ή με νευρώσεις) και το μήκος παράθεσης των λείων ράβδων.

Εφόσον τα στοιχεία έχουν διαστασιολογηθεί και κατασκευαστεί με τις μετά το 1985 διατάξεις για αντισεισμικότητα ισχύουν τα ακόλουθα:

- Για δοκούς ή υποστυλώματα

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3)^v \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{f_{yw}}{f_c})} \cdot (1,25^{100\rho d}) \quad (3.18)$$

όπου:

$as = M/Vh$ ο λόγος διάτμησης

ω, ω' : μηχανικό ποσοστό εφελκόμενου και θλιβόμενου οπλισμού (ο ενδιάμεσος διαμήκης οπλισμός μεταξύ εφελκόμενου και θλιβόμενου πέλματος θεωρείται ως εφελκόμενος)

$\nu = N/bhf_c$ (b = πλάτος θλιβόμενης ζώνης)

$\rho_s = A_{sh}/b_w \cdot s_h$: το γεωμετρικό ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα στη διεύθυνση φόρτισης

ρd : γεωμετρικό ποσοστό τυχόν δισδιαγώνιου οπλισμού.

$$\begin{aligned} \theta_{um}^{pl} &= \theta_u - \theta_y = \\ &= 0,0145 \cdot (0,25)^\nu \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} \right]^{0,3} \cdot (f_c)^{0,2} (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{f_{yw}}{f_c})} \cdot (1,275^{100\rho d}) \end{aligned} \quad (3.19)$$

- Για τοιχώματα:

Το 2^ο μέλος της εξίσωσης (3.18) πολλαπλασιάζεται επί 0,58 (ο συντελεστής γίνεται 0,009), ενώ το 2^ο μέλος της εξίσωσης (3.19) πολλαπλασιάζεται επί 0,56 (ο συντελεστής γίνεται 0,008).

$$\theta_{um} = 0,009 \cdot (0,3)^\nu \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{f_{yw}}{f_c})} \cdot (1,25^{100\rho d}) \quad (3.20)$$

$$\begin{aligned} \theta_{um}^{pl} &= \theta_u - \theta_y = \\ &= 0,008 \cdot (0,25)^\nu \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} \right]^{0,3} \cdot (f_c)^{0,2} (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{f_{yw}}{f_c})} \cdot (1,275^{100\rho d}) \end{aligned} \quad (3.21)$$

Εφόσον τα στοιχεία έχουν διαστασιολογηθεί και κατασκευαστεί με βάση τα ισχύοντα στην Ελλάδα προ του 1985 και με χρήση νευροχαλύβων οι τιμές που υπολογίζονται με βάση τις εξισώσεις (3.18), (3.19), (3.20) και (3.21) διαιρούνται με 1.2.

Οπότε οι παραπάνω εξισώσεις θα διαμορφωθούν ως εξής:

- Για δοκούς ή υποστυλώματα :

$$\theta_{um} = 0,013 \cdot (0,3)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{f_c})} \cdot (1,25^{100\rho d}) \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} \theta_{um}^{pl} &= \theta_u - \theta_y = \\ &= 0,012 \cdot (0,25)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} \right]^{0,3} \cdot (f_c)^{0,2} (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{f_c})} \cdot (1,275^{100\rho d}) \end{aligned} \quad (3.23)$$

- Για τοιχώματα :

$$\theta_{um} = 0,0075 \cdot (0,3)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{f_c})} \cdot (1,25^{100\rho d}) \quad (3.24)$$

$$\begin{aligned} \theta_{um}^{pl} &= \theta_u - \theta_y = \\ &= 0,0066 \cdot (0,25)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} \right]^{0,3} \cdot (f_c)^{0,2} (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{f_c})} \cdot (1,275^{100\rho d}) \end{aligned} \quad (3.25)$$

Εφόσον τα στοιχεία έχουν διαστασιολογηθεί και κατασκευαστεί με βάση τα ισχύοντα στην Ελλάδα προ του 1985 και με χρήση λείων ράβδων οι τιμές που υπολογίζονται με βάση τις εξισώσεις (3.18) ,(3.19),(3.20) και (3.21) διαμορφώνονται ως εξής:

- Για δοκούς (η γωνία στροφής χορδής στην αστοχία πολ/ζεται με το 95% της τιμής που προκύπτει από την εξίσωση (3.22), ενώ η αντίστοιχη πλαστική γωνία στροφής παραμένει ως έχει σύμφωνα με την εξίσωση (3.23)):

$$\theta_{um} = 0,012 \cdot (0,3)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{f_c})} \cdot (1,25^{100\rho d}) \quad (3.26)$$

- Για υποστυλώματα ή τοιχώματα (αν πρόκειται για υποστύλωμα η αντίστοιχη πλαστική γωνία στροφής παραμένει ως έχει σύμφωνα με την εξίσωση (3.23), ενώ αν πρόκειται για τοίχωμα η αντίστοιχη πλαστική γωνία στροφής παραμένει ως έχει σύμφωνα με την εξίσωση (3.25)) αν lb το μήκος παράθεσης (υπερκάλυψης) των άκρων των λείων ράβδων από τη διατομή βάσης και db η διάμετρος ράβδου του οπλισμού τότε:

Για τα υποστυλώματα:

Αν $lb \geq 15db$ τότε η μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής στην αστοχία, θ_{um} , προκύπτει από την εξίσωση (3.14) επί $0,016(10 + \min(40, lb/db))$:

$$\theta_{um} = \left(0,016 \cdot (0,3)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{\left(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{fc}\right)} \cdot (1,25^{100\rho d}) \right) \cdot \left(0,016(10 + \min\left(40, \frac{lb}{db}\right)) \right) \quad (3.27)$$

Αν $lb \geq 40db$ τότε η μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής στην αστοχία, θ_{um} , ισούται με τιμή της εξίσωσης (3.26).

Για τα τοιχώματα:

Αν $lb \geq 15db$ τότε η μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής στην αστοχία, θ_{um} , προκύπτει από την εξίσωση (3.20) επί $0,016(10 + \min(40, lb/db))$:

$$\theta_{um} = \left(0,009 \cdot (0,3)^{\nu} \cdot \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot (as)^{0,35} \cdot 25^{\left(a \cdot \rho_s \cdot \frac{fyw}{fc}\right)} \cdot (1,25^{100\rho d}) \right) \cdot \left(0,016(10 + \min\left(40, \frac{lb}{db}\right)) \right) \quad (3.28)$$

Αν $lb \geq 40db$ τότε η μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής στην αστοχία, θ_{um} , ισούται με τιμή της εξίσωσης (3.24).

Τέλος, όλες οι ανωτέρω εξισώσεις που αφορούν τον υπολογισμό του πλαστικού τμήματος της γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία του στοιχείου ($\theta_{um,pl}$) και εφόσον το στοιχείο είναι υποστύλωμα ή τοίχωμα, η τιμή ω' (μηχανικό ποσοστό του θλιβόμενου οπλισμού) που εισάγεται στις εξισώσεις επιτρέπεται να έχει διπλάσια τιμή αυτής που έχει εκτός του μήκους παράθεσης lb . Επιπλέον, το δεξιό μέλος των εξισώσεων αυτών πολ/ζονται επί $lb/lb_{u,min}$ με:

$$lb_{u,min} = \frac{\Phi \cdot f_y}{1,05 + 14,5 \cdot \alpha_1 \cdot \rho_s \cdot \frac{f_{yw}}{f_c} \sqrt{f_c}}$$

όπου:

f_c, f_y, f_{yw} είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής των υλικών σε ΜΡα, με συντελεστές ασφαλείας κατά τα προβλεπόμενα

ρ_s (όπως ορίστηκε στην εξίσωση (3.18) και

$$\alpha_1 = \left(1 - \frac{s_h}{2b_c}\right) \left(1 - \frac{s_h}{2h_c}\right) \frac{n_{restr}}{n_{tot}},$$

όπου : s_h η καθαρή απόσταση συνδετήρων

b_c, h_c οι διαστάσεις του πυρήνα (με $h_c \leq 1,5 \div 2,0b_c$),

n_{tot} ο συνολικός αριθμός διαμήκων ράβδων στην περίμετρο της διατομής που ενώνονται με παράθεση των άκρων τους,

n_{restr} ο αριθμός αυτών των ράβδων που αφορούν και το n_{tot} και που επιπλέον συγκρατούνται σε γωνία συνδετήρα ή από άγκιστρο σιγμοειδούς οπλισμού.

3.2.6.5 Προσδιορισμός λόγου διάτμησης (as) - Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων Ο/Σ

Ο λόγος διάτμησης (as) αφορά μία περιοχή ενός στοιχείου, το οποίο υποβάλλεται σε μία εντατική κατάσταση.

Προσδιορίζεται από τον παρακάτω λόγο:

$$as = M/(V \cdot h) = Ls/h \quad (3.29)$$

όπου : M, V είναι η ροπή και η τέμνουσα που ασκούνται στην υπό εξέταση θέση του στοιχείου
 h το ύψος της διατομής

$Ls = M/V$ είναι το μήκος διάτμησης στην ακραία διατομή του στοιχείου, δηλαδή η απόσταση της ακραίας διατομής από το σημείο μηδενισμού των ροπών.

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ μόνο σε κατακόρυφα στοιχεία μπορεί να χρησιμοποιείται μία σταθερή τιμή του λόγου διάτμησης (as) καθ' όλη τη διάρκεια της απόκρισης.

Πιο αναλυτικά:

- σε υποστυλώματα το Ls μπορεί να λαμβάνεται ως το μισό του καθαρού ύψους μεταξύ δοκών με τις οποίες το υποστύλωμα συνδέεται μονολιθικά μέσα στο υπόψη επίπεδο της κάμψης
- σε τοιχώματα το Ls μπορεί να λαμβάνεται σε κάθε όροφο διαφορετικό και ίσο με το μισό της απόστασης της διατομής βάσης ορόφου από την κορυφή του τοιχώματος στο κτίριο

Στις δοκούς, κρίσιμο έναντι αστοχίας σε κάμψη είναι ένα άκρο όταν εφελκύεται το πάνω πέλμα. Τότε το μήκος διάτμησης υπολογίζεται ως ο εκάστοτε λόγος M/V στη διατομή στήριξης.

Αν όμως εφελκύεται το κάτω πέλμα και μόνο τότε, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις δοκούς οι παρακάτω σταθερές τιμές:

- Σε δοκούς που συνδέονται και στα δύο άκρα με κατακόρυφα στοιχεία, το Ls μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το μισό του καθαρού ανοίγματος της δοκού.
- Σε δοκούς που συνδέονται με κατακόρυφο στοιχείο μόνο στο ένα άκρο, το Ls μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το συνολικό καθαρό άνοιγμα της δοκού.

Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου ισούται με:

$$K = M_y \cdot L_s / 3\theta_y \quad (3.30)$$

όπου: M_y και θ_y η τιμή της ροπής και της γωνίας στροφής χορδής, αντίστοιχα, στη διαρροή της ακραίας διατομής του στοιχείου.

Η ενεργός δυσκαμψία K του συνολικού μήκους του στοιχείου μπορεί να λαμβάνεται ίση με το μέσο όρο των τιμών που υπολογίζονται από την εξίσωση (3.30) στις δύο ακραίες διατομές του στοιχείου. Αν οι διατομές αυτές έχουν μη – συμμετρικό σχήμα ή οπλισμό (δηλαδή διαφορετικό για θετική ή αρνητική ροπή κάμψης) λαμβάνονται οι μέσοι όροι των τιμών του K από την εξίσωση (3.30) για τις δύο φορές της κάμψης (θετική ή αρνητική).

Τέλος, για τον υπολογισμό της ενεργού δυσκαμψίας η εξίσωση (3.30) μπορεί να εφαρμοστεί ακόμη και αν η διατμητική αστοχία του στοιχείου προηγείται της καμπτικής διαρροής του άκρου του.

3.2.7 Διατμητική αντοχή μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα

Η διατμητική αστοχία μελών οπλισμένου σκυροδέματος συμβαίνει σε μικρές παραμορφώσεις και συνοδεύεται από μεγάλη και απότομη πτώση της διατμητικής αντίστασης του μέλους. Η αστοχία αυτή είναι ψαθυρή και για το λόγο αυτό οι σύγχρονοι κανονισμοί επιδιώκουν, μέσω του ικανοτικού σχεδιασμού σε τέμνουσα, να εξασφαλίζουν ότι η καμπτική διαρροή των μελών θα προηγείται της διατμητικής. Ωστόσο, ο κίνδυνος της διατμητικής αστοχίας υπάρχει σε υφιστάμενα κτίρια, τα μέλη των οποίων δεν έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις και κατασκευαστικές λεπτομέρειες για αντισεισμικότητα και πλαστιμότητα.

Η αντοχή σε τέμνουσα V_{Rd3} ενός στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος π.χ. υποστύλωμα ή δοκός λαμβάνεται ως το άθροισμα της συνεισφοράς του σκυροδέματος V_c στη διατμητική αντοχή συν τη συνεισφορά σε τέμνουσα του οπλισμού διάτμησης V_w .

Για μονοτονική φόρτιση στον ΕΚΟΣ 2000, ο όρος V_c της συμβολής του σκυροδέματος στη διατμητική αντοχή λαμβάνεται ίσος με:

$$V_c = (\tau_{Rd} \cdot \max(1,6 - d(m), 1) \cdot \min(1,20 + 40\rho_L, 2) + 0,15 \cdot \frac{N}{A_c}) \cdot b_w \cdot d \quad (3.31)$$

όπου:

τ_{Rd} : η διατμητική αντοχή του σκυροδέματος ίση με $0.25f_{ctd}=0.25f_{ctk0.05}/\gamma_c$

d : το στατικό ύψος της διατομής σε (m)

ρ_L : το γεωμετρικό ποσοστό του εφελκόμενου οπλισμού

N : το αξονικό φορτίο, θετικό για θλίψη

b_w : το πλάτος του κορμού

Η τέμνουσα δύναμη που μπορεί να αναπτυχθεί από τον οπλισμό διάτμησης δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$V_{wd} = \frac{A_w}{s} \cdot 0,90 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot (1 + \cot\alpha) \cdot \sin(\alpha) \quad (3.32)$$

για συνδετήρες σε $\alpha=90^\circ$, $V_{wd} = \frac{A_w}{s} \cdot 0,90 \cdot d \cdot f_{ywd}$

όπου:

A_w η διατομή του οπλισμού διάτμησης,

s η απόσταση μεταξύ των ράβδων οπλισμού διάτμησης (συνδετήρων)

α η γωνία κλίσης των συνδετήρων ως προς το διαμήκη άξονα του μέλους

f_{ywd} η εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού του οπλισμού διάτμησης

3.3 Ενιαίος Δείκτης Συμπεριφοράς (q)

Στις ελαστικές (γραμμικές) αναλύσεις χρησιμοποιείται η έννοια του ενιαίου ή συνολικού δείκτη συμπεριφοράς (q) του δομήματος.

Ο ενιαίος (καθολικός) δείκτης συμπεριφοράς q ενός δομήματος, διαμορφώνεται από το γινόμενο του παράγοντα υπεραντοχής q_u και του παράγοντα πλαστιμότητας q_p , δηλαδή ισχύει:

$$q = q_u \cdot q_p \quad (3.33)$$

Σημειώνεται ότι οι τιμές του q ενός δομήματος, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται και η εννοική επιρροή της υστερητικής απόσβεσης, μπορεί να είναι διαφορετικές για τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου, αναλόγως του δομητικού συστήματος και της ιδιοπεριόδου, αλλά η κλάση (και η κατηγοριοποίηση από άποψη) πλαστιμότητας θα είναι η ίδια, ανεξαρτήτως διεύθυνσης (κατά την οποία διατάσσονται τα πλαίσια ή/και τοιχεία του δομήματος).

- ο Ο παράγων υπεραντοχής (q_u) που εκφράζεται σε όρους δύναμης ισούται με τον λόγο της σεισμικής δύναμης (τέμνουσας βάσεως) V_u που οδηγεί σε γενικευμένη διαρροή πολλών δομικών στοιχείων (έναρξη μηχανισμού ορόφου, με κίνδυνο γενικής αστάθειας) ως προς την δύναμη V_1 που οδηγεί σε διαρροή (γενικώς υπό κάμψη) του πρώτου δομικού στοιχείου (οποιοδήποτε αλλά κυρίως πρωτεύοντος και μάλιστα του «κρίσιμου» ορόφου⁴).

Ο παράγων υπεραντοχής (q_u) εξαρτάται από το δομητικό σύστημα και την κανονικότητά του σε κάτοψη, από την υπερστατικότητα και τη δυνατότητα ανακατανομής της έντασης και γενικότερα από τα διαθέσιμα αποθέματα (αντοχής) του κτιρίου μετά την εμφάνιση της πρώτης πλαστικής άρθρωσης και μέχρι την έναρξη δημιουργίας μηχανισμού (ορόφου).

⁴ Ως «κρίσιμος» όροφος ενός δομήματος θεωρείται ο πλέον υπερκαταπονούμενος όροφος του δομήματος, όσον αφορά – κυρίως – τα πρωτεύοντα στοιχεία του.

Για τον προσδιορισμό του παράγοντα υπεραντοχής (q_b) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η καμπύλη αντίστασης του κτιρίου για τη θεωρούμενη διεύθυνση, όπου γίνεται μία εκτίμηση κατά την κρίση του μηχανικού της τιμής του, εφόσον προσεγγιστικά υπολογίζεται τόσο η τιμή V_1 όσο και η τιμή V_u . Εναλλακτικά, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ελλείπει στοιχείων επιτρέπει τη χρήση του ακόλουθου Πίνακα 3-5, ο οποίος έχει συνταχθεί με βάση τις τιμές που συνιστά ο EC8⁵.

	Σύστημα	$q_b (=V_u/V_1)$	
		Ναι	Όχι ⁶
1	Συστήματα ανεστραμμένου εκκρεμούς ή στρεπτικώς ευαίσθητα	1,00	
	Συστήματα τοιχείων ή πλαισίων	Κανονικότητα σε κάτοψη	
2	<u>Συστήματα τοιχείων</u>		
2.1	Μόνο 2 μη – συζευγμένα τοιχεία ανά διεύθυνση, ασχέτως πλήθους ορόφων	1,00	1,00
2.2	Περισσότερα των 2 μη – συζευγμένα τοιχεία ανά διεύθυνση, ασχέτως πλήθους ορόφων	1,10	1,05
2.3	Οποιαδήποτε συζευγμένα ή μικτά συστήματα (ισοδύναμα τοιχεία >50%)	1,20	1,10
3	<u>Συστήματα πλαισίων</u>		
3.1	$\eta=1$ (η : αριθμός ορόφων, υπέρ το υπόγειο αν υπάρχει)	1,10	1,05
3.2	$\eta \geq 2$, δίστυλα	1,20	1,10
3.3	$\eta \geq 2$, πολύστυλα ή μικτά συστήματα (ισοδύναμα πλαίσια > 50%)	1,30	1,15

Πίνακας 3-5: Τιμές δείκτη υπεραντοχής (q_b)

⁵ Στον EC8 η τιμή του V_u/V_1 παρουσιάζεται ως a_u/a_1 , δηλ. ως πηλίκο των αντίστοιχων ανηγμένων επιταχύνσεων.

⁶ Κατά EC8 η υπεραντοχή μη – κανονικών (σε κάτοψη) κτιρίων σε σχέση με αυτήν των αντίστοιχων κανονικών, δίνεται από τη σχέση: $(V_u/V_1)_{MH-K} = [1+(V_u/V_1)_K]/2$

Οι τιμές του Πίνακα 3-5 ισχύουν για σύγχρονα κτίρια (μελετημένα και κατασκευασμένα με σύγχρονους Κανονισμούς), με σύγχρονους κρατυνόμενους και όλκιμους (και συγκολλησίμους χωρίς προυποθέσεις) χάλυβες, γενικώς B500C (ή έστω S500s), με μέσες τιμές $f_t/f_y \approx 1.20$ και $\epsilon_u = 10\%$.

Για παλαιότερα κτίρια, με χάλυβες προηγούμενων ετών μπορούν να εφαρμοστούν πολλαπλασιαστικοί συντελεστές λ όσον αφορά τιμές του Πίνακα 3-5, αναλόγως του χάλυβα και διαμήκων οπλισμών των πρωτευόντων στοιχείων (υπό σεισμό), ως εξής:

- Για παλαιότερο χάλυβα St.I ή S200, με $f_t/f_y \approx 1.40$ και $\epsilon_u \approx 10 \div 12\%$, $\lambda = 1,1$
- Για παλαιότερους χάλυβες, υψηλής αντοχής, με $f_{yk} = 400$ ή 500 MPa , χειρότερους από άποψης κράτυνσης ($f_t/f_y \leq 1,10$) και όλκιμότητας ($\epsilon_u \leq 5\%$), $\lambda = 0,9$.

Για αποδεδειγμένα «ψαθυρότερους» χάλυβες (π.χ. ψυχρής κατεργασίας), συνιστάται να λαμβάνεται $q_w = 1$.

Πάντως, συνιστάται τελική τιμή $1.0 \leq q_w \leq 1.5$, ανεξαρτήτως δομητικού συστήματος, ποιότητα χαλύβων, μεθόδου ανάλυσης κ.λ.π.

- ο Ο παράγον πλαστιμότητας (q_p) που εκφράζεται σε όρους παραμόρφωσης π.χ. μετακίνησης, ισούται με τον λόγο της οριακής παραμόρφωσης αστοχίας (αναλόγως της στάθμης επιτελεστικότητας) ως προς την παραμόρφωση γενικευμένης διαρροής, έναρξης δημιουργίας μηχανισμού (ορόφου), με μετακινήσεις (πλευρικές ή οριζόντιες μεταθέσεις) αναφερόμενες στην κορυφή του κτιρίου (σε ύψος H) ή στη περιοχή εφαρμογής της συνολικής (οριζόντιας) σεισμικής δύναμης (σε ύψος H_{eff} – σε μη κανονικά κτίρια το ύψος εφαρμογής της συνισταμένης οριζόντιας σεισμικής δύναμης είναι $\approx 0,65 \div 0,80H$).

Για τον προσδιορισμό του παράγοντα πλαστιμότητας (q_p) μπορεί να χρησιμοποιηθεί η καμπύλη αντίστασης του κτιρίου για τη θεωρούμενη διεύθυνση, όπου γίνεται μία εκτίμηση κατά την κρίση του μηχανικού της τιμής του, εφόσον προσεγγιστικά υπολογίζεται τόσο η τιμή της οριακής παραμόρφωσης αστοχίας όσο και η τιμή της παραμόρφωσης που αντιστοιχεί στην έναρξη δημιουργίας μηχανισμού ορόφου (παραμόρφωση γενικευμένης διαρροής). Εναλλακτικά, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ελλείψει στοιχείων υιοθετεί την ακόλουθη μεθοδολογία:

Η τιμή του q_{π} μεταβάλλεται αναλόγως της ιδιοπεριόδου (T) του κτιρίου. Για πολύ μικρές T , δηλ. για απόκριση υπό ίση (πρακτικώς) επιτάχυνση, ισχύει $q_{\pi} \approx 1$, ενώ για μεγαλύτερες T (μετά την κορυφή, το μέγιστο του φάσματος επιταχύνσεων), δηλαδή απόκριση υπό ίση (πρακτικώς) μετακίνηση, ισχύει $q_{\pi} \approx \mu_d = \mu_{\theta}$.

Έτσι, η σχέση q_{π} και μ_d (για το σύνολο), αναλόγως της ιδιοπεριόδου του κτιρίου, μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

- Για $T \leq T_2$ $\mu_d = 1 + T_2/T (q_{\pi} - 1)$, ενώ
- Για $T \geq T_2$ $\mu_d = q_{\pi}$

όπου

T_2 : η τιμή της χαρακτηριστικής περιόδου του τέλους της περιοχής σταθερής φασματικής επιτάχυνσης και της έναρξης του κατιόντος κλάδου του φάσματος (ελαστικού ή σχεδιασμού)

T : η θεμελιώδης ασύζευκτη ιδιοπερίοδος του κτιρίου κατά την εξεταζόμενη κύρια διεύθυνσή του (x ή y), δηλαδή T_x ή T_y , για $q_{\pi x}$ ή $q_{\pi y}$, αντιστοίχως.

3.4 Έλεγχοι Ασφαλείας

Η ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζεται κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων. Η μορφή της είναι η ίδια με αυτή που προβλέπεται στον ΕΑΚ και ΕΚΩΣ2000:

$$S_d < R_d \quad (3.34)$$

με

$S_d = \gamma_{sd} \times S (S_k \times \gamma_f)$ και $R_d = (1/\gamma_{Rd}) \times R (R_k/\gamma_m)$, όπου:

- S_d είναι οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις
- R_d είναι οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων (εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών)
- S_k είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων, για τις οποίες υπάρχει πιθανότητα υπερβάσεως σε 50 έτη
- R_k είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις και έχουν ορισμένη πιθανότητα υποσκελίσεως

Η μορφή της ανίσωσης ασφαλείας είναι γενική και μπορεί να αφορά εντατικά μεγέθη ή μεγέθη παραμόρφωσης (ορθές δυνάμεις, τέμνουσες, ροπές, μετακινήσεις, στροφές, καμπυλότητες, γωνιακές παραμορφώσεις κ.λ.π. ή συνδυασμό τους)

Μπορεί επίσης να αφορά στον γενικό έλεγχο ισορροπίας ενός κτιρίου (σε ανατροπή ή σε ολίσθηση) ή τον έλεγχο ανατροπής του σε μηχανισμό ή ακόμη ότι η επιβαλλόμενη από το σεισμό μετακίνηση της κορυφής είναι μικρότερη από τη διαθέσιμη μετακίνηση (ικανότητα μετακίνησης) του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, τα κριτήρια ελέγχου της ανίσωσης ασφαλείας, κατά την αποτίμηση ή ανασχεδιασμό, σε όρους εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών εξαρτώνται από τη μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε και τον αναμενόμενο τρόπο αστοχίας (πλάστιμο ή ψαθυρό).

Στη περίπτωση που η αποτίμηση οδηγήσει σε επιβεβαίωση της στοχευόμενης ικανότητας, όλα τα δομικά στοιχεία πρέπει να ικανοποιούν τα σχετικά κριτήρια ελέγχου. Αν όμως η αποτίμηση γίνεται για τη λήψη αποφάσεων για τον ανασχεδιασμό, όλα τα δομικά στοιχεία θα πρέπει να ικανοποιούν τα σχετικά κριτήρια ελέγχου μετά τον ανασχεδιασμό.

Τα κριτήρια αυτά δίνονται για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας χωριστά.

1) Για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό»

Για τη στάθμη αυτή, η γενική ανίσωση ασφαλείας ελέγχεται, για πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία (καθώς και για πλινθοπληρώσεις) σε όρους εντατικών μεγεθών με:

- S_d η τιμή του εντατικού μεγέθους από την (ελαστική) ανάλυση, με γ_{sd} κατά την §3.2.4
- R_d η τιμή σχεδιασμού αντίστασης σε όρους εντατικών μεγεθών, με συντελεστές ασφαλείας υλικού γ_m και με αντιπροσωπευτικές τιμές ιδιοτήτων των υλικών.

Εναλλακτικά, για τη περίπτωση ανελαστικής ανάλυσης και πλάστιμους τρόπους αστοχίας, ο έλεγχος ασφαλείας μπορεί να γίνει σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών, με:

- S_d η τιμή του παραμορφωσιακού μεγέθους από την ανελαστική ανάλυση, με γ_{sd} κατά την §3.2.4
- R_d η τιμή του παραμορφωσιακού μεγέθους κατά την διαρροή δ_y (τιμή διαρροής της γωνίας στροφής χορδής θ_y , της γωνιακής παραμόρφωσης φατνώματος τοιχοπλήρωσης γ_y κ.λ.π.)

2) Για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής»

Στη στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής», όλα τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού επιτρέπεται να αναπτύξουν σημαντικές ανελαστικές παραμορφώσεις, αλλά τα πρωτεύοντα στοιχεία πρέπει να διαθέτουν σημαντικό περιθώριο ασφαλείας έναντι εξάντλησης της διαθέσιμης παραμόρφωσης αστοχίας τους.

Ανελαστική ανάλυση

Αν η ανάλυση είναι ανελαστική, η γενική ανίσωση ασφαλείας, ελέγχεται ως εξής:

α) Για πλάστιμους τρόπους αστοχίας και συμπεριφοράς και για τοιχοπληρώσεις, ο έλεγχος γίνεται σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών με:

- S_d η τιμή του παραμορφωσιακού μεγέθους από την ανάλυση, με γ_{sd} κατά την §3.2.4
- R_d η τιμή σχεδιασμού της διαθέσιμης παραμόρφωσης, όχι μεγαλύτερη της αναμενόμενης οριακής παραμόρφωσης δ_d (τιμή αστοχίας της γωνίας στροφής χορδής, θ_d , της γωνιακής παραμόρφωσης φατώματος τοιχοπλήρωσης γ_d κ.λ.π.

Η R_d υπολογίζεται με βάση τις μέσες (συχνότερες) τιμές ιδιοτήτων των υλικών και με κατάλληλο συντελεστή γ_{Rd} , όπως παρακάτω:

Σε πρωτεύοντα στοιχεία, η τιμή R_d υπολογίζεται ως:

$$R_d = \delta_d = 0,5 \cdot (\delta_y + \delta_u) / \gamma_{Rd} \quad (3.35)$$

Σε δευτερεύοντα στοιχεία, η τιμή R_d μπορεί να ληφθεί ίση με την τιμή του δ κατά την αστοχία δ_u , διαιρεμένη δια γ_{Rd} :

$$R_d = \delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd} \quad (3.36)$$

Για τοιχοπληρώσεις, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στο προσομοίωμα, η τιμή της R_d μπορεί να ληφθεί ίση με την τιμή του δ κατά την αστοχία, δ_u , διαιρεμένη δια γ_{Rd} :

$$R_d = \delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd} \quad (3.37)$$

Στις εξισώσεις (3.35), (3.36) και (3.37) η τιμή του γ_{Rd} πρέπει να είναι τέτοια ώστε η τιμή του R_d να αντιστοιχεί σε μέση τιμή μείον μια τυπική απόκλιση.

Συγκεκριμένα συνιστώνται οι παρακάτω τιμές γ_{Rd} :

- Για πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία σε όρους θ_u : $\gamma_{Rd} = 1,80$
- Για πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία σε όρους θ_u^{pl} : $\gamma_{Rd} = 1,25$
- Για οπλισμένες τοιχοπληρώσεις, σε όρους γ : $\gamma_{Rd} = 3,00$

β) Για ψαθυρούς τρόπους αστοχίας και συμπεριφοράς και για τοιχοπληρώσεις, η γενική ανίσωση ασφαλείας γίνεται σε όρους εντατικών μεγεθών με:

- S_d εντατικό μέγεθος από την (ανελαστική) ανάλυση, με γ_{sd} κατά την §3.2.4
- R_d η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε όρους δυνάμεων, υπολογισμένη με τις αντιπροσωπευτικές τιμές ιδιοτήτων των υλικών και συντελεστές ασφαλείας υλικού γ_m .

3) Για στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»

Στη στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης», δεν επιτρέπεται να ξεπεραστεί η διαθέσιμη παραμόρφωση αστοχίας των πρωτευόντων και των ενδεχομένων κατακορύφων δευτερευόντων στοιχείων του φέροντος οργανισμού, ενώ για τα οριζόντια δευτερεύοντα στοιχεία επιτρέπονται, γενικώς, υπερβάσεις.

Ανελαστική ανάλυση

Αν η ανάλυση είναι ανελαστική, η γενική ανίσωση ασφαλείας, ελέγχεται ως εξής:

α) Για πλάστιμους τρόπους αστοχίας και συμπεριφοράς και για τοιχοπληρώσεις, ο έλεγχος γίνεται σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών με:

- S_d η τιμή του παραμορφωσιακού μεγέθους από την ανάλυση, με γ_{sd} κατά την §3.2.4
- R_d η τιμή σχεδιασμού της διαθέσιμης παραμόρφωσης, όχι μεγαλύτερη της αναμενόμενης οριακής παραμόρφωσης δ_d (τιμή αστοχίας της γωνίας στροφής χορδής, θ_d , της γωνιακής παραμόρφωσης φατνώματος τοιχοπλήρωσης γ_d κ.λ.π.

Η τιμή R_d υπολογίζεται ως:

$$R_d = \delta_d = \delta_{it} / \gamma_{Rd} \quad (3.38)$$

Για τα πρωτεύοντα στοιχεία η τιμή του γ_{Rd} πρέπει να είναι τέτοια ώστε η τιμή του R_d να αντιστοιχεί σε μέση τιμή μείον μια τυπική απόκλιση και μπορεί να είναι η ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται στη στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής».

Για τα δευτερεύοντα στοιχεία, καθώς και για οιονεί – πλάστιμες τοιχοπληρώσεις, ο συντελεστής γ_{Rd} λαμβάνεται ίσος με $\gamma_{Rd}=1$.

β) Για ψαθυρούς τρόπους αστοχίας και συμπεριφοράς και για τοιχοπληρώσεις, η γενική ανίσωση ασφαλείας γίνεται σε όρους εντατικών μεγεθών με:

- S_d εντατικό μέγεθος από την (ανελαστική) ανάλυση, με γ_{sd} κατά την §3.2.4
- R_d η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε όρους δυνάμεων, υπολογισμένη με τις αντιπροσωπευτικές τιμές ιδιοτήτων των υλικών και συντελεστές ασφαλείας υλικού γ_m .

Σημειώνεται όσον αφορά τις τοιχοπληρώσεις, ανεξαρτήτου ανάλυσης ή στάθμης επιτελεστικότητας, ότι μόνο οι οπλισμένες (ενισχυμένες ή προστιθέμενες) και υπό προϋποθέσεις, μπορούν να θεωρηθούν ως οιονεί – πλάστιμα στοιχεία. Οι υφιστάμενες άοπλες τοιχοπληρώσεις, ελέγχονται σε όρους δυνάμεων ή διατμητικών παραμορφώσεων.

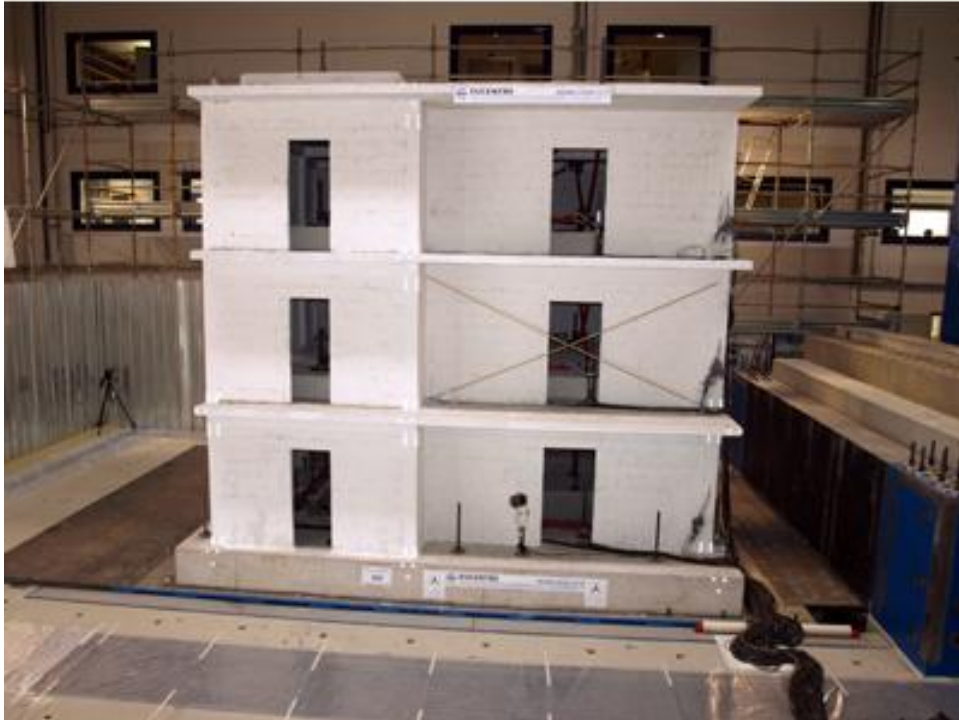
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΝ.ΕΠΕ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΑΠΟ Ο/Σ

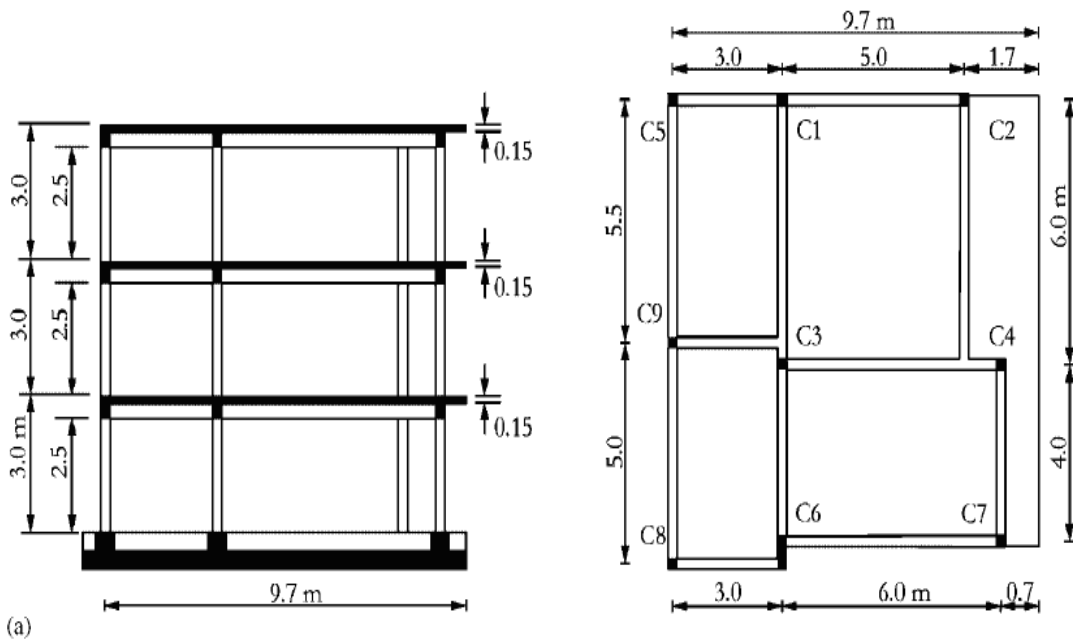
4.1 Περιγραφή του κτιρίου

Tο τριώροφο κτίριο του εν λόγω πειράματος, είναι βασισμένο στο κτίριο SPEAR το οποίο σχεδιάστηκε από τους M.N. Φαρδή και P. Negro, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος SPEAR (Seismic Performance Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings) και είναι κατασκευασμένο σε κλίμακα 1:2 σε σχέση με το αρχικό, σε ό,τι αφορά τα μήκη των μελών, τις διαστάσεις των διατομών και τις διαμέτρους των οπλισμών, διαμήκων και οπλισμών διάτμησης.

Η φιλοσοφία σχεδιασμού του κτιρίου ήταν τέτοια ώστε αυτό να αντιπροσωπεύει παλαιότερες κατασκευές που απαντώνται πολύ συχνά στις σεισμογενείς χώρες της Νότιας Ευρώπης, οι οποίες χαρακτηρίζονται από απουσία αντισεισμικού σχεδιασμού, διαθέτουν δε επιπλέον δυσμενή χαρακτηριστικά για τη σεισμική τους συμπεριφορά, όπως εκκεντρότητες και έμμεσες στηρίξεις δοκών.



Σχήμα 4.1: Το κτίριο του πειράματος NEARB μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής



Σχήμα 4.2: Κάτοψη και τομή κτιρίου

Το κτίριο σχεδιάστηκε για κατακόρυφα φορτία μόνο, ενώ το δομικό σύστημα που επιλέχθηκε είναι αντιπροσωπευτικό των κατασκευαστικών πρακτικών που επικρατούσαν στην Νότια Ευρώπη κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1970, χωρίς πρόνοιες αντισεισμικότητας. Είναι μη-συμμετρικό, ευνοεί την ανάπτυξη στρεπτικής απόκρισης και περιλαμβάνει δύο έμμεσες στηρίξεις δοκών σε κάθε όροφο (με εκκεντρότητες 0.25m και 0.50m αντίστοιχα) καθώς και ένα έντονα έκκεντρο κόμβο σύνδεσης δοκών-υποστυλωμάτων. Τα μικρά μήκη μάτισης των διαμήκων οπλισμών των υποστυλωμάτων, οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των συνδετήρων, όπως και η μη συνέχιση των τελευταίων στην περιοχή των κόμβων, αναδεικνύουν τις χαμηλές απαιτήσεις πλαστιμότητας που επικρατούσαν εκείνη την εποχή.

Τα ανοίγματα των περιμετρικών πλαισίων καλύπτονται με τοιχοποιία από πλίνθους σκυροδέματος (Gasbeton RDB) πάχους 50mm, από τα οποία, ορισμένα ήταν συμπαγή και ορισμένα είχαν ανοίγματα.

Το ύψος ορόφου από πλάκα σε πλάκα είναι 1.50m (καθαρό ύψος ορόφου μεταξύ πλάκας και κάτω μέρους των δοκών 1.25m). Οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων είναι σταθερές καθ. όλο το ύψος τους (12.5x12.5)cm, εκτός από το υποστύλωμα C6 (σύμφωνα με το Σχήμα 4.2) το οποίο έχει διαστάσεις (12.5x37.5)cm. Οι διαστάσεις όλων των δοκών, και στις δύο κατευθύνσεις, είναι (12.5x25)cm. Το πάχος των πλακών είναι 12cm.

Τα υποστυλώματα έχουν ράβδους Φ6 στις 4 γωνίες της διατομής, εκτός από το μεγαλύτερο υποστύλωμα (12.5x37.5)cm το οποίο έχει 4 ράβδους κατά μήκος των μεγάλων πλευρών της διατομής και 3 κατά μήκος των μικρών. Οι συνδετήρες των υποστυλωμάτων είναι Φ3 ανά 7cm που κλείνουν με άγκιστρα υπό γωνία 90°. Δεν υπάρχουν συνδετήρες στο εσωτερικό των κόμβων. Οι κατακόρυφες ράβδοι ματίζονται σε μήκος 15cm στα επίπεδα των ορόφων, συμπεριλαμβανομένου του 1^{ου} (ισογείου).

Οι διαμήκεις οπλισμοί των δοκών αποτελούνται από ράβδους με διαμέτρους 6 και 10mm. Οι ράβδοι διέρχονται δια μέσου των στηρίξεων και αγκυρώνονται με γάντζους 135° στην εξώτατη παρειά του ακραίου υποστυλώματος του φατνώματος. Επιπρόσθετα, οι ράβδοι του κάτω πέλματος κάμπτονται προς τα επάνω στην περιοχή της στήριξης, διέρχονται δια μέσου του ακραίου υποστυλώματος προς την εξώτατη παρειά όπου και κάμπτονται προς τα κάτω και αγκυρώνονται με γάντζο 135° στο επίπεδο του κάτω πέλματος της δοκού.

Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Δια μέσου ενδιάμεσων υποστυλωμάτων, οι ράβδοι που έχουν καμφθεί προς τα επάνω, συνεχίζουν ευθύγραμμα στο επόμενο φάτνωμα όπου και αγκυρώνονται στο πάνω πέλμα της δοκού με γάντζους 135° . Οι δοκοί έχουν συνδετήρες ράβδους $\Phi 3$ ανά 5.5cm , που κλείνουν με γάντζους 90° , και δεν συνεχίζουν στο εσωτερικό των κόμβων.

Οι πλάκες οπλίζονται και στις δύο κατευθύνσεις τους με ράβδους $\Phi 6$ ανά 10cm , που κλείνουν με γάντζους 90° και δεν συνεχίσουν στο εσωτερικό των κόμβων.

4.2 Είσοδος γεωμετρίας και ιδιοτήτων των υλικών

Κατά την κατασκευή του κτιρίου, ελήφθησαν δοκίμια σκυροδέματος, από κάθε τύπο δομικού στοιχείου (δοκός, υποστύλωμα, πλάκα), προκειμένου να ελεγχθούν οι ιδιότητές του. Τα δοκίμια που ελήφθησαν ήταν κύβοι με ακμή 150mm, στα οποία υπολογίστηκε πειραματικά η θλιπτική τους αντοχή. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων θλίψης φαίνονται στον Πίνακα 4-1:

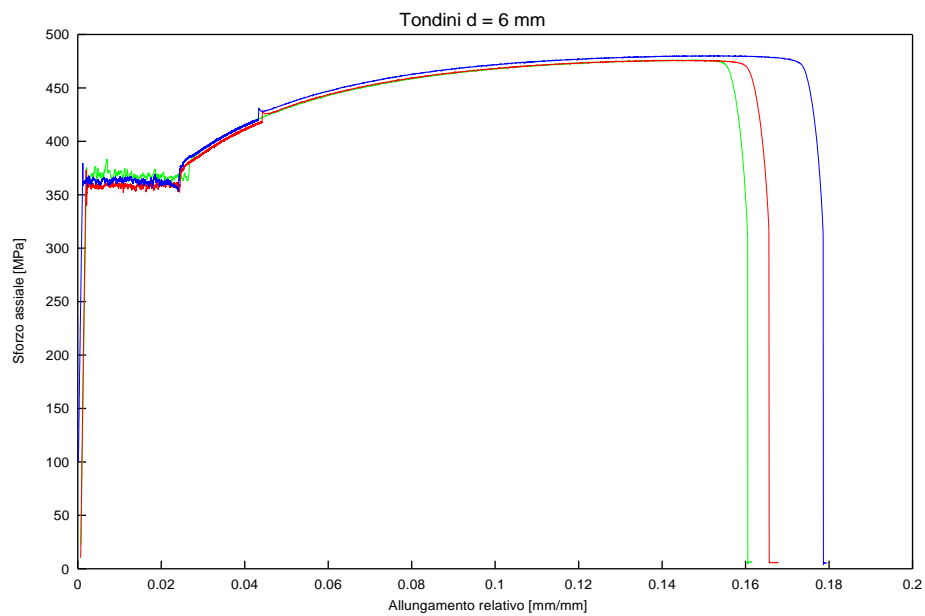
	Μέγιστη Θλιπτική Αντοχή (kg)	Επιφάνεια (mm²)	Τάση (MPa)	Μ.Ο (MPa)
Θεμελίωση	84000	22500	37.33	38.00
	87000	22500	38.67	
Υποστύλωμα 1 ^{ου} ορόφου	88000	22500	39.11	38.44
	85000	22500	37.78	
Πλάκα & δοκός 1 ^{ου} ορόφου	117000	22500	52.00	50.89
	112000	22500	49.78	
Υποστύλωμα 2 ^{ου} ορόφου	78000	22500	34.67	39.67
	94000	22500	41.78	
	93000	22500	41.33	
Πλάκα & δοκός 2 ^{ου} ορόφου	92000	22500	40.89	48.44
	108000	22500	48.00	
	110000	22500	48.89	
Υποστύλωμα 3 ^{ου} ορόφου	75000	22500	33.33	32.11
	70000	22500	31.11	
	74000	22500	32.89	
	70000	22500	31.11	

(συνέχεια Πίνακα 4.1)

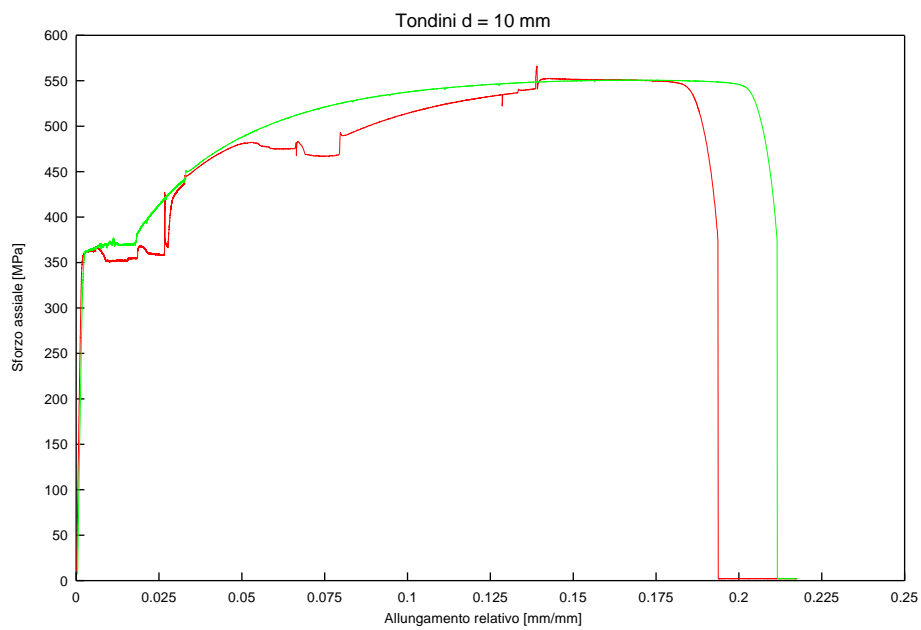
Πλάκα & δοκός	88000	22500	39.11	39.56
3 ^{ου} ορόφου	90000	22500	40.00	

Πίνακας 4-1: Πειραματικά αποτελέσματα δοκιμών σκυροδέματος

Ο χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε ήταν τάξης FeB32K σύμφωνα με τον Ιταλικό Κανονισμό. Για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των ράβδων, έγιναν πειράματα εφελκυσμού σε δύο δείγματα ράβδων με διάμετρο 10mm και από δύο δείγματα ράβδων με διάμετρο 6mm. Τα διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων, που προέκυψαν από τις πειραματικές διαδικασίες και για τις δύο περιπτώσεις, παρατίθενται παρακάτω :



Σχήμα 4.3 : Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα υπό εφελκυσμό διαμέτρου d=6mm



Σχήμα 4.4 : Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων χάλυβα υπό εφελκυσμό διαμέτρου $d = 10\text{mm}$

○ **Μάζα κτιρίου**

Προκειμένου να ληφθούν υπόψη τυχόν μόνιμα και κινητά φορτία πλακών, τοποθετήθηκαν μεγάλες μάζες άοπλου σκυροδέματος πάχους 25cm πάνω στις πλάκες των ορόφων, στις οποίες πακτώθηκαν με κατάλληλο εξοπλισμό.



Σχήμα 4.5 : Πρόσθετες μάζες σκυροδέματος στις πλάκες των ορόφων

Η συνολική μάζα του κτιρίου υπολογίστηκε ότι είναι 55.579 tonnes. Σ. αυτή τη μάζα περιλαμβάνεται το ίδιο βάρος του φορέα, το οποίο θεωρήθηκε στα 2500 kgf ανά κυβικό μέτρο (m^3) οπλισμένου σκυροδέματος, οι πρόσθετες μάζες άοπλου σκυροδέματος βάρους $2400\text{kgf}/m^3$ και η τοιχοποιία με βάρος $500\text{kgf}/m^3$. Πιο συγκεκριμένα, η μάζα κάθε ορόφου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Όροφος	Μάζα (tonne)
1 ^{ος}	18.636
2 ^{ος}	18.636
3 ^{ος}	18.307
Συνολική μάζα	55.579

Πίνακας 4-2: Κατανομή της μάζας στις οροφές της κατασκευής

4.3 Πρόγραμμα ανάλυσης

Το πρόγραμμα ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε για τις αναλύσεις είναι το Seismostruct. Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα ανάλυσης, το οποίο δίνει αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά πλαισιακών φορέων υπό στατική και δυναμική φόρτιση λαμβάνοντας υπόψη τις γεωμετρικές μη-γραμμικότητες και την ανελαστική συμπεριφορά του υλικού.

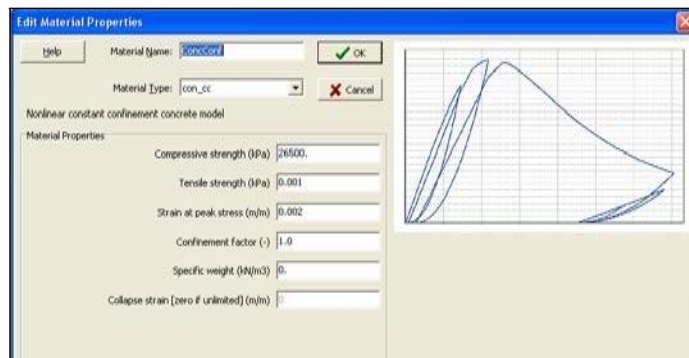
Περιλαμβάνει:

- 7 μεθόδους ανάλυσης, όπως στατική ανελαστική ανάλυση (pushover analysis), ανελαστική δυναμική ανάλυση, προσαυξητική δυναμική ανάλυση, προσαρμοσμένη ανελαστική στατική ανάλυση με βάση τις μετακινήσεις (displacement – based adaptive pushover), κ.ά.
- 8 τύπους στοιχείων, όπως δοκοί και υποστύλωματα προσομοιωμένα ως ίνες ή ως στοιχεία διανεμημένης πλαστικότητας (fiber elements), μη – γραμμικά στοιχεία δικτυώματος, μη – γραμμικά εμφαντούμενα στοιχεία, μη – γραμμικά στοιχεία σύνδεσης, κ.ά.
- 11 προσομοιώματα υλικών, όπως μη – γραμμικά προσομοιώματα σκυροδέματος, μη – γραμμικά προσομοιώματα χάλυβα, προσομοίωμα περισφιγμένου σκυροδέματος με FRP, κ.ά.
- 16 υστερητικά προσομοιώματα, με γραμμικά/διγραμμικά/τριγραμμικά προσομοιώματα κινηματικής απόκρισης, προσομοίωμα που αφορά την αλληλεπίδραση εδάφους – κατασκευής, κ.ά.
- 3 διαφορετικούς αλγόριθμους επίλυσης: Frontal, Skyline Iterative, Gauss-Seidel.

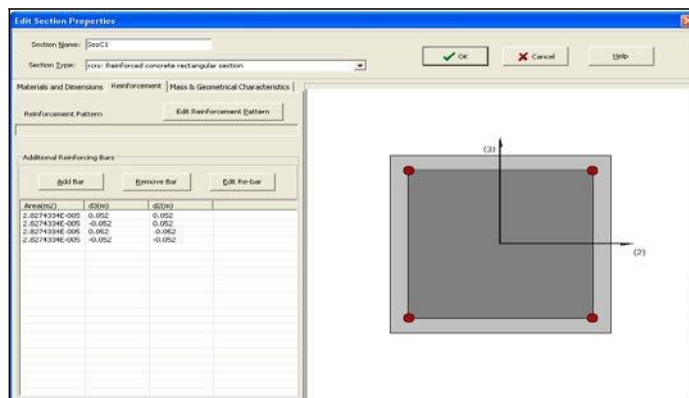
Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Ακολούθως παρατίθεται ενδεικτικά η πορεία δημιουργίας ενός στοιχείου τύπου υποστυλώματος (π.χ. του C1).

Βήμα 1^ο : Εισήχθησαν τα χαρακτηριστικά των υλικών (πρόκειται για μια κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος). Η διάρθρωση των υλικών είχε ως εξής: περισφιγμένο σκυρόδεμα, απερίσφικτο και χάλυβας. (Καρτέλα Materials)

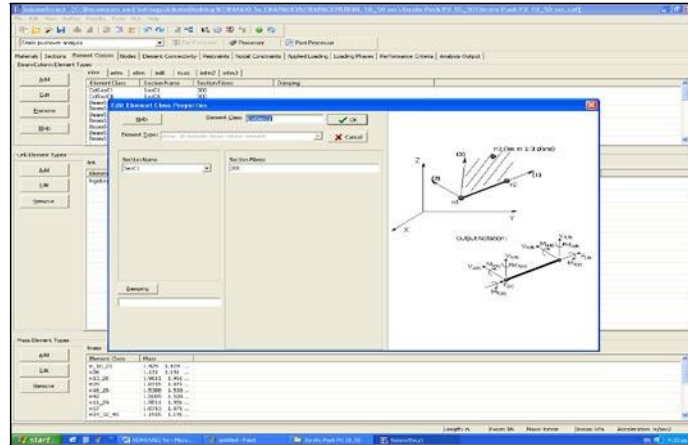


Βήμα 2^ο : Εισήχθησαν οι διαστάσεις της διατομής και οι φέροντες οπλισμοί (Καρτέλα Sections)

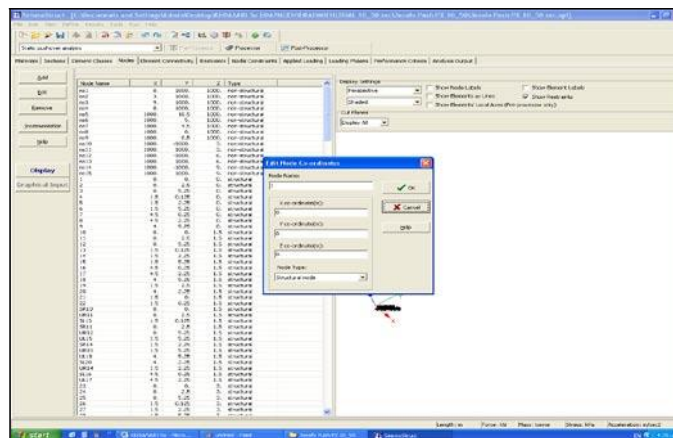


Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Βήμα 3^ο : Καθορίστηκαν τα στοιχεία εκείνα που θα έχουν τη παραπάνω διατομή καθώς και ο τύπος του υπό κατασκευή στοιχείου. (Καρτέλα Element Classes)

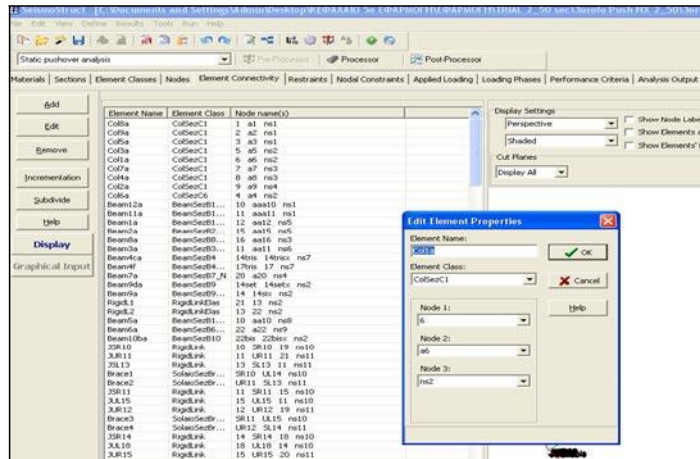


Βήμα 4^ο : Ορίστηκαν οι κόμβοι της κατασκευής. (Καρτέλα Nodes)

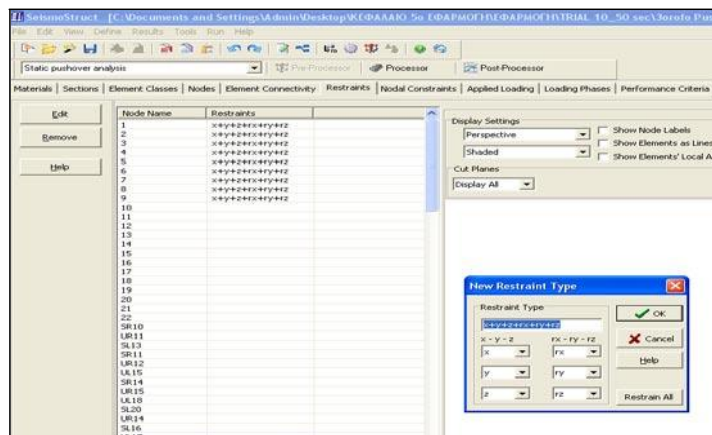


Βήμα 5^ο : Καθορίστηκαν οι κόμβοι τους οποίους θα συνδέει το παρών στοιχείο. (Καρτέλα Element Connectivity)

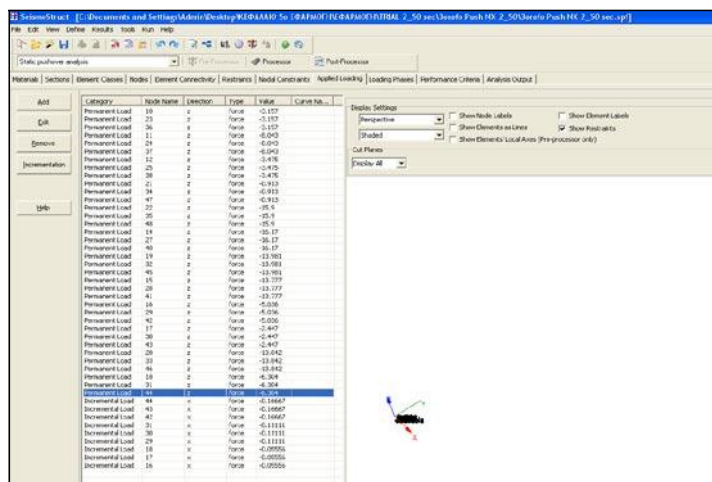
Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ



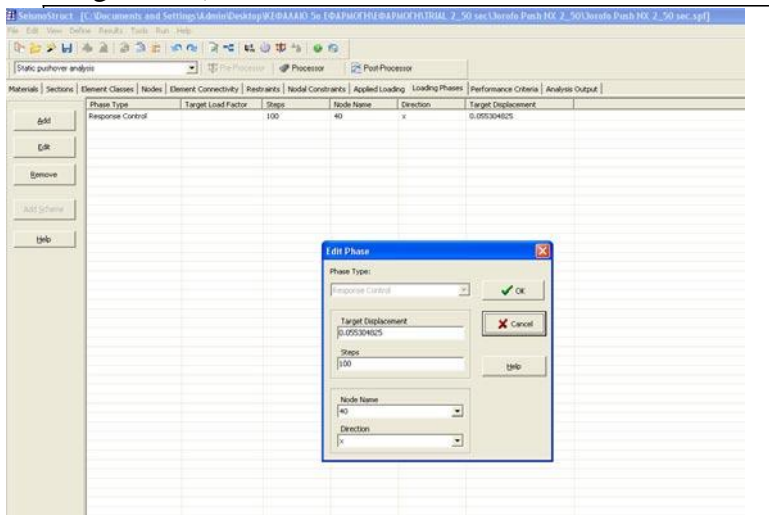
Βήμα 6^ο : Καθορίστηκαν οι περιορισμοί (βαθμοί ελευθερίας) των υπόψη κόμβων.
(Καρτέλα Restraints).



Βήμα 7^ο : Καθορίστηκαν τα μόνιμα και τα επαυξητικά φορτία
(Θεώρηση συγκεντρωμένων μαζών στους κόμβους) (Καρτέλα Applied Loading)



Βήμα 8^ο : Εισήχθησαν οι στοχευόμενες μετακινήσεις που είχαν υπολογιστεί με τη Μέθοδο του συντελεστή μετακίνησης (Displacement coefficient Method). (Καρτέλα Loading Phases)



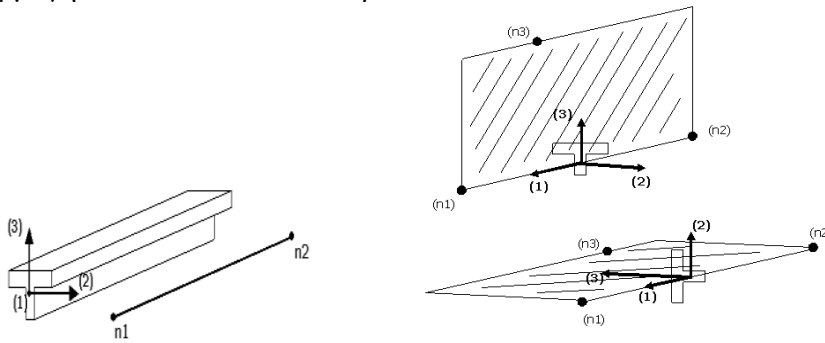
Όσον αφορά τους τοπικούς άξονες των στοιχείων:

Ο τοπικός άξονας (1) ορίζει τη χορδή του στοιχείου ενώ οι άξονες (2) και (3) αναφέρονται στο επίπεδο της διατομής και στον προσανατολισμό της. Συνήθως, ο άξονας (2) προσδιορίζει την «ασθενή» διεύθυνση του στοιχείου και ο άξονας (3) την «ισχυρή» διεύθυνση.

Παρά το γεγονός ότι η χορδή του στοιχείου χαρακτηρίζεται από τη γραμμή που ενώνει τους κόμβους αναφοράς n_1 και n_2 , απαιτείται και ένας τρίτος κόμβος αναφοράς n_3 που να περιγράφει τη κατεύθυνση των άλλων δύο τοπικών αξόνων και κατ'επέκταση τον προσανατολισμό της διατομής του στοιχείου. Οπότε, ο κόμβος αναφοράς n_3 αντιπροσωπεύει το επίπεδο στο οποίο ο τοπικός άξονας (3) κατευθύνεται. Τέλος, ο τοπικός άξονας (2) θα είναι κάθετος στο επίπεδο των τοπικών αξόνων (1) και (2) και με κατεύθυνση σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού.

Παρακάτω δίνεται μία σχηματική απεικόνιση των τοπικών αξόνων όπως περιγράφηκαν για το στοιχείο δοκού.

Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ



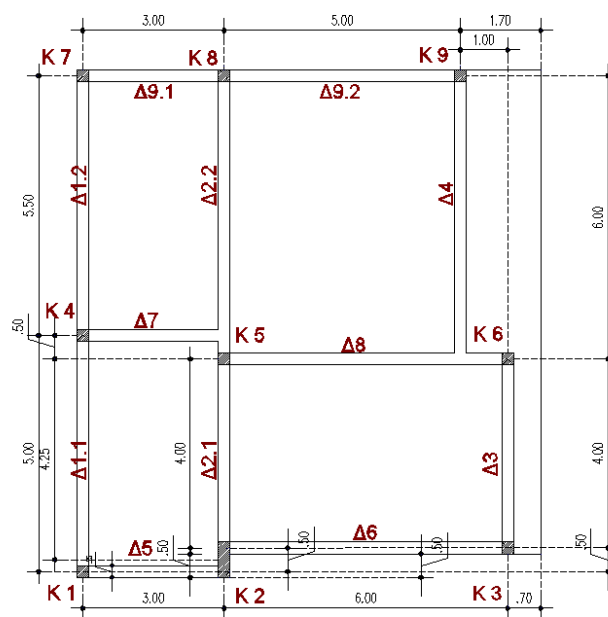
Όσον αφορά το σύνολο της κατασκευής:

- Η ανεπάρκεια περισφιγξης που παρουσίαζε η κατασκευή μας επέβαλλε να εισάγουμε τον ίδιο βαθμό περισφιγξης τόσο στο απερίσφικτο σκυρόδεμα όσο και στο περισφιγμένο. Ουσιαστικά αμελήθηκε η συνεισφορά της περισφιγξης στη κατασκευή των υποστυλωμάτων.
- Οι στηρίξεις θεωρήθηκαν πακτώσεις.
- Ως χαρακτηριστικός κόμβος, εκλέχθη ο κόμβος n224 διότι βρίσκεται πλησιέστερα στο κέντρο μάζας της κατασκευής.

4.4 Αποτίμηση της συμπεριφοράς του κτιρίου με την ανελαστική στατική ανάλυση

Τα εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη για κάθε στοιχείο ελέγχονται σε δύο διευθύνσεις σε επίπεδο διατομής, σύμφωνα με τους τοπικούς άξονες (2) και (3), όπως απεικονίζονται στο Seismostruct και τα όσα έχουμε αναφέρει στη §4.3. Οι ονομασίες των στύλων και των δοκών βασίζονται στο παρακάτω Σχήμα 4.8.

Τα αποτελέσματα των επιλύσεων παρατίθενται στα Παραρτήματα Β και Γ .



Σχήμα 4.6: Κάτοψη τυπικού ορόφου κτιρίου

4.4.1 Στοχευόμενη μετακίνηση

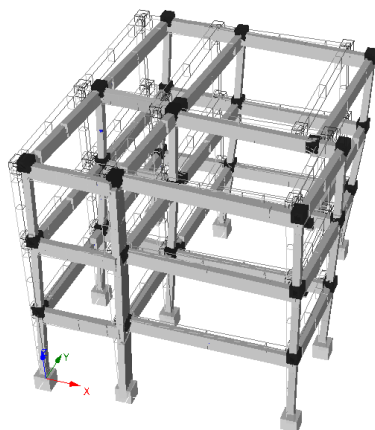
Ο προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης έγινε σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ – όπως αναλύεται και στη §3.2.5.1.4.

Εφαρμόστηκε ιδιομορφική ανάλυση, με την επίλυση του ιδιομορφικού προβλήματος $(K-\omega^2 \cdot M) \cdot \varphi = 0$, όπου K το μητρώο δυσκαμψίας και M το μητρώο μάζας. Από την επίλυση του παραπάνω συστήματος γραμμικών εξισώσεων προέκυψαν οι κυκλικές συχνότητες ω καθώς και οι αντίστοιχες ιδιοπερίοδοι T .

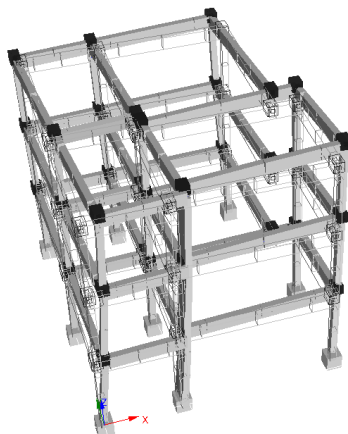
Τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης για τις πρώτες 10 ιδιοπεριόδους παρατίθενται στον Πίνακα 4-3:

	Ιδιοπερίοδοι (T sec)	Κυκλικές ιδιοσυχνότητες (rad/sec)
1	0.3618	17.364
2	0.3235	19.421
3	0.2963	21.204
4	0.1263	49.726
5	0.1095	57.363
6	0.0934	67.262
7	0.0853	73.684
8	0.0725	86.669
9	0.0573	109.659
10	0.0557	112.722

Πίνακας 4-3: Ιδιοπερίοδοι και κυκλικές ιδιοσυχνότητες του κτιρίου



Σχήμα 4.7: Απεικόνιση 1^{ης} ιδιομορφής



Σχήμα 4.8 Απεικόνιση 2^{ης} ιδιομορφής

Από τα σχήματα των πρώτων ιδιομορφών συμπεραίνουμε ότι είναι συζευγμένες, περιέχουν στροφική συνιστώσα σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο λόγω των ασυμμετριών και της στατικής εκκεντρότητας που παρουσιάζει το δομικό σύστημα του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4-3, η κυριαρχούσα θεμελιώδης ιδιοπερίοδος είναι $T=0.3618\text{sec}$.

Χρησιμοποιώντας την σχέση (3.5) της §3.2.5.1.4, προσδιορίστηκαν οι στοχευόμενες μετακινήσεις δ_i για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 4-4:

Στάθμη Επιτελεστικότητας	$\Phi_e (T_e)$ σε m/s^2	Διορθωτικοί συντελεστές				Στοχευόμενες Μετακινήσεις (δ_i) σε m
		C_0	C_1	C_2	C_3	
«Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» - στάθμη Α	3.4499	1.30	1.45	1.00	1.00	0.0216
«Προστασία ζωής» - στάθμη Β	5.7499	1.30	1.53	1.20	1.00	0.0460
«Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» - στάθμη Γ	9.0849	1.30	1.58	1.34	1.00	0.0829

Πίνακας 4-4: Στοχευόμενες μετακινήσεις για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας

Η φασματική επιτάχυνση Φ_e που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του κτιρίου (T_e) αλλά και γενικότερα οι οριζόντιες συνιστώσες των σεισμικών κινήσεων του εδάφους υπολογίζονται σύμφωνα με το Παράρτημα Α του ΕΑΚ, όπως παρατίθεται εν συντομία παρακάτω:

$$\text{Για } 0 \leq T < T_1: \quad \Phi_e(T) = A \cdot \gamma_1 \cdot [1 + (\eta \cdot \beta_0 - 1) \cdot T/T_1] \quad (4.1)$$

$$\text{Για } T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_e(T) = A \cdot \gamma_1 \cdot \eta \cdot \beta_0 \quad (4.2)$$

$$\text{Για } T_2 < T: \quad \Phi_e(T) = A \cdot \gamma_1 \cdot \eta \cdot \beta_0 \cdot T_2/T \quad (4.3)$$

Στις παραπάνω σχέσεις (4.1), (4.2) και (4.3) είναι:

A : η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση εδάφους

γ_1 : συντελεστής σπουδαιότητας του κτιρίου

$\beta_0 = 2,50$: συντελεστής φασματικής ενίσχυσης

η : διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης διάφορο του 5%

T_1 και T_2 (sec) : οι χαρακτηριστικές περιόδους του φάσματος ανάλογα με τη κατηγορία του εδάφους (για το εξεταζόμενο κτίριο έγινε θεώρηση εδάφους κατηγορίας Β, άρα $T_1=0,15\text{sec}$ και $T_2=0,60\text{sec}$).

T (sec) : η περίοδος

Σύμφωνα με το παράρτημα Α του ΕΑΚ, το ελαστικό φάσμα τροποποιείται ανάλογα με τη σπουδαιότητα της κατασκευής και της εδαφικής συνθήκης. Για τον προσδιορισμό φασμάτων απόκρισης που αντιστοιχούν σε διαφορετικές περιόδους επαναφοράς, χρησιμοποιούνται σχέσεις που μετά από στατιστική επεξεργασία σεισμολογικών δεδομένων συσχετίζουν την περίοδο επαναφοράς T_m με τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση PGA (*Peak Ground Acceleration*). Οι σχέσεις αυτές είναι γνωστές ως καμπύλες σεισμικής επικινδυνότητας (*hazard curves*).

Οι καμπύλες επικινδυνότητας τις οποίες συστήνει ο ΕΑΚ προέρχονται από την εργασία των *Parazachos et al.* (1993). Έτσι, η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας, όπου η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση δίνεται:

$$\begin{aligned}
 \text{Ζώνη I: } & \text{PGA} = e^{3,28+0,61 \cdot \log(T_m)} \\
 \text{Ζώνη II: } & \text{PGA} = e^{3,64+0,64 \cdot \log(T_m)} \\
 \text{Ζώνη III: } & \text{PGA} = e^{4,01+0,61 \cdot \log(T_m)} \\
 \text{Ζώνη IV: } & \text{PGA} = e^{4,64+0,55 \cdot \log(T_m)}
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

Οι σχέσεις (4.4) έρχονται σε αντίθεση με τη σημερινή πρακτική του ΕΑΚ όσον αφορά τον βαθμό σπουδαιότητας. Η σπουδαιότητα στον ΕΑΚ λαμβάνεται υπόψη πολλαπλασιάζοντας τις σχέσεις (4.4) με το συντελεστή σπουδαιότητας που παίρνει τιμές από 0.85 έως 1.35, ενώ για συνήθεις κατασκευές είναι ίσος με τη μονάδα.

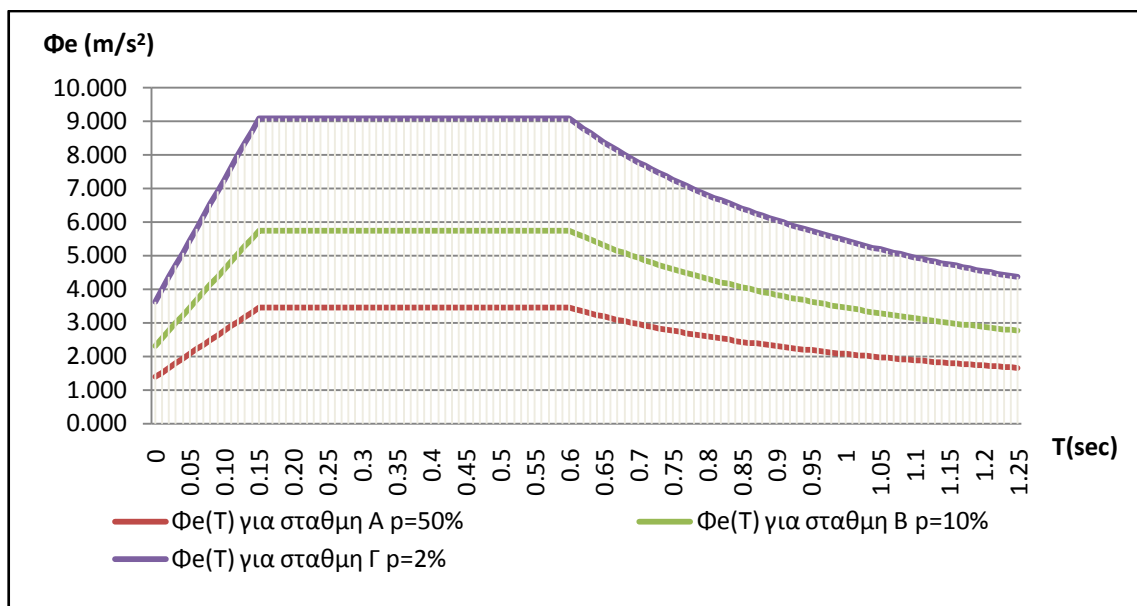
Όμως, η σπουδαιότητα μιας κατασκευής μπορεί να ληφθεί άμεσα υπόψη σύμφωνα με τον παραπάνω Πίνακα 4-5 χρησιμοποιώντας για κάθε επίπεδο επιτελεστικότητας σεισμό με κατάλληλη περίοδο επαναφοράς.

Για το εξεταζόμενο κτίριο θεωρήθηκε ζώνη II σεισμικής επικινδυνότητας, οπότε οι μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις για κάθε περίοδο επαναφοράς του σεισμού – που σχετίζεται και με τη στάθμη επιτελεστικότητας – υπολογίστηκαν όπως δίνεται παρακάτω στον Πίνακα 4-5:

Στάθμες επιτελεστικότητας	Περίοδοι Επαναφοράς $T_m = -t/\ln(1-p)$ [σε έτη]	Μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις (PGA)
«Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» (p=50%)	72	1.38
«Προστασία ζωής» (p=10%)	475	2.30
«Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» (p=2%)	2475	3.63

Πίνακας 4-5: Μέγιστες σεισμικές επιταχύνσεις για ζώνη II σεισμικής επικινδυνότητας

Ακολουθούν στο Σχήμα 4.7 τα ελαστικά φάσματα του ΕΑΚ, όπως προέκυψαν από τον συνδυασμό των σχέσεων (4.2) και (4.4), που αντιστοιχούν για κατηγορία εδάφους Β και για ζώνη ΙΙ σεισμικής επικινδυνότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.



Σχήμα 4.9 : Ελαστικά φάσματα επιταχύνσεων ($\Phi_e - T_e$) για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας – σύμφωνα με το Παράρτημα Α του ΕΑΚ

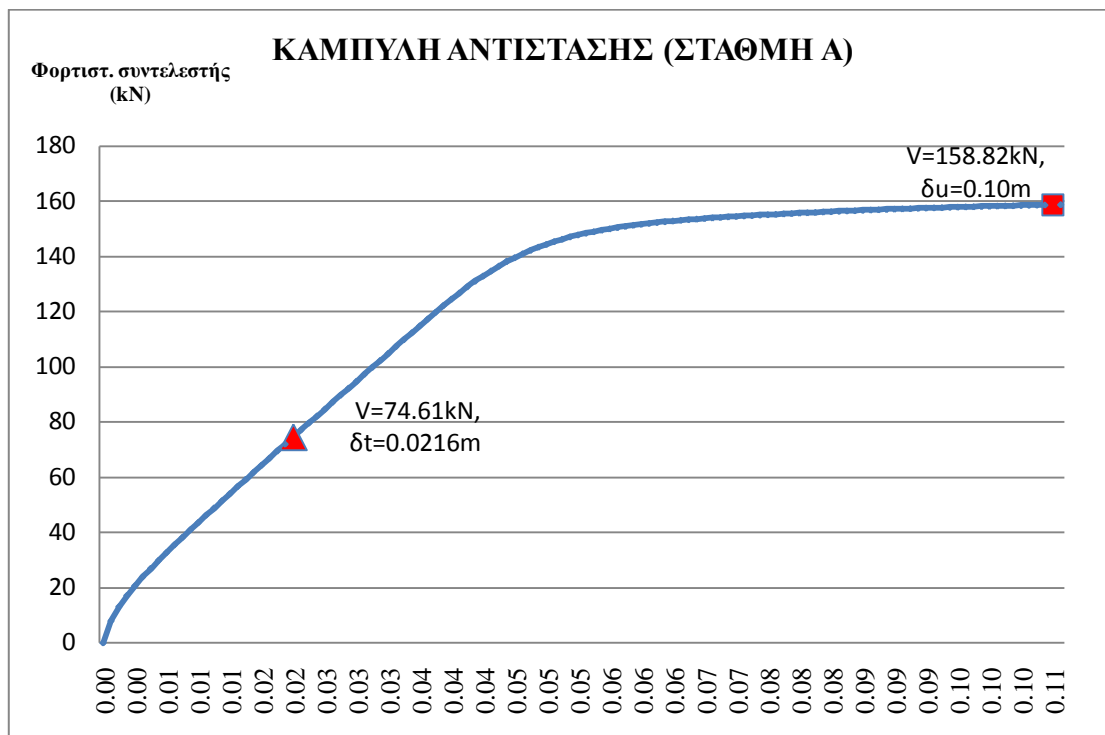
4.4.2 Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ.ύψος

Όπως αναφέραμε και στη §3.2.5.1.2 του Κεφαλαίου 3, για όλες τις αναλύσεις απαιτείται η εφαρμογή δύο τουλάχιστον διαφορετικών καθ.ύψος κατανομών φορτίων, ώστε να λαμβάνεται (κατά το δυνατό) υπόψη η μεταβολή του τρόπου κατανομής των φορτίων λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς ορισμένων περιοχών του φορέα, αλλά και λόγω της επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών.

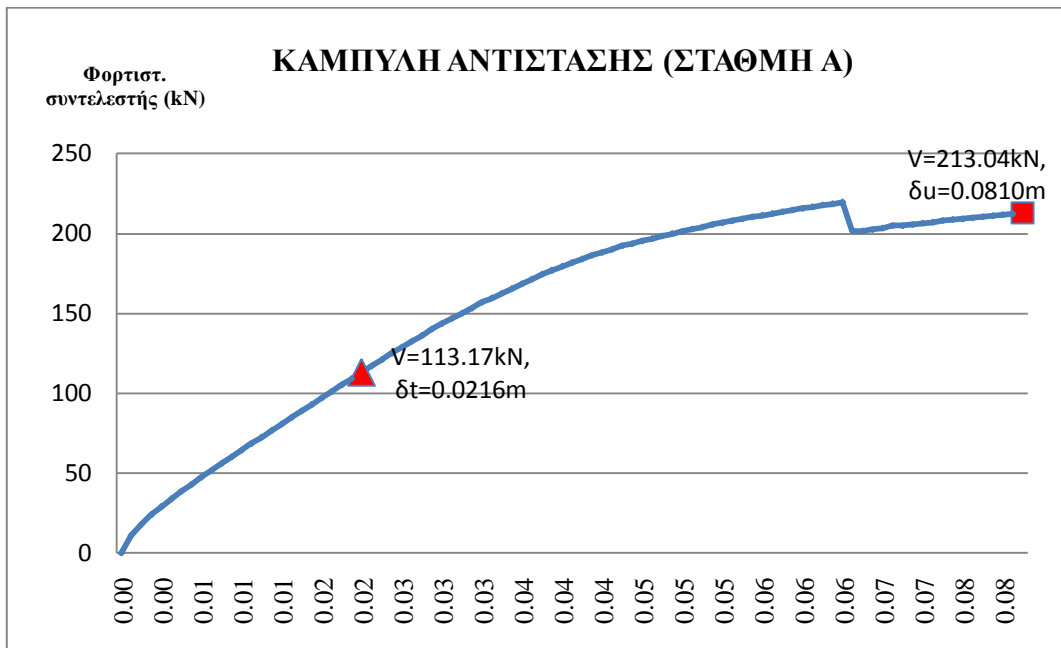
Ως πρώτη κατανομή επιλέχθηκε η χρήση της «τριγωνικής» σύμφωνα με τη σχέση (3.15) του ΕΑΚ. Η επιλογή αυτή έγινε εφόσον – σύμφωνα με την ιδιομορφική ανάλυση – η συμμετοχή της 1^{ης} ιδιομορφής στη συνολικής μάζα του φορέα ξεπερνά το 75%. Συγκεκριμένα, η συμμετοχή της συνολικής μάζας στη 1^η ιδιομορφή βρέθηκε ίση με 76,11%.

Ως δεύτερη κατανομή χρησιμοποιήθηκε η «ομοιόμορφη» αποτελούμενη από οριζόντια φορτία ανάλογα προς τη μάζα κάθε στάθμης (ορόφου).

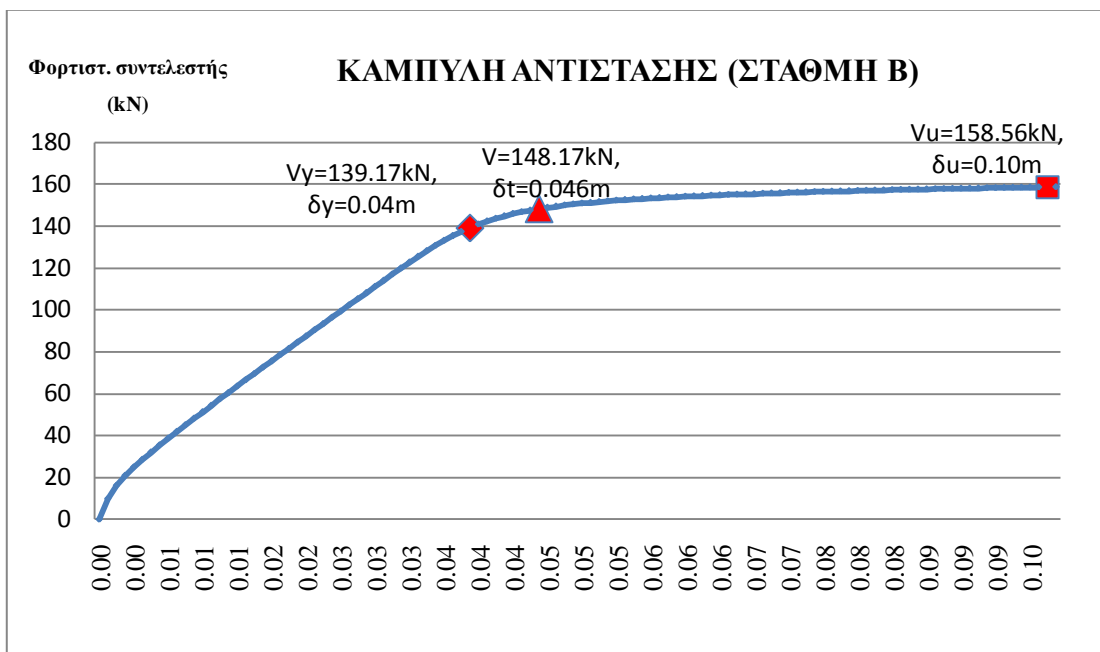
4.4.3 Καμπύλες ικανότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας



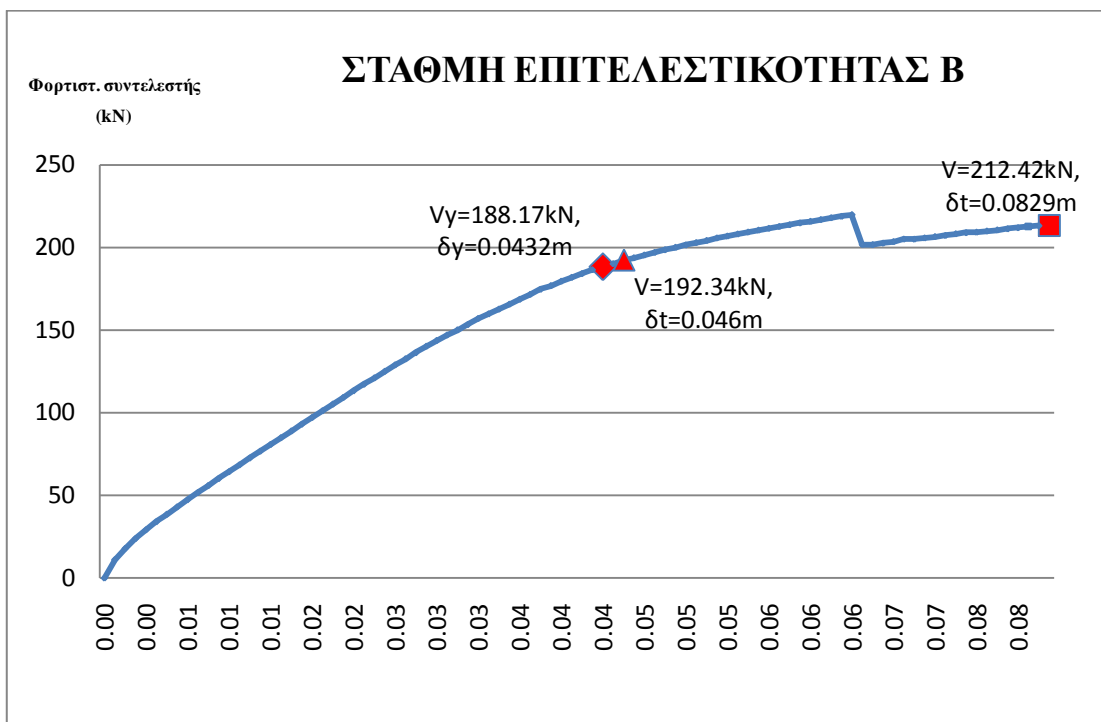
Σχήμα 4.10: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση x-x



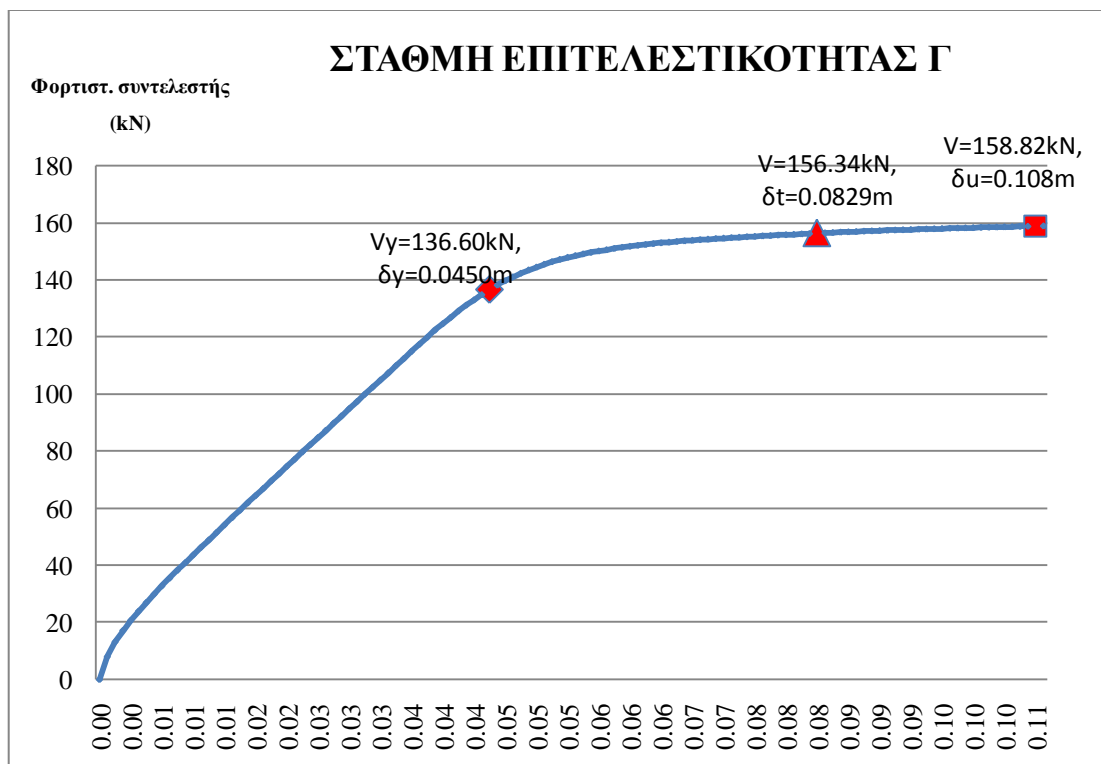
Σχήμα 4.11: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση y-y



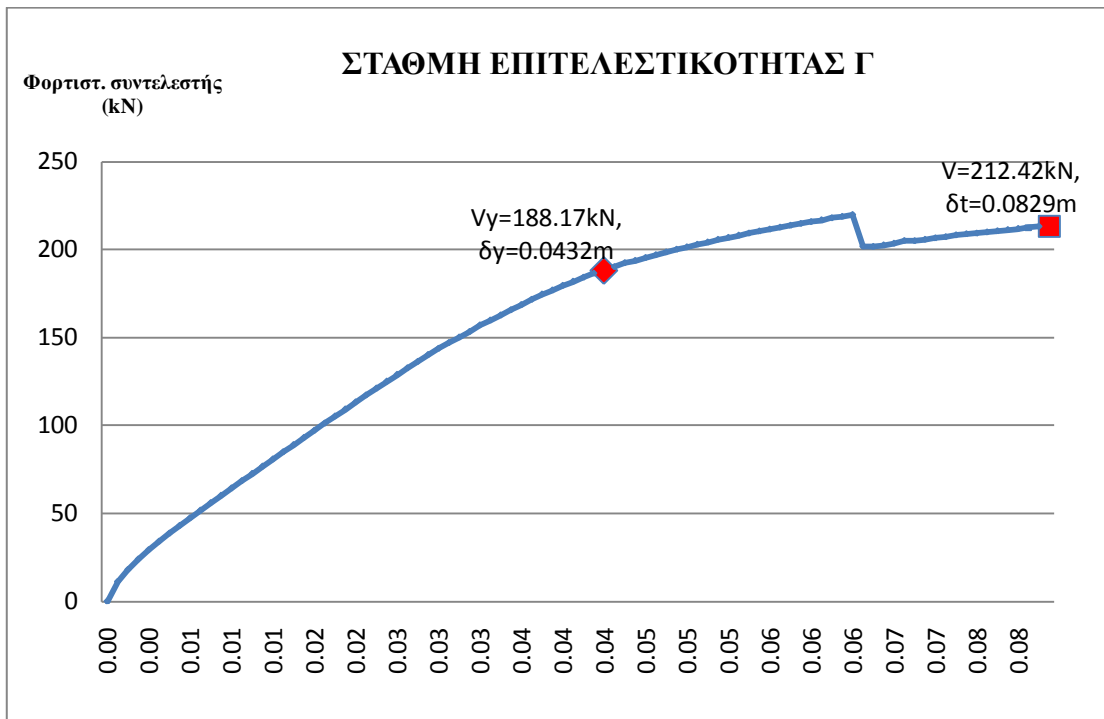
Σχήμα 4.12: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση x-x



Σχήμα 4.13: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση y-y



Σχήμα 4.14: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οινεί κατάρρευσης» και για διεύθυνση x-x



Σχήμα 4.15: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητα «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» και για διεύθυνση y-y

4.4.4 Προσδιορισμός συντελεστή συμπεριφοράς (q)

Γενικώς όπως ήδη έχουμε αναφέρει και στη §3. 3 του Κεφαλαίου 3, ο συντελεστής συμπεριφοράς q διαμορφώνεται από το γινόμενο του παράγοντα υπεραντοχής q_v και του παράγοντα πλαστιμότητας q_π .

1. Στάθμη επιτελεστικότητας A

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση x-x, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{158.82}{138.18} = 1.15$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta y} = \frac{0.0216}{0.0216} = 1.00$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.00$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Α και κατά τη x-x διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T=0.3618 \leq T_2=0.60:$$

$$\mu_d = 1+T_2/T \cdot (q_\pi-1)=1.00$$

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση y-y, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{213.04}{186.39} = 1.14$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta y} = \frac{0.0216}{0.0216} = 1.00$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.00$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Α και κατά τη y-y διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T=0.3618 \leq T_2=0.60:$$

$$\mu_d = 1+T_2/T \cdot (q_\pi-1)=1.00$$

2. Στάθμη επιτελεστικότητας Β

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση x-x, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{158.56}{139.17} = 1.14$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta u} = \frac{0.0460}{0.0400} = 1.15$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.31$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Β και κατά τη x-x διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T=0.3618 \leq T_2=0.60:$$

$$\mu_d = 1+T_2/T \cdot (q_\pi-1)=1.25$$

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση y-y, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{212.42}{188.17} = 1.13$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta u} = \frac{0.0460}{0.0432} = 1.06$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.20$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Β και κατά τη y-y διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60:$$

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_\pi - 1) = 1.33$$

3. Στάθμη επιτελεστικότητας Γ

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση x-x, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{158.82}{136.60} = 1.16$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta u} = \frac{0.0829}{0.0450} = 1.84$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 2.13$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Γ και κατά τη x-x διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60:$$

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_\pi - 1) = 2.39$$

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση y-y, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{212.42}{188.17} = 1.13$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta u} = \frac{0.0829}{0.0432} = 1.92$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 2.17$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Γ και κατά τη y-y διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

Για $T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60$:

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_{\pi} - 1) = 2.53$$

4.4.5 Αποτελέσματα ελέγχων

Ως γνωστόν, αν η διαθέσιμη τοπική πλαστιμότητα $\mu\theta$ (ή μ_d) είναι ≥ 2.0 (ή αν $\mu_1/t \geq 3.0$), δηλαδή αν η συμπεριφορά του στοιχείου είναι οιονεί – πλάσιμη τότε οι έλεγχοι γίνονται σε όρους παραμορφώσεων. Στην αντίθετη περίπτωση, αν η συμπεριφορά του στοιχείου είναι οιονεί – ψαθυρή, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους εντατικών μεγεθών.

Επιπλέον, σημαντικό και καθοριστικό στοιχείο για την αποτίμηση της συμπεριφοράς ενός στοιχείου Ο/Σ είναι ο λόγος διάτμησης $a_s = M/Vh$. Αν ο λόγος αυτός είναι < 2 , τότε η συμπεριφορά του στοιχείου θεωρείται ψαθυρή, χωρίς να απαιτείται ο υπολογισμός και ο έλεγχος της διαθέσιμης τιμής του δείκτη πλαστιμότητας. Στη περίπτωση αυτή, ο έλεγχος του στοιχείου γίνεται σε όρους εντατικών μεγεθών (δυνάμεων ή ροπών).

Για τα υποστυλώματα σύμφωνα με τις τιμές είτε των λόγων διάτμησης είτε των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας, οι έλεγχοι έγιναν σε όρους εντατικών μεγεθών.

- **Στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό»**

Για τη στάθμη αυτή και για τις δύο διευθύνσεις σεισμικών φορτίων που ασκήθηκαν στο κτίριο – με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 και (χωριστά) 3:10 – κανένα από τα στοιχεία Ο/Σ (δοκοί, υποστυλώματα) δεν διέρρευσε.

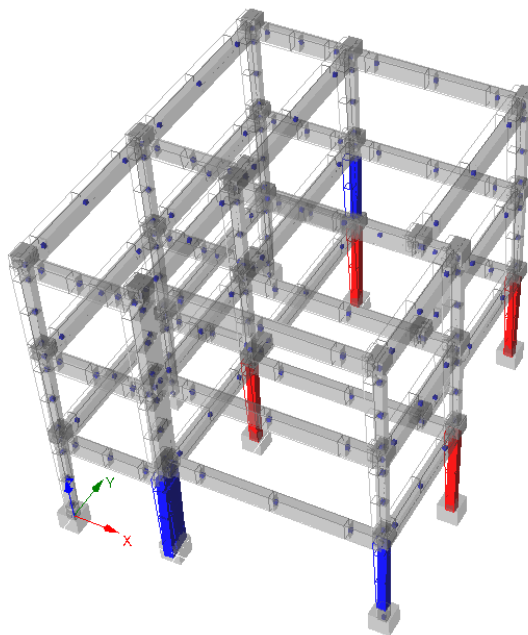
- **Στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής»**

Οι βλάβες που παρουσιάστηκαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων στα στοιχεία Ο/Σ συνοψίζονται παρακάτω.

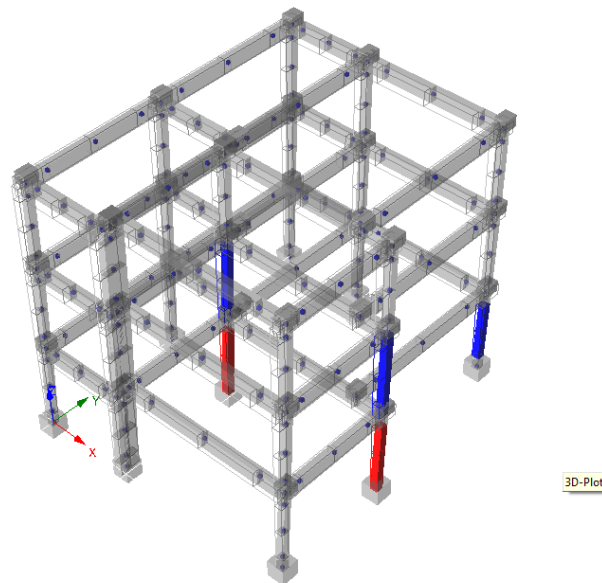
- Για σεισμικά φορτία που ασκήθηκαν κατά τη διεύθυνση x-x στο σύνολο της τέμνουσας και κατά τη διεύθυνση y-y σε ποσοστό 30% της αντίστοιχης τέμνουσας προέκυψαν οι ακόλουθες βλάβες:
 1. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K2 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 35.56\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 2. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K5 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 15.93\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 3. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K8 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 16.005\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 4. Διαρροή στο μέσον του 2^{ου} ορόφου του υποστυλώματος K8 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 14.158\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 5. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K9 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 16.09\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 6. Διαρροή στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K3 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 15.20\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 7. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K6 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 16.51\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.

- Για σεισμικά φορτία που ασκήθηκαν κατά τη διεύθυνση y-y στο σύνολο της τέμνουσας και κατά τη διεύθυνση x-x σε ποσοστό 30% της αντίστοιχης τέμνουσας προέκυψαν οι ακόλουθες βλάβες:
 1. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος Κ6 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 15.93\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 2. Διαρροή στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος Κ6 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 14.34\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 3. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος Κ5 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 16.31\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 4. Διαρροή στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος Κ5 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 15.10\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 5. Διαρροή στο μέσον του 1^{ου} ορόφου του υποστυλώματος Κ9 για τέμνουσα δύναμη $V_s=14.18\text{kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.

Εποπτικά οι αστοχίες των στοιχείων του φορέα φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 4.16: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως (Στάθμη Β)



Σχήμα 4.17: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τέμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως (Στάθμη Β)

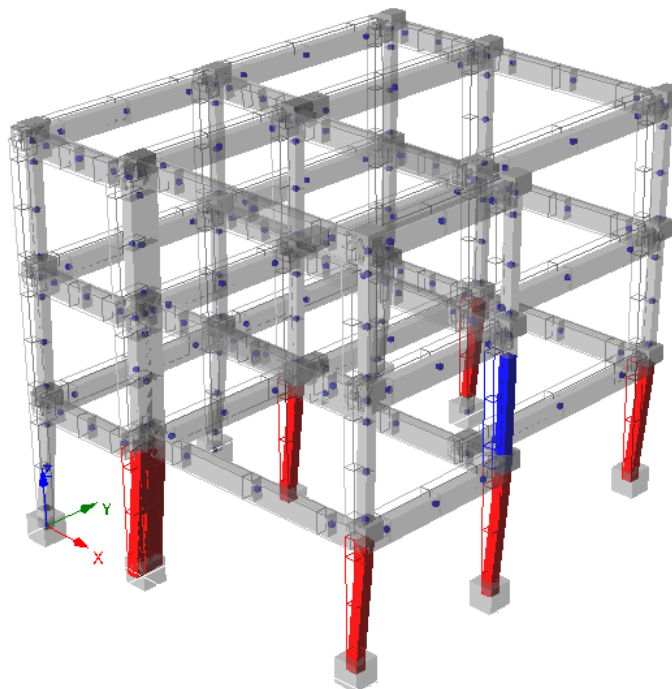
- **Στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»**

Οι βλάβες που παρουσιάστηκαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων στα στοιχεία Ο/Σ συνοψίζονται παρακάτω.

 - Για σεισμικά φορτία που ασκήθηκαν κατά τη διεύθυνση x-x στο σύνολο της τέμνουσας και κατά τη διεύθυνση y-y σε ποσοστό 30% της αντίστοιχης τέμνουσας προέκυψαν οι ακόλουθες βλάβες:
 1. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K2 για τέμνουσα βάσεως $V_s=39.87\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 2. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K8 για τέμνουσα βάσεως $V_s=16.876\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 3. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K9 για τέμνουσα βάσεως $V_s=17.128\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.

4. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K5 για τέμνουσα βάσεως $V_s=16.83\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
5. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K6 για τέμνουσα βάσεως $V_s=17.907\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
6. Διαρροή στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος K6 για τέμνουσα βάσεως $V_s=14.190\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
7. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K3 για τέμνουσα βάσεως $V_s=16.75\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.

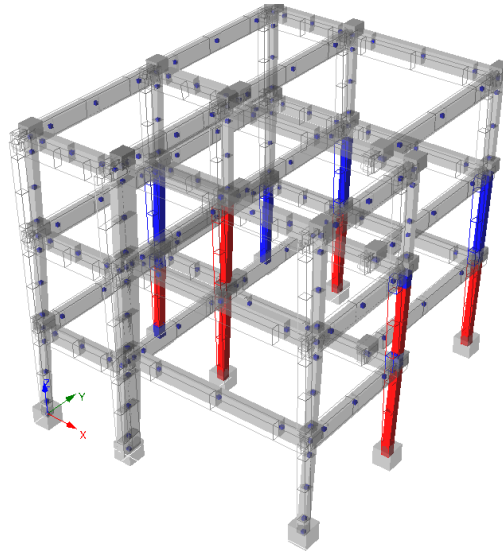
Εποπτικά οι αστοχίες των στοιχείων στον φορέα φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 4.18: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντίστοιχως (Στάθμη Γ)

- Για σεισμικά φορτία που ασκήθηκαν κατά τη διεύθυνση y-y στο σύνολο της τέμνουσας και κατά τη διεύθυνση x-x σε ποσοστό 30% της αντίστοιχης τέμνουσας προέκυψαν οι ακόλουθες βλάβες:
 1. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K6 για τέμνουσα βάσεως $V_s=17.407\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 2. Αστοχία στο μέσον του 2^{ου} ορόφου του υποστυλώματος K6 για τέμνουσα βάσεως $V_s=15.54\text{kN}$ και διαρροή στην κεφαλή και το πόδα του στύλου στον 2^ο όροφο για $V_s = 15.358\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3.
 3. Αστοχία στο μέσον του 1^{ου} ορόφου του υποστυλώματος K4 για τέμνουσα βάσεως $V_s=15.60\text{kN}$ και διαρροή στην κεφαλή και το πόδα του στύλου στον 1^ο όροφο για $V_s = 15.408\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 4. Διαρροή στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος K4 για $V_s = 14.379\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 5. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K5 για τέμνουσα βάσεως $V_s=18.43\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 6. Διαρροή στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος K5 για τέμνουσα βάσεως $V_s=15.92\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 7. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K8 για τέμνουσα βάσεως $V_s=16.836\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 8. Αστοχία στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος K8 για τέμνουσα βάσεως $V_s=14.638\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.
 9. Αστοχία στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K9 για τέμνουσα βάσεως $V_s=17.014\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.

10. Διαρροή στον 2^ο όροφο του υποστυλώματος K9 για τέμνουσα βάσεως $V_s=14.67\text{kN}$. Οι αστοχίες παρουσιάστηκαν για τα εντατικά μεγέθη N, M3, V2.



Σχήμα 4.19: Βλάβες σε υποστυλώματα για σεισμικά φορτία με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντίστοιχως (Στάθμη Γ)

4.4.6 Συμπεριφορά κτιρίου με τη συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων

Οι τοιχοποιίες πλήρωσης συνεκτιμώνται υποχρεωτικώς στην ανάληψη σεισμικών δράσεων, όταν αυτό συνεπάγεται δυσμενή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό σε γενικό ή τοπικό επίπεδο.

Από την υποχρέωση αυτή – και σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ – εξαιρούνται κτίρια για τα οποία ισχύει μια τουλάχιστον από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Έχουν μελετηθεί και έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΑΚ και ΕΚΟΣ 2000 και νεωτέρων.
- Η πρόσθετη πλευρική δυσκαμψία λόγω των τοιχοπληρώσεων δεν υπερβαίνει το $\frac{1}{4}$ της συνολικής δυσκαμψίας του φέροντος οργανισμού ενός τουλάχιστον ορόφου.

Στη περίπτωση που απαιτείται να συνεκτιμηθεί και η συμμετοχή της τοιχοποιίας πλήρωσης στην ανάληψη σεισμικών φορτίων, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ορίζει ορισμένα κριτήρια δυσμενούς επιρροής αυτής στο κτίριο.

Συγκεκριμένα, οι τοιχοποιίες πλήρωσης δεν συνεπάγονται δυσμενή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό εφόσον δεν επιφέρουν αύξηση της σεισμικής τέμνουσας ενός τουλάχιστον πρωτεύοντος κατακόρυφου στοιχείου ή της σεισμικής μετακίνησης ενός ορόφου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 15%, σε οποιαδήποτε στάθμη του κτιρίου.

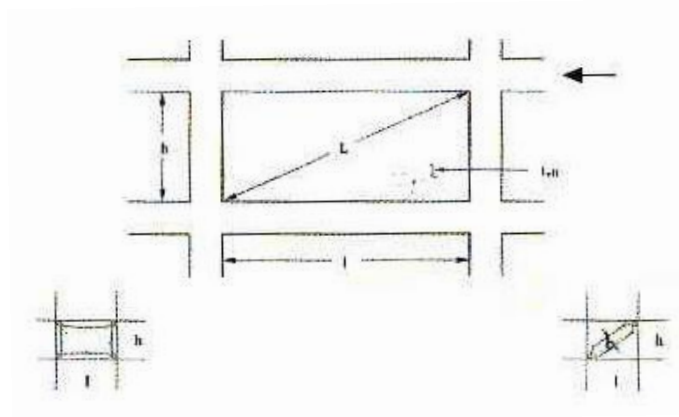
Οι υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις, συνήθεις και άοπλες, με κατ.εξοχήν ψαθυρή (και αναξιόπιστη) συμπεριφορά, ελέγχονται σε όρους δυνάμεων ή παραμορφώσεων και λαμβάνονται υπόψη μόνο στις στάθμες επιτελεστικότητας Α ή Β. Για τη στάθμη επιτελεστικότητας Γ, δεν συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα (και κατ.ακολουθίαν δεν ελέγχονται).

Οι σκοπίμως προστιθέμενες οπλισμένες τοιχοπληρώσεις ή οι υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις μετά από ενίσχυση μπορούν να ληφθούν υπόψη και για τη στάθμη επιτελεστικότητας Γ, με κατά περίπτωση έλεγχο σε όρους δυνάμεων ή παραμορφώσεων.

4.4.6.1 Προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ

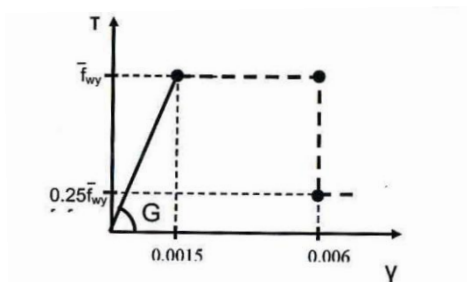
Οι τοιχοπληρώσεις δεν συμμετέχουν στην ανάληψη κατακόρυφων φορτίων (βαρύτητας), πλην του ιδίου βάρους τους. Υπό την επίδραση σεισμικών φορτίων μπορούν να προσομοιωθούν:

- Είτε ως διατμητικό φάτνωμα/πέτασμα, ορθοτροπικό, με τέσσερις «κόμβους» - αρθρώσεις προς τους αντίστοιχους κόμβους του τοιχοπληρωμένου πλαισίου,
- Είτε, απλούστερα, ως (απλή) ισοδύναμη αμφιαρθρωτή θλιβόμενη διαγώνια ράβδος (κατά την εκάστοτε φορά του σεισμού εντός του πλαισίου), με συγκεκριμένο πλάτος b .



Σχήμα 4.20: Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ

1. Στην περίπτωση προσομοίωσης τοιχοπλήρωσης ως φάτνωμα/πέτασμα, η συμπεριφορά της περιγράφεται από κατάλληλο διάγραμμα διατμητικών τάσεων – γωνιακών παραμορφώσεων, λαμβάνοντας υπόψη και την επιρροή της ανακύκλισης, σύμφωνα με το Σχήμα 4.21.

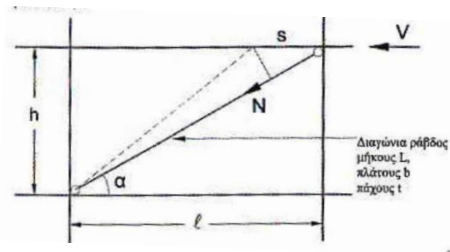


Σχήμα 4.21: Διάγραμμα διατμητικών τάσεων – γωνιακών παραμορφώσεων άοπλης τοιχοπλήρωσης

Ο έλεγχος του φαινόμενου έναντι τέμνουσας δύναμης γίνεται βάσει της μέσης διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας. Η διατμητική αντοχή μπορεί να λαμβάνεται από τα προβλεπόμενα στον EC6.

Οι τιμές των οριακών γωνιακών παραμορφώσεων στο πιο πάνω διάγραμμα εμφανίζονται μεγαλύτερες από εκείνες που γίνονται συνήθως δεκτές για την άοπλη τοιχοποιία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το πλαίσιο που περιβάλλει την τοιχοπλήρωση, εξασφαλίζει (υπό προϋποθέσεις βεβαίως) περισφιγξη στην τοιχοποιία, χάρη στην οποία αυξάνονται σημαντικά τα μεγέθη των κρίσιμων παραμορφώσεων.

2. Στη περίπτωση προσομοίωσης της τοιχοπλήρωσης ως ισοδύναμη (προς το φάτνωμα) θλιβόμενη διαγώνια ράβδος, τα μεγέθη που υπεισέρχονται στον σχεδιασμό και στους υπολογισμούς θα εκτιμώνται καταλλήλως, ως ακολούθως βάσει Σχήματος 4.22:



Σχήμα 4.22: Προσομοίωση τοιχοποιίας ως ισοδύναμη (προς το φάτνωμα) θλιβόμενη διαγώνια ράβδος

Πιο συγκεκριμένα:

- το πάχος t της θλιβόμενης διαγωνίου, θα εκτιμάται όπως και για το προσομοίωμα του διατμητικού φατνώματος
- το πλάτος b της θλιβόμενης διαγωνίου, θα εκτιμάται με βάση την ισοδυναμία και το συμβιβαστό παραμορφώσεων και δυνάμεων (τάσεων)
- η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοπλήρωσης κατά τη διεύθυνση της διαγώνιας $f_{wc,s}$ μπορεί να συνεκτιμάται με βάση τη μέση θλιπτική αντοχή κατά τη κατακόρυφη διεύθυνση, λαμβάνοντας υπόψη και την εξαιτίας εγκάρσιων (οριζοντίων) εφελκυστικών τάσεων απομείωσή της.

- Από την ανάλυση δυνάμεων:

$$N=V:\cos\alpha \text{ και } L=l:\cos\alpha (= \sqrt{l^2 + h^2}),$$

$$\text{με } N=(t \cdot b) \cdot f_{wc,s} \text{ και } V=(t \cdot l) \cdot f_{wv}$$

$$\text{άρα } b \approx L \cdot (f_{wv}/f_{wc,s})$$

όπου για μέσες τιμές αντοχών κατά την ρηγμάτωση προκύπτει:

$$b \approx 0,15 \cdot L \quad (4.5)$$

- Από την ανάλυση μετακινήσεων:

Ταυτόχρονα, και πριν ή κατά την ρηγμάτωση, ισχύει:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \text{ και } \tau = \gamma \cdot G$$

ή

$$N/(t \cdot b) = (\Delta L/L) \cdot E \text{ και } V/(t \cdot l) = (s/h) \cdot G,$$

$$\text{με } N=V \cdot \cos \alpha \text{ και } \Delta L=s \cdot \cos \alpha,$$

$$\text{άρα: } E \cdot b \approx G \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \quad (4.6)$$

όπου α η γωνία κλίσεως (ως προς την οριζόντια) της ισοδύναμης θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου.

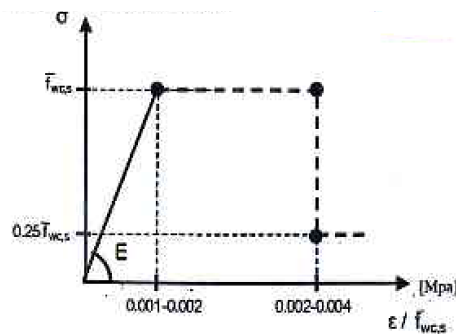
Αντιστοίχως, όσον αφορά την δυστένεια της ράβδου και την δυσμησία του φατνώματος, δηλαδή για: $A_p = t \cdot b$ και $A_\phi = t \cdot l$, ισχύει:

$$(E \cdot A_p) \approx (G \cdot A_\phi) \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \quad (4.7)$$

Οπότε, για λόγους συμβιβαστού, η σχέση που συνδέει το G και το E των δύο

«ισοδύναμων» προσομοιωμάτων (διαγραμμάτων) της τοιχοπλήρωσης δίνεται από τη σχέση (4.7) και όχι από την έκφραση $G \approx (1/3) \cdot E$ (για $\nu \approx 0.5$).

Επιπλέον, όσον αφορά την αντοχή της θλιβόμενης διαγωνίου και όταν δεν διατίθενται ακριβέστερα στοιχεία, μπορεί για στάθμη επιτελεστικότητας B να χρησιμοποιείται το ακόλουθο (διάγραμμα) Σχήμα 4-23:



Σχήμα 4.23: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων ισοδύναμης θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου

Για την ισοδύναμη θλιβόμενη διαγώνια ράβδο, οι τιμές των οριακών παραμορφώσεων είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες και αποδεκτές όσον αφορά την συμπεριφορά του φατνώματος.

Με βάση το διάγραμμα του Σχήματος 4.23 προκύπτει για το E :

$$E \approx (500 \div 1000) f_{wcs} \quad (4.8)$$

Χάριν απλότητας, για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β, μπορεί να ληφθεί υπόψη τιμή $E \approx 600 \cdot f_{wc,s}$, ενώ για τη στάθμη επιτελεστικότητας Α μπορεί να ληφθεί υπόψη τιμή μεγαλύτερη κατά περίπου 50%.

Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, η μέση θλιπτική αντοχή $f_{wc,s}$ κατά τη διεύθυνση της διαγώνιας εκτιμάται μέσω της χαρακτηριστικής τιμής της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας κατά την κατακόρυφη διεύθυνση $f_{wc,k}$ κατά τον ΕC6, ως εξής:

$$f_{wc,s} = \lambda_s \cdot \lambda_m \cdot \lambda_c \cdot k \cdot f_{bc}^{0,7} \cdot f_{mc}^{0,3} \approx 1,25 \cdot k \cdot f_{bc}^{0,7} \cdot f_{mc}^{0,3} \quad (4.9)$$

όπου:

$\lambda_s = 0.7$ μειωτικός συντελεστής για την δυσμενή υπό γωνία εφαρμογή του φορτίου

$\lambda_m = 1.5$ συντελεστής μετατροπής της χαρακτηριστικής αντοχής σε μέση

$\lambda_c = 1.2$ αυξητικός συντελεστής για την ευμενή επιρροή της περισφιγξης την οποία εξασφαλίζουν τα περιβάλλοντα την τοιχοπλήρωση δομικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος

f_{bc} και f_{mc} η θλιπτική αντοχή τοιχοσώματος και κονιάματος αντιστοίχως

k : εμπειρικός συντελεστής, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την ομάδα στην οποία κατατάσσονται τα τοιχοσώματα και το είδος του κονιάματος δομήσεως (Πίνακας 3.3 ΕC6). Για συνήθη κονιάματα ο συντελεστής παίρνει τιμές από 0.35 έως 0.55.

Όταν οι κατακόρυφοι αρμοί της τοιχοποιίας δεν είναι γεμάτοι με κονίαμα, η τιμή της θλιπτικής αντοχής του λοξού θλιπτήρα πολλαπλασιάζεται με έναν πρόσθετο μειωτικό συντελεστή (πέραν του λ_s). Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, ο μειωτικός συντελεστής εκτιμάται βάσει του ποσοστού πληρώσεως των κατακόρυφων αρμών και μπορεί να παίρνει τιμές από 0.60 έως 0.90.

Όταν το πάχος των οριζόντιων αρμών της τοιχοποιίας είναι μεγαλύτερο από 15mm, η τιμή της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας πολλαπλασιάζεται με έναν πρόσθετο μειωτικό συντελεστή ίσον με 0.85.

Εφαρμογή στο εξεταζόμενο κτίριο

Στη περίπτωση του κτιρίου που εξετάζεται, η προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων έγινε με ισοδύναμες (ως προς το φάτνωμα) θλιβόμενες διαγώνιες ράβδους.

Όπως ήδη έχουμε περιγράψει στις §4.1 και §4.2, το πάχος της τοιχοποιίας, αποτελούμενη από πλίνθους σκυροδέματος, είναι γνωστό από τα δεδομένα και ίσο με 10 cm και το ειδικό βάρος της ίσο με 5 kN/m^3 .

Σύμφωνα με πίνακα 3.3 EC6 για τοιχοποιία αποτελούμενη από σκυρόδεμα με αδρανή (ομάδα 3) και για κονίαμα γενικής εφαρμογής λαμβάνουμε $k=0.40$. Ακόμη στη περίπτωση λιθοσωμάτων ομάδας 2 ή 3 η τιμή του συντελεστή k θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται με 0.5. Επομένως, ως k λαμβάνεται τελικώς η τιμή 0.20.

Επιπλέον, όσον αφορά τη θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος f_{bc} και τη θλιπτική αντοχή του κονιάματος f_{mc} λαμβάνονται οι τιμές 50N/mm^2 και 20N/mm^2 αντιστοίχως.

Τελικώς, η μέση θλιπτική αντοχή $f_{wc,s}$ κατά τη διεύθυνση της διαγώνιας ράβδου λαμβάνεται ίση με 9.50N/mm^2 .

Επομένως, βάσει του Σχήματος 4.23 το μέτρο ελαστικότητας προκύπτει ίσο με $6.30 \cdot 10^6 \text{kPa}$, για $\varepsilon/9.50=0.0015$.

Ακόμα, βάσει της σχέσεως (4.7) η δυσστησία του φατνώματος προέκυψε ανάλογα του πλάτους b της διαγώνιας ράβδου και με το «καθαρό μήκος» l του κάθε φατνώματος.

Στη συνέχεια, βάσει του διαγράμματος (4.21) υπολογίστηκε η διατμητική αντοχή για το κάθε φάτνωμα της τοιχοπλήρωσης. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στις μέσες τιμές αντοχών. Στους πίνακες 4-8, 4-9, 4-10 και 4-11, που ακολουθούν, οι τιμές της διατμητικής αντοχής είναι διαιρεμένες με συντελεστή ασφαλείας $\gamma_m=1.50$, που αντιστοιχεί σε «υψηλή» Σ.Α.Δ. Ως τιμή διατμητικής παραμόρφωσης κατά τη ρηγμάτωση θεωρήθηκε η $\gamma_{cr}=0,0015$.

Για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» (Στάθμη Α) η τιμή της θλιπτικής αντοχής κατά τη διεύθυνση της διαγώνιου αυξήθηκε κατά 50% .

4.4.6.2 Στοχευόμενη μετακίνηση

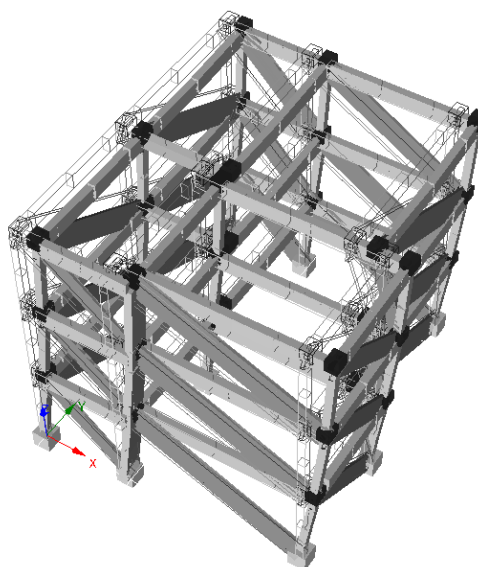
Ο προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης έγινε σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ – όπως αναλύεται και στη §3.2.5.1.4.

Εφαρμόστηκε ιδιομορφική ανάλυση, με την επίλυση του ιδιομορφικού προβλήματος ($K \cdot \omega^2 \cdot M \cdot \varphi=0$, όπου K το μητρώο δυσκαμψίας και M το μητρώο μάζας. Από την επίλυση του παραπάνω συστήματος γραμμικών εξισώσεων προέκυψαν οι κυκλικές συχνότητες ω καθώς και οι αντίστοιχες ιδιοπερίοδοι T .

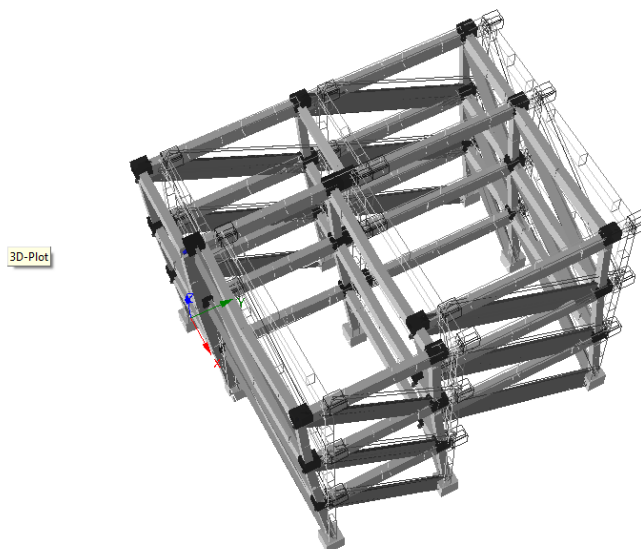
Τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης για τις πρώτες 10 ιδιοπερίόδους παρατίθενται στον Πίνακα 4-6:

	Ιδιοπερίοδοι (T sec)	Κυκλικές ιδιοσυχνότητες (rad/sec)
1	0.2165	29.017
2	0.1981	31.723
3	0.1651	38.062
4	0.0794	79.146
5	0.0714	87.941
6	0.0611	102.772
7	0.0591	106.360
8	0.0575	109.238
9	0.0559	112.318
10	0.0556	112.911

Πίνακας 4-6: Νέες ιδιοπερίοδοι και κυκλικές ιδιοσυχνότητες του κτιρίου



Σχήμα 4.24: Απεικόνιση 1^{ης} ιδιομορφής



Σχήμα 4.25 Απεικόνιση 2^{ης} ιδιομορφής

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4-6, η κυρίαρχουσα θεμελιώδης ιδιοπερίοδος είναι $T=0.2165\text{sec}$.

Χρησιμοποιώντας την σχέση (3.5) της §3.2.5.1.4, προσδιορίστηκαν οι στοχευόμενες μετακινήσεις δ_i για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 4-7:

Στάθμη Επιτελεστικότητας	$\Phi_e (T_e)$ σε m/s^2	Διορθωτικοί συντελεστές				Στοχευόμενες Μετακινήσεις (δ_i) σε m
		C_0	C_1	C_2	C_3	
«Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» - στάθμη A	1.38	1.30	2.21	1.00	1.00	0.0118
«Προστασία ζωής» - στάθμη B	2.30	1.30	2.44	1.25	1.00	0.0270

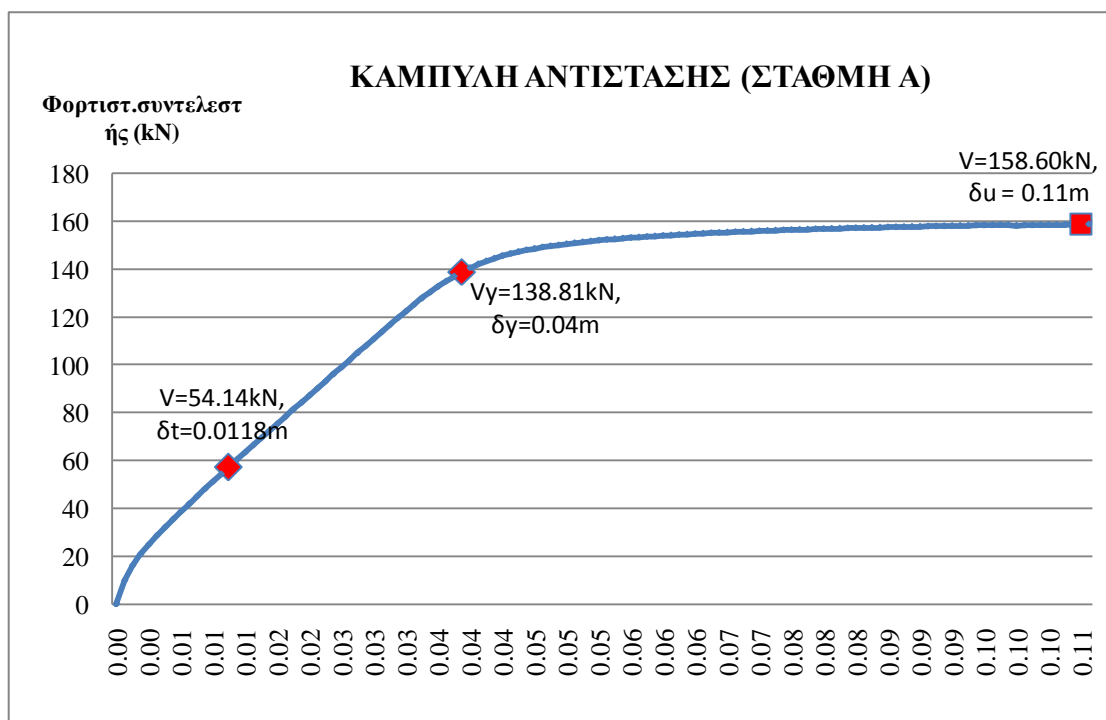
Πίνακας 4-7: Νέες στοχευόμενες μετακινήσεις για κάθε στάθμη επιτελεστικότητα

4.4.6.3 Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ.ύψος

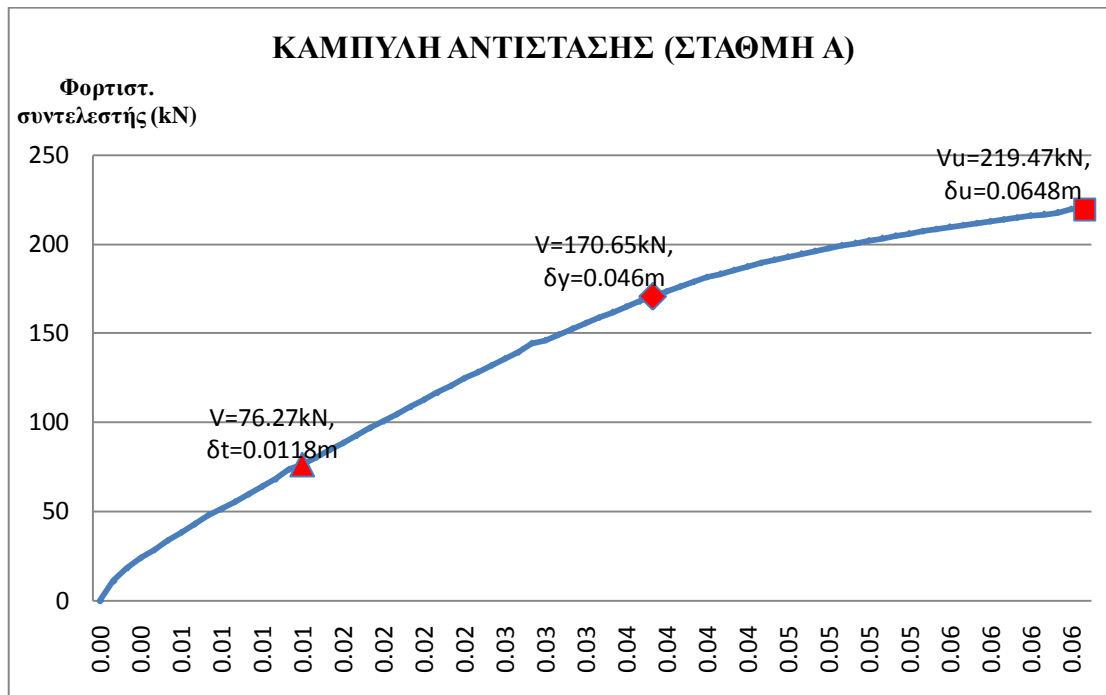
Ομοίως, και σε αυτή τη περίπτωση ως πρώτη κατανομή επιλέχθηκε η χρήση της «τριγωνικής» σύμφωνα με τη σχέση (3.15) του ΕΑΚ. Η επιλογή αυτή έγινε εφόσον – σύμφωνα με την ιδιομορφική ανάλυση – η συμμετοχή της 1^{ης} ιδιομορφής στη συνολικής μάζα του φορέα ξεπερνά το 75%. Συγκεκριμένα, η συμμετοχή της συνολικής μάζας στη 1^η ιδιομορφή βρέθηκε ίση με 87.48%. Το αποτέλεσμα της αύξησης του ποσοστού της μάζας που συμμετέχει στη 1^η ιδιομορφή είναι λογικό εφόσον με την θεώρηση και των τοιχοπληρώσεων στη προσομοίωση του φορέα, το σύστημα έγινε πιο δύσκαμπτο, οι στρεπτικές αποκρίσεις μειώθηκαν, όπως και το ποσοστό της συμμετοχής των ανώτερων ιδιομορφών.

Ως δεύτερη κατανομή χρησιμοποιήθηκε η «ομοιόμορφη» αποτελούμενη από οριζόντια φορτία ανάλογα προς τη μάζα κάθε στάθμης (ορόφου).

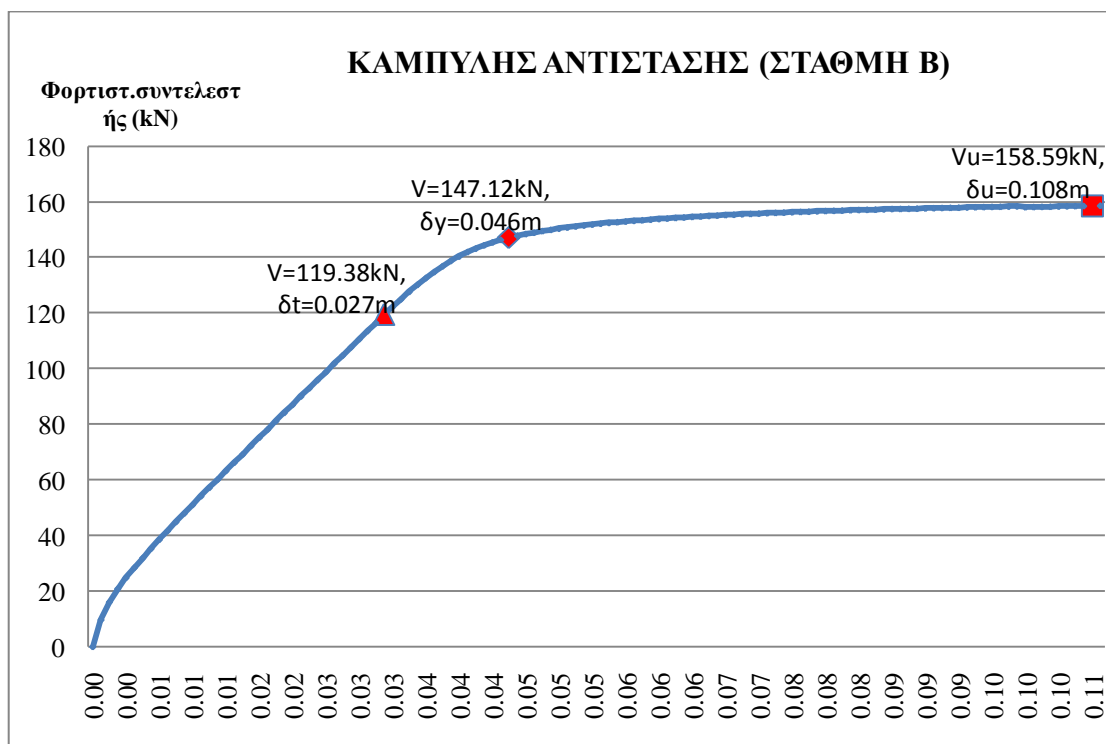
4.4.6.4 Καμπύλες ικανότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας



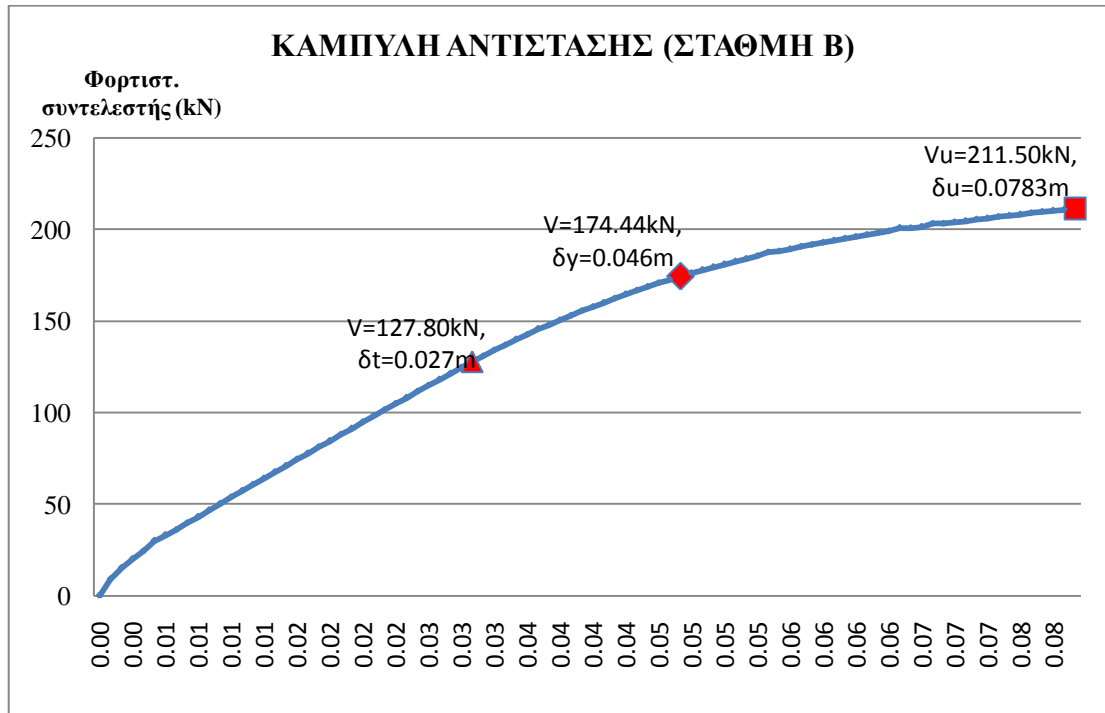
Σχήμα 4.26: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση x-x



Σχήμα 4.27: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και για διεύθυνση y-y



Σχήμα 4.28: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση x-x



Σχήμα 4.29: Καμπύλη ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» και για διεύθυνση y-y

4.4.6.5 Προσδιορισμός συντελεστή συμπεριφοράς (q)

1. Στάθμη επιτελεστικότητας A

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση x-x, ισχύει:

$$q_v = \frac{V_u}{V_1} = \frac{158.60}{138.81} = 1.14$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta_1} = \frac{0.0118}{0.0118} = 1.0$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.14$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη A και κατά τη x-x διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60:$$

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_\pi - 1) = 1.00$$

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση y-y, ισχύει:

$$q_v = \frac{v_u}{v_1} = \frac{219.47}{170.65} = 1.29$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta_1} = \frac{0.0118}{0.0118} = 1$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.29$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Α και κατά τη y-y διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60:$$

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_\pi - 1) = 1.00$$

2. Στάθμη επιτελεστικότητας Β

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση x-x, ισχύει:

$$q_v = \frac{v_u}{v_1} = \frac{158.59}{147.12} = 1.08$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta_1} = \frac{0.0270}{0.0270} = 1$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Β και κατά τη x-x διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

$$\text{Για } T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60:$$

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_\pi - 1) = 1$$

- Σύμφωνα με τη καμπύλη αντίστασης κατά τη διεύθυνση y-y, ισχύει:

$$q_v = \frac{v_u}{v_1} = \frac{211.50}{174.44} = 1.21$$

Ακόμα:

$$q_\pi = \frac{\delta t}{\delta_u} = \frac{0.0270}{0.0270} = 1.00$$

$$\text{Άρα } q = q_v \cdot q_\pi = 1.00$$

Επιπλέον, ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας (μ_d) σε όρους μετακινήσεων του κτιρίου για τη στάθμη Β και κατά τη y-y διεύθυνση εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο του κτιρίου και είναι:

Για $T = 0.3618 \leq T_2 = 0.60$:

$$\mu_d = 1 + T_2/T \cdot (q_{\pi} - 1) = 1.00$$

4.4.6.6 Αποτελέσματα ελέγχων

Για τα υποστυλώματα σύμφωνα με τις τιμές είτε των λόγων διάτμησης είτε των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας, οι έλεγχοι έγιναν σε όρους εντατικών μεγεθών.

- **Στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό»**

Για τη στάθμη αυτή και για τις δύο διευθύνσεις σεισμικών φορτίων που ασκήθηκαν στο κτίριο – με λόγο των αντίστοιχων τεμνουσών 10:3 και (χωριστά) 3:10 – κανένα από τα στοιχεία Ο/Σ (δοκοί, υποστυλώματα) δεν διέρρευσε.

- **Στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής»**

Οι βλάβες που παρουσιάστηκαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων στα στοιχεία Ο/Σ συνοψίζονται παρακάτω.

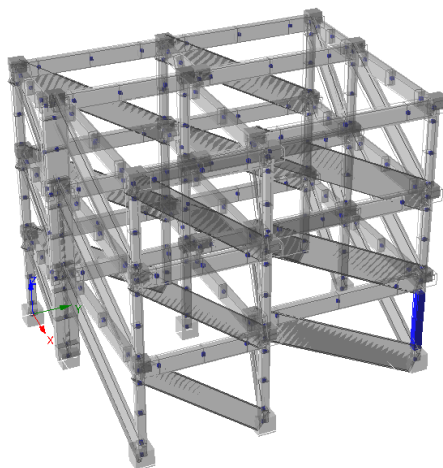
- Για σεισμικά φορτία που ασκήθηκαν κατά τη διεύθυνση x-x στο σύνολο της τέμνουσας και κατά τη διεύθυνση y-y σε ποσοστό 30% της αντίστοιχης τέμνουσας προέκυψαν οι ακόλουθες βλάβες:

1. Διαρροή στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος Κ9 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 14,406 \text{ kN}$. Ο έλεγχος έγινε για τα εντατικά μεγέθη N, M2, V3. Το στοιχείο διέρρευσε στο μέσον και στη κεφαλή του.

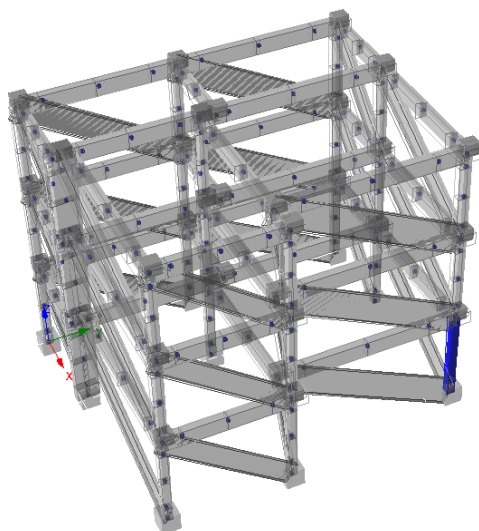
- Για σεισμικά φορτία που ασκήθηκαν κατά τη διεύθυνση y-y στο σύνολο της τέμνουσας και κατά τη διεύθυνση x-x σε ποσοστό 30% της αντίστοιχης τέμνουσας προέκυψαν οι ακόλουθες βλάβες:

1. Διαρροή στον 1^ο όροφο του υποστυλώματος K9 για τέμνουσα δύναμη $V_s = 14,27\text{kN}$. Η αστοχία παρουσιάστηκε για τα εντατικά μεγέθη N , $M3$, $V2$.

Εποπτικά οι αστοχίες των στοιχείων του φορέα φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 4.30: Διαρροή υποστυλώματος K9 στον 1^ο όροφο (μέσον & κεφαλή) για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως (Στάθμη Β)



Σχήμα 4.31: Διαρροή υποστυλώματος K9 στον 1^ο όροφο για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως (Στάθμη Β)

Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Τα αποτελέσματα από τη συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων ελέγχονται σε όρους τεμνουσών και σε όρους διατμητικών παραμορφώσεων:

Φάτνωμα τοιχίου	N (kN)	ΔL (m)	α (rad)	s (m)	Vs (kN)	Vcr (kN)	γs	Vs>Vcr	γs>γcr
όψηΑ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	124.00	0.0034	0.738	0.0025	100.91	130.04	0.0011	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	94.79	0.0026	0.738	0.0019	77.14	130.04	0.0008	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	55.44	0.0015	0.738	0.0011	45.12	130.04	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
Α_όψη_δεξί 1 ^ο ορόφου	298.84	0.0080	0.410	0.0073	301.48	95.53	0.0032	αστοχία	αστοχία
όψηΑ_δεξί 2 ^ο ορόφου	238.97	0.0064	0.410	0.0058	241.09	95.53	0.0026	αστοχία	αστοχία
όψηΑ_δεξί 3 ^ο ορόφου	167.92	0.0045	0.410	0.0041	169.40	95.53	0.0018	αστοχία	αστοχία
όψηΒ_δεξί 1 ^ο ορόφου	17.47	0.0005	0.484	0.0004	17.02	107.67	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 2 ^ο ορόφου	0	0.0005	0.484	0.0005	0.00	107.67	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 3 ^ο ορόφου	0	0.0010	0.484	0.0009	0.00	107.67	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	67.25	0.0018	0.444	0.0016	66.81	101.41	0.0007	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	86.42	0.0023	0.444	0.0021	85.85	101.41	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	82.38	0.0022	0.444	0.0020	81.83	101.41	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	89.65	0.0024	0.588	0.0020	82.06	120.58	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	57.61	0.0015	0.588	0.0013	52.73	120.58	0.0006	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	21.85	0.0006	0.588	0.0005	20.00	120.58	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 1 ^ο ορόφου	42.95	0.0011	0.410	0.0010	43.34	95.53	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 2 ^ο ορόφου	32.03	0.0009	0.410	0.0008	32.32	95.53	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 3 ^ο ορόφου	4.33	0.0002	0.410	0.0001	4.37	95.53	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 1 ^ο ορόφου	177.81	0.0034	0.738	0.0025	144.70	130.03	0.0011	αστοχία	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 2 ^ο ορόφου	150.28	0.0029	0.738	0.0022	122.30	130.03	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 3 ^ο ορόφου	82.90	0.0016	0.738	0.0012	67.47	130.03	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 1 ^ο ορόφου	284.41	0.0076	0.484	0.0067	276.92	107.67	0.0029	αστοχία	αστοχία
όψηΔ_μεσαίο 2 ^ο ορόφου	190.16	0.0051	0.484	0.0045	185.16	107.67	0.0020	αστοχία	αστοχία
όψηΔ_μεσαίο 3 ^ο ορόφου	95.62	0.0025	0.484	0.0023	93.10	107.67	0.0010	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	32.31	0.0009	1.279	0.0003	10.23	71.91	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	37.23	0.0010	1.279	0.0003	11.78	71.91	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	29.66	0.0008	1.279	0.0002	9.39	71.91	0.0001	ελαστικά	ελαστικά

Πίνακας 4-8: Για στάθμη Β και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως

Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Φάτνωμα τοιχώ	N (kN)	ΔL (m)	α (rad)	s (m)	Vs (kN)	Vcr (kN)	γ_s	Vs>Vcr	$\gamma_s > \gamma_{cr}$
όψηΑ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	0	0.0007	0.738	0.0005	0.00	130.04	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	0	0.0026	0.738	0.0019	0.00	130.04	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	0	0.0038	0.738	0.0028	0.00	130.04	0.0012	ελαστικά	ελαστικά
Α όψη_δεξί 1 ^ο ορόφου	125.463	0.0033	0.410	0.0031	115.06	95.53	0.0013	αστοχία	ελαστικά
όψηΑ_δεξί 2 ^ο ορόφου	112.106	0.0030	0.410	0.0027	102.81	95.53	0.0012	αστοχία	ελαστικά
όψηΑ_δεξί 3 ^ο ορόφου	87.259	0.0023	0.410	0.0021	80.03	95.53	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 1 ^ο ορόφου	186.425	0.0050	0.484	0.0044	165.01	107.67	0.0019	αστοχία	αστοχία
όψηΒ_δεξί 2 ^ο ορόφου	160.24	0.0043	0.484	0.0038	141.83	107.67	0.0017	αστοχία	αστοχία
όψηΒ_δεξί 3 ^ο ορόφου	106.744	0.0028	0.484	0.0025	94.48	107.67	0.0011	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	265.078	0.0071	0.444	0.0064	239.38	101.41	0.0028	αστοχία	αστοχία
όψηΒ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	202.233	0.0054	0.444	0.0049	182.62	101.41	0.0021	αστοχία	αστοχία
όψηΒ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	120.311	0.0032	0.444	0.0029	108.65	101.41	0.0013	αστοχία	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	225.437	0.0060	0.588	0.0050	187.58	120.58	0.0022	αστοχία	αστοχία
όψηΓ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	154.62	0.0041	0.588	0.0034	128.65	120.58	0.0015	αστοχία	αστοχία
όψηΓ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	79.426	0.0021	0.588	0.0018	66.09	120.58	0.0008	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 1 ^ο ορόφου	257.285	0.0068	0.410	0.0063	235.96	95.53	0.0028	αστοχία	αστοχία
όψηΓ_δεξί 2 ^ο ορόφου	193.675	0.0052	0.410	0.0047	177.62	95.53	0.0021	αστοχία	αστοχία
όψηΓ_δεξί 3 ^ο ορόφου	109.771	0.0029	0.410	0.0027	100.67	95.53	0.0012	αστοχία	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 1 ^ο ορόφου	94.7965	0.0018	0.738	0.0014	70.13	130.03	0.0006	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 2 ^ο ορόφου	67.8673	0.0013	0.738	0.0010	50.21	130.03	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 3 ^ο ορόφου	35.7796	0.0007	0.738	0.0005	26.47	130.03	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 1 ^ο ορόφου	87.2501	0.0023	0.484	0.0021	77.23	107.67	0.0009	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 2 ^ο ορόφου	53.6959	0.0014	0.484	0.0013	47.53	107.67	0.0006	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 3 ^ο ορόφου	23.7278	0.0006	0.484	0.0006	21.00	107.67	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	0	0.0038	1.279	0.0011	0.00	71.91	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	0	0.0034	1.279	0.0010	0.00	71.91	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	0	0.0020	1.279	0.0006	0.00	71.91	0.0003	ελαστικά	ελαστικά

Πίνακας 4-9: Για στάθμη Β και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοίχως

Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Φάτνωμα τοιχώ	N (kN)	ΔL (m)	α (rad)	s (m)	Vs(kN)	Vcr (kN)	γ_s	Vs>Vcr	$\gamma_s > \gamma_{cr}$
όψηΑ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	71.88	0.0013	0.738	0.0010	53.18	130.04	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	52.58	0.0009	0.738	0.0007	38.90	130.04	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	31.31	0.0006	0.738	0.0004	23.16	130.04	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
Α όψη_δεξί 1 ^ο ορόφου	195.33	0.0035	0.410	0.0032	179.14	95.53	0.0013	αστοχία	ελαστικά
όψηΑ_δεξί 2 ^ο ορόφου	146.74	0.0026	0.410	0.0024	134.58	95.53	0.0010	αστοχία	ελαστικά
όψηΑ_δεξί 3 ^ο ορόφου	105.05	0.0019	0.410	0.0017	96.34	95.53	0.0007	αστοχία	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 1 ^ο ορόφου	10.17	0.0002	0.484	0.0002	9.00	107.67	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 2 ^ο ορόφου	0.00	0.0003	0.484	0.0003	0.00	107.67	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 3 ^ο ορόφου	0.00	0.0005	0.484	0.0004	0.00	107.67	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	44.43	0.0008	0.444	0.0007	40.12	101.41	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	53.90	0.0010	0.444	0.0009	48.67	101.41	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	53.29	0.0009	0.444	0.0009	48.12	101.41	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	63.74	0.0011	0.588	0.0009	53.04	120.58	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	35.94	0.0006	0.588	0.0005	29.90	120.58	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	11.31	0.0002	0.588	0.0002	9.41	120.58	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 1 ^ο ορόφου	23.93	0.0004	0.410	0.0004	21.95	95.53	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 2 ^ο ορόφου	17.11	0.0003	0.410	0.0003	15.69	95.53	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 3 ^ο ορόφου	0.14	0.0002	0.410	0.0002	0.12	95.53	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 1 ^ο ορόφου	107.42	0.0014	0.738	0.0010	79.47	130.03	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 2 ^ο ορόφου	89.91	0.0012	0.738	0.0009	66.51	130.03	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 3 ^ο ορόφου	48.19	0.0006	0.738	0.0005	35.65	130.03	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 1 ^ο ορόφου	186.05	0.0033	0.484	0.0029	164.68	107.67	0.0012	αστοχία	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 2 ^ο ορόφου	112.82	0.0020	0.484	0.0018	99.86	107.67	0.0007	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 3 ^ο ορόφου	54.27	0.0010	0.484	0.0008	48.04	107.67	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	18.47	0.0003	1.279	0.0001	5.31	71.91	0.0000	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	21.43	0.0004	1.279	0.0001	6.16	71.91	0.0000	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	17.94	0.0003	1.279	0.0001	5.16	71.91	0.0000	ελαστικά	ελαστικά

Πίνακας 4-10: Για στάθμη Α και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως

Εφαρμογή του ΚΑΝ.ΕΠΕ σε κτίριο από Ο/Σ

Φάτνωμα τοιχώ	N (kN)	ΔL (m)	α (rad)	s (m)	Vs (kN)	Vcr (kN)	γ_s	Vs>Vcr	$\gamma_s > \gamma_{cr}$
όψηΑ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	0.00	0.0006	0.738	0.0005	0.00	130.04	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	0.00	0.0019	0.738	0.0014	0.00	130.04	0.0006	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	0.00	0.0026	0.738	0.0019	0.00	130.04	0.0008	ελαστικά	ελαστικά
Α όψη_δεξί 1 ^ο ορόφου	83.13	0.0015	0.410	0.0013	76.24	95.53	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_δεξί 2 ^ο ορόφου	73.41	0.0013	0.410	0.0012	67.33	95.53	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
όψηΑ_δεξί 3 ^ο ορόφου	57.34	0.0010	0.410	0.0009	52.58	95.53	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 1 ^ο ορόφου	117.14	0.0021	0.484	0.0018	103.68	107.67	0.0007	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 2 ^ο ορόφου	100.95	0.0018	0.484	0.0016	89.35	107.67	0.0006	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_δεξί 3 ^ο ορόφου	69.67	0.0012	0.484	0.0011	61.67	107.67	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	178.61	0.0032	0.444	0.0029	161.29	101.41	0.0011	αστοχία	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	130.16	0.0023	0.444	0.0021	117.54	101.41	0.0008	αστοχία	ελαστικά
όψηΒ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	75.55	0.0013	0.444	0.0012	68.22	101.41	0.0005	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	149.23	0.0027	0.588	0.0022	124.17	120.58	0.0009	αστοχία	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	96.00	0.0017	0.588	0.0014	79.87	120.58	0.0006	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	47.88	0.0009	0.588	0.0007	39.84	120.58	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 1 ^ο ορόφου	163.24	0.0029	0.410	0.0026	149.71	95.53	0.0011	αστοχία	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 2 ^ο ορόφου	119.51	0.0021	0.410	0.0019	109.61	95.53	0.0008	αστοχία	ελαστικά
όψηΓ_δεξί 3 ^ο ορόφου	67.80	0.0012	0.410	0.0011	62.18	95.53	0.0004	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 1 ^ο ορόφου	62.58	0.0008	0.738	0.0006	46.30	130.03	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 2 ^ο ορόφου	43.00	0.0006	0.738	0.0004	31.81	130.03	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_δεξί 3 ^ο ορόφου	21.34	0.0003	0.738	0.0002	15.79	130.03	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 1 ^ο ορόφου	55.62	0.0010	0.484	0.0009	49.24	107.67	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 2 ^ο ορόφου	31.30	0.0006	0.484	0.0005	27.71	107.67	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_μεσαίο 3 ^ο ορόφου	13.83	0.0002	0.484	0.0002	12.24	107.67	0.0001	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 1 ^ο ορόφου	0.00	0.0024	1.279	0.0007	0.00	71.91	0.0003	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 2 ^ο ορόφου	0.00	0.0021	1.279	0.0006	0.00	71.91	0.0002	ελαστικά	ελαστικά
όψηΔ_αριστερό 3 ^ο ορόφου	0.00	0.0013	1.279	0.0004	0.00	71.91	0.0001	ελαστικά	ελαστικά

Πίνακας 4-11: Για στάθμη Α και για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά y-y και x-x αντιστοιχώς

4.5 Συγκριτικά συμπεράσματα συνολικά στον φορέα αλλά και στα επιμέρους δομικά στοιχεία από την ευμενή ή δυσμενή επιρροή της τοιχοποιίας σε αυτά

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, δίνει ορισμένα κριτήρια από τα οποία προκύπτει αν η συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων στην ανάληψη των σεισμικών φορτίων είναι ευμενής ή δυσμενής τόσο για τα επιμέρους δομικά στοιχεία όσο και για το σύνολο του φορέα.

Σύμφωνα με το πρώτο κριτήριο, θα πρέπει η σεισμική μετακίνηση του «κρίσιμου ορόφου» να μην υπερβαίνει σε ποσοστό το 15%.

Αν θεωρήσουμε ως «κρίσιμο όροφο» για το εξεταζόμενο κτίριο το ισόγειο και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης προκύπτουν τα εξής:

- Χωρίς τη συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων η μετακίνηση για διεύθυνση x-x του ισογείου είναι ίση με $5,92 \cdot 10^{-5}$ m και κατά y-y διεύθυνση ίση με $6,71 \cdot 10^{-7}$ m.
- Με τη συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων η μετακίνηση για διεύθυνση x-x του ισογείου είναι ίση με $6,39 \cdot 10^{-5}$ m και κατά y-y διεύθυνση ίση με $1,65 \cdot 10^{-6}$ m.

Επομένως, η παρουσία των τοιχοπληρώσεων αύξησε τη σεισμική τέμνουσα του ισογείου κατά 7,9% κατά x-x διεύθυνση και κατά 146% κατά y-y διεύθυνση.

Σύμφωνα με το δεύτερο κριτήριο, θα πρέπει η παρουσία των τοιχοπληρώσεων να μην επιφέρει αύξηση της σεισμικής τέμνουσας σε κάποιο από τα πρωτεύοντα (κατακόρυφα) στοιχεία ενός τουλάχιστον ορόφου.

Από τα αποτελέσματα των τεμνουσών δυνάμεων παρατηρήθηκε ότι με την παρουσία των τοιχοπληρώσεων ο φορέας συμπεριφέρεται ελαστικά και σε κανένα υποστύλωμα δεν αυξήθηκε η τιμή της σεισμικής τέμνουσας. Σύμφωνα και με τους πίνακες των αποτελεσμάτων που παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Γ μόνο το υποστύλωμα Κ9 έφτασε στο σημείο διαρροής για στάθμη επιτελεστικότητας Β, ενώ για στάθμη επιτελεστικότητας Α κανένα δομικό στοιχείο δεν διέρρευσε. Επομένως, μεγάλο μέρος της σεισμικής τέμνουσας αναλήφθηκε από τις τοιχοπληρώσεις. Όμως, καθώς η συμπεριφορά των τοιχοπληρώσεων είναι ψαθυρή, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα που παρατίθενται στους Πίνακες 4-8, 4-9, 4-10 και 4-11 για τα στοιχεία των τοιχοπληρώσεων, αρκετές ήταν αυτές που τελικά αστόχησαν διατμητικά, ελεγχόμενες και σε όρους τεμνουσών αλλά και σε όρους διατμητικών παραμορφώσεων.

Περισσότερες εξ αυτών – όπως ήταν αναμενόμενο – αστόχησαν για στάθμη επιτελεστικότητας Β («Προστασία ζωής») σε σχέση με τη στάθμη επιτελεστικότητας Α («Άμεση χρήση μετά τον σεισμό»).

Ακόμα, είναι λογικό και το γεγονός ότι περισσότερες ήταν οι τοιχοπληρώσεις που αστόχησαν για λόγο τεμνουσών 10:3 κατά τη y-y και τη x-x διεύθυνση αντιστοίχως, εφόσον όπως διαπιστώθηκε και από το πρώτο κριτήριο, η σεισμική μετακίνηση ελεγχόμενη για το ισόγειο αυξήθηκε κατά 146%.

Γενικώς, τα αποτελέσματα των επιμέρους υποστυλωμάτων με τη παρουσία των τοιχοπληρώσεων είναι αφενός μεν πολύ πιο ευνοικά, αφετέρου όμως δεδομένου της ψαθυρής συμπεριφοράς των τοιχοπληρώσεων όσο και των αβεβαιοτήτων που υπάρχουν σε σχέση με τον τρόπο προσομοίωσή τους, ο μελετητής - μηχανικός δεν μπορεί να βασιστεί σε αυτά. Απλώς δείχνουν μία θετική εικόνα, εφόσον η συνεισφορά τους στην ανάληψη σεισμικών φορτίων είναι σημαντική.

Όμως, σε έναν ενδεχόμενο σεισμό, με σεισμική ένταση κοντά είτε σε στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» είτε σε στάθμη «Προστασία ζωής», τα αποτελέσματα χωρίς τη συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων είναι περισσότερο αξιόπιστα και αντιπροσωπευτικότερα της πραγματικής συμπεριφοράς του κτιρίου, ακριβώς λόγω της ψαθυρής και αναξιόπιστης συμπεριφοράς αυτών στο κτίριο.

Ακόμη, η θετική επιρροή αυτών στο κτίριο ενισχύεται και από το γεγονός ότι δεν υπάρχει σε κανέναν όροφο διακοπή των τοιχοπληρώσεων. Επομένως, υπάρχει ομοιομορφία καθ' ύψος τόσο στις μάζες όσο και στην κατανομή των δυσκαμψιών. Αυτό φαίνεται και στα αποτελέσματα των εντατικών μεγεθών στα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, όπου σε κανένα από αυτά δεν παρατηρείται αύξηση της σεισμικής τέμνουσας από τη παρουσία και την ενεργό συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων στο κτίριο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την φάση της αποτίμησης το κτίριο εξετάστηκε και για τις τρεις στάθμες επιτελεσματικότητας όπως ορίζει ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το κτίριο το κτίριο καλύπτει τα κριτήρια ελέγχου για στάθμη επιτελεσματικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό», καθώς η συμπεριφορά όλων των δομικών στοιχείων (και των κατακορύφων) παρέμεινε ελαστική.

Για στάθμη επιτελεσματικότητας «Προστασία ζωής» αρκετά ήταν τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία που αστόχησαν και άλλα που διέρρευσαν. Επομένως, σε αρκετά δομικά στοιχεία δεν ικανοποιήθηκαν τα κριτήρια ελέγχων ασφαλείας, ενώ συνολικά το κτίριο δεν εξασφαλίζει την απαίτηση σε πλαστιμότητα για τη στοχευόμενη μετακίνηση ελέγχου.

Για στάθμη επιτελεσματικότητας «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης» σχεδόν τα περισσότερα δομικά στοιχεία του ισογείου αστόχησαν και αρκετά στοιχεία του 2^{ου} ορόφου. Στη στάθμη αυτή το κτίριο έφτασε στα όρια των αντοχών του, με άμεσο τον κίνδυνο κατάρρευσης του συνόλου του δομήματος.

Με τη παρουσία των τοιχοπληρώσεων και τη συμμετοχή τους στην ανάληψη σεισμικών φορτίων, το κτίριο εξετάστηκε στις στάθμες επιτελεσματικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό» και «Προστασία ζωής».

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων ικανοποιήθηκαν τα κριτήρια των ελέγχων ασφαλείας για τη στάθμη επιτελεσματικότητας «Άμεση χρήση μετά τον σεισμό». Για στάθμη επιτελεσματικότητας «Προστασία ζωής» τα κριτήρια ικανοποιήθηκαν μερικώς, εφόσον το γωνιακό υποστύλωμα K9 διέρρευσε.

Στο σύνολο το κτίριο συμπεριφέρθηκε ελαστικά και για τις δύο στάθμες επιτελεσματικότητας, εφόσον σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των ελέγχων οι τοιχοπληρώσεις παρέλαβαν μεγάλο μέρος της σεισμικής τέμνουσας. Σε κανένα από τα στοιχεία Ο/Σ δεν παρατηρήθηκε αύξηση της σεισμικής τέμνουσας, κάτι που δικαιολογείται λόγω της ομοιόμορφης διάταξης των τοιχοπληρώσεων καθ' ύψος.

Συμπερασματικά, η ενεργός συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων στη συμπεριφορά του κτιρίου είναι αφενός μεν ευνοϊκή, αφετέρου δε λόγω της ψαθυρής συμπεριφοράς του υλικού και της απότομης αστοχίας του, όταν φτάνει στα όρια αντοχής του, δεν μπορεί κανένας μελετητής – μηχανικός να βασιστεί στα αποτελέσματα των ελέγχων ασφαλείας που προέκυψαν από τη παρουσία αυτών στο κτίριο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

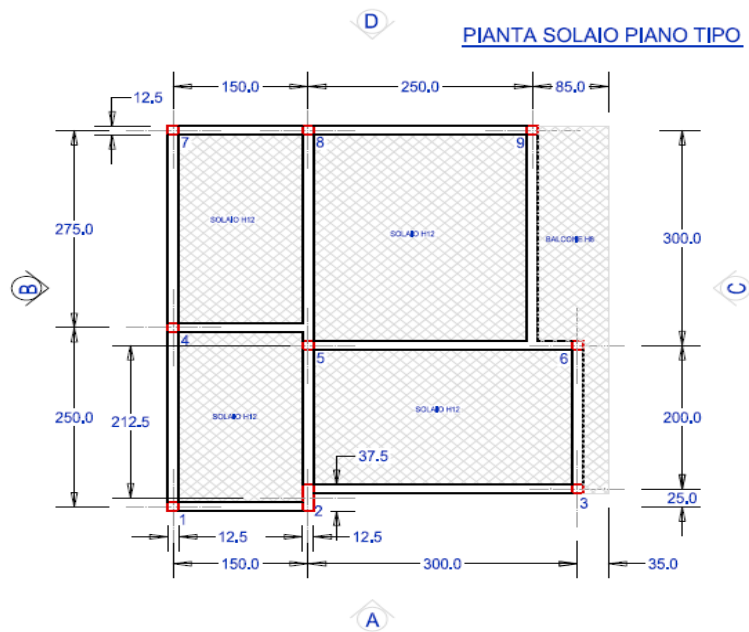
1. Michael H.Scott and Gregory L.Fenves, Plastic Hinge Integration Methods For Force – Based Beam – Column Elements, Journal of Structural Engineering, February 2006
2. Clough R. Johnston S. Effect of Stiffness Degradation on Earthquake Ductility Requirements Trans. Japan Earthq. Engineering Symposium, Tokyo (1966)
3. Lai S., G. Will, S. Otani, Model for Inelastic Biaxial Bending of Concrete Members, Journal of Earthquake Engineering, ACSE, 110(ST11), pp.2563-2584
4. Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) – Τελικό Σχέδιο Κειμένου – 3, ΟΑΣΠ, Φεβρουάριος 2009
5. ΕΑΚ 2000, Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, ΟΑΣΠ
6. EN 1996-1-1, Ευρωκώδικας 6: Σχεδιασμός Κατασκευών από Τοιχοποιία, Ελληνική έκδοση
7. Μιχάλης Μ. Φραγκιαδάκης, Βέλτιστος Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών με μη – Γραμμικές Μεθόδους Ανάλυσης, Διδακτορική διατριβή, Απρίλιος 2006
8. Ελισάβετ Βιντζηλαίου, Σημειώσεις για το μάθημα Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Σεπτέμβριος, 2005
9. Θ. Π. Τάσσιος, Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Ανωτάτης Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, 2010
10. Γ.Γ. Πενέλης, Α.Ι. Κάππος, Αντισεισμικές Κατασκευές από Σκυρόδεμα, Εκδόσεις Ζήτη, 2009
11. Βασίλειος Τσίτσιας, Ανελαστική Ανάλυση μη – Γραμμικών Φορέων Οπλισμένου Σκυροδέματος, Μεταπτυχιακή εργασία «Εφαρμοσμένη Μηχανική», 2008
12. Φαρδής Ν.Μιχαήλ, Πρακτική μη – Γραμμική Προσομοίωση και Ανάλυση Σεισμικής Απόκρισης Κτιρίων Οπλισμένου Σκυροδέματος, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας, Νοέμβριος 2008

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

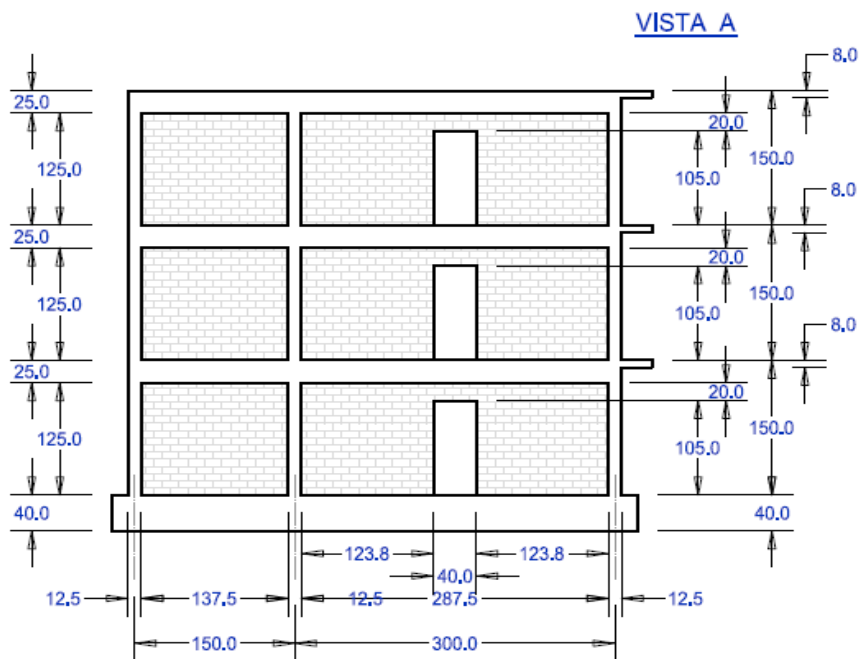
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΣΧΕΔΙΑ ΕΥΛΟΤΥΠΩΝ ΦΟΡΕΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

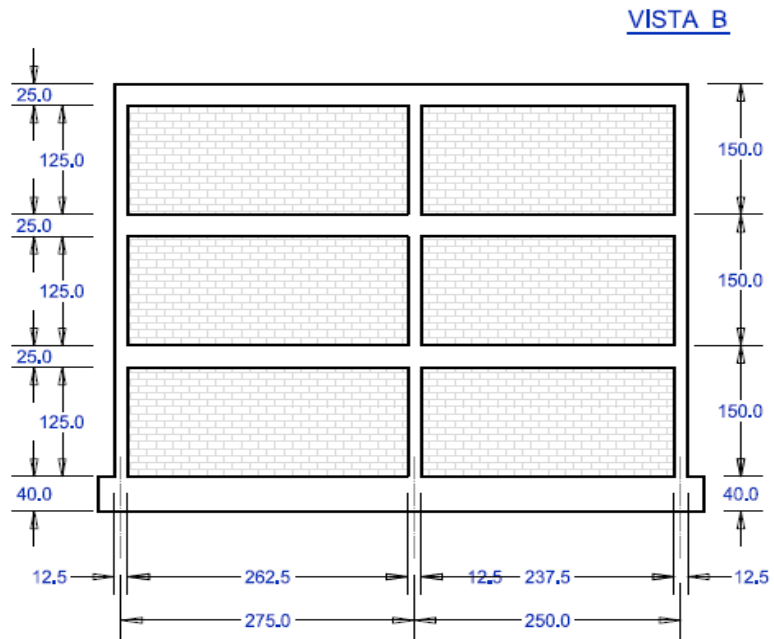
Σχέδια 3ορόφου υπό κλίμακα Μοντέλου που εισήχθη στο SeismoStruct



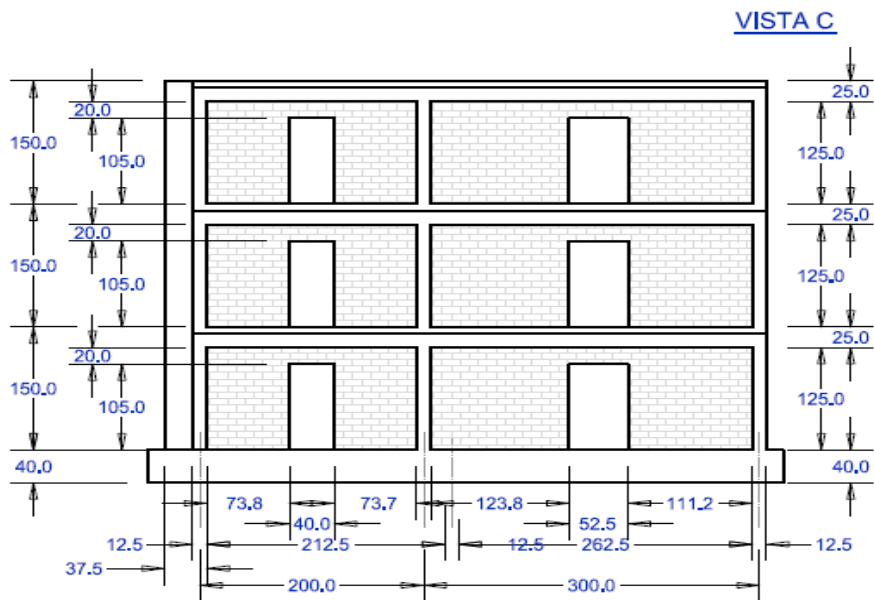
Σχέδιο Α.1: Κάτοψη του υπό μελέτη μοντέλου



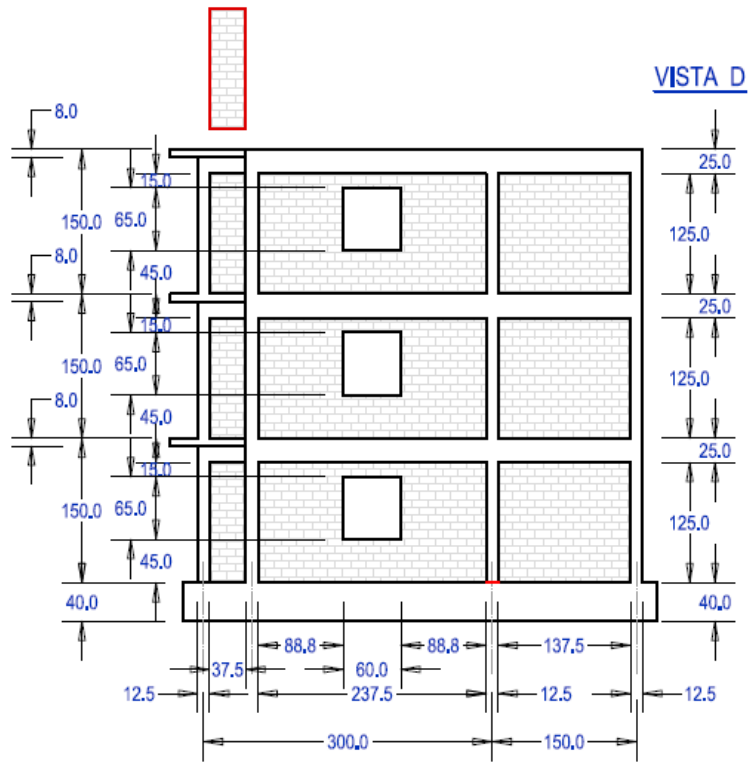
Σχέδιο Α.2: Όψη Α του υπό μελέτη μοντέλου



Σχέδιο Α.3: Όψη Β του υπό μελέτη μοντέλου

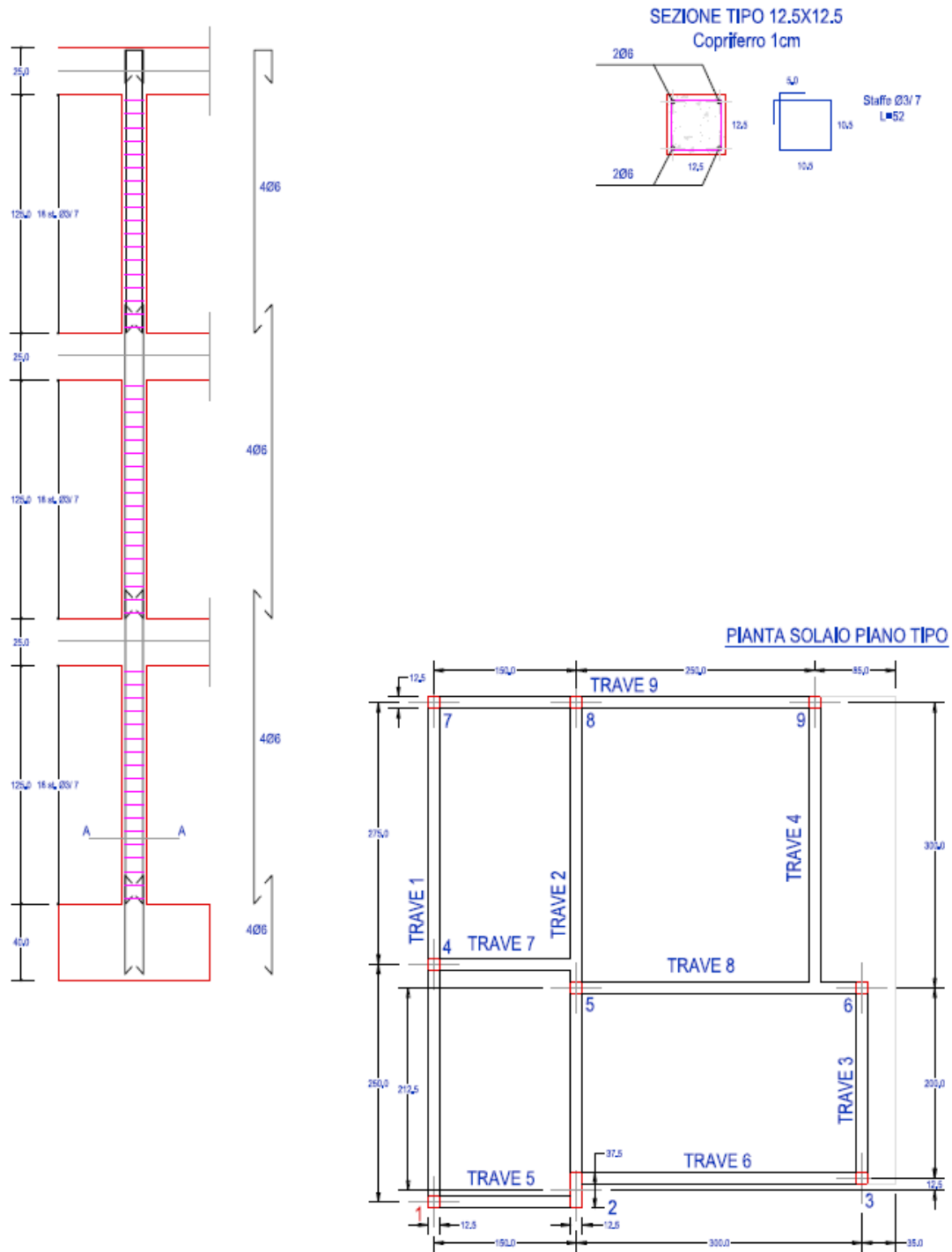


Σχέδιο Α.4: Όψη C του υπό μελέτη μοντέλου



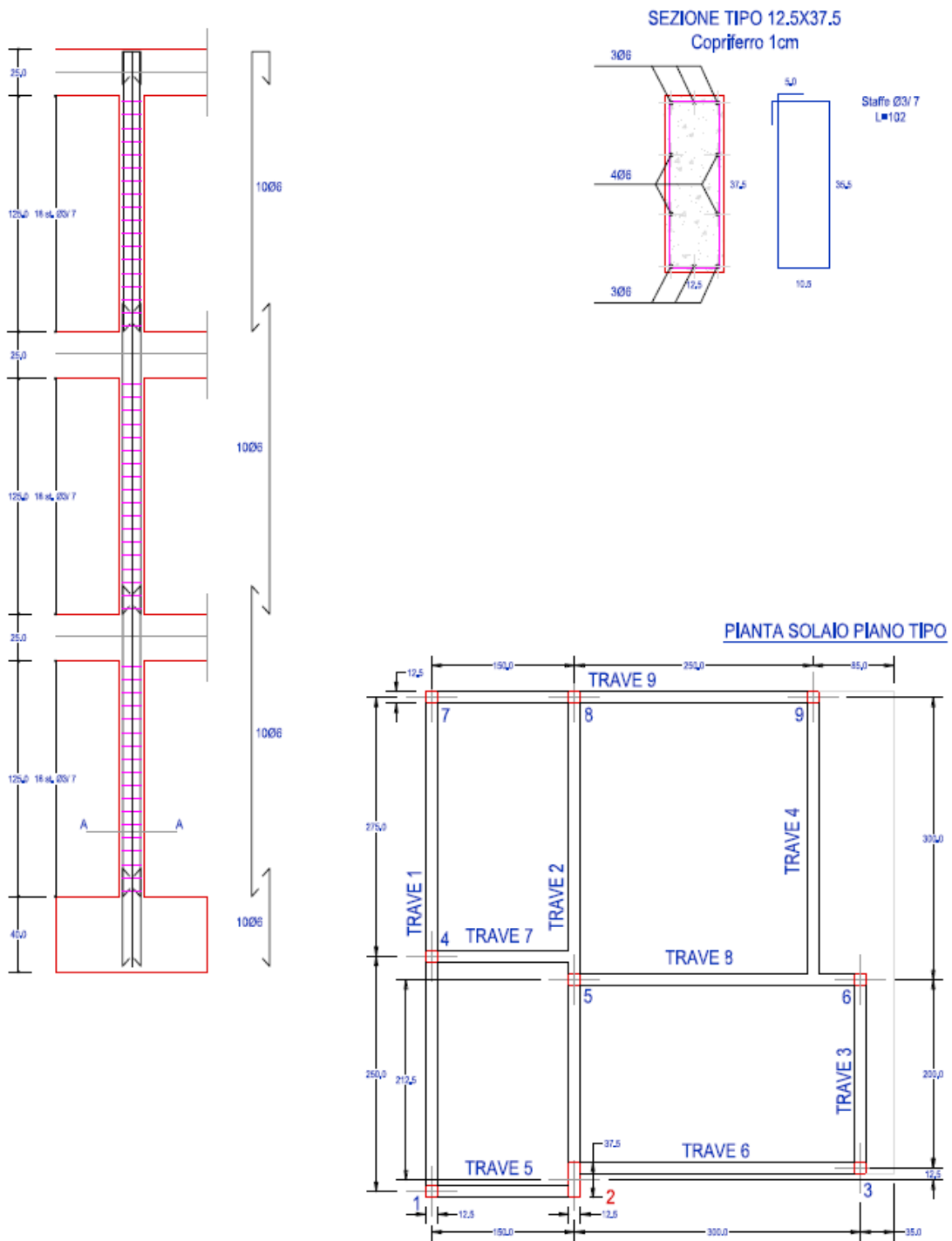
Σχέδιο Α.5: Όψη D της υπό μελέτη κατασκευής

5.2 Σχέδια Οπλισμών - Λεπτομερειών



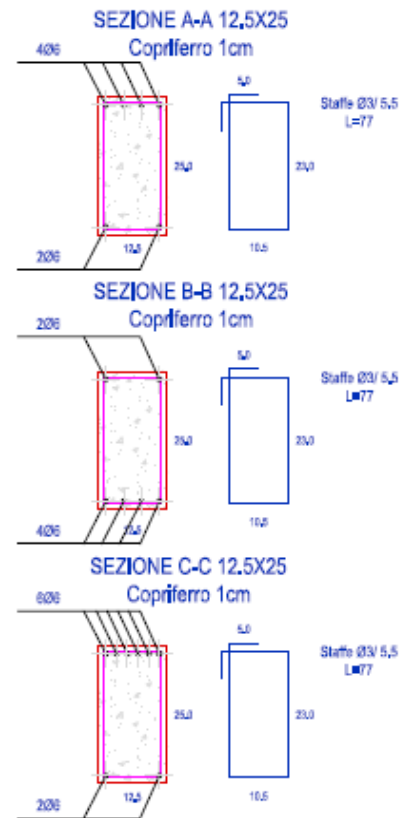
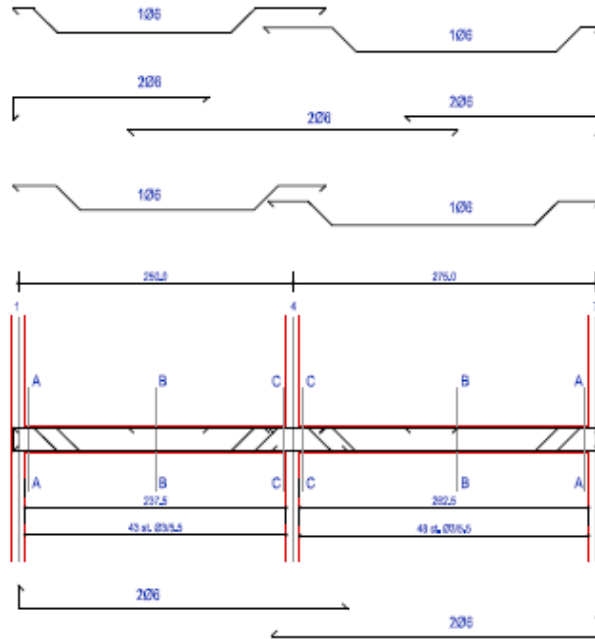
Σχέδιο Α.6: Οπλισμοί υποστυλωμάτων (C1,C2,C3,C4,C5,C7,C8,C9)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

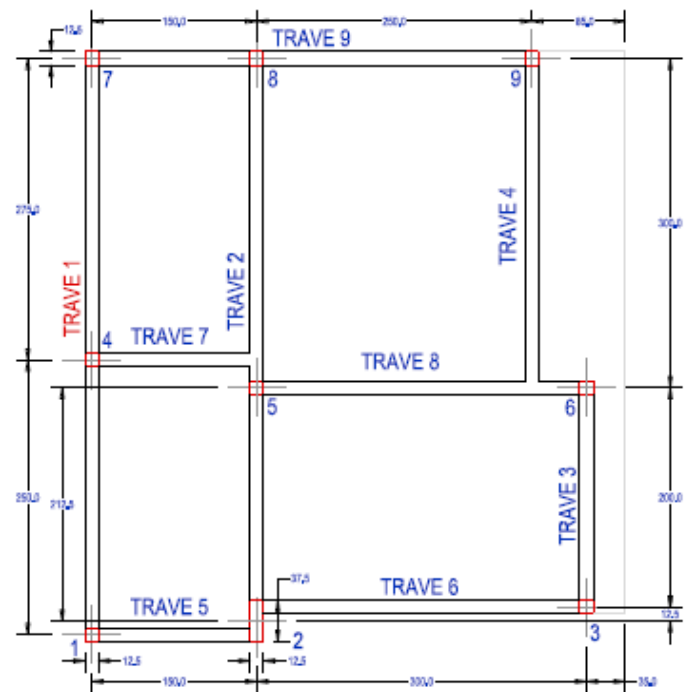


Σχέδιο Α.7: Οπλισμός υποστυλώματος C6

Trave N.1

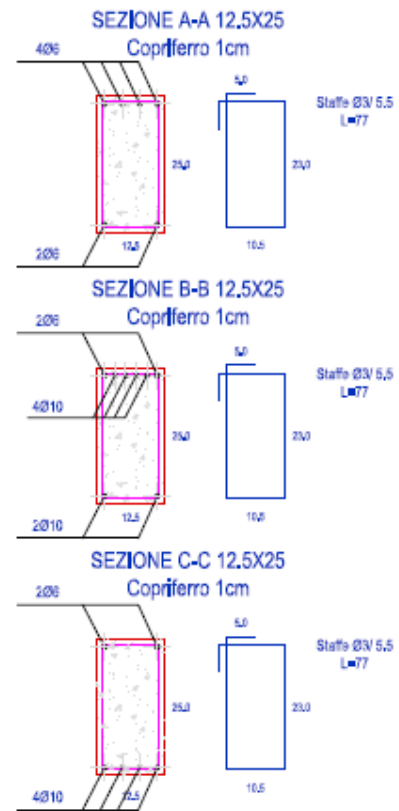
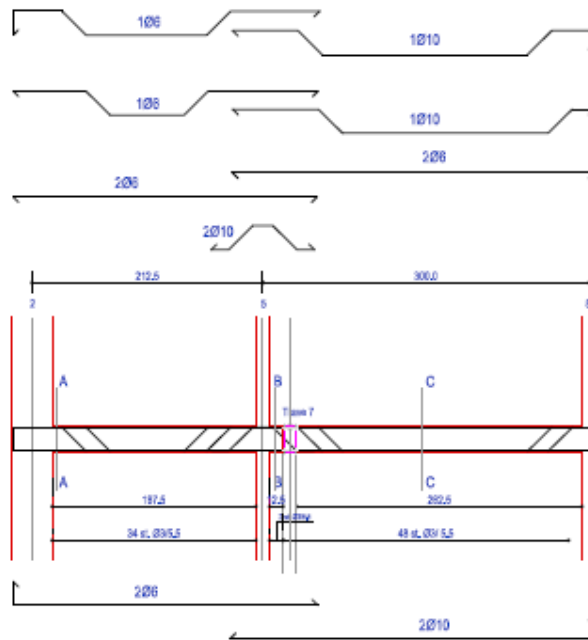


PIANTA SOLAIO PIANO TIPO

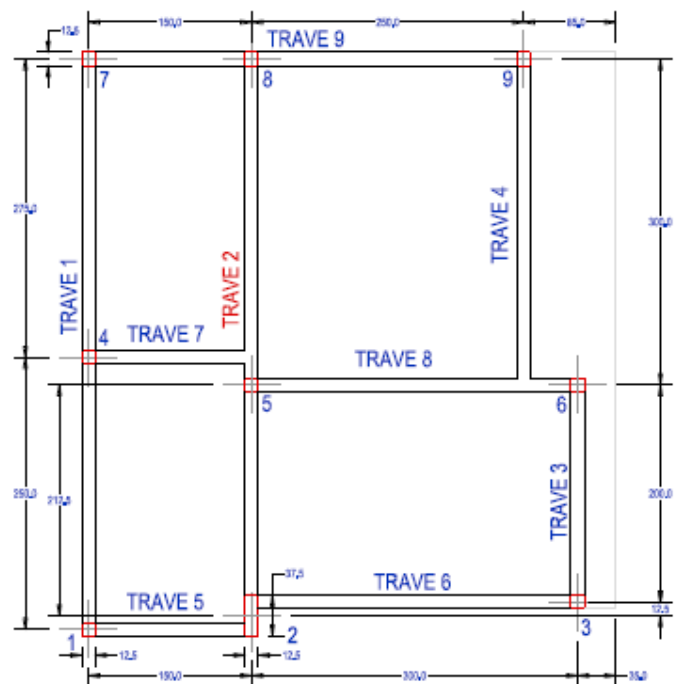


Σχέδιο Α.8: Οπλισμός δοκού TRAVE_1

Trave N.2

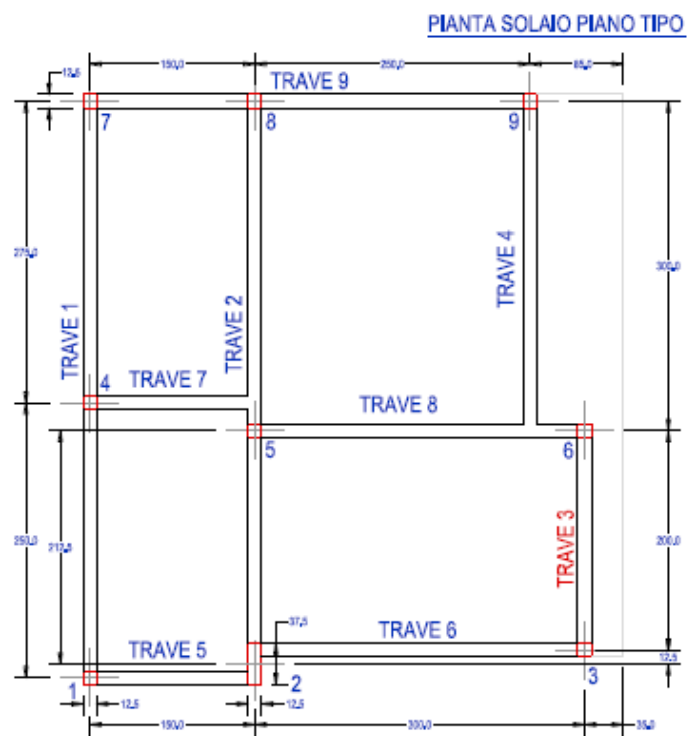
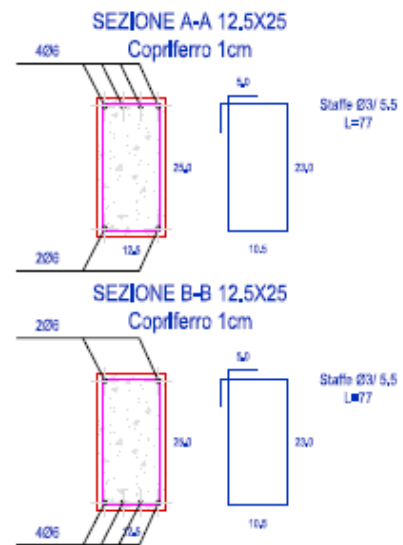
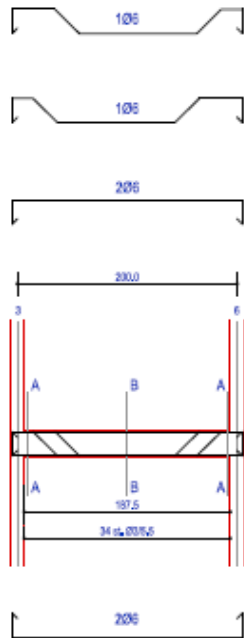


PIANTA SOLAIO PIANO TIPO



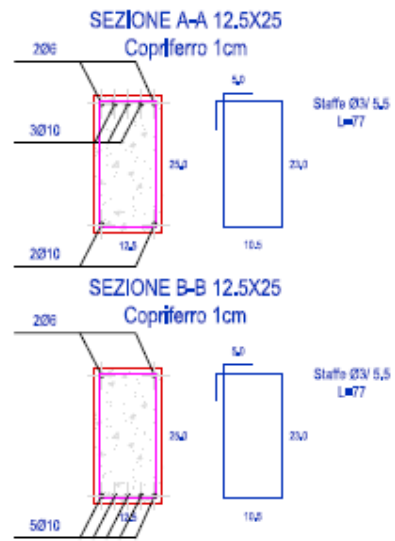
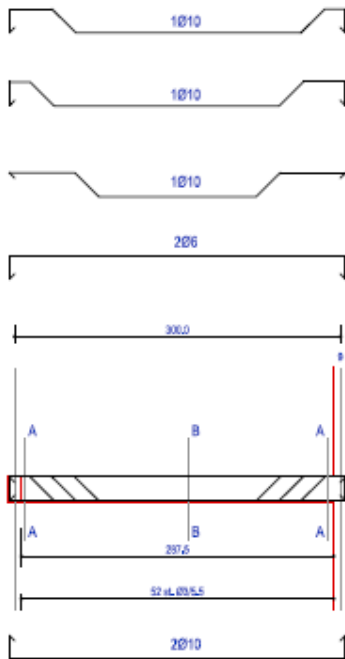
Σχέδιο Α.9: Οπλισμός δοκού TRAVE_2

Trave N.3

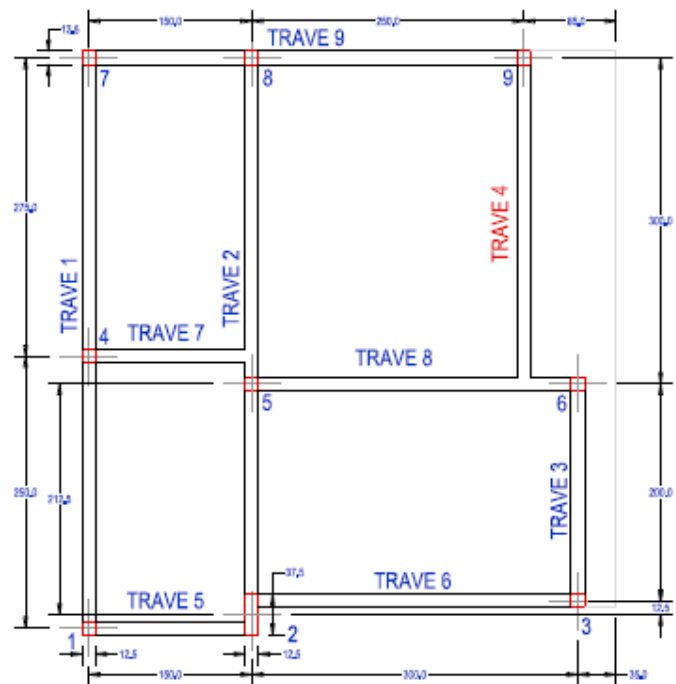


Σχέδιο Α.10: Οπλισμός δοκού TRAVE_3

Trave N.4

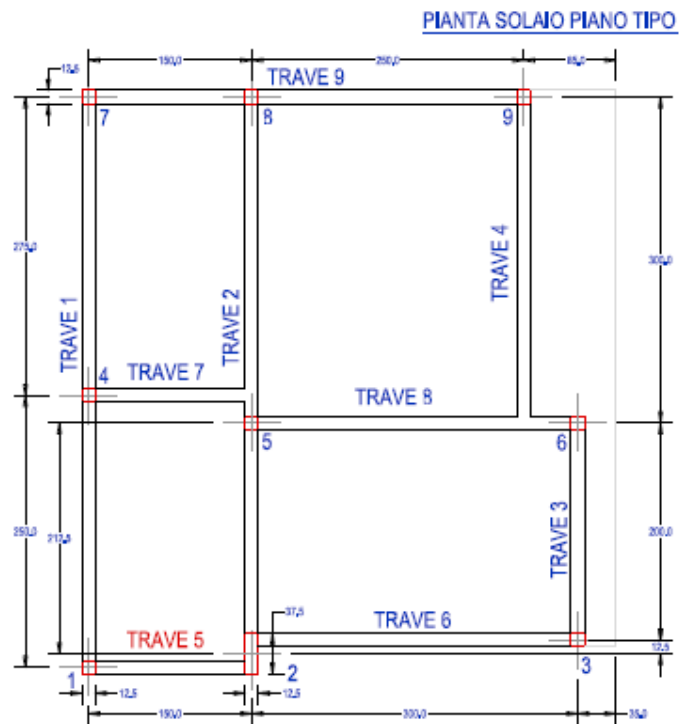
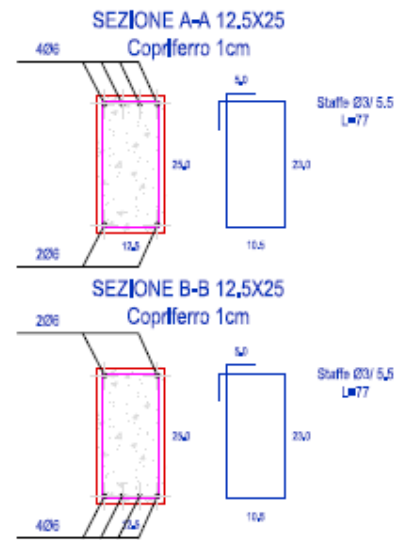
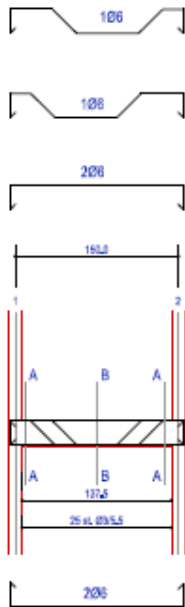


PIANTA SOLAIO PIANO TIPO



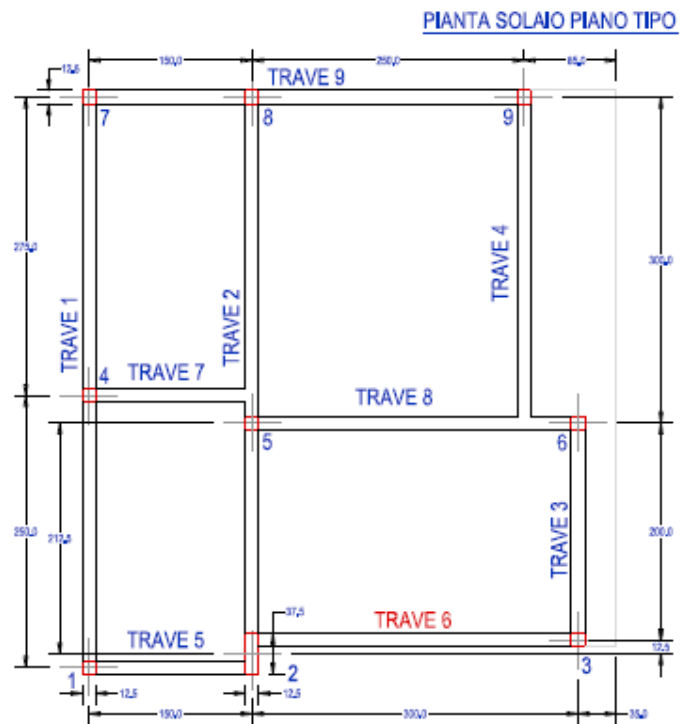
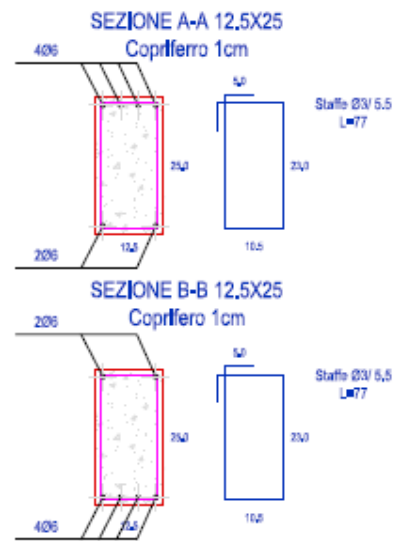
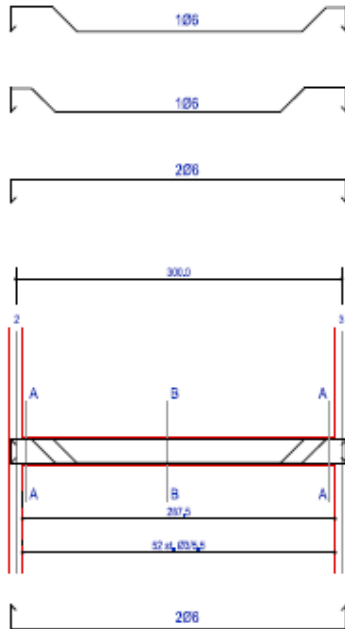
Σχέδιο Α.11: Οπλισμός δοκού TRAVE_4

Trave N.5



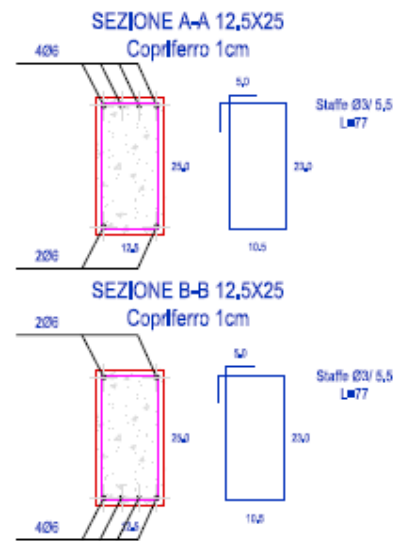
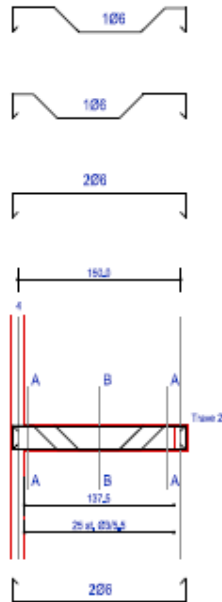
Σχέδιο Α.12: Οπλισμός δοκού TRAVE_5

Trave N.6

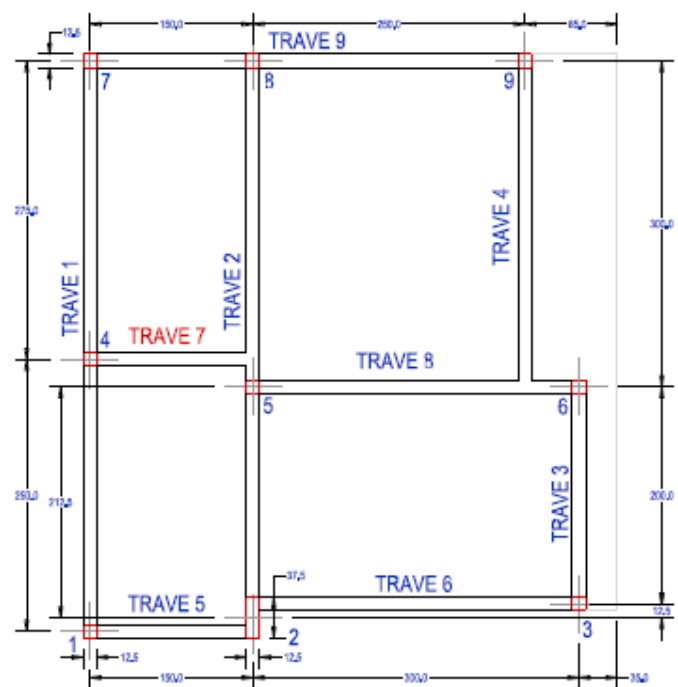


Σχέδιο Α.13: Οπλισμός δοκού TRAVE_6

Trave N.7

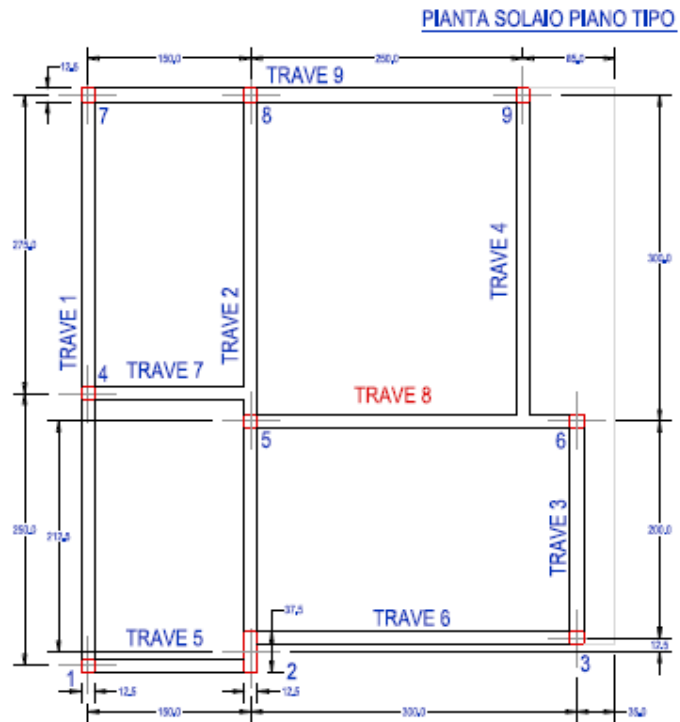
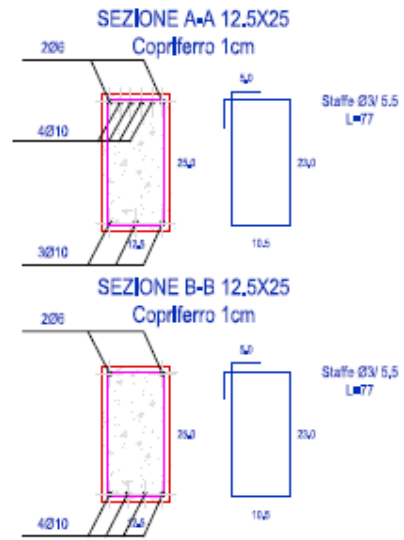
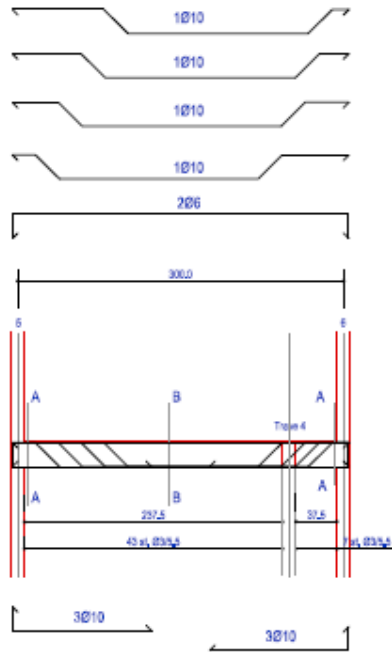


PIANTA SOLAIO PIANO TIPO



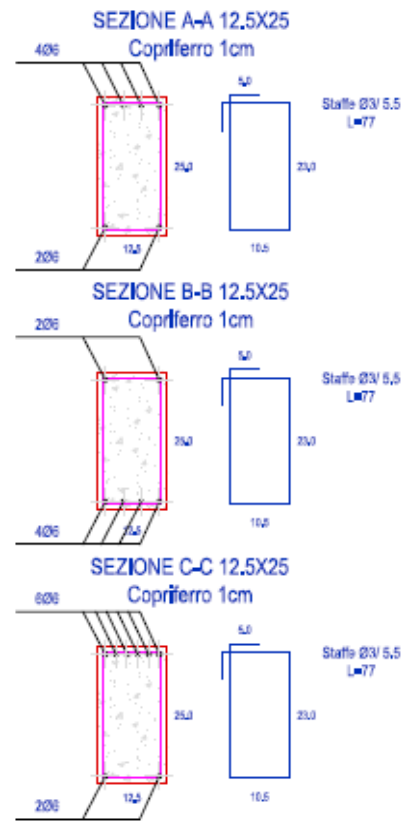
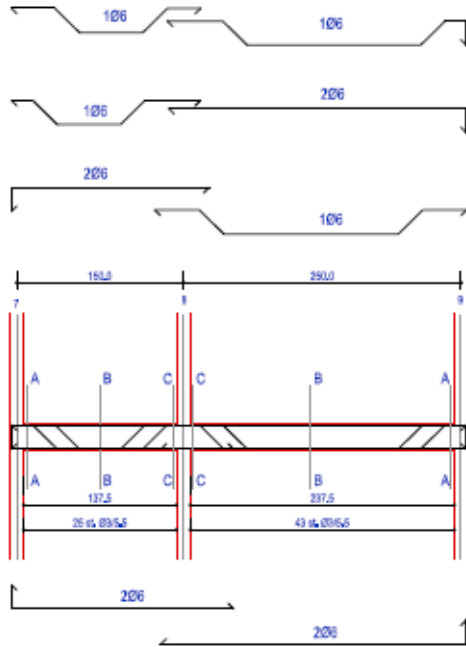
Σχέδιο Α.14: Οπλισμός δοκού TRAVE_7

Trave N.8

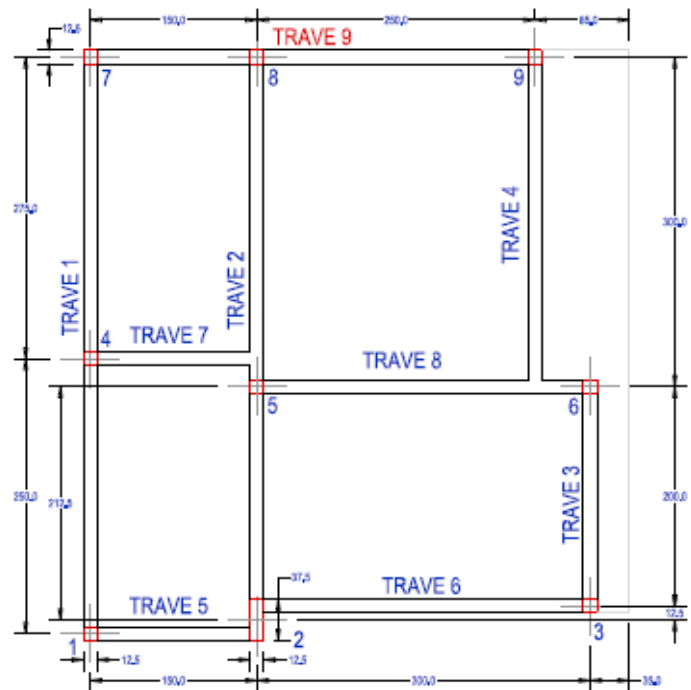


Σχέδιο Α.15: Οπλισμός δοκού TRAVE_8

Trave N.9



PIANTA SOLAIO PIANO TIPO



Σχέδιο Α.16: Οπλισμός δοκού TRAVE_9

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεσματικότητας Α: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου u	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		as	μθ			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.92	οιονεί ψαθυρή	1	94.65	29.54	124.19	35.47	38.60	καμπτική	19.58	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.88	οιονεί ψαθυρή	1	100.88	29.54	130.42	35.47	38.60	καμπτική	13.00	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.86	οιονεί ψαθυρή	1	104.96	29.54	134.50	35.47	38.60	καμπτική	7.56	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.72	29.54	72.26	14.10	15.44	καμπτική	6.78	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.64	29.54	72.18	14.10	15.44	καμπτική	5.11	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.64	29.54	72.18	14.10	15.44	καμπτική	3.27	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.10	οιονεί ψαθυρή	1	41.42	29.54	70.97	14.10	15.44	καμπτική	7.18	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	42.16	29.54	71.70	14.10	15.44	καμπτική	5.31	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.47	29.54	72.01	14.10	15.44	καμπτική	3.37	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.10	οιονεί ψαθυρή	1	41.28	29.54	70.82	14.10	15.44	καμπτική	7.70	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	42.10	29.54	71.64	14.10	15.44	καμπτική	5.60	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.49	29.54	72.03	14.10	15.44	καμπτική	3.65	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.16	29.54	66.71	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	10.06	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.84	29.54	69.39	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	7.68	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.75	29.54	71.29	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	4.52	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.31	29.54	66.85	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	10.60	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.95	29.54	69.49	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	8.05	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.83	29.54	71.37	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	4.73	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.17	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.91	29.54	67.46	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.02	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	40.40	29.54	69.94	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.11	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.98	29.54	71.53	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.72	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.21	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	36.54	29.54	66.08	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.95	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.75	29.54	69.29	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.81	29.54	71.35	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.78	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.17	29.54	66.72	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	9.54	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	40.06	29.54	69.60	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.94	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.91	29.54	71.46	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.33	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεσματικότητας Α: Έλεγχος για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.70	οιονεί ψαθυρή	1	54.95	93.77	148.72	113.12	122.52	καμπτική	11.75	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.64	οιονεί ψαθυρή	1	61.55	93.77	155.31	113.12	122.52	καμπτική	5.30	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.60	οιονεί ψαθυρή	1	65.86	93.77	159.63	113.12	122.52	καμπτική	2.45	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.72	29.54	72.26	14.10	15.44	καμπτική	2.27	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.64	29.54	72.18	14.10	15.44	καμπτική	1.53	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.64	29.54	72.18	14.10	15.44	καμπτική	0.91	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.10	οιονεί ψαθυρή	1	41.42	29.54	70.97	14.10	15.44	καμπτική	2.82	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	42.16	29.54	71.70	14.10	15.44	καμπτική	2.45	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.47	29.54	72.01	14.10	15.44	καμπτική	1.59	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.10	οιονεί ψαθυρή	1	41.28	29.54	70.82	14.10	15.44	καμπτική	2.07	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	42.10	29.54	71.64	14.10	15.44	καμπτική	1.77	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.49	29.54	72.03	14.10	15.44	καμπτική	1.14	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.16	29.54	66.71	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.14	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.84	29.54	69.39	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.05	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.75	29.54	71.29	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.40	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.31	29.54	66.85	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.85	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.95	29.54	69.49	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.70	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.83	29.54	71.37	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.10	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.17	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.91	29.54	67.46	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	8.43	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	40.40	29.54	69.94	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.56	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.98	29.54	71.53	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.28	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.21	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	36.54	29.54	66.08	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	9.56	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.75	29.54	69.29	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.40	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.81	29.54	71.35	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.67	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.17	29.54	66.72	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.62	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	40.06	29.54	69.60	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.88	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.91	29.54	71.46	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.65	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεστικότητας Α: Έλεγχος για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.89	οιονεί ψαθυρή	1	99.12	29.54	128.66	35.47	38.60	καμπτική	11.07	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.87	οιονεί ψαθυρή	1	103.49	29.54	133.04	35.47	38.60	καμπτική	6.86	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.85	οιονεί ψαθυρή	1	105.89	29.54	135.43	35.47	38.60	καμπτική	3.90	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.50	29.54	72.05	14.10	15.44	καμπτική	3.88	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.65	29.54	72.19	14.10	15.44	καμπτική	2.79	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.69	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	1.70	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.15	οιονεί ψαθυρή	1	38.76	29.54	68.30	14.10	15.44	καμπτική	3.24	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	40.52	29.54	70.07	14.10	15.44	καμπτική	1.86	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	41.88	29.54	71.43	14.10	15.44	καμπτική	1.01	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.16	οιονεί ψαθυρή	1	38.61	29.54	68.15	14.10	15.44	καμπτική	2.68	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	40.67	29.54	70.21	14.10	15.44	καμπτική	1.95	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.07	29.54	71.62	14.10	15.44	καμπτική	1.24	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.25	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	35.12	29.54	64.66	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	4.54	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	38.76	29.54	68.30	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.06	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.32	29.54	70.87	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.75	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.19	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	37.21	29.54	66.76	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.19	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	40.01	29.54	69.55	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.54	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.90	29.54	71.44	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.52	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.11	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	40.70	29.54	70.24	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.03	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.91	29.54	71.45	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.03	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	42.48	29.54	72.03	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.54	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.20	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.91	29.54	66.46	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	9.30	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.74	29.54	69.28	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	8.48	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.71	29.54	71.25	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.45	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.20	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.91	29.54	66.45	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.72	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.89	29.54	69.43	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.90	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.87	29.54	71.41	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.12	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεστικότητας Α: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		αs	μθ			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	Κ2	1.67	1.65	οιονεί ψαθυρή	1	59.68	93.77	153.45	113.12	122.52	καμπτική	54.46	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.61	οιονεί ψαθυρή	1	64.31	93.77	158.08	113.12	122.52	καμπτική	26.44	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.59	οιονεί ψαθυρή	1	66.85	93.77	160.61	113.12	122.52	καμπτική	12.96	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ1	5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.50	29.54	72.05	14.10	15.44	καμπτική	5.03	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.65	29.54	72.19	14.10	15.44	καμπτική	4.24	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.69	29.54	72.23	14.10	15.44	καμπτική	3.07	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ4	5.00	1.15	οιονεί ψαθυρή	1	38.76	29.54	68.30	14.10	15.44	καμπτική	7.55	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	40.52	29.54	70.07	14.10	15.44	καμπτική	7.78	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	41.88	29.54	71.43	14.10	15.44	καμπτική	5.25	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ7	5.00	1.16	οιονεί ψαθυρή	1	38.61	29.54	68.15	14.10	15.44	καμπτική	6.31	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	40.67	29.54	70.21	14.10	15.44	καμπτική	5.41	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.07	29.54	71.62	14.10	15.44	καμπτική	3.44	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.25	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	35.12	29.54	64.66	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	9.75	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	38.76	29.54	68.30	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	9.25	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.32	29.54	70.87	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.98	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.19	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	37.21	29.54	66.76	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	7.45	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	40.01	29.54	69.55	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.20	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.90	29.54	71.44	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.87	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.11	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	40.70	29.54	70.24	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.70	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.91	29.54	71.45	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.32	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	42.48	29.54	72.03	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.40	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.20	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.91	29.54	66.46	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.63	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.74	29.54	69.28	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.29	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.71	29.54	71.25	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.42	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.20	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.91	29.54	66.45	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	8.07	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.89	29.54	69.43	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.20	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.87	29.54	71.41	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.75	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια ασοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_c > V_{Mu}$
1ος όροφος	Κ2	5.00	0.92	οιονεί ψαθυρή	1	94.34	29.54	123.88	35.47	38.60	καμπτική	35.56	-	διαρρέει	πλαστικά
2ος όροφος		5.00	0.96	οιονεί ψαθυρή	1	100.87	29.54	130.42	35.47	38.60	καμπτική	23.94	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.93	οιονεί ψαθυρή	1	105.03	29.54	134.58	35.47	38.60	καμπτική	13.86	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ1	5.00	1.13	οιονεί ψαθυρή	1	46.17	29.54	75.72	14.10	15.44	καμπτική	11.14	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	44.47	29.54	74.02	14.10	15.44	καμπτική	9.59	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.69	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	6.01	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ4	5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.44	29.54	71.98	14.10	15.44	καμπτική	12.27	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.67	29.54	72.21	14.10	15.44	καμπτική	10.01	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.67	29.54	72.21	14.10	15.44	καμπτική	6.22	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ7	5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	42.70	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	12.61	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.72	29.54	72.26	14.10	15.44	καμπτική	10.65	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.63	29.54	72.17	14.10	15.44	καμπτική	6.73	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.22	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	36.12	29.54	65.66	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	15.93	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.14	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.29	29.54	68.83	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	13.78	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.57	29.54	71.11	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	8.37	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.21	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	36.35	29.54	65.90	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	16.01	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.14	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.39	29.54	68.92	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	14.16	-	διαρρέει στο μέσον	πλαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.65	29.54	71.20	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	8.86	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.19	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	37.11	29.54	66.65	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.33	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	40.14	29.54	69.68	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.02	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.91	29.54	71.45	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.37	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.25	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	34.87	29.54	64.41	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.13	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.00	29.54	68.54	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.02	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.61	29.54	71.15	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.50	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.22	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	36.00	29.54	65.55	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	16.09	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.14	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	39.52	29.54	69.06	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	11.37	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί ψαθυρή</u>	1	41.79	29.54	71.33	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.18	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Ετάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_{ξ}			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_{\xi} > V_R$	$V_{\xi} > V_{My}$	$V_{\xi} > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.71	οιονεί ψαθυρή	1	54.63	93.77	148.39	113.12	122.52	καμπτική	21.55	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.64	οιονεί ψαθυρή	1	61.54	93.77	155.31	113.12	122.52	καμπτική	9.70	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.60	οιονεί ψαθυρή	1	65.94	93.77	159.71	113.12	122.52	καμπτική	4.36	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.10	οιονεί ψαθυρή	1	46.17	29.54	75.72	14.10	15.44	καμπτική	3.15	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί ψαθυρή	1	44.47	29.54	74.02	14.10	15.44	καμπτική	2.93	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	43.07	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	1.65	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	42.44	29.54	72.21	14.10	15.44	καμπτική	5.30	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.67	29.54	72.22	14.10	15.44	καμπτική	4.63	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.67	29.54	72.22	14.10	15.44	καμπτική	2.90	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.70	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	4.05	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.72	29.54	72.26	14.10	15.44	καμπτική	3.42	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί ψαθυρή	1	42.63	29.54	72.17	14.10	15.44	καμπτική	2.12	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.22	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.12	29.54	65.66	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.69	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.29	29.54	68.83	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.69	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.57	29.54	71.11	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.63	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.22	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.35	29.54	65.90	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.16	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.14	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.38	29.54	68.92	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.05	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.65	29.54	71.20	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.10	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.19	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	37.11	29.54	66.65	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	15.20	-	διαρρέει	πλαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	40.13	29.54	69.67	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	10.41	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.91	29.54	71.45	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.10	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.27	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	34.87	29.54	64.41	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	16.51	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.16	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.00	29.54	68.54	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	12.11	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.61	29.54	71.15	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.84	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.23	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	36.00	29.54	65.55	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	0.63	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.14	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	39.52	29.54	69.06	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.69	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>οιονεί</u> <u>ψαθυρή</u>	1	41.79	29.54	71.33	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	1.27	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και x-x αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.89	οιονεί ψαθυρή	1	101.90	29.54	131.44	35.47	38.60	καμπτική	17.07	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.86	οιονεί ψαθυρή	1	105.29	29.54	134.83	35.47	38.60	καμπτική	12.46	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.85	οιονεί ψαθυρή	1	106.63	29.54	136.18	35.47	38.60	καμπτική	6.77	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.15	οιονεί ψαθυρή	1	39.07	29.54	68.61	14.10	15.44	καμπτική	6.90	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	41.03	29.54	70.57	14.10	15.44	καμπτική	5.17	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.30	29.54	71.85	14.10	15.44	καμπτική	3.05	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.15	οιονεί ψαθυρή	1	38.47	29.54	68.01	14.10	15.44	καμπτική	5.68	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	οιονεί ψαθυρή	1	40.23	29.54	69.77	14.10	15.44	καμπτική	3.24	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	41.71	29.54	71.26	14.10	15.44	καμπτική	1.79	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.16	οιονεί ψαθυρή	1	38.32	29.54	67.87	14.10	15.44	καμπτική	4.87	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	40.54	29.54	70.08	14.10	15.44	καμπτική	3.61	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.06	29.54	71.60	14.10	15.44	καμπτική	2.25	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.33	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	33.21	29.54	63.67	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	7.53	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.20	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	37.64	29.54	67.84	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.06	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	40.99	29.54	70.72	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.15	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.23	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	35.74	29.54	65.29	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	5.51	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.14	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	39.36	29.54	68.91	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	4.64	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	41.73	29.54	71.27	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.77	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.08	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	42.43	29.54	71.97	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	11.68	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.07	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	42.73	29.54	72.27	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	9.51	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	42.71	29.54	72.25	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	6.41	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.24	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	35.38	29.54	64.92	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	15.93	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.16	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	38.92	29.54	68.47	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	14.34	-	διαρρέει	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	41.40	29.54	70.95	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	10.09	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.24	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	35.36	29.54	64.90	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	4.74	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	39.20	29.54	68.74	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	3.53	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	<u>ιονεί ψαθυρή</u>	1	41.71	29.54	71.26	14.10	15.44	<u>καμπτική</u>	2.05	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεσματικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		as	μθ			(kN)	(KN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.65	οιονεί ψαθυρή	1	62.63	93.77	156.39	113.12	122.52	καμπτική	69.24	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.73	οιονεί ψαθυρή	1	66.21	93.77	159.98	113.12	122.52	καμπτική	47.70	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.70	οιονεί ψαθυρή	1	67.63	93.77	161.40	113.12	122.52	καμπτική	22.06	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.15	οιονεί ψαθυρή	1	42.00	29.54	71.55	14.10	15.44	καμπτική	7.08	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	42.02	29.54	71.56	14.10	15.44	καμπτική	7.97	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.60	29.54	72.14	14.10	15.44	καμπτική	5.53	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.17	οιονεί ψαθυρή	1	38.47	29.54	68.01	14.10	15.44	καμπτική	13.36	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	οιονεί ψαθυρή	1	40.25	29.54	69.79	14.10	15.44	καμπτική	13.46	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί ψαθυρή	1	41.85	29.54	71.39	14.10	15.44	καμπτική	9.70	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.16	οιονεί ψαθυρή	1	38.32	29.54	67.87	14.10	15.44	καμπτική	11.30	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί ψαθυρή	1	40.54	29.54	70.08	14.10	15.44	καμπτική	10.26	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί ψαθυρή	1	42.06	29.54	71.60	14.10	15.44	καμπτική	6.32	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.33	οιονεί_ψαθυρή	1	35.16	29.54	64.71	14.10	15.44	καμπτική	16.32	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	38.49	29.54	68.04	14.10	15.44	καμπτική	15.11	-	διαρρέει	πλαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί_ψαθυρή	1	41.09	29.54	70.63	14.10	15.44	καμπτική	10.85	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.23	οιονεί_ψαθυρή	1	36.69	29.54	66.23	14.10	15.44	καμπτική	13.21	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.14	οιονεί_ψαθυρή	1	39.77	29.54	69.31	14.10	15.44	καμπτική	11.79	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.86	29.54	71.40	14.10	15.44	καμπτική	7.12	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.43	29.54	71.97	14.10	15.44	καμπτική	5.47	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.57	29.54	72.11	14.10	15.44	καμπτική	4.37	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί_ψαθυρή	1	42.62	29.54	72.16	14.10	15.44	καμπτική	2.48	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.27	οιονεί_ψαθυρή	1	35.17	29.54	64.72	14.10	15.44	καμπτική	5.45	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.60	29.54	68.14	14.10	15.44	καμπτική	3.99	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.46	29.54	71.00	14.10	15.44	καμπτική	2.65	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.24	οιονεί_ψαθυρή	1	37.75	29.54	67.29	14.10	15.44	καμπτική	14.18	-	διαρρέει στο μέσον	πλαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	40.30	29.54	69.84	14.10	15.44	καμπτική	11.75	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.96	29.54	71.50	14.10	15.44	καμπτική	6.85	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεσματικότητας Γ: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		as	μθ			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	1.72	οιονεί_ψαθυρή	1	94.51	29.54	124.06	35.47	38.60	καμπτική	39.87	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.21	οιονεί_ψαθυρή	1	100.96	29.54	130.50	35.47	38.60	καμπτική	23.67	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί_ψαθυρή	1	105.09	29.54	134.64	35.47	38.60	καμπτική	12.79	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.04	οιονεί_ψαθυρή	1	45.98	29.54	75.53	14.10	15.44	καμπτική	11.62	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.70	29.54	71.24	14.10	15.44	καμπτική	9.04	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί_ψαθυρή	1	42.68	29.54	72.23	14.10	15.44	καμπτική	5.46	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	43.26	29.54	72.80	14.10	15.44	καμπτική	13.03	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.59	29.54	72.13	14.10	15.44	καμπτική	9.14	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί_ψαθυρή	1	42.64	29.54	72.18	14.10	15.44	καμπτική	4.69	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.07	οιονεί_ψαθυρή	1	43.10	29.54	72.65	14.10	15.44	καμπτική	13.36	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.62	29.54	72.16	14.10	15.44	καμπτική	10.16	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί_ψαθυρή	1	42.71	29.54	72.25	14.10	15.44	καμπτική	6.12	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.22	οιονεί_ψαθυρή	1	39.91	29.54	69.45	14.10	15.44	καμπτική	16.83	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.14	οιονεί_ψαθυρή	1	40.94	29.54	70.48	14.10	15.44	καμπτική	13.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.83	29.54	71.38	14.10	15.44	καμπτική	6.82	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.22	οιονεί_ψαθυρή	1	36.27	29.54	65.81	14.10	15.44	καμπτική	16.88	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.14	οιονεί_ψαθυρή	1	39.34	29.54	68.89	14.10	15.44	καμπτική	13.97	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.64	29.54	71.19	14.10	15.44	καμπτική	8.20	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	37.04	29.54	66.58	14.10	15.44	καμπτική	0.89	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	οιονεί_ψαθυρή	1	40.05	29.54	69.59	14.10	15.44	καμπτική	2.05	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.91	29.54	71.45	14.10	15.44	καμπτική	1.47	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.27	οιονεί_ψαθυρή	1	34.64	29.54	64.18	14.10	15.44	καμπτική	0.96	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.88	29.54	68.42	14.10	15.44	καμπτική	2.32	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.58	29.54	71.12	14.10	15.44	καμπτική	1.79	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.24	οιονεί_ψαθυρή	1	35.79	29.54	65.33	14.10	15.44	καμπτική	17.13	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.14	οιονεί_ψαθυρή	1	39.43	29.54	68.97	14.10	15.44	καμπτική	10.90	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.76	29.54	71.30	14.10	15.44	καμπτική	5.40	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεστικότητας Γ: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και y-y αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(KN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.72	οιονεί_ψαθυρή	1	54.81	93.77	148.52	113.12	122.52	καμπτική	17.57	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.64	οιονεί_ψαθυρή	1	61.63	93.77	155.40	113.12	122.52	καμπτική	12.59	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.60	οιονεί_ψαθυρή	1	66.01	93.77	159.77	113.12	122.52	καμπτική	4.76	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.01	οιονεί_ψαθυρή	1	47.35	29.54	76.89	14.10	15.44	καμπτική	4.89	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.89	29.54	74.43	14.10	15.44	καμπτική	3.38	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.68	29.54	72.23	14.10	15.44	καμπτική	1.84	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	42.21	29.54	71.76	14.10	15.44	καμπτική	7.51	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.59	29.54	72.13	14.10	15.44	καμπτική	5.14	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.07	οιονεί_ψαθυρή	1	42.82	29.54	72.42	14.10	15.44	καμπτική	3.28	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.52	29.54	72.07	14.10	15.44	καμπτική	5.71	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.62	29.54	72.16	14.10	15.44	καμπτική	3.79	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.66	29.54	72.20	14.10	15.44	καμπτική	2.40	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.23	ιονοει_ψαθυρή	1	36.13	29.54	65.68	14.10	15.44	καμπτική	4.72	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	ιονοει_ψαθυρή	1	39.25	29.54	68.79	14.10	15.44	καμπτική	4.16	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	ιονοει_ψαθυρή	1	41.56	29.54	71.10	14.10	15.44	καμπτική	3.06	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.22	ιονοει_ψαθυρή	1	36.29	29.54	65.83	14.10	15.44	καμπτική	4.29	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.14	ιονοει_ψαθυρή	1	39.35	29.54	68.89	14.10	15.44	καμπτική	3.36	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	ιονοει_ψαθυρή	1	41.64	29.54	71.19	14.10	15.44	καμπτική	2.41	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.20	ιονοει_ψαθυρή	1	36.93	29.54	66.47	14.10	15.44	καμπτική	16.75	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.13	ιονοει_ψαθυρή	1	40.05	29.54	69.59	14.10	15.44	καμπτική	12.56	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	ιονοει_ψαθυρή	1	41.88	29.54	71.42	14.10	15.44	καμπτική	6.97	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.29	ιονοει_ψαθυρή	1	34.64	29.54	64.18	14.10	15.44	καμπτική	17.97	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.17	ιονοει_ψαθυρή	1	38.88	29.54	68.42	14.10	15.44	καμπτική	14.19	-	διαρρέει	πλαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	ιονοει_ψαθυρή	1	41.58	29.54	71.12	14.10	15.44	καμπτική	7.80	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.24	ιονοει_ψαθυρή	1	35.79	29.54	65.33	14.10	15.44	καμπτική	0.72	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	ιονοει_ψαθυρή	1	39.43	29.54	68.97	14.10	15.44	καμπτική	1.73	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	ιονοει_ψαθυρή	1	41.76	29.54	71.30	14.10	15.44	καμπτική	1.49	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεστικότητας Γ: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και κ-κ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(KN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.87	οιονεί_ψαθυρή	1	105.12	29.54	134.66	35.47	38.60	καμπτική	23.34	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.86	οιονεί_ψαθυρή	1	105.62	29.54	135.16	35.47	38.60	καμπτική	17.28	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.86	οιονεί_ψαθυρή	1	106.83	29.54	136.37	35.47	38.60	καμπτική	8.50	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.23	οιονεί_ψαθυρή	1	37.14	29.54	66.68	14.10	15.44	καμπτική	8.00	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	40.11	29.54	69.65	14.10	15.44	καμπτική	6.54	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.99	29.54	71.53	14.10	15.44	καμπτική	4.10	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.07	29.54	67.61	14.10	15.44	καμπτική	6.70	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	οιονεί_ψαθυρή	1	40.01	29.54	69.55	14.10	15.44	καμπτική	4.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.60	29.54	71.14	14.10	15.44	καμπτική	2.00	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	38.15	29.54	67.69	14.10	15.44	καμπτική	5.32	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	οιονεί_ψαθυρή	1	40.49	29.54	70.03	14.10	15.44	καμπτική	4.38	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.05	29.54	71.60	14.10	15.44	καμπτική	3.04	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.37	οιονεί_ψαθυρή	1	33.04	29.54	62.58	14.10	15.44	καμπτική	8.89	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	37.72	29.54	67.26	14.10	15.44	καμπτική	6.25	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.12	οιονεί_ψαθυρή	1	41.05	29.54	70.59	14.10	15.44	καμπτική	3.44	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.26	οιονεί_ψαθυρή	1	35.06	29.54	64.60	14.10	15.44	καμπτική	6.10	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.97	29.54	68.51	14.10	15.44	καμπτική	5.29	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.59	29.54	71.13	14.10	15.44	καμπτική	3.69	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.14	29.54	71.68	14.10	15.44	καμπτική	12.29	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.19	29.54	71.73	14.10	15.44	καμπτική	11.88	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.50	29.54	72.04	14.10	15.44	καμπτική	8.73	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος* όροφος	Κ6	5.00	1.28	οιονεί_ψαθυρή	1	34.68	29.54	64.23	14.10	15.44	καμπτική	17.41	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	38.59	29.54	68.13	14.10	15.44	καμπτική	15.54	-	διαρρέει	αστοχεί
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.27	29.54	70.81	14.10	15.44	καμπτική	13.03	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.26	οιονεί_ψαθυρή	1	34.91	29.54	64.45	14.10	15.44	καμπτική	5.36	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.96	29.54	68.50	14.10	15.44	καμπτική	4.15	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.66	29.54	71.20	14.10	15.44	καμπτική	2.72	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στάθμη επιτελεσματικότητας Γ: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.64	ιονεί_ψαθυρή	1	63.49	93.77	157.26	113.12	122.52	καμπτική	101.98	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.60	ιονεί_ψαθυρή	1	66.56	93.77	160.32	113.12	122.52	καμπτική	66.61	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.59	ιονεί_ψαθυρή	1	67.84	93.77	161.60	113.12	122.52	καμπτική	21.94	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	0.98	ιονεί_ψαθυρή	1	49.83	29.54	79.38	14.10	15.44	καμπτική	9.51	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.02	ιονεί_ψαθυρή	1	46.47	29.54	76.01	14.10	15.44	καμπτική	10.19	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.06	ιονεί_ψαθυρή	1	43.85	29.54	73.39	14.10	15.44	καμπτική	7.65	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος* όροφος	K4	5.00	1.18	ιονεί_ψαθυρή	1	38.08	29.54	67.63	14.10	15.44	καμπτική	15.60	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.13	ιονεί_ψαθυρή	1	40.01	29.54	69.55	14.10	15.44	καμπτική	14.49	-	διαρρέει	πλαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	ιονεί_ψαθυρή	1	41.60	29.54	71.14	14.10	15.44	καμπτική	12.87	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.17	ιονεί_ψαθυρή	1	38.14	29.54	67.68	14.10	15.44	καμπτική	14.99	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.12	ιονεί_ψαθυρή	1	40.49	29.54	70.03	14.10	15.44	καμπτική	13.66	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	ιονεί_ψαθυρή	1	42.05	29.54	71.60	14.10	15.44	καμπτική	8.96	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.37	οιονεί_ψαθυρή	1	33.03	29.54	62.57	14.10	15.44	καμπτική	18.43	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	37.71	29.54	67.25	14.10	15.44	καμπτική	15.92	-	διαρρέει	αστοχεί
3ος όροφος		5.00	1.12	οιονεί_ψαθυρή	1	41.04	29.54	70.59	14.10	15.44	καμπτική	13.49	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.26	οιονεί_ψαθυρή	1	35.03	29.54	64.59	14.10	15.44	καμπτική	16.84	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.96	29.54	68.51	14.10	15.44	καμπτική	14.64	-	διαρρέει	πλαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.59	29.54	71.13	14.10	15.44	καμπτική	10.19	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.14	29.54	71.68	14.10	15.44	καμπτική	7.60	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.19	29.54	71.73	14.10	15.44	καμπτική	5.44	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.50	29.54	72.04	14.10	15.44	καμπτική	2.72	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.28	οιονεί_ψαθυρή	1	34.68	29.54	64.23	14.10	15.44	καμπτική	7.64	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	38.59	29.54	68.13	14.10	15.44	καμπτική	5.24	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.27	29.54	70.81	14.10	15.44	καμπτική	3.03	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.26	οιονεί_ψαθυρή	1	34.91	29.54	64.45	14.10	15.44	καμπτική	17.34	-	διαρρέει	αστοχεί
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.95	29.54	68.49	14.10	15.44	καμπτική	14.67	-	διαρρέει	πλαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.66	29.54	71.20	14.10	15.44	καμπτική	9.36	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

**ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ
ΤΗΝ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΜΕΤΑ ΤΗ
ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΗΨΗ
ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεσματικότητας Α: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.89	οιονεί_ψαθυρή	1	100.53	29.54	130.08	35.47	38.60	καμπτική	3.50	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.88	οιονεί_ψαθυρή	1	100.73	29.54	130.28	35.47	38.60	καμπτική	2.18	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.87	οιονεί_ψαθυρή	1	103.37	29.54	132.92	35.47	38.60	καμπτική	1.18	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	0.92	οιονεί_ψαθυρή	1	53.25	29.54	82.79	14.10	15.44	καμπτική	6.78	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.99	οιονεί_ψαθυρή	1	48.42	29.54	77.96	14.10	15.44	καμπτική	0.96	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.80	29.54	74.34	14.10	15.44	καμπτική	0.48	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	0.98	οιονεί_ψαθυρή	1	48.59	29.54	78.13	14.10	15.44	καμπτική	1.71	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.99	οιονεί_ψαθυρή	1	47.72	29.54	77.27	14.10	15.44	καμπτική	1.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.03	οιονεί_ψαθυρή	1	45.50	29.54	75.04	14.10	15.44	καμπτική	0.59	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	0.91	οιονεί_ψαθυρή	1	32.23	29.54	61.77	14.10	15.44	καμπτική	1.82	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.96	οιονεί_ψαθυρή	1	35.80	29.54	65.34	14.10	15.44	καμπτική	1.18	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.02	οιονεί_ψαθυρή	1	39.91	29.54	69.46	14.10	15.44	καμπτική	0.69	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.57	29.54	71.11	14.10	15.44	καμπτική	3.04	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.15	29.54	70.69	14.10	15.44	καμπτική	2.39	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.75	29.54	71.29	14.10	15.44	καμπτική	1.61	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	0.98	οιονεί_ψαθυρή	1	49.56	29.54	79.10	14.10	15.44	καμπτική	1.99	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.00	οιονεί_ψαθυρή	1	47.54	29.54	77.08	14.10	15.44	καμπτική	1.58	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.03	οιονεί_ψαθυρή	1	45.70	29.54	75.25	14.10	15.44	καμπτική	0.78	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.33	οιονεί_ψαθυρή	1	33.41	29.54	62.96	14.10	15.44	καμπτική	2.80	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.51	29.54	68.05	14.10	15.44	καμπτική	1.62	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.95	29.54	72.49	14.10	15.44	καμπτική	0.27	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.25	οιονεί_ψαθυρή	1	36.30	29.54	65.85	14.10	15.44	καμπτική	2.26	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.74	29.54	71.28	14.10	15.44	καμπτική	0.64	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.12	29.54	71.67	14.10	15.44	καμπτική	0.08	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.48	οιονεί_ψαθυρή	1	27.58	29.54	57.13	14.10	15.44	καμπτική	7.57	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	37.96	29.54	67.51	14.10	15.44	καμπτική	1.23	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.12	29.54	71.66	14.10	15.44	καμπτική	0.52	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Α: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		αs	μθ			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.65	οιονεί_ψαθυρή	1	75.75	93.77	169.52	113.12	122.52	καμπτική	6.61	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.64	οιονεί_ψαθυρή	1	74.98	93.77	168.75	113.12	122.52	καμπτική	0.44	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.62	οιονεί_ψαθυρή	1	72.65	93.77	166.42	113.12	122.52	καμπτική	1.73	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.34	οιονεί_ψαθυρή	1	33.18	29.54	62.72	14.10	15.44	καμπτική	2.27	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	48.42	29.54	77.96	14.10	15.44	καμπτική	0.12	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί_ψαθυρή	1	44.80	29.54	74.34	14.10	15.44	καμπτική	0.22	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	37.10	29.54	66.65	14.10	15.44	καμπτική	0.78	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.05	29.54	67.59	14.10	15.44	καμπτική	0.44	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.13	οιονεί_ψαθυρή	1	40.37	29.54	69.91	14.10	15.44	καμπτική	0.21	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.39	οιονεί_ψαθυρή	1	32.23	29.54	61.77	14.10	15.44	καμπτική	0.95	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.25	οιονεί_ψαθυρή	1	35.80	29.54	65.34	14.10	15.44	καμπτική	0.88	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	39.91	29.54	69.46	14.10	15.44	καμπτική	0.72	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	43.98	29.54	73.52	14.10	15.44	καμπτική	1.39	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.04	οιονεί_ψαθυρή	1	44.41	29.54	68.79	14.10	15.44	καμπτική	0.91	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	43.81	29.54	71.10	14.10	15.44	καμπτική	0.60	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	0.98	οιονεί_ψαθυρή	1	49.56	29.54	79.10	14.10	15.44	καμπτική	0.79	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.00	οιονεί_ψαθυρή	1	47.54	29.54	77.08	14.10	15.44	καμπτική	0.71	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.03	οιονεί_ψαθυρή	1	45.70	29.54	75.25	14.10	15.44	καμπτική	0.63	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.33	οιονεί_ψαθυρή	1	33.41	29.54	62.96	14.10	15.44	καμπτική	5.61	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.51	29.54	68.05	14.10	15.44	καμπτική	1.79	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.95	29.54	72.49	14.10	15.44	καμπτική	0.69	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.25	οιονεί_ψαθυρή	1	36.30	29.54	65.85	14.10	15.44	καμπτική	4.83	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.74	29.54	71.28	14.10	15.44	καμπτική	1.78	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.12	29.54	71.67	14.10	15.44	καμπτική	0.51	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.48	οιονεί_ψαθυρή	1	27.58	29.54	57.13	14.10	15.44	καμπτική	1.31	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	37.96	29.54	67.51	14.10	15.44	καμπτική	0.55	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.12	29.54	71.66	14.10	15.44	καμπτική	0.34	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Α: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
	Στύλος	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
				Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.81	οιονεί_ψαθυρή	1	114.15	29.54	143.70	35.47	38.60	καμπτική	2.89	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.82	οιονεί_ψαθυρή	1	113.42	29.54	142.96	35.47	38.60	καμπτική	0.23	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.83	οιονεί_ψαθυρή	1	110.42	29.54	139.96	35.47	38.60	καμπτική	1.76	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	0.88	οιονεί_ψαθυρή	1	56.01	29.54	85.55	14.10	15.44	καμπτική	3.88	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.95	οιονεί_ψαθυρή	1	50.99	29.54	80.54	14.10	15.44	καμπτική	0.93	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.03	οιονεί_ψαθυρή	1	46.10	29.54	75.64	14.10	15.44	καμπτική	1.82	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	0.99	οιονεί_ψαθυρή	1	48.60	29.54	78.14	14.10	15.44	καμπτική	0.25	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.00	οιονεί_ψαθυρή	1	47.40	29.54	76.94	14.10	15.44	καμπτική	0.43	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.03	οιονεί_ψαθυρή	1	46.07	29.54	75.61	14.10	15.44	καμπτική	0.83	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.97	29.54	68.51	14.10	15.44	καμπτική	1.79	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.69	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	0.78	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.32	29.54	73.86	14.10	15.44	καμπτική	0.22	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.01	29.54	73.55	14.10	15.44	καμπτική	1.75	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	43.99	29.54	73.54	14.10	15.44	καμπτική	1.41	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.06	οιονεί_ψαθυρή	1	43.48	29.54	73.03	14.10	15.44	καμπτική	0.67	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	38.82	29.54	68.36	14.10	15.44	καμπτική	1.89	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.27	29.54	70.81	14.10	15.44	καμπτική	1.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.90	29.54	72.44	14.10	15.44	καμπτική	0.65	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	0.93	οιονεί_ψαθυρή	1	53.09	29.54	82.63	14.10	15.44	καμπτική	1.73	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.99	οιονεί_ψαθυρή	1	48.44	29.54	77.99	14.10	15.44	καμπτική	1.00	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.04	οιονεί_ψαθυρή	1	45.66	29.54	75.20	14.10	15.44	καμπτική	0.59	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.92	29.54	74.46	14.10	15.44	καμπτική	2.96	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.01	οιονεί_ψαθυρή	1	46.08	29.54	75.63	14.10	15.44	καμπτική	1.89	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.04	οιονεί_ψαθυρή	1	45.34	29.54	74.88	14.10	15.44	καμπτική	0.89	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.36	οιονεί_ψαθυρή	1	25.12	29.54	54.67	14.10	15.44	καμπτική	1.83	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.24	οιονεί_ψαθυρή	1	36.58	29.54	66.12	14.10	15.44	καμπτική	0.38	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.98	29.54	71.52	14.10	15.44	καμπτική	0.25	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Γ: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και x-x αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.52	οιονεί_ψαθυρή	1	75.59	93.77	169.36	113.12	122.52	καμπτική	27.40	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.62	οιονεί_ψαθυρή	1	74.81	93.77	168.58	113.12	122.52	καμπτική	6.25	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.65	οιονεί_ψαθυρή	1	71.64	93.77	165.41	113.12	122.52	καμπτική	8.91	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	0.88	οιονεί_ψαθυρή	1	56.01	29.54	85.55	14.10	15.44	καμπτική	5.03	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.95	οιονεί_ψαθυρή	1	50.99	29.54	80.54	14.10	15.44	καμπτική	0.81	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.03	οιονεί_ψαθυρή	1	46.10	29.54	75.64	14.10	15.44	καμπτική	0.65	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	0.99	οιονεί_ψαθυρή	1	48.60	29.54	78.14	14.10	15.44	καμπτική	1.86	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.00	οιονεί_ψαθυρή	1	47.40	29.54	76.94	14.10	15.44	καμπτική	1.54	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	46.07	29.54	75.61	14.10	15.44	καμπτική	0.91	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.97	29.54	68.51	14.10	15.44	καμπτική	4.30	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.69	29.54	72.24	14.10	15.44	καμπτική	1.32	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.32	29.54	73.86	14.10	15.44	καμπτική	0.65	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.01	29.54	73.55	14.10	15.44	καμπτική	3.31	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	43.99	29.54	73.54	14.10	15.44	καμπτική	2.92	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.06	οιονεί_ψαθυρή	1	43.48	29.54	73.03	14.10	15.44	καμπτική	2.12	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	38.82	29.54	68.36	14.10	15.44	καμπτική	4.78	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.27	29.54	70.81	14.10	15.44	καμπτική	3.00	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.90	29.54	72.44	14.10	15.44	καμπτική	1.70	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	0.93	οιονεί_ψαθυρή	1	53.09	29.54	82.63	14.10	15.44	καμπτική	0.69	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.99	οιονεί_ψαθυρή	1	48.44	29.54	77.99	14.10	15.44	καμπτική	0.28	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.04	οιονεί_ψαθυρή	1	45.66	29.54	75.20	14.10	15.44	καμπτική	0.23	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	44.92	29.54	74.46	14.10	15.44	καμπτική	1.32	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.01	οιονεί_ψαθυρή	1	46.08	29.54	75.63	14.10	15.44	καμπτική	2.71	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.04	οιονεί_ψαθυρή	1	45.34	29.54	74.88	14.10	15.44	καμπτική	1.62	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.36	οιονεί_ψαθυρή	1	25.12	29.54	54.67	14.10	15.44	καμπτική	7.90	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.24	οιονεί_ψαθυρή	1	36.58	29.54	66.12	14.10	15.44	καμπτική	1.77	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.98	29.54	71.52	14.10	15.44	καμπτική	0.72	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_W	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		αs	μθ			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	5.00	0.95	οιονεί_ψαθυρή	1	90.11	29.54	119.66	35.47	38.60	καμπτική	8.45	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.93	οιονεί_ψαθυρή	1	94.64	29.54	124.18	35.47	38.60	καμπτική	5.36	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.90	οιονεί_ψαθυρή	1	100.50	29.54	130.04	35.47	38.60	καμπτική	2.88	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.26	οιονεί_ψαθυρή	1	22.36	29.54	51.90	14.10	15.44	καμπτική	6.78	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.38	οιονεί_ψαθυρή	1	33.73	29.54	63.27	14.10	15.44	καμπτική	2.41	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	40.41	29.54	69.95	14.10	15.44	καμπτική	1.19	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.42	οιονεί_ψαθυρή	1	31.00	29.54	60.54	14.10	15.44	καμπτική	4.02	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.31	οιονεί_ψαθυρή	1	34.05	29.54	63.59	14.10	15.44	καμπτική	2.74	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.64	29.54	68.18	14.10	15.44	καμπτική	1.59	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.23	οιονεί_ψαθυρή	1	21.18	29.54	50.72	14.10	15.44	καμπτική	1.06	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.50	οιονεί_ψαθυρή	1	30.65	29.54	60.20	14.10	15.44	καμπτική	2.77	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.23	οιονεί_ψαθυρή	1	37.94	29.54	67.48	14.10	15.44	καμπτική	1.55	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.63	29.54	68.18	14.10	15.44	καμπτική	6.21	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	39.32	29.54	68.86	14.10	15.44	καμπτική	5.38	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί_ψαθυρή	1	40.98	29.54	70.52	14.10	15.44	καμπτική	3.73	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.47	οιονεί_ψαθυρή	1	30.50	29.54	60.04	14.10	15.44	καμπτική	4.42	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.31	οιονεί_ψαθυρή	1	34.74	29.54	64.29	14.10	15.44	καμπτική	3.60	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	38.93	29.54	68.48	14.10	15.44	καμπτική	1.79	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.50	οιονεί_ψαθυρή	1	30.41	29.54	59.95	14.10	15.44	καμπτική	5.20	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	37.80	29.54	67.35	14.10	15.44	καμπτική	3.00	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.40	29.54	71.94	14.10	15.44	καμπτική	0.74	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.32	οιονεί_ψαθυρή	1	34.80	29.54	64.34	14.10	15.44	καμπτική	4.25	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.89	29.54	71.44	14.10	15.44	καμπτική	1.50	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί_ψαθυρή	1	41.44	29.54	70.98	14.10	15.44	καμπτική	0.31	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	20.19	29.54	49.73	14.10	15.44	καμπτική	14.42	-	διαρρέει στο μέσον & κεφαλή	πλαστικά
2ος όροφος		5.00	1.29	οιονεί_ψαθυρή	1	36.01	29.54	65.56	14.10	15.44	καμπτική	3.77	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.13	29.54	71.67	14.10	15.44	καμπτική	1.35	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά x-x και γ-γ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		as	μθ			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.76	οιονεί_ψαθυρή	1	50.16	93.77	143.92	113.12	122.52	καμπτική	14.70	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.73	οιονεί_ψαθυρή	1	54.94	93.77	148.71	113.12	122.52	καμπτική	0.82	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.66	οιονεί_ψαθυρή	1	61.14	93.77	154.91	113.12	122.52	καμπτική	2.40	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.26	οιονεί_ψαθυρή	1	22.36	29.54	51.90	14.10	15.44	καμπτική	2.27	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.38	οιονεί_ψαθυρή	1	33.73	29.54	63.27	14.10	15.44	καμπτική	0.28	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	40.41	29.54	69.95	14.10	15.44	καμπτική	0.45	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.42	οιονεί_ψαθυρή	1	31.00	29.54	60.54	14.10	15.44	καμπτική	1.74	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.31	οιονεί_ψαθυρή	1	34.05	29.54	63.59	14.10	15.44	καμπτική	1.04	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.64	29.54	68.18	14.10	15.44	καμπτική	0.51	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.23	οιονεί_ψαθυρή	1	21.18	29.54	50.72	14.10	15.44	καμπτική	0.99	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.50	οιονεί_ψαθυρή	1	30.65	29.54	60.20	14.10	15.44	καμπτική	2.00	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.23	οιονεί_ψαθυρή	1	37.94	29.54	67.48	14.10	15.44	καμπτική	1.56	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.16	οιονεί_ψαθυρή	1	38.63	29.54	68.18	14.10	15.44	καμπτική	2.66	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	39.32	29.54	68.86	14.10	15.44	καμπτική	2.00	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.11	οιονεί_ψαθυρή	1	40.98	29.54	70.52	14.10	15.44	καμπτική	1.34	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.47	οιονεί_ψαθυρή	1	30.50	29.54	60.04	14.10	15.44	καμπτική	1.59	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.31	οιονεί_ψαθυρή	1	34.74	29.54	64.29	14.10	15.44	καμπτική	1.55	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	38.93	29.54	68.48	14.10	15.44	καμπτική	1.28	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.50	οιονεί_ψαθυρή	1	30.41	29.54	59.95	14.10	15.44	καμπτική	10.28	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	37.80	29.54	67.35	14.10	15.44	καμπτική	4.26	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	42.40	29.54	71.94	14.10	15.44	καμπτική	1.80	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.32	οιονεί_ψαθυρή	1	34.80	29.54	64.34	14.10	15.44	καμπτική	8.97	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.89	29.54	71.44	14.10	15.44	καμπτική	3.48	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.05	οιονεί_ψαθυρή	1	41.44	29.54	70.98	14.10	15.44	καμπτική	1.39	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	20.19	29.54	49.73	14.10	15.44	καμπτική	2.98	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.29	οιονεί_ψαθυρή	1	36.01	29.54	65.56	14.10	15.44	καμπτική	1.48	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.13	29.54	71.67	14.10	15.44	καμπτική	0.31	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M2,V3)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	Κ2	5.00	0.96	οιονεί_ψαθυρή	1	88.98	29.54	118.53	35.47	38.60	καμπτική	5.65	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	0.93	οιονεί_ψαθυρή	1	94.89	29.54	124.43	35.47	38.60	καμπτική	0.68	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	0.88	οιονεί_ψαθυρή	1	101.37	29.54	130.92	35.47	38.60	καμπτική	2.07	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ1	5.00	1.20	οιονεί_ψαθυρή	1	20.33	29.54	49.87	14.10	15.44	καμπτική	3.88	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.55	οιονεί_ψαθυρή	1	30.72	29.54	60.27	14.10	15.44	καμπτική	1.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	38.87	29.54	68.41	14.10	15.44	καμπτική	2.67	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ4	5.00	1.35	οιονεί_ψαθυρή	1	33.11	29.54	62.65	14.10	15.44	καμπτική	0.92	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.27	οιονεί_ψαθυρή	1	35.16	29.54	64.70	14.10	15.44	καμπτική	0.36	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	38.54	29.54	68.08	14.10	15.44	καμπτική	1.11	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ7	5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	39.30	29.54	68.84	14.10	15.44	καμπτική	3.50	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.77	29.54	71.31	14.10	15.44	καμπτική	1.57	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.13	οιονεί_ψαθυρή	1	40.49	29.54	70.03	14.10	15.44	καμπτική	0.59	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	39.06	29.54	68.61	14.10	15.44	καμπτική	3.51	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	οιονεί_ψαθυρή	1	40.15	29.54	69.69	14.10	15.44	καμπτική	2.84	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.51	29.54	71.05	14.10	15.44	καμπτική	1.61	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.89	29.54	68.43	14.10	15.44	καμπτική	3.79	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.54	29.54	71.09	14.10	15.44	καμπτική	2.42	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.68	29.54	72.23	14.10	15.44	καμπτική	1.39	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.37	οιονεί_ψαθυρή	1	25.44	29.54	54.99	14.10	15.44	καμπτική	2.82	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.35	οιονεί_ψαθυρή	1	33.86	29.54	63.41	14.10	15.44	καμπτική	2.19	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	39.27	29.54	68.81	14.10	15.44	καμπτική	1.32	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	39.12	29.54	68.66	14.10	15.44	καμπτική	5.74	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.21	οιονεί_ψαθυρή	1	36.67	29.54	66.22	14.10	15.44	καμπτική	4.10	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	39.42	29.54	68.97	14.10	15.44	καμπτική	1.95	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	16.66	29.54	46.20	14.10	15.44	καμπτική	4.07	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.37	οιονεί_ψαθυρή	1	33.97	29.54	63.52	14.10	15.44	καμπτική	1.58	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.90	29.54	71.44	14.10	15.44	καμπτική	0.14	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στάθμη επιτελεστικότητας Β: Έλεγχοι για σεισμικά φορτία με λόγο τεμνουσών 10:3 κατά γ-γ και χ-χ αντιστοίχως και για εντατικά μεγέθη (N,M3,V2)															
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
	Στύλος			Συμπεριφορά στοιχείου υ	Έλεγχος στοιχείου 1: καμπτικά	V_c	V_w	V_R	V_{My}	V_{Mu}	κύρια αστοχία	V_s			
		a_s	$\mu\theta$			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	$V_{Mu} > V_R$	(kN)	$V_s > V_R$	$V_s > V_{My}$	$V_s > V_{Mu}$
1ος όροφος	K2	1.67	1.78	ιονεί_ψαθυρή	1	48.96	93.77	142.73	113.12	122.52	καμπτική	49.47	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		1.67	1.72	ιονεί_ψαθυρή	1	55.21	93.77	148.98	113.12	122.52	καμπτική	13.49	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		1.67	1.64	ιονεί_ψαθυρή	1	62.07	93.77	155.84	113.12	122.52	καμπτική	16.24	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K1	5.00	1.20	ιονεί_ψαθυρή	1	20.33	29.54	49.87	14.10	15.44	καμπτική	5.03	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.55	ιονεί_ψαθυρή	1	30.72	29.54	60.27	14.10	15.44	καμπτική	1.95	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.19	ιονεί_ψαθυρή	1	38.87	29.54	68.41	14.10	15.44	καμπτική	1.40	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K4	5.00	1.35	ιονεί_ψαθυρή	1	33.11	29.54	62.65	14.10	15.44	καμπτική	4.13	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.27	ιονεί_ψαθυρή	1	35.16	29.54	64.70	14.10	15.44	καμπτική	3.38	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.19	ιονεί_ψαθυρή	1	38.54	29.54	68.08	14.10	15.44	καμπτική	1.99	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	K7	5.00	1.19	ιονεί_ψαθυρή	1	39.30	29.54	68.84	14.10	15.44	καμπτική	7.48	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.09	ιονεί_ψαθυρή	1	41.77	29.54	71.31	14.10	15.44	καμπτική	2.72	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.13	ιονεί_ψαθυρή	1	40.49	29.54	70.03	14.10	15.44	καμπτική	1.48	-	ελαστικά	ελαστικά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

1ος όροφος	Κ5	5.00	1.15	οιονεί_ψαθυρή	1	39.06	29.54	68.61	14.10	15.44	καμπτική	6.65	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.13	οιονεί_ψαθυρή	1	40.15	29.54	69.69	14.10	15.44	καμπτική	6.03	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.51	29.54	71.05	14.10	15.44	καμπτική	4.29	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ8	5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	38.89	29.54	68.43	14.10	15.44	καμπτική	8.34	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	41.54	29.54	71.09	14.10	15.44	καμπτική	5.58	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.08	οιονεί_ψαθυρή	1	42.68	29.54	72.23	14.10	15.44	καμπτική	3.35	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ3	5.00	1.37	οιονεί_ψαθυρή	1	25.44	29.54	54.99	14.10	15.44	καμπτική	1.29	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.35	οιονεί_ψαθυρή	1	33.86	29.54	63.41	14.10	15.44	καμπτική	0.93	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.18	οιονεί_ψαθυρή	1	39.27	29.54	68.81	14.10	15.44	καμπτική	0.70	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ6	5.00	1.19	οιονεί_ψαθυρή	1	39.12	29.54	68.66	14.10	15.44	καμπτική	1.18	-	ελαστικά	ελαστικά
2ος όροφος		5.00	1.21	οιονεί_ψαθυρή	1	36.67	29.54	66.22	14.10	15.44	καμπτική	3.93	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.17	οιονεί_ψαθυρή	1	39.42	29.54	68.97	14.10	15.44	καμπτική	2.41	-	ελαστικά	ελαστικά
1ος όροφος	Κ9	5.00	1.10	οιονεί_ψαθυρή	1	16.66	29.54	46.20	14.10	15.44	καμπτική	14.27	-	διαρρέει	πλαστικά
2ος όροφος		5.00	1.37	οιονεί_ψαθυρή	1	33.97	29.54	63.52	14.10	15.44	καμπτική	4.74	-	ελαστικά	ελαστικά
3ος όροφος		5.00	1.09	οιονεί_ψαθυρή	1	41.90	29.54	71.45	14.10	15.44	καμπτική	1.67	-	ελαστικά	ελαστικά