



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Συγκριτική Μελέτη Μεταλλικού Κτηρίου Με και Χωρίς Συμμετέχουσα Τοιχοποιΐα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φάρκωνας Γ. Δημήτριος και Χούσος Π. Κωνσταντίνος

Επιβλέπων : Ι. Βάγιας, καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΕΜΚ ΔΕ 2012/15

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες προς τον κ. Ιωάννη Βάγια, καθηγητή του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών, του τομέα Δομοστατικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την συμπαράσταση και την συμβολή του στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για την αμέριστη συμπαράσταση και την βοήθεια που μας προσέφεραν, ώστε να ολοκληρώσουμε τις σπουδές μας αδιάκοπα και απερίσπαστα, και την φίλη μας Σοφία για την βοήθεια της στην επιμέλεια του κειμένου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την συγκριτική μελέτη ενός κτηρίου κατασκευασμένο από δομικό χάλυβα με και χωρίς συμμετέχουσα τοιχοποιία. Πρόκειται για ένα τετραώροφο κτήριο κατοικιών με pilotis.

Μελετούνται δύο φορείς που διαφέρουν ως προς την τοιχοπλήρωση, ο Φορέας-Α και ο Φορέας-Β.

Η τοιχοποιία του Φορέα-Α είναι η ξηρά δόμηση.

Η τοιχοποιία του Φορέα-Β αποτελείται από δικέλυφα διαχωριστικά τοιχώματα από ισχυρή τσιμεντοκονία και ενσωματωμένη θερμομόνωση, η οποία στο εξής θα αναφέρεται ως 3Δ-πάνελ (εμπορική ονομασία).

Στο 1ο Κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή του κτιρίου. Δίνονται πληροφορίες για τα αρχιτεκτονικά και στατικά στοιχεία της κατασκευής καθώς και στοιχεία για τα δύο είδη τοιχοπλήρωσης, ήτοι την ξηρά δόμηση και το 3Δ πάνελ.

Στο 2ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, προσδιορίζονται οι δράσεις της κατασκευής καθώς και οι συνδυασμοί δράσεων με βάση τους οποίους γίνεται η ανάλυση και η διαστασιολόγηση.

Στο 3ο και 4ο Κεφάλαιο γίνεται η στατική και δυναμική ανάλυση του Φορέα-Α και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής.

Στο 5ο και 6ο Κεφάλαιο γίνεται η στατική και δυναμική ανάλυση του Φορέα-Β και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής.

Τέλος στο 7ο Κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης και διαστασιολόγησης των δύο φορέων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Γενική Περιγραφή Έργου

1.1 Γενικά στοιχεία	10
1.2 Φέρων οργανισμός κτιρίου	12
1.3 Φορέας-A - Τοιχοπλήρωση με ξηρά δόμηση.....	12
1.4 Φορέας-B - Τοιχοπλήρωση με 3Δ-πάνελων	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Υλικά και Φορτία

2.1 Ποιότητα υλικών κατασκευής	18
2.1.1 Σκυρόδεμα C25/30.....	18
2.1.2 Δομικός χάλυβας S275	18
2.2 Φορτία κατασκευής.....	18
2.2.1 Μόνιμα φορτία.....	18
2.2.2 Κινητά φορτία.....	19
2.2.3 Θερμοκρασιακές μεταβολές.....	20
2.2.4 Σεισμικά φορτία	20
2.2.4.1 Σεισμικές ζώνες.....	20
2.2.4.2 Βασική αναπαράσταση της σεισμικής δράσης.....	20
2.2.4.3 Φάσμα σχεδιασμού οριζόντιας συνιστώσας.....	21
2.2.4.4 Κατακόρυφη συνιστώσα	22
2.2.4.5 Κανονικότητα κατασκευής	22
2.2.4.6 Συντελεστής συμπεριφοράς q	24
2.2.5 Συνδυασμοί Δράσεων	26
2.2.5.1 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση αστοχίας	26
2.2.5.2 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Προσομοίωση Φορέα-A

3.1 Γενικά στοιχεία	30
3.2 Δημιουργία προσομοιώματος	39
3.2.1 Ορισμός ιδιοτήτων χρησιμοποιούμενων υλικών	39
3.2.2 Ορισμός συνοριακών συνθηκών.....	40
3.3 Φόρτιση του φορέα	41
3.3.1 Ταλαντούμενη μάζα.....	41
3.3.2 Σεισμικά φορτία	41
3.3.3 Ανάλυση των πλακών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων	43
3.4 Φόρτιση Μελών	44
3.5 Συνδυασμοί φορτίσεων.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Αποτελέσματα ανάλυσης Φορέα-A

4.1 Γενικά στοιχεία	48
4.2 Έλεγχος επιρροών 2 ^{ας} τάξεως	48
4.3 Έλεγχος γωνιακών παραμορφώσεων ορόφων	49
4.4 Ιδιομορφές	50

4.5 Μέγιστες μετατοπίσεις	53
4.6 Σχετική ολίσθηση ορόφων	54
4.7 Επιμέτρηση	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Προσομοίωση Φορέα-B

5.1 Γενικά Στοιχεία.....	61
5.2 Δημιουργία Προσομοιώματος.....	72
5.2.1 Ορισμός ιδιοτήτων χρησιμοποιούμενων υλικών.....	72
5.2.2 Ορισμός συνοριακών συνθηκών.....	73
5.2.3 Προσομοίωση πάνελ τοιχοπλήρωσης.....	73
5.3 Φόρτιση του φορέα.....	75
5.3.1 Ταλαντούμενη μάζα	75
5.3.2 Σεισμικά φορτία.....	76
5.3.3 Ανάλυση των πλακών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.....	77
5.4 Φόρτιση Μελών.....	78
5.5 Συνδυασμοί φορτίσεων.....	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Αποτελέσματα ανάλυσης Φορέα-B

6.1 Γενικά στοιχεία	81
6.2 Έλεγχος επιρροών 2 ^{ας} τάξεως	81
6.3 Έλεγχος γωνιακών παραμορφώσεων ορόφων	81
6.4 Ιδιομορφές	82
6.5 Μέγιστες μετατοπίσεις	85
6.6 Σχετική ολίσθηση ορόφων	86
6.7 Επιμέτρηση	87
6.8 Αποτελέσματα ανάλυσης τοιχοποιίας	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Σύγκριση αποτελεσμάτων – συμπεράσματα

7.1 Σύγκριση μεγεθών απόκρισης	98
7.1.1 Μέγιστες μετατοπίσεις	98
7.1.2 Συντελεστής ευαισθησίας	99
7.1.3 Γωνιακή παραμόρφωση	100
7.1.4 Τέμνουσες βάσης ορόφων	101
7.1.5 Σύγκριση διατομών που προκύπτουν από την διαστασιολόγηση	102
7.1.6 Σύγκριση βάρους μεταλλικού σκελετού.....	103

Βιβλιογραφία	104
--------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Πίνακας Τιμών Φάσματος Οριζόντιας Συνιστώσας Σεισμού.....	105
---	-----

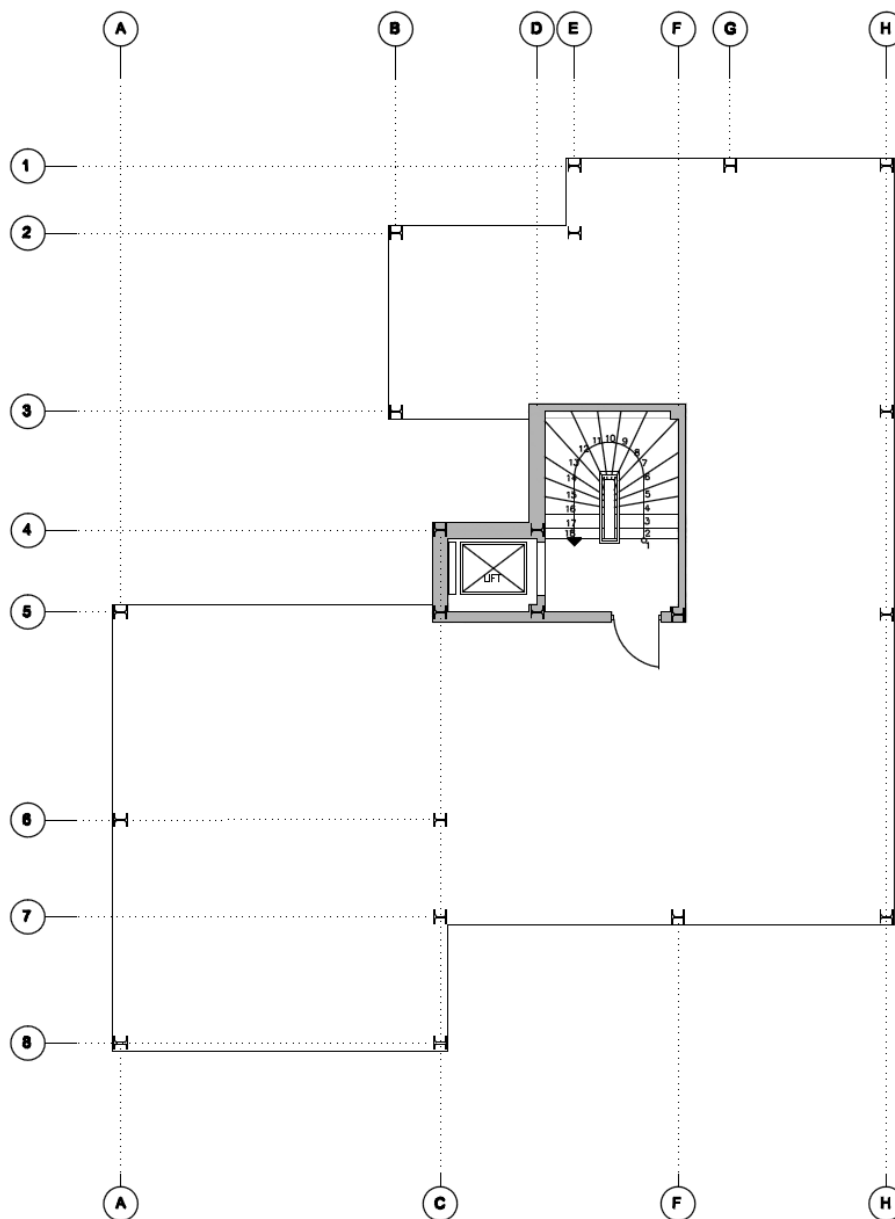
ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

**ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ
ΚΤΗΡΙΟΥ**

1.1 Γενικά στοιχεία

Το κτήριο που πρόκειται να μελετηθεί είναι ένα τετραώροφο κτήριο με pilotis με χρήση κατοικίας. Πρόκειται για μια σύνηθη πολυκατοικία σαν αυτές που κατασκευάζονται στην Αθήνα και σε άλλες πυκνοκατοικιμένες περιοχές. Ειδικότερα αποτελείται από pilotis με χρήση parking και τρεις τυπικούς ορόφους ύψους 3 m και συνολικού εμβαδού κύριων χώρων 198.67 m² έκαστος. Κάθε όροφος αποτελείται από δύο διαμερίσματα. Ένα κεντρικό κλιμακοστάσιο και ένας ανελκυστήρας εξυπηρετούν την κίνηση των ενοίκων. Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι κατόψεις ισογείου και τυπικού ορόφου του κτηρίου.



Εικόνα 1.1 Κάτοψη Pilotis



Εικόνα 1.2: Κάτοψη Τυπικού ορόφου

1.2 Φέρων οργανισμός κτηρίου

Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου αποτελείται από τα παρακάτω δομικά στοιχεία:

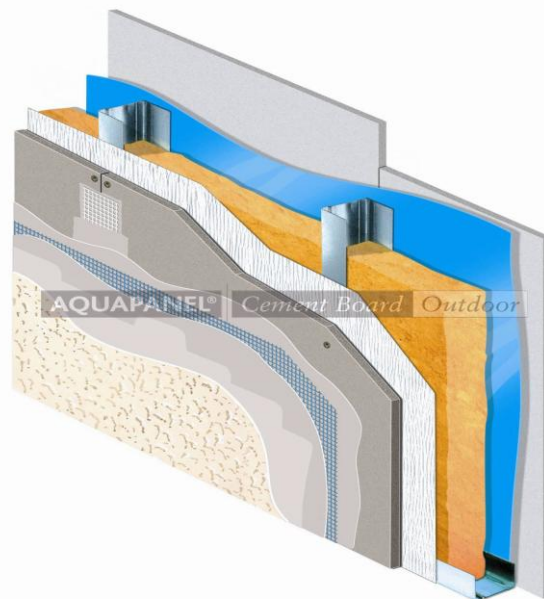
- Ολόσωμες πλάκες από ωπλισμένο σκυρόδεμα.
- Κύριες δοκούς μορφής ΙΡΕ.
- Υποστυλώματα από πλατύπελμες διατομές τύπου ΗΕΒ.
- Θεμελίωση από ωπλισμένο σκυρόδεμα, η διαστασιολόγηση της οποίας δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Το στατικό σύστημα του κτηρίου περιγράφεται αναλυτικότερα σε επόμενα κεφάλαια καθώς διαφέρει στους δύο υπό εξέταση φορείς.

1.3 Φορέας-Α – Τοιχοπλήρωση με ξηρά δόμηση

Στον φορέα Α η τοιχοπλήρωση γίνεται με στοιχεία ξηράς δόμησης. Στη συνέχεια γίνεται μία συνοπτική περιγραφή ενός ενδεικτικού τύπου τοιχοπλήρωσης από ξηρά δόμηση.

Μία συνήθης λύση για τις προσόψεις των μεταλλικών κτηρίων είναι οι αγκυρωμένες τοιχοποιίες, των οποίων η πλευρική στήριξη εξασφαλίζεται από πυκνούς ορθοστάτες μέσω κατάλληλων αγκυρίων. Οι ορθοστάτες αποτελούνται από γαλβανισμένες διατομές C ψυχρής διαμόρφωσης, ενώ τα αγκύρια είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα αγκύρια βιδώνονται στους ορθοστάτες και ενσωματώνονται στους αρμούς του τοίχου. Ο τοίχος είναι δρομικός με απόσταση από τους ορθοστάτες περί τα 50mm. Εκατέρωθεν των ορθοστατών τοποθετούνται γυψοσανίδες, μεταξύ των οποίων υπάρχει θερμομόνωση.



Εικόνα 1.3 : Εξωτερική τοιχοποιία Aquapanel

Ενδεικτικά περιγράφουμε ένα σύνθητες σύστημα εξωτερικής τοιχοποιίας γνωστό ως W384E Knauf Aquarpanel. Η τοιχοποιία αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους δομικά στοιχεία:

- Εξωτερικά 1 στρώση τσιμεντοσανίδας Aquarpanel Outdoor.
- Διαπνέουσα μεμβράνη Aquarpanel Tyvec ανάμεσα στον μεταλλικό σκελετό και την τσιμεντοσανίδα.
- Μεταλλικός σκελετός Knauf Aquaprofil αποτελούμενος από στρωτήρες UW75-100/40/06 και ορθοστάτες CW75-100/50/06. Οι ορθοστάτες τοποθετούνται σε αξονικές αποστάσεις των 40 ή 60 εκατοστών μεταξύ τους. Τα μεταλλικά προφίλ παράγονται από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 6/10mm, κατηγορίας γαλβανίσματος Z250, σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN14195:2005/A6:2006.
- Ορυκτοβάμβακας ή πετροβάμβακας Knauf Insulation σε διάφορα πάχη και πυκνότητες, τοποθετημένος εσωτερικά του σκελετού με $\lambda = 0,039 - 0,032$ W/m K.
- 2 στρώσεις γυψοσανίδας Knauf GKB πάχους 12,5mm.

Η αρμολόγηση των τσιμεντοσανίδων πραγματοποιείται με το υλικό αρμολόγησης Aquarpanel Joint filler ή Betocoat, σε συνδυασμό με την αντιαλκαλική υαλοταινία αρμού πλάτους 10cm.

Η επιφάνειά των τσιμεντοσανίδων επιχρίεται με το Aquarpanel Basecoat ή Betocoat σε στρώση πάχους 5-7mm, εγκιβωτίζοντας παράλληλα και το αντιαλκαλικό εξωτερικό πλέγμα ενίσχυσης AQUAPANEL, βάρους 200 gr/m³.

Σε περίπτωση επεξεργασίας της επιφάνειας με βαφή προτείνεται αρχικά η εφαρμογή του ασταριού εξωτερικής χρήσης Betocoat Primer Elast και στην συνέχεια η εφαρμογή του χρώματος ακρυλικής βάσεως Betocoat Color Elast.

Ιδιότητες τοιχοποιίας W387 E

Πάχος τοίχου: $\approx 11,50 - 14$ cm

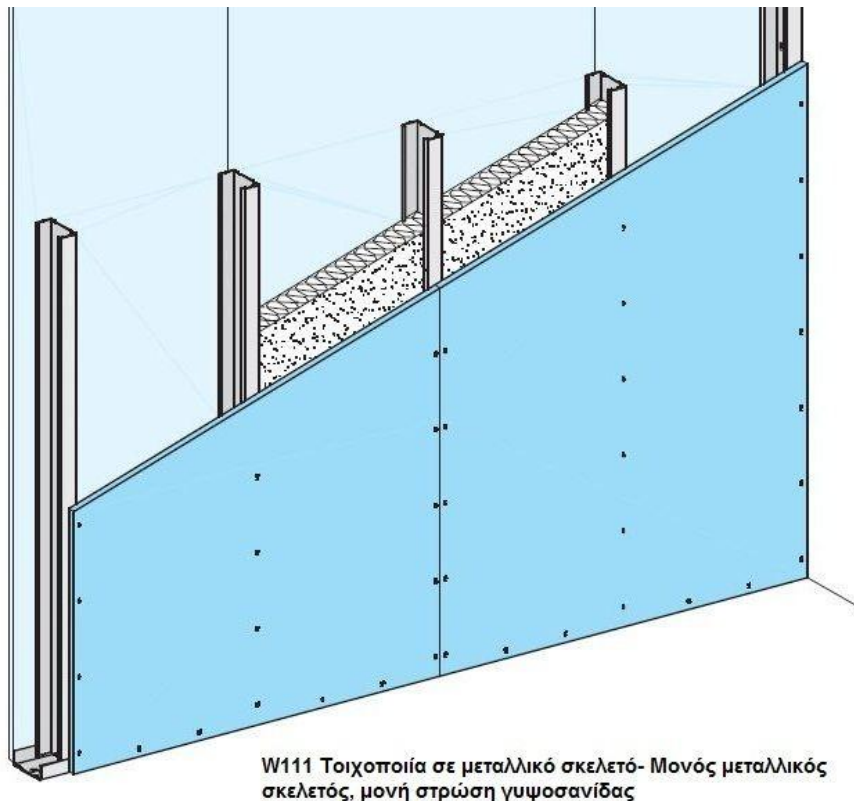
Ηχομόνωση: 50-55db

Θερμομόνωση: 0.44-0,35 W/m² K

Πυράντοχή: F60 με πυράντοχες γυψοσανίδες GKF,

F90 με πυράντοχες γυψοσανίδες GKF πάχους 15mm

Όσον αφορά στην εσωτερική τοιχοποιία αυτή αποτελείται από μόνο μεταλλικό σκελετό και μονή επίστρωση από γυψοσανίδα εκατέρωθεν. Ενδεικτικά αναφέρουμε την τοιχοποιία Knauf W111.



Εικόνα 1.4 : Εσωτερική τοιχοποιία W111

1.4 Φορέας-B – Τοιχοπλήρωση με δικέλυφα διαχωριστικά τοιχώματα από ισχυρή τσιμεντοκονία.

Στη συνέχεια του κειμένου αυτού του είδους η τοιχοπλήρωση θα αναφέρεται ως "3Δ-πάνελ", καθώς έτσι είναι η εμπορική του ονομασία.

Το 3Δ-πάνελ τοιχοπλήρωσης είναι ένα τρισδιάστατο, βιομηχανικό, δομικό στοιχείο που συντίθεται από δύο παράλληλα πλέγματα τα οποία αποτελούνται από οριζόντιες και κατακόρυφες ράβδους οπλισμού διατομής $\Phi 3.0$ ή $\Phi 3.6/S500$ συγκολλημένες μεταξύ τους κατά 6,25cm προς όλες τις κατευθύνσεις (Εικόνα 1.3).

Τα δυο πλέγματα συγκρατούνται παράλληλα μεταξύ τους με συγκολλημένες σε αυτά δισδιαγώνιες γαλβανισμένες ράβδους (64 τεμάχια ανά m^2 πλέγματος) οπλισμού $\Phi 3.6/S500$.

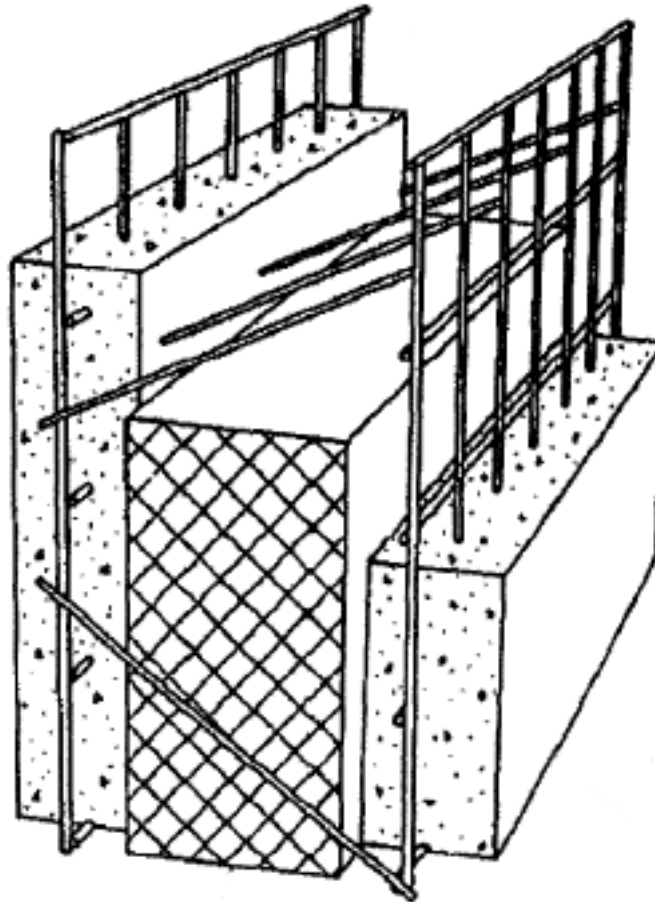
Στο ενδιάμεσο μεταξύ των πλεγμάτων και παράλληλα προς αυτά, προβλέπεται ενσωματωμένη, κατά την παραγωγή, πλάκα αυτοσβηνόμενης διογκωμένης πολυστερίνης πυκνότητας 18-20 kg/m^3 και πάχους από 5cm έως και 20cm, η οποία είναι διαπερασμένη από τις δισδιαγώνιες ράβδους και έτσι είναι ασφαλώς συγκρατημένη παράλληλα προς τα πλέγματα σε ελεγχόμενη απόσταση από αυτά.

Το πλάτος του κάθε πάνελ είναι 1,25m και το μήκος κυμαίνεται, ανάλογα και με το είδος της χρήσης του στοιχείου 3Δ-πάνελ, από 2,5m έως 4,5m.

Το κάθε πάνελ αναφέρεται με τον εξής συμβολισμό: π.χ. P120/60/Φ3 που σημαίνει: α = απόσταση μεταξύ των πλεγμάτων 120mm, β = πάχος μονωτικού υλικού 60mm, γ = διατομή σύρματος Φ 3mm.

Μετά την τοποθέτηση των πλεγμάτων ακολουθεί η εκτόξευση ισχυρού τσιμεντοκονιάματος, τύπου υγρού γκαναίτ, με κοινές μηχανές εκτόξευσης, και χρήση πρόσμικτου κονιάματος BETON-PLUS. Η αναλογία για κάθε χαρμάνι (1/8 m³) είναι:

- 1 σάκος τσιμέντου (50kg)
- 30 φτυαριές (0,15 m³) άμμος χονδρόκοκη
- 2-1/2 φτυαριές (5kg) πρόσμικτου κονιάματος BETON-PLUS (ανόργανο δομικό υλικό)
- νερό όσο απαιτείται για σχετικά σφιχτό χαρμάνι



Εικόνα 1.5 : Σχηματική τομή των 3Δ-πάνελ τοιχοπλήρωσης



Εικόνα 1.6 : Τελική μορφή τοιχοποιίας



Εικόνα 1.7 : Εκτόξευση ισχυρής τσιμεντοκονίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ

2.1 Ποιότητα Υλικών Κατασκευής

2.1.1 Σκυρόδεμα C25/30

Για τις πλάκες του κτηρίου έχει χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30, του οποίου οι τιμές σχεδιασμού είναι:

Μέτρο Ελαστικότητας:	$E=31 \text{ GPa } (31 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2)$
Σταθερά Poisson:	$\nu=0,2$
Ειδικό βάρος:	$\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ (οπλισμένο σκυρόδεμα)
Αντοχή:	$f_{ck}= 25000 \text{ kN/m}^2$

2.1.2 Δομικός Χάλυβας S275

Για τα μέλη από δομικό χάλυβα έχει χρησιμοποιηθεί χάλυβας ποιότητας S275. Οι τιμές σχεδιασμού του δομικού χάλυβα είναι:

Μέτρο Ελαστικότητας:	$E=210.000 \text{ MPa } (2,1 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2)$
Σταθερά Poisson:	$\nu=0,3$
Ειδικό βάρος:	$\gamma=78,5 \text{ kN/m}^3$
Όριο Διαρροής:	$f_y = 275000 \text{ kN/m}^2$
Εφελκυστική Αντοχή:	$f_u = 430000 \text{ kN/m}^2$

2.2 Φορτία Κατασκευής

Ανάλογα με τη χρήση, τη μορφή και τη θέση του έργου, προσδιορίζονται οι δράσεις με τις οποίες ο μελετητής θα προβεί στην ανάλυση του φορέα, για να προσδιορισθούν τα δυσμενέστερα εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη.

Η εκτίμηση των φορτίων και δυνάμεων που καταπονούν την κατασκευή δεν είναι πάντα δυνατό να γίνει με ακρίβεια. Η κατανομή μιας φόρτισης καθορίζεται συνήθως με παραδοχές και προσεγγίσεις, ακόμα και αν η φόρτιση είναι γνωστή. Τα φορτία που δρουν σε μια κατασκευή διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες :

- Μόνιμα Φορτία (G)
- Κινητά Φορτία (Q)
- Τυχηματικά Φορτία (A)
- Σεισμικά Φορτία (E)

2.2.1 Μόνιμα φορτία (dead και sdead loads)

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα κατακόρυφα φορτία που δρουν καθ' όλη την διάρκεια ζωής του έργου.

- Ίδια βάρη της κατασκευής:
 - Ίδιο βάρος σκυροδέματος ($h_c=0,16\text{m}$):
 $g_c=25\text{kN/m}^3 \cdot 0,16\text{m}=4,00\text{kN/m}^2$ (το οποίο υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα)

• Ίδιο βάρος σιδηροδοκού ($A_a = \text{εμβαδόν της διατομής}$):

$$g_a = 78,5 \text{ kN/m}^3 \cdot A_a \text{ (το οποίο υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα)}$$

- Λοιπά μόνιμα (επικαλύψεις, δάπεδα κ.τ.λ.) με τιμή 1,5 kN/m² για όλα τα δάπεδα σε όλους τους ορόφους.

2.2.2 Κινητά (μεταβλητά) φορτία (live loads):

Τα κινητά ή μεταβλητά φορτία είναι φορτία βαρύτητας ή πλευρικά φορτία που δρουν όταν η κατασκευή βρίσκεται σε λειτουργία. Τα μεταβλητά αυτά φορτία θα πρέπει να τοποθετούνται κατά δυσμενή τρόπο στο φορέα, ώστε να καλύπτεται η δυσμενέστερη επιρροή τους.

Τα επιβαλλόμενα φορτία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα ή συγκεντρωμένα κατακόρυφα φορτία και οφείλονται είτε σε κανονική χρήση από ανθρώπους, είτε σε έπιπλα, είτε σε μηχανήματα κλπ. Επίσης μπορεί να οφείλονται σε ασυνήθεις συγκεντρώσεις ανθρώπων ή επίπλων ή ακόμη και σε μετακίνηση ή στοίβαγμα εμπορευμάτων σε περιπτώσεις ανακαίνισης ή αναδιοργάνωσης. Λόγω της μη επακριβούς δυνατότητας υπολογισμού αυτών γίνεται στατιστικώς μόνο προσδιορισμός τους και οι τελικές τιμές λαμβάνονται από τους αντίστοιχους κανονισμούς.

Προκειμένου να γίνει ο καθορισμός των επιβαλλόμενων φορτίων, οι επιφάνειες κατατάσσονται σε κατηγορίες, αναλόγως με τη χρήση σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία	Συγκεκριμένη Χρήση	Παράδειγμα
A	Χώροι διαμονής	Δωμάτια σε κτήρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υποδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
B	Χώροι γραφείων	
C	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροισθούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A, B, και D ¹⁾)	C1: Χώροι με τραπέζια κλπ. Π.χ. σχολικοί χώροι, νηπιαγωγεία, καφεενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνωστήρια, χώροι υποδοχής. C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα, Π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς. C3: Χώροι χωρίς εμπόδια στη διακίνηση του κοινού, π.χ. χώροι σε μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, κλπ. και χώροι πρόσβασης σε δημόσια και διοικητικά κτήρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Προαύλια σιδηροδρομικών σταθμών. C4: Χώροι για πιθανές σωματικές δραστηριότητες, π.χ. αίθουσες χορού, αίθουσες γυμναστικής και θεατρικές σκηνές C5: Χώροι επιρρεπείς σε μεγάλα πλήθη, π.χ. για δημόσιες εκδηλώσεις όπως αίθουσες συναυλιών, κλειστά γήπεδα, εξέδρες γηπέδων, εξώστες και χώροι πρόσβασης, πλατφόρμες σιδηροδρόμων.
D	Χώροι με εμπορικά καταστήματα	D1: Χώροι σε καταστήματα λιανικής πώλησης, γενικά. D2: Χώροι σε πολυκαταστήματα.
1) Εφιστάται η προσοχή στο 6.3.1.1(2), και συγκεκριμένα για το C4 και C5. Βλέπε EN 1990 στην περίπτωση που πρέπει να εξετασθούν οι δυναμικές επιδράσεις. Για την Κατηγορία E, βλέπε πίνακα 6.3 ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Βλέπε 6.3.2 για αποθήκευση ή βιομηχανικές δραστηριότητες.		

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες χρήσης επιφανειών κτηρίου

Το εν λόγω κτήριο κατατάσσεται στην κατηγορία χρήσης A: Δωμάτια σε κτήρια κατοικιών και σπίτια.

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Κατηγορία A		
- Δάπεδα	1,5 έως 2,0	2,0 έως 3,0
- Σκάλες	2,0 έως 4,0	2,0 έως 4,0
- Μπαλκόνια	2,5 έως 4,0	2,0 έως 3,0
Κατηγορία B	2,0 έως 3,0	1,5 έως 4,5
Κατηγορία C		
- C1	2,0 έως 3,0	3,0 έως 4,0
- C2	3,0 έως 4,0	2,5 έως 7,0 (4,0)
- C3	3,0 έως 5,0	4,0 έως 7,0
- C4	4,5 έως 5,0	3,5 έως 7,0
- C5	5,0 έως 7,5	3,5 έως 4,5
Κατηγορία D		
- D1	4,0 έως 5,0	3,5 έως 7,0 (4,0)
- D2	4,0 έως 5,0	3,5 έως 7,0

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων q_k & Q_k

Για κτήριο κατηγορίας A που είναι το εν λόγω επιλέγουμε καταναμημένο επιβαλλόμενο φορτίο δαπέδου $q_k=2,00 \text{ KN/m}^2$ στις κύριες πλάκες και $q_k=5,00 \text{ KN/m}^2$ στους εξώστες.

2.2.3 Θερμοκρασιακές μεταβολές (temp):

Εφαρμόστηκε θερμοκρασιακή μεταβολή στα χαλύβδινα μέλη του φορέα $\Delta T = \pm 20^\circ\text{C}$ μέσω του προγράμματος ως εξής: assign->frame line load->temperature.

2.2.4 Σεισμικά φορτία:

2.2.4.1 Σεισμικές ζώνες

Για τους σκοπούς του Ευρωκώδικα τα εθνικά εδάφη χωρίζονται σε ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας. Στην παράγραφο 3.2.1 του EC8 αναφέρεται ότι σε κάθε σεισμική ζώνη, ορίζεται μια τιμή αναφοράς a_{gR} της μέγιστης επιτάχυνσης, η οποία αντιστοιχεί στη τιμή αναφοράς για περίοδο επαναφοράς T_{NRC} της σεισμικής δράσης με απαίτηση μη κατάρρευσης (ή ισοδύναμα στη πιθανότητα υπέρβασης μέσα σε 50 χρόνια, P_{NCR}), στην οποία αντιστοιχεί συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma_i = 1.0$. Ειδικότερα για την Ελλάδα, το Εθνικό Προσάρτημα περιέχει χάρτη ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της χώρας βάσει του οποίου ορίζονται οι αντίστοιχες τιμές a_{gR} .

Ο σχεδιασμός του κτιρίου γίνεται για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Z2, δηλαδή για $a_{gR} = 0.24g$.

2.2.4.2 Βασική αναπαράσταση της σεισμικής δράσης

Στον EC8 αναφέρεται ότι η σεισμική κίνηση σε ένα δεδομένο σημείο στην επιφάνεια του εδάφους αναπαρίσταται από ένα φάσμα ελαστικής απόκρισης. Η οριζόντια σεισμική δράση χωρίζεται σε δύο κάθετες μεταξύ τους συνιστώσες, οι οποίες είναι ανεξάρτητες και χαρακτηρίζονται από το ίδιο φάσμα απόκρισης.

Σε περιπτώσεις που οι σεισμοί που επιδρούν σε ένα σημείο παράγονται από διαφορετικές πηγές, κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα

φάσματα απόκρισης, για την πειστικότερη απεικόνιση της σεισμικής διέγερσης, χρησιμοποιώντας διαφορετικές τιμές της επιτάχυνσης a_g για κάθε φάσμα.

2.2.4.3 Φάσμα σχεδιασμού οριζόντιας συνιστώσας για ελαστική ανάλυση

Η ικανότητα των φορέων να ανθίστανται στις σεισμικές δράσεις στη μη γραμμική περιοχή, επιτρέπει γενικά το σχεδιασμό τους ώστε να αντέχουν σε σεισμικές δυνάμεις μικρότερες από εκείνες που αντιστοιχούν σε γραμμική ελαστική απόκριση.

Για να αποφευχθεί η εκτέλεση πλήρους ανελαστικής ανάλυσης στη μελέτη, η ικανότητα του φορέα για απόδοση ενέργειας, κυρίως μέσω πλάστιμης συμπεριφοράς των στοιχείων του, λαμβάνεται υπόψη με εκτέλεση ελαστικής ανάλυσης βασισμένης σε φάσμα απόκρισης μειωμένο σε σχέση με το ελαστικό. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του συντελεστή συμπεριφοράς q .

Για τις οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης το φάσμα σχεδιασμού για ελαστική ανάλυση $S_d(T)$ καθορίζεται στη παράγραφο 3.2.2.5 του EC8 από τις ακόλουθες εκφράσεις:

$$\begin{aligned} 0 \leq T \leq T_B : & \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot [2/3 + T/T_B \cdot (2,5/q - 2/3)] \\ T_B \leq T \leq T_C : & \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot 2,5/q \\ T_C \leq T \leq T_D : & \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot 2,5/q \cdot T_C/T \geq \beta \cdot a_g \\ T_D \leq T : & \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot 2,5/q \cdot T_C \cdot T_D/T^2 \geq \beta \cdot a_g \end{aligned}$$

όπου :

$S_d(T)$: η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού

q : ο συντελεστής συμπεριφοράς

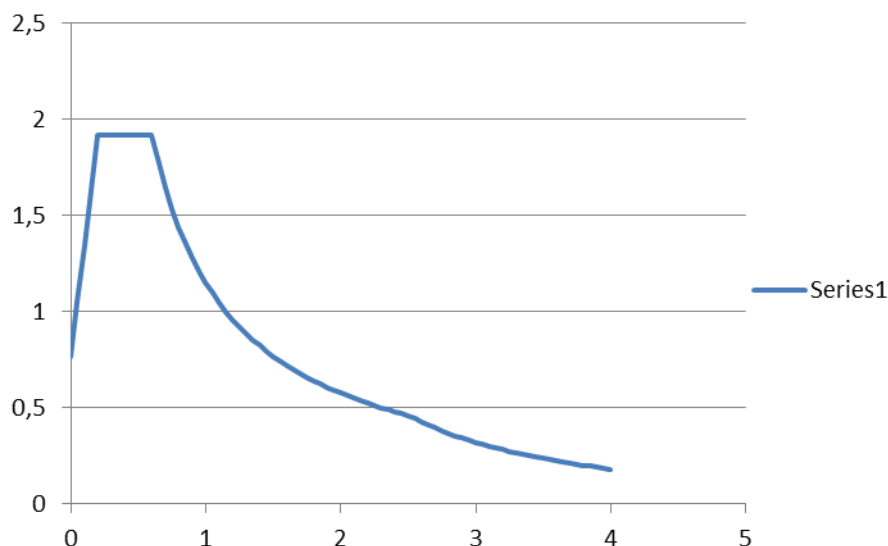
β : το κάτω όριο για το οριζόντιο φάσμα σχεδιασμού, με προτεινόμενη τιμή, 0.2

Για τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο, επιλέγονται οι τιμές των παραμέτρων που φαίνονται στο Πίνακα 2 και προκύπτει το φάσμα ($S_d/a_g - T$) του Σχήματος 2.1 (Οι τιμές βάσει του οποίου προκύπτει αναλύονται στο Παράρτημα).

ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	II
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	C
ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	$\alpha_h=0,24 \cdot g$
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ	$\gamma_1=1,00$
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	$\theta=1$
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	$S=1,15$
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	$q_h=1,5$
ΤΙΜΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ	$T_B=0,2\text{sec}, T_C=0,6\text{sec}, T_D=2,5\text{sec}$

Πίνακας 2.3: Τιμές παραμέτρων φάσματος σχεδιασμού οριζόντιας συνιστώσας

Σημείωση: οι τιμές S , T_B , T_C και T_D , προκύπτουν σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα για οριζόντιο ελαστικό φάσμα απόκρισης τύπου 1, το οποίο συστήνεται να εφαρμόζεται σε όλες τις σεισμικές ζώνες της Ελλάδας.



Σχήμα 2.1: Φάσμα σχεδιασμού οριζόντιας συνιστώσας

2.2.4.4 Κατακόρυφη συνιστώσα

Σύμφωνα με τον EC8, εάν η κατακόρυφη εδαφική σεισμική επιτάχυνση a_{vg} είναι μεγαλύτερη από $0,25g$ ($0,25 \text{ m/s}^2$), η κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού (όπως αυτή ορίζεται στο Κεφάλαιο 3 του Ευρωκώδικα), θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις εξής περιπτώσεις:

- Για οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια φέροντα στο ιχθεία με άνοιγμα μεγαλύτερο των 20 m
- Για οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια προεξέχοντα τμήματα (προβόλους) με μήκος μεγαλύτερο των 5 m
- Για οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια προεντεταμένα στοιχεία
- Για δοκούς με φυτευτά υποστυλώματα
- Σε κατασκευές με σεισμική μόνωση

Επίσης συμπληρώνεται ότι η ανάλυση για τη συμβολή της κατακόρυφης συνιστώσας μπορεί να γίνεται στο τμήμα μόνο της όλης κατασκευής, όπου περιλαμβάνονται τα στοιχεία που αναφέρθηκαν, για τα οποία λαμβάνεται υπόψη η κατακόρυφη συνιστώσα, και θα συνυπολογίζει τη δυσκαμψία των υπόλοιπων τμημάτων.

Η κατακόρυφη συνιστώσα θα λαμβάνεται υπόψη μόνο για τα εν λόγω στοιχεία και τα στοιχεία που βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση με αυτά.

Στο υπό μελέτη κτίριο δεν διαπιστώνονται δομικά στοιχεία που να ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες, για αυτό η κατακόρυφη συνιστώσα δεν λαμβάνεται υπόψη.

2.2.4.5 Κανονικότητα κατασκευής

Οι κατασκευές, για το σκοπό του αντισεισμικού σχεδιασμού, χαρακτηρίζονται ως κανονικές ή μη κανονικές. Ο διαχωρισμός αυτός έχει επιπτώσεις στα εξής:

- Στο δομικό μοντέλο, το οποίο μπορεί να είναι ένα απλοποιημένο δισδιάστατο (επίπεδο) μοντέλο ή πλήρες τρισδιάστατο (χωρικό) μοντέλο.
- Στη μέθοδο ανάλυσης, που μπορεί να είναι απλοποιημένη φασματική μέθοδος ή δυναμική φασματική μέθοδος.
- Στη τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q , η οποία λαμβάνεται μειωμένη για κτίρια μη κανονικά καθ' ύψος.

2.2.4.5.1 Κανονικότητα σε κάτοψη

Ο EC8 θέτει κάποια κριτήρια προκειμένου να κατατάσσεται ένα κτίριο σαν κανονικό σε κάτοψη, τα οποία είναι τα εξής:

- Ως προς τη πλευρική δυσκαμψία και τη κατανομή της μάζας, το κτίριο θα πρέπει να είναι κατά προσέγγιση συμμετρικό σε κάτοψη, ως προς δύο ορθογώνιους άξονες.
- Η διαμόρφωση της κάτοψης πρέπει να είναι συμπαγής, δηλαδή κάθε όροφος θα περικλείεται από μια κυρτή πολυγωνική γραμμή. Αν υπάρχουν εσοχές, μπορεί να θεωρείται και πάλι ότι υπάρχει κανονικότητα, εάν: α) αυτές οι εσοχές δεν επηρεάζουν τη δυσκαμψία του ορόφου εντός του επιπέδου του (δυστένεια) και β) για κάθε εσοχή, η επιφάνεια μεταξύ του (πραγματικού) περιγράμματος του ορόφου και της κυρτής πολυγωνικής γραμμής που τον περιβάλλει δεν ξεπερνάει το 5% της επιφάνειας του ορόφου.
- Η εντός του επιπέδου τους δυσκαμψία των ορόφων θα πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλη σε σχέση με τη πλευρική δυσκαμψία των κατακόρυφων δομικών στοιχείων (υποστυλώματα), ώστε η παραμόρφωση του ορόφου (εντός του επιπέδου του) να έχει μικρή επίδραση στην κατανομή των δυνάμεων μεταξύ των υποστυλωμάτων. Έτσι, σχήματα ορόφου σε μορφή L,C,H,I και X θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά, ουσιαστικά δηλαδή, η ακαμψία των προεξεχόντων κλάδων θα πρέπει να είναι συγκρίσιμη με εκείνη του κεντρικού μέρους, προκειμένου να ικανοποιείται η υπόθεση του απαραμόρφωτου διαφράγματος.
- Ο λόγος $\lambda = L_{\max} / L_{\min}$ του κτιρίου σε κάτοψη δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος του 4, όπου L_{\max} και L_{\min} είναι αντίστοιχα η μεγαλύτερη και η μικρότερη διάσταση σε κάτοψη του κτιρίου, μετρούμενες σε δύο κάθετες διευθύνσεις.
- Σε κάθε επίπεδο (όροφος) και για κάθε διεύθυνση ανάλυσης x και y , η στατική εκκεντρότητα (= structural ή natural eccentricity, όπως αναφέρεται στο κείμενο) και η ακτίνα δυστρεψίας r , πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες συνθήκες (που εκφράζονται εδώ για τη διεύθυνση ανάλυσης y):

$$e_{ox} \leq 0,30 \cdot r_x$$

$$r_x \geq l_s$$

όπου,

$e_{ox}(\mathbf{m})$, η απόσταση μεταξύ του κέντρου δυσκαμψίας και του κέντρου μάζας, κατά τη διεύθυνση x , δηλαδή κάθετα στην εξεταζόμενη διεύθυνση

$r_x(\mathbf{m})$, η ακτίνα δυστρεψίας, που υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του λόγου της στρεπτικής δυσκαμψίας, προς την πλευρική (μεταφορική) δυσκαμψία στη διεύθυνση y .

l_s (m), η ακτίνα αδράνειας της μάζας του ορόφου σε κάτοψη, που υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του λόγου της πολικής ροπής αδράνειας μάζας του ορόφου (ως προς το κέντρο μάζας) προς τη μάζα του ορόφου .

Για το υπό μελέτη κτήριο, από την κάτοψη, κυρίως λόγω των πολλών εσοχών που έχει, βγάζουμε το συμπέρασμα ότι δεν είναι κανονικό.

2.2.4.5.2 Κανονικότητα καθ' ύψος

Ένα κτίριο θα λέγεται κανονικό καθ' ύψος σύμφωνα με τον EC8, εάν ικανοποιεί όλα τα παρακάτω κριτήρια :

- Όλα τα δομικά στοιχεία που αντιστέκονται στα πλευρικά φορτία, όπως πυρήνες, τοιχώματα και πλαίσια, πρέπει να διατρέχουν χωρίς να διακόπτονται όλο το ύψος του κτιρίου, από τα θεμέλια ως την κορυφή του κτιρίου.
- Η πλευρική δυσκαμψία και η μάζα καθενός ορόφου πρέπει να είναι συνεχής ή να μειώνονται βαθμιαία, χωρίς απότομες μεταβολές από τη βάση έως την κορυφή του κτιρίου.
- Σε πλαισιωτές κατασκευές, ο λόγος της πραγματικής αντοχής ενός ορόφου προς την απαιτούμενη από την ανάλυση δεν πρέπει να μεταβάλλεται δυσανάλογα μεταξύ γειτονικών ορόφων.
- Όταν υπάρχουν εσοχές καθ' ύψος, ισχύουν οι επόμενοι πρόσθετοι κανόνες:
 - α) Στην περίπτωση επάλληλων εσοχών που διατηρούν την αξονική συμμετρία του κτιρίου, η εσοχή σε οποιονδήποτε όροφο δεν πρέπει να ξεπερνάει το 20% της διάστασης του προηγούμενου ορόφου, στη διεύθυνση της εσοχής.
 - β) Για μία εσοχή μόνο, όταν αυτή βρίσκεται στο κατώτερο 15% του συνολικού ύψους του κυρίως δομικού συστήματος, αυτή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 50% της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη
 - γ) Σ' αυτή τη περίπτωση, το κάτω μέρος του φορέα που περιλαμβάνεται μέσα στην κατακόρυφη προβολή της περιμέτρου των ανωτέρων ορόφων θα πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να παραλαμβάνει τουλάχιστον το 75% των τεμνουσών δυνάμεων που θα αναπτύσσονταν στην ίδια ζώνη σε παρόμοιο κτίριο χωρίς τη διεύρυνση του κάτω μέρους.
 - δ) Εάν οι εσοχές δεν διατηρούν τη συμμετρία του φορέα, το άθροισμα των εσοχών, σε κάθε όψη, δεν πρέπει να ξεπερνάει το 30% της διάστασης σε κάτοψη του πρώτου ορόφου πάνω από τη θεμελίωση και κάθε επιμέρους εσοχή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 10% της προηγούμενης διάστασης της κάτοψης.

Για το υπό μελέτη κτήριο, κυρίως λόγω της πιλοτής, βγάζουμε το συμπέρασμα ότι δεν είναι κανονικό.

2.2.4.6 Συντελεστής συμπεριφοράς q

Στην παράγραφο 2.1.3, κατά τον υπολογισμό του οριζόντιου φάσματος σχεδιασμού, επιλέχθηκε η τιμή $q=1,5$ για το συντελεστή συμπεριφοράς. Στην

παράγραφο αυτή επιχειρείται να παρουσιαστεί η λογική του σχεδιασμού πλαστικών κατασκευών μέσω της επιλογής της κατάλληλης τιμής q .

Η αντοχή και ικανότητα απορρόφησης ενέργειας της κατασκευής σχετίζονται με το βαθμό στον οποίο σχεδιάζεται να εκμεταλλευτεί η μη-γραμμική της συμπεριφορά. Πρακτικά, αυτή η ισορροπία μεταξύ αντοχής και ικανότητας απορρόφησης ενέργειας εκφράζεται με τη τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q και τη σχετική κατάταξη ως προς τη πλαστιμότητα.

Έτσι, οι κατασκευές κατατάσσονται σε κατηγορίες, χαμηλής, μέτριας και υψηλής πλαστιμότητας για τις οποίες προκύπτει ο κατάλληλος και επιτρεπτός συντελεστής συμπεριφοράς q . Στον Πίνακα 2.4 φαίνονται οι επιτρεπτοί συντελεστές q για κάθε αρχή σχεδιασμού και κατηγορία πλαστιμότητας, (Πίνακας 6.1 του EC8).

Αρχή Σχεδιασμού	Κατηγορία πλαστιμότητας	Φάσμα των τιμών αναφοράς του συντελεστή συμπεριφοράς q
Περιορισμένη πλαστική συμπεριφορά	ΚΠΧ (Χαμηλή)	$\leq 1,5 - 2$
Πλάστικη συμπεριφορά	ΚΠΜ (Μέτρια)	≤ 4
	ΚΠΥ (Υψηλή)	≤ 6

Πίνακας 2.4: Αρχές σχεδιασμού, κατηγορίες πλαστιμότητας και ανώτατες τιμές αναφοράς των συντελεστών αναφοράς

Δομικό σύστημα	Μέγιστες τιμές συμπεριφοράς q	
	DCM	DCH
Πλαίσια ροπής	4	5 α u/α1
Πλαίσια με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα		
Διαγώνιοι σύνδεσμοι	4	4

Πίνακας 2.5. Μέγιστες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς q για κανονικά καθ' ύψος συστήματα πλαισίων ροπής και πλαισίων με διαγώνιους συνδέσμους

Ο EC8 δίνει τιμές του q για πλαστικές, κανονικές κατασκευές, ανάλογα με το είδος συστήματος της κατασκευής. Στον πίνακα 2.5 φαίνονται οι τιμές αυτές για πλαίσια ροπής και πλαίσια με διαγώνιους συνδέσμους από τα οποία αποτελείται η υπό μελέτη κατασκευή.

Για κατασκευές μη κανονικές καθ' ύψος τα άνω όρια του συντελεστή q θα λαμβάνονται μειωμένα κατά 20%.

Για κτίρια κανονικά σε κάτοψη, εάν δε γίνεται πιο ακριβής εκτίμηση του λόγου a_u/a_1 , μπορούν να χρησιμοποιούνται οι τιμές που δίνονται στις εικόνες 6.1 έως 6.8 του EC8.

Οι παράμετροι a_1 και a_u ορίζονται ως :

a_1 : η τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστεί η οριζόντια σεισμική δράση, προκειμένου να αποκτήσει τη πλαστική του αντοχή οποιοδήποτε στοιχείο της κατασκευής, ενώ οι υπόλοιπες δράσεις παραμένουν σταθερές.

a_u : η τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστεί η οριζόντια σεισμική δράση, προκειμένου να σχηματιστούν τόσες πλαστικές αρθρώσεις όσες απαιτούνται για να παρατηρηθεί συνολική δομική αστάθεια, ενώ όλες οι άλλες δράσεις παραμένουν σταθερές. Η τιμή a_u μπορεί να προσδιορισθεί από μη-γραμμική στατική ανάλυση (push-over).

Για κτίρια μη κανονικά σε κάτοψη, η (προσεγγιστική) τιμή του a_u / a_1 που μπορεί να χρησιμοποιείται, όταν δεν γίνονται υπολογισμοί για την εκτίμησή του, μπορεί να λαμβάνεται ως το ημίαθροισμα της μονάδας (1,0) και της τιμής που δίνεται στις εικόνες 6.1 ως 6.8 του EC8.

2.2.5 Συνδυασμοί δράσεων:

2.2.5.1 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση αστοχίας

Οι συνδυασμοί σχεδιασμού που ορίζονται στο Πρότυπο αυτό για τον έλεγχο στην οριακή κατάσταση αστοχίας είναι οι ακόλουθοι:

- Για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές

$$\Sigma \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_p P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Qi} \psi_{oi} Q_{ki}$$

- Για τυχηματικές καταστάσεις

$$\Sigma \gamma_{Aj} G_{kj} + \gamma_p A_{Pk} + A_d + \psi_{11} Q_{k1} + \Sigma \psi_{1i} Q_{ki}$$

- Για καταστάσεις σεισμού

$$\Sigma G_{kj} + P_k + \gamma_I A_{Ed} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

Πρέπει να γίνει σαφές, ότι η μορφή των συνδυασμών είναι συμβολική και το σύμβολο του αθροίσματος δεν σημαίνει αλγεβρική ή γεωμετρική άθροιση, αλλά απλώς επαλληλία δράσεων (δλδ. Ταυτόχρονη συνύπαρξη των διαφόρων δράσεων).

Τα σύμβολα στους συνδυασμούς αυτούς είναι τα εξής:

+	σημαίνει « επαλληλία με »
G_{kj}	είναι η χαρακτηριστική τιμή των μονίμων δράσεων
P_k	είναι η χαρακτηριστική τιμή της προέντασης
Q_{k1}	είναι η χαρακτηριστική τιμή της μεταβλητής δράσης i
A_d	είναι η τιμή σχεδιασμού της τυχηματικής δράσης
A_{Ed}	είναι η τιμή σχεδιασμού της σεισμικής δράσης

γ_{Gj} , γ_{GAj} είναι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τη μόνιμη δράση j
 γ_p , γ_{pA} είναι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για την προένταση
 γ_{Qi} είναι ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τη μεταβλητή δράση i
 γ_I είναι ο συντελεστής σπουδαιότητας
 ψ_{0i} , ψ_{1i} , ψ_{2i} είναι συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων

Οι επιμέρους **συντελεστές ασφαλείας** γ_f χρησιμοποιούνται, προκειμένου να ληφθούν υπόψη πιθανές δυσμενείς αποκλίσεις ή πιθανή μη ακριβής προσομοίωση των δράσεων καθώς και αβεβαιότητες στον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων των δράσεων. Οι τιμές των συντελεστών αυτών για την περίπτωση του ελέγχου αστοχίας ενός κτιρίου ή μέλους του είναι :

- Καταστάσεις διάρκειας και παροδικές
 - Για μόνιμες δράσεις:
 - $\gamma_{Gsup} = 1,35$ (δυσμενής επιρροή)
 - $\gamma_{Ginf} = 1,00$ (ευμενής επιρροή)
 - Για μεταβλητές δράσεις:
 - $\gamma_Q = 1,50$ (ή 0 για την περίπτωση ευμενούς επιρροής)
- Καταστάσεις τυχηματικές, γενικώς $\gamma_A = 1,00$

Ως δυσμενής επιρροή των μόνιμων δράσεων χαρακτηρίζεται η περίπτωση κατά την οποία τα αποτελέσματα των μόνιμων δράσεων αυξάνουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα των μεταβλητών δράσεων. Ο **συντελεστής σπουδαιότητας** γ_I αντιστοιχεί στις κατηγορίες σπουδαιότητας στις οποίες κατατάσσονται οι κατασκευές, ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται για τον άνθρωπο, αλλά και για τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που μπορεί να έχει ενδεχόμενη καταστροφή τους ή διακοπή της λειτουργίας τους. Οι συντελεστές συνδυασμού ψ_i των μεταβλητών δράσεων χρησιμοποιούνται προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μειωμένη πιθανότητα για ταυτόχρονη συνύπαρξη των πλέον δυσμενών τιμών των διαφόρων ανεξάρτητων δράσεων. Παρακάτω επισυνάπτονται οι προτεινόμενες από τον EC1 τιμές των επιμέρους συντελεστών συνδυασμού ψ_i , τις οποίες και χρησιμοποιήσαμε:

Συντελεστές συνδυασμού δράσεων ψ_i κατά τον EC1			
Δράση	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Μεταβλητά φορτία σε κτίρια ⁽¹⁾			
Κατηγορία A: κατοικίες	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία B: γραφεία	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία C: επιφάνειες συνάθροισης (σχολεία, εστιατόρια, εκκλησίες, θέατρα, κινηματογράφοι κ.λπ)	[0,7]	[0,7]	[0,6]
Κατηγορία D: καταστήματα	[1,0]	[0,9]	[0,8]
Κατηγορία E: αποθηκευτικοί χώροι			
Φορτία κυκλοφορίας οχημάτων σε κτίρια			
Κατηγορία F: βάρος οχημάτων $\leq 30\text{kN}$	[0,7]	[0,7]	[0,6]
Κατηγορία G: $30\text{kN} \leq$ βάρος οχημάτων $\leq 160\text{kN}$	[0,7]	[0,5]	[0,3]
Κατηγορία H: στέγες	[0]	[0]	[0]
Φορτία χιονιού σε κτίρια	[0,6] ⁽²⁾	[0,2] ⁽²⁾	[0] ⁽²⁾
Φορτία ανέμου σε κτίρια	[0,6] ⁽²⁾	[0,5] ⁽²⁾	[0] ⁽²⁾
Θερμοκρασία σε κτίρια (εκτός φωτιάς) ⁽³⁾	[0,6] ⁽²⁾	[0,5] ⁽²⁾	[0] ⁽²⁾
(1) Για συνδυασμούς επιβεβλημένων φορτίων σε πολυώροφα κτίρια βλ. EC1:Μέρος 2-1			
(2) Ενδέχεται να απαιτούνται τροποποιήσεις για διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές			
(3) Βλ. EC1:Μέρος 2-5			

Όσον αφορά το σεισμικό συνδυασμό δράσεις καταναγκασμού, όπως οι προκαλούμενες από μεταβολή και διαφορά θερμοκρασίας και υποχωρήσεις στηρίξεων, δεν χρειάζεται να συμπεριλαμβάνονται. Επιπρόσθετα ο σεισμός δεν συνδυάζεται με άλλες τυχηματικές δράσεις (κρούσεις οχημάτων) όπως επίσης δεν συνδυάζεται με τις δράσεις λόγω ανέμου. Στο σεισμικό συνδυασμό, ο συντελεστής συνδυασμού των μεταλλικών δράσεων λαμβάνεται $\psi=0,3$.

2.2.5.2 Συνδυασμοί στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας:

Οι συνδυασμοί σχεδιασμού που ορίζονται για τον έλεγχο στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας είναι οι ακόλουθοι:

- Χαρακτηριστικός Συνδυασμός:

$$\Sigma G_{kj} + P + Q_{k1} + \Sigma \psi_{0i} Q_{ki}$$

- Συχνός συνδυασμός:

$$\Sigma G_{kj} + P + \psi_{11} Q_{k1} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

- Ημιμόνιμος συνδυασμός:

$$\Sigma G_{kj} + P + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

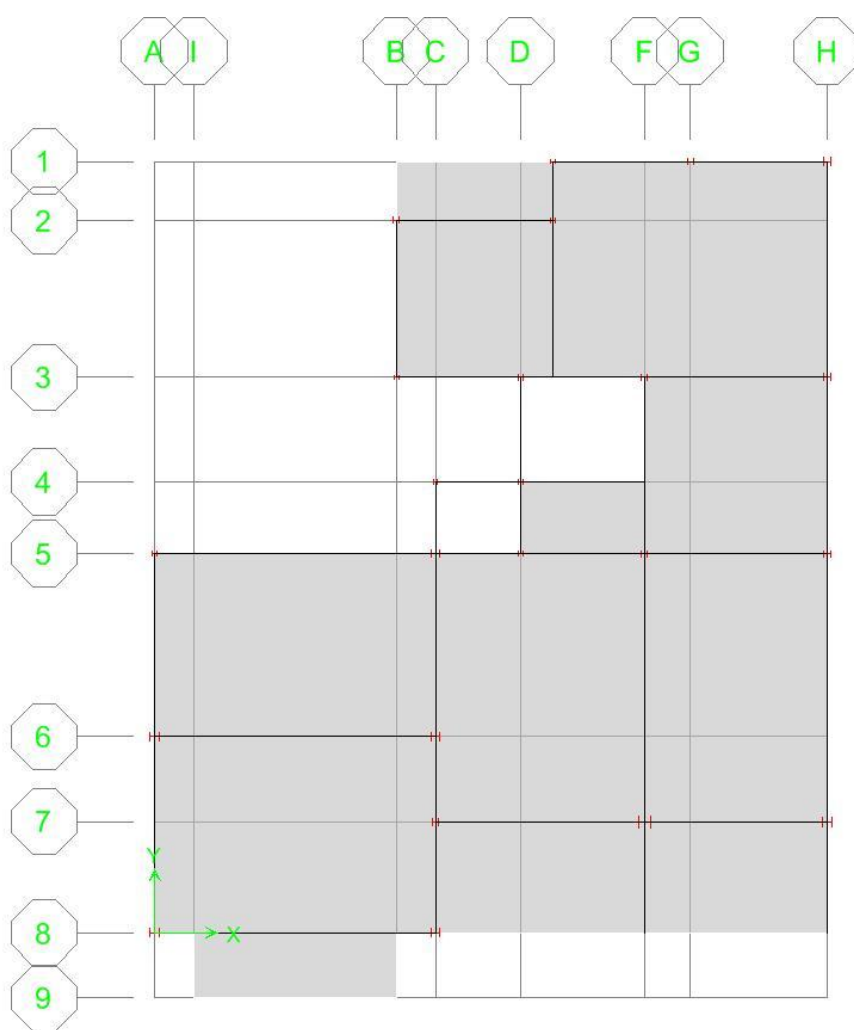
3

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΕΑ-Α

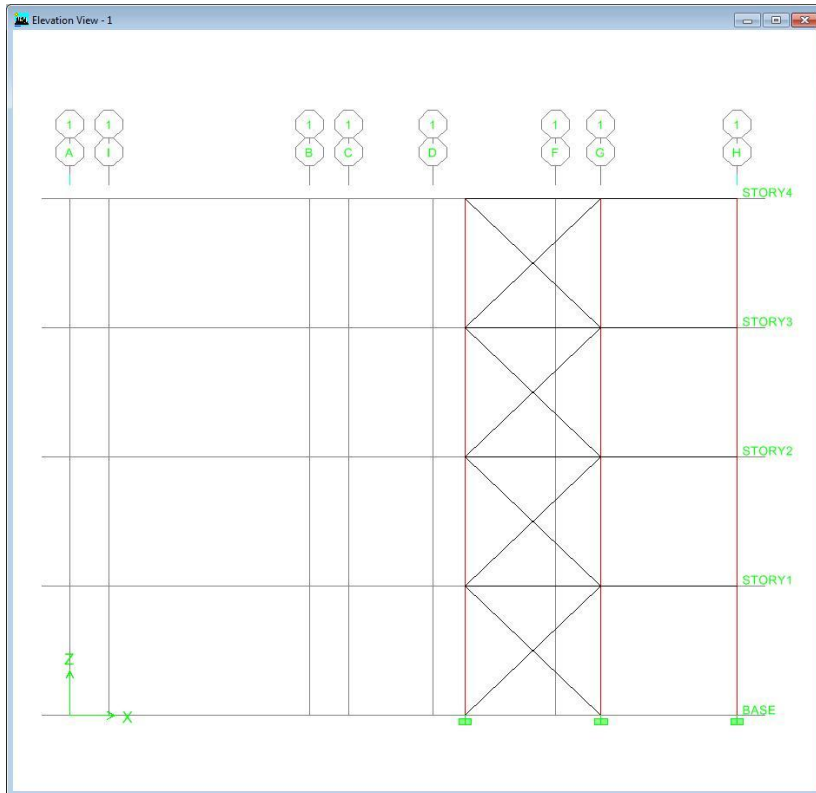
3.1 Γενικά Στοιχεία

Το χωρικό προσομοίωμα το οποίο εισάγαμε στο υπολογιστικό περιβάλλον του ETABS απεικονίζει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τη συμπεριφορά του πραγματικού φορέα καθώς και των επιμέρους στοιχείων που τον απαρτίζουν (διατομές, μέλη, εδράσεις κλπ.).

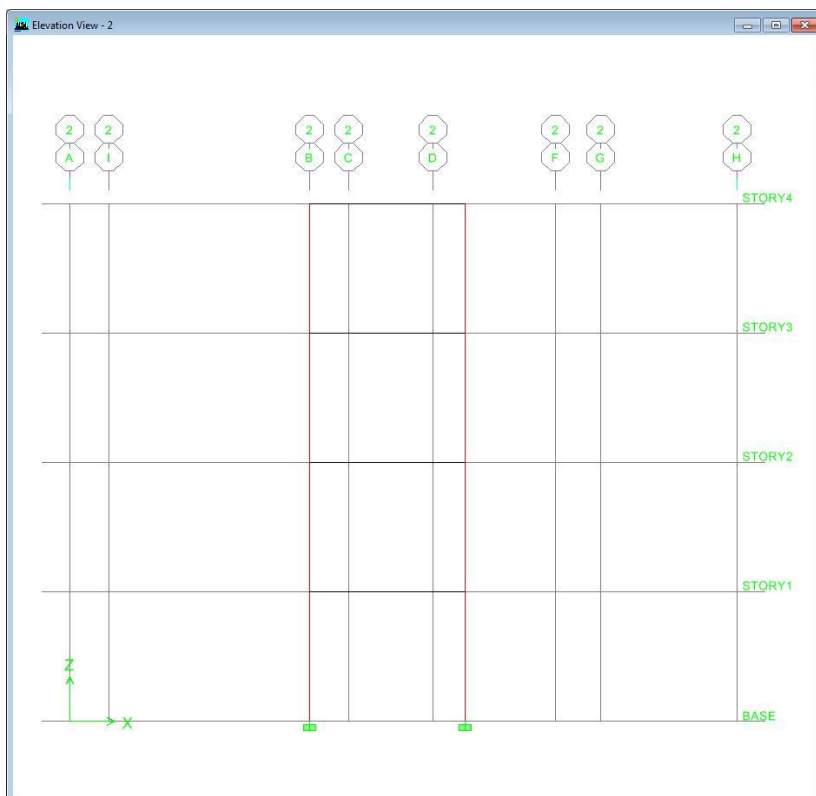
Παρακάτω παρουσιάζεται ο φορέας μέσα από μια σειρά από κατόψεις, τομές και τρισδιάστατες εικόνες, οι οποίες είναι ειλημμένες από το γραφιστικό περιβάλλον του ETABS.



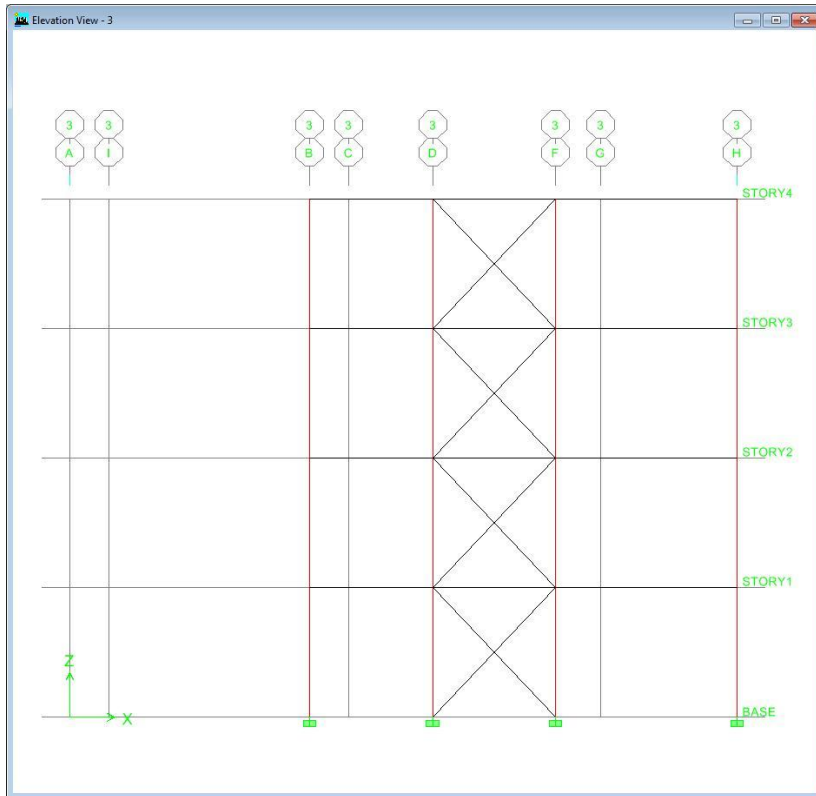
Εικόνα 3.1: Οροφή τυπικού ορόφου



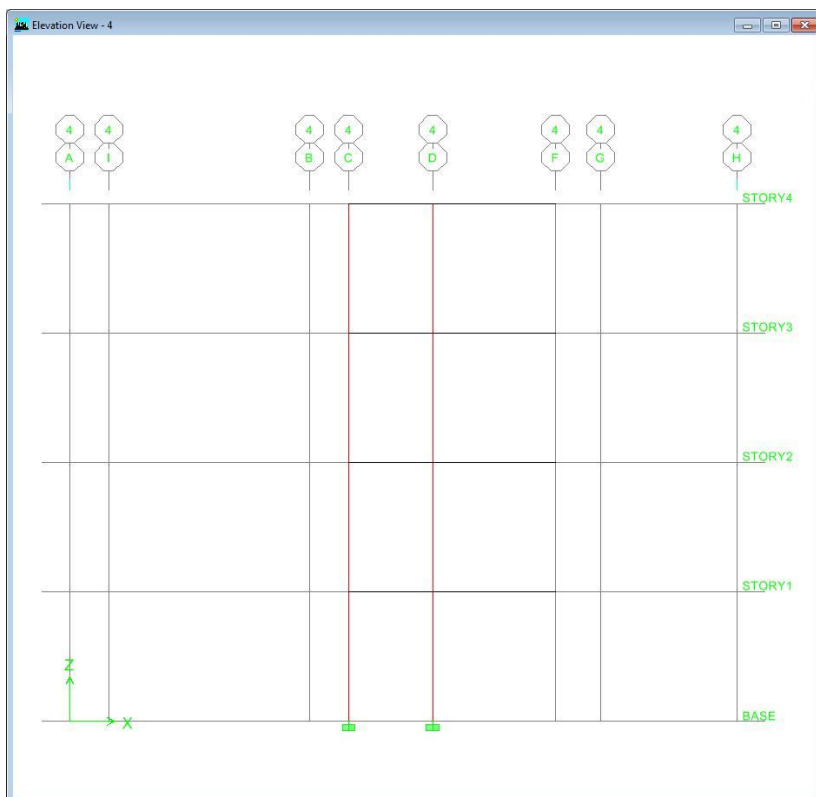
Εικόνα 3.2: Τομή στον άξονα 1



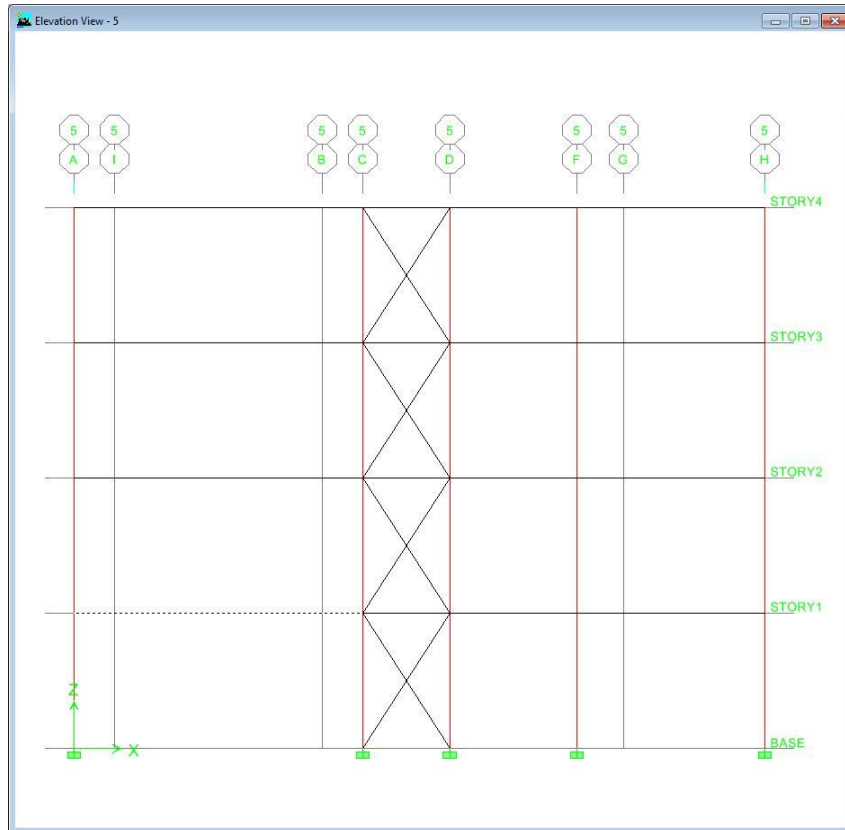
Εικόνα 3.3: Τομή στον άξονα 2



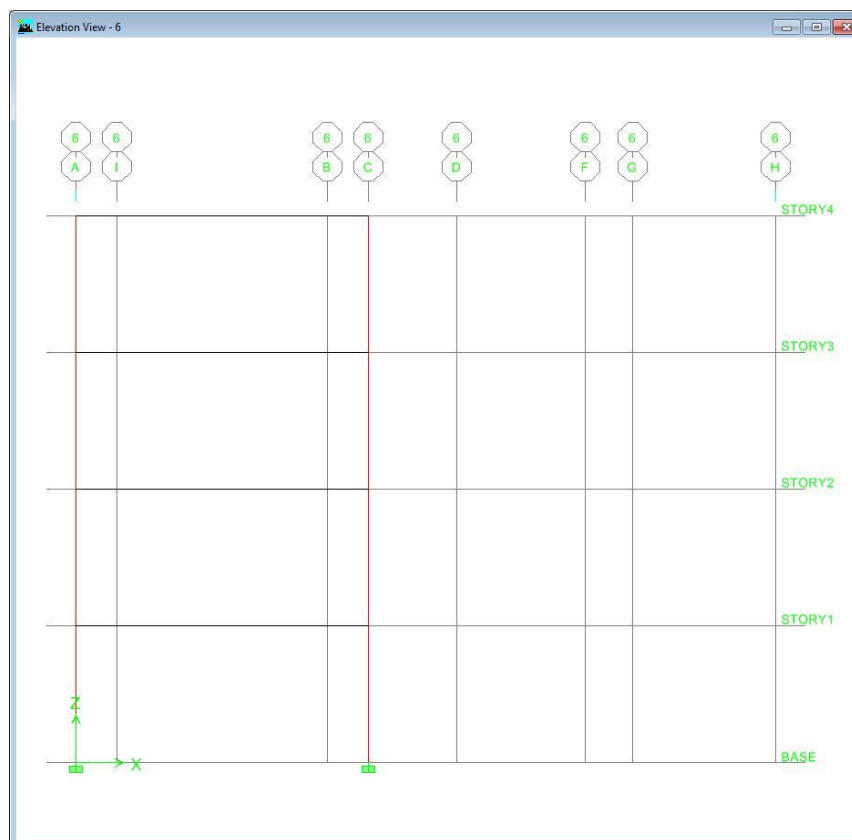
Εικόνα 3.4: Τομή στον άξονα 3



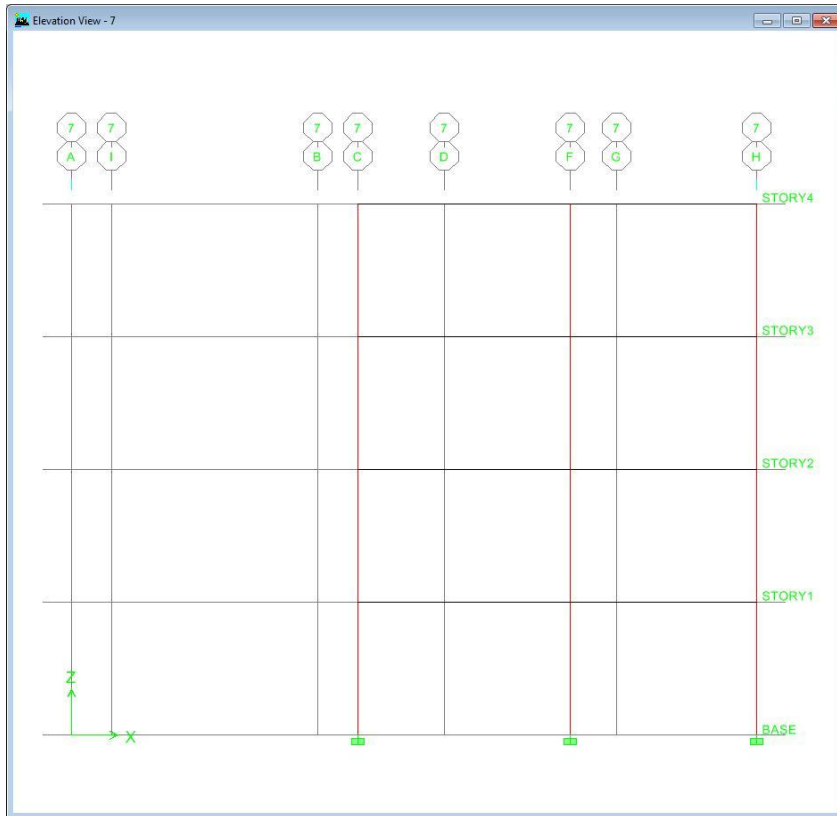
Εικόνα 3.5: Τομή στον άξονα 4



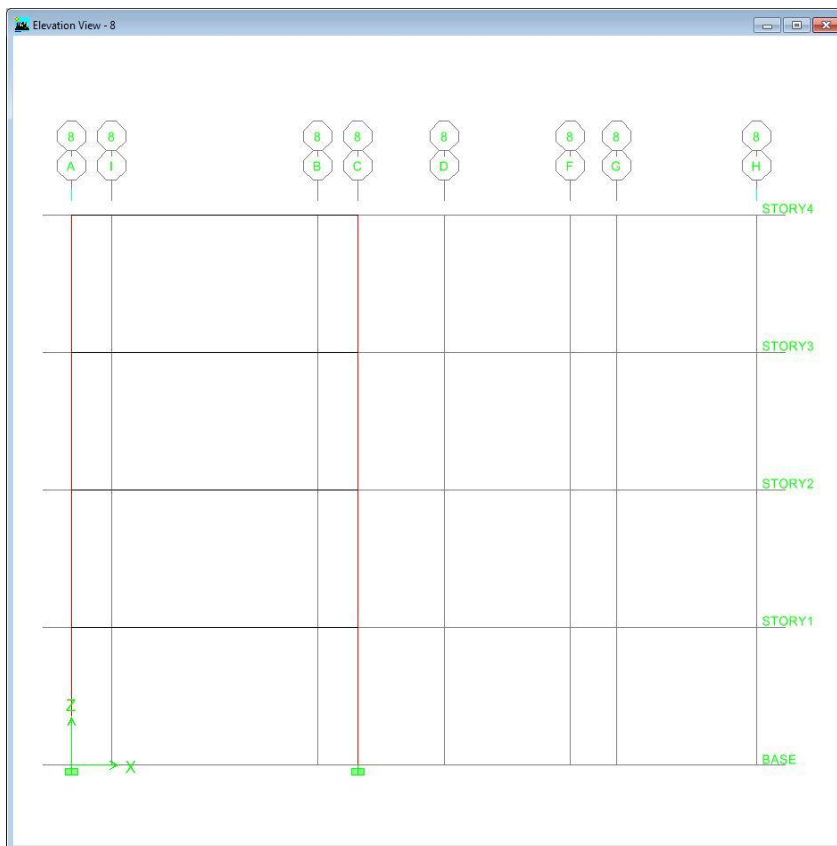
Εικόνα 3.6: Τομή στον άξονα 5



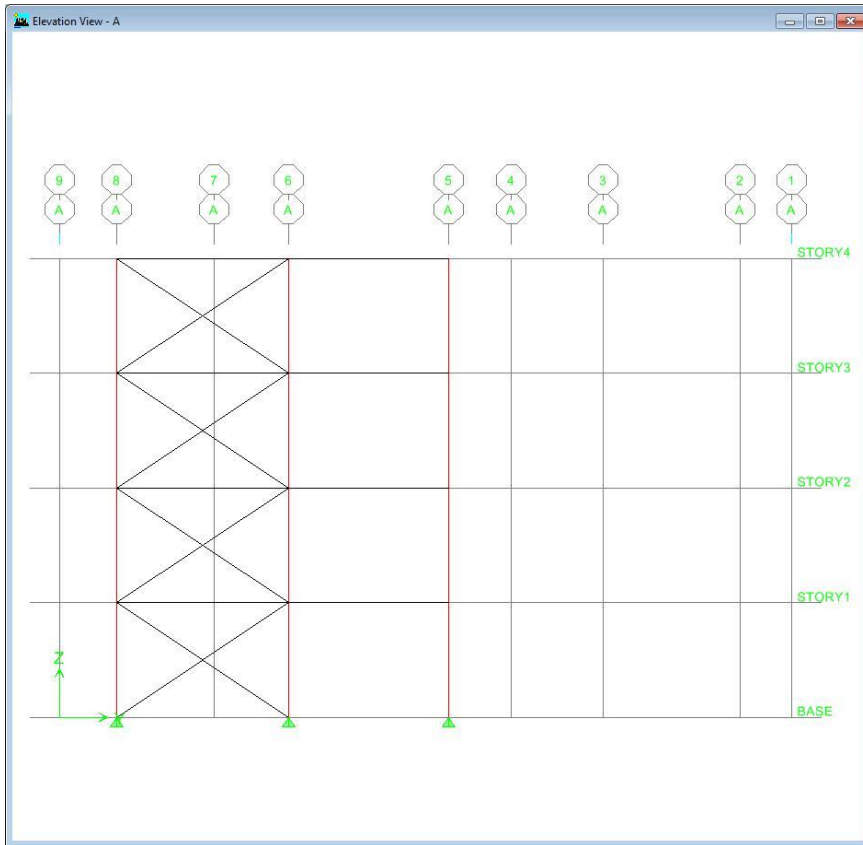
Εικόνα 3.7: Τομή στον άξονα 6



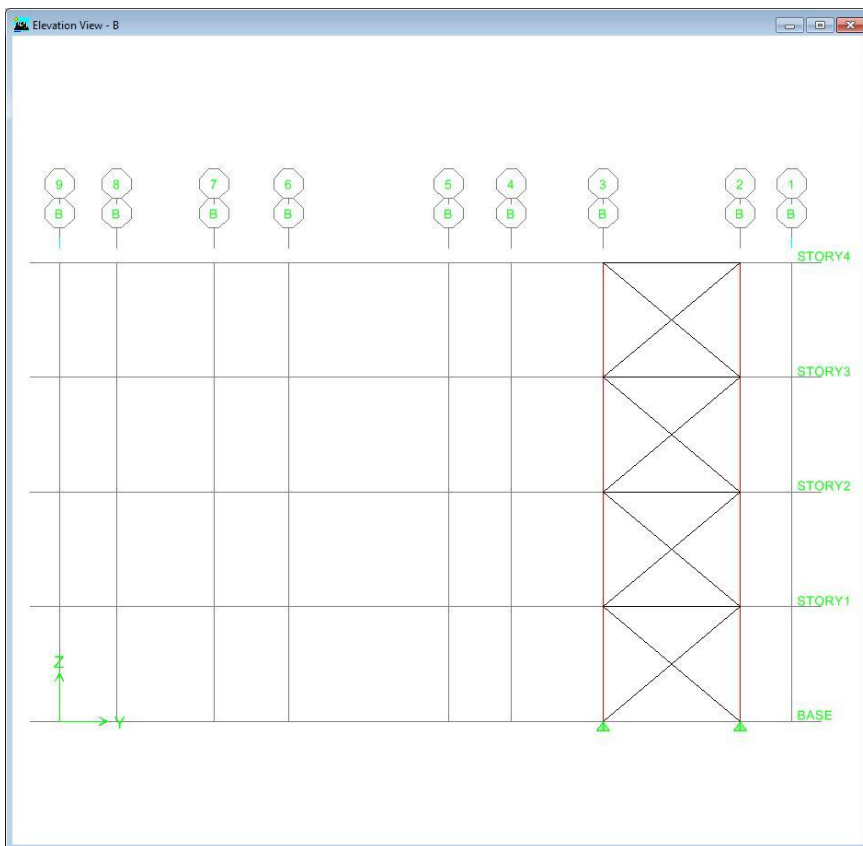
Εικόνα 3.8: Τομή στον άξονα 7



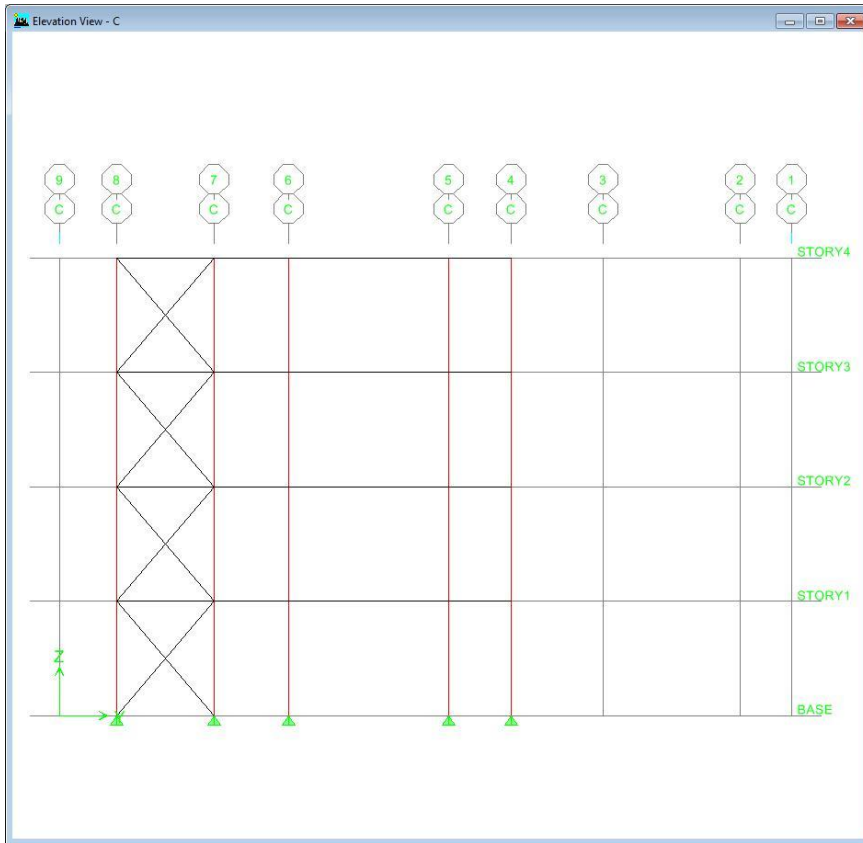
Εικόνα 3.9: Τομή στον άξονα 8



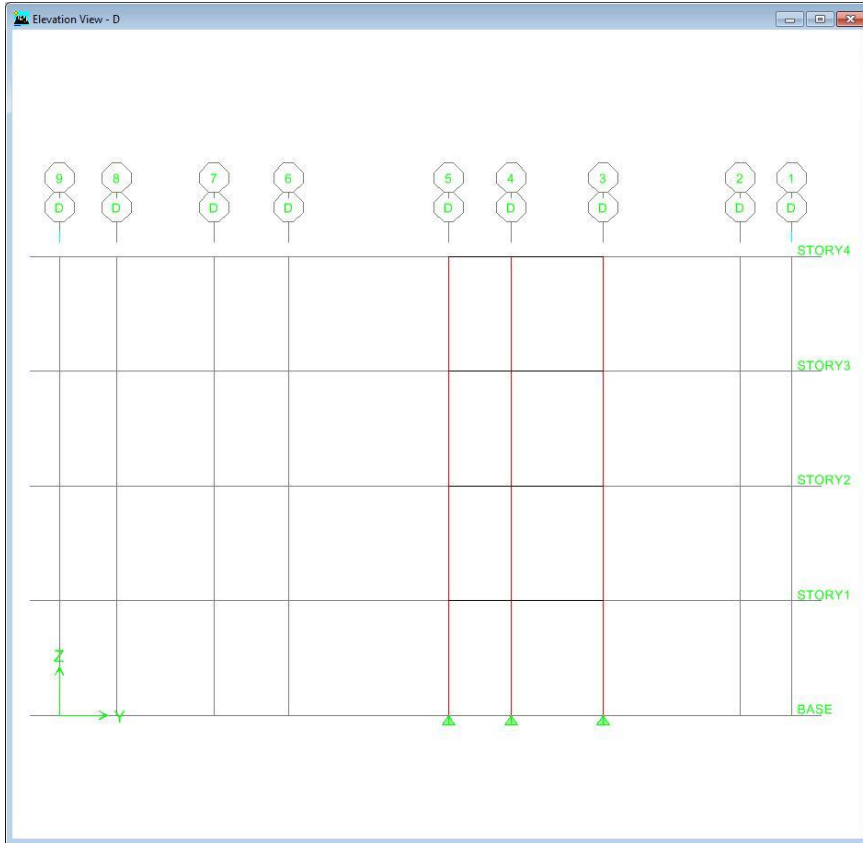
Εικόνα 3.10: Τομή στον άξονα A



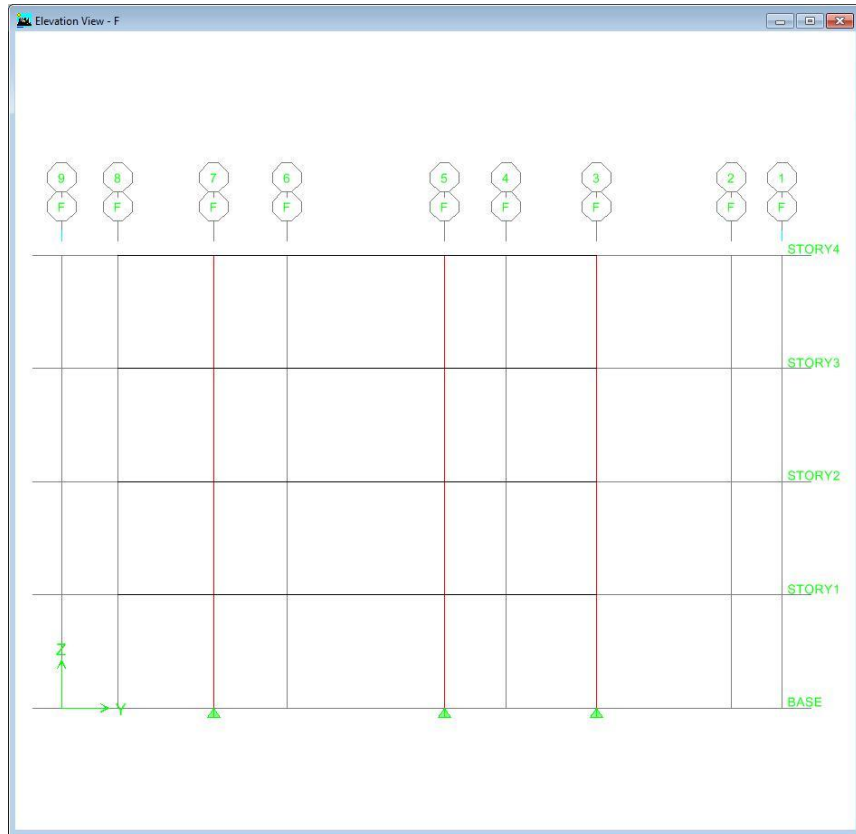
Εικόνα 3.11: Τομή στον άξονα B



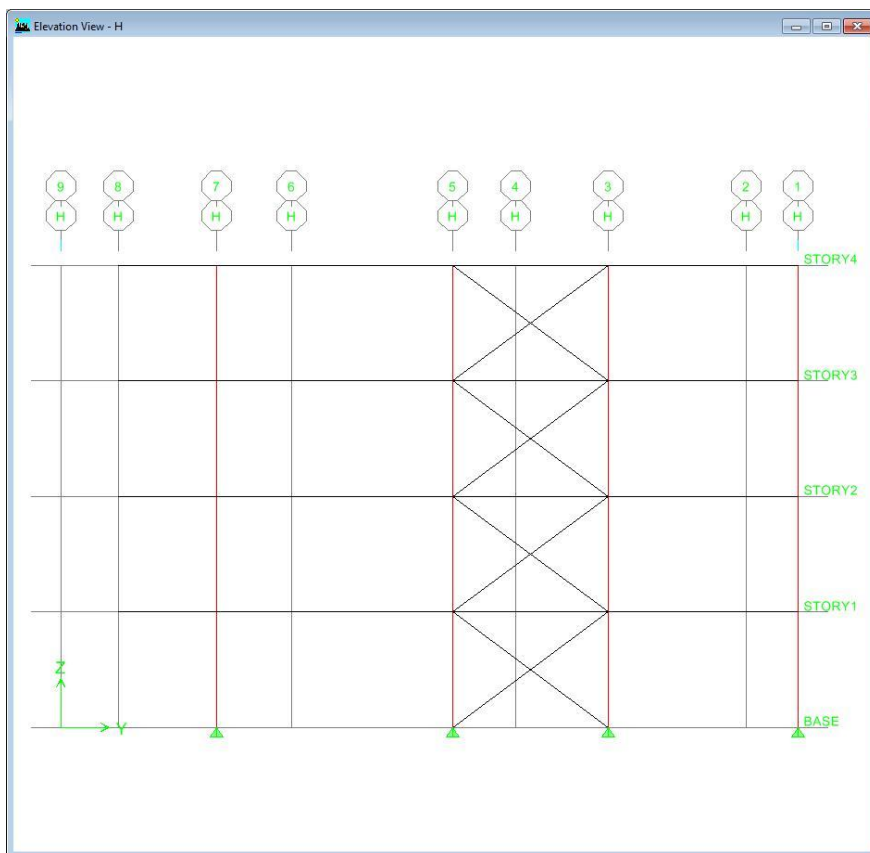
Εικόνα 3.12: Τομή στον άξονα C



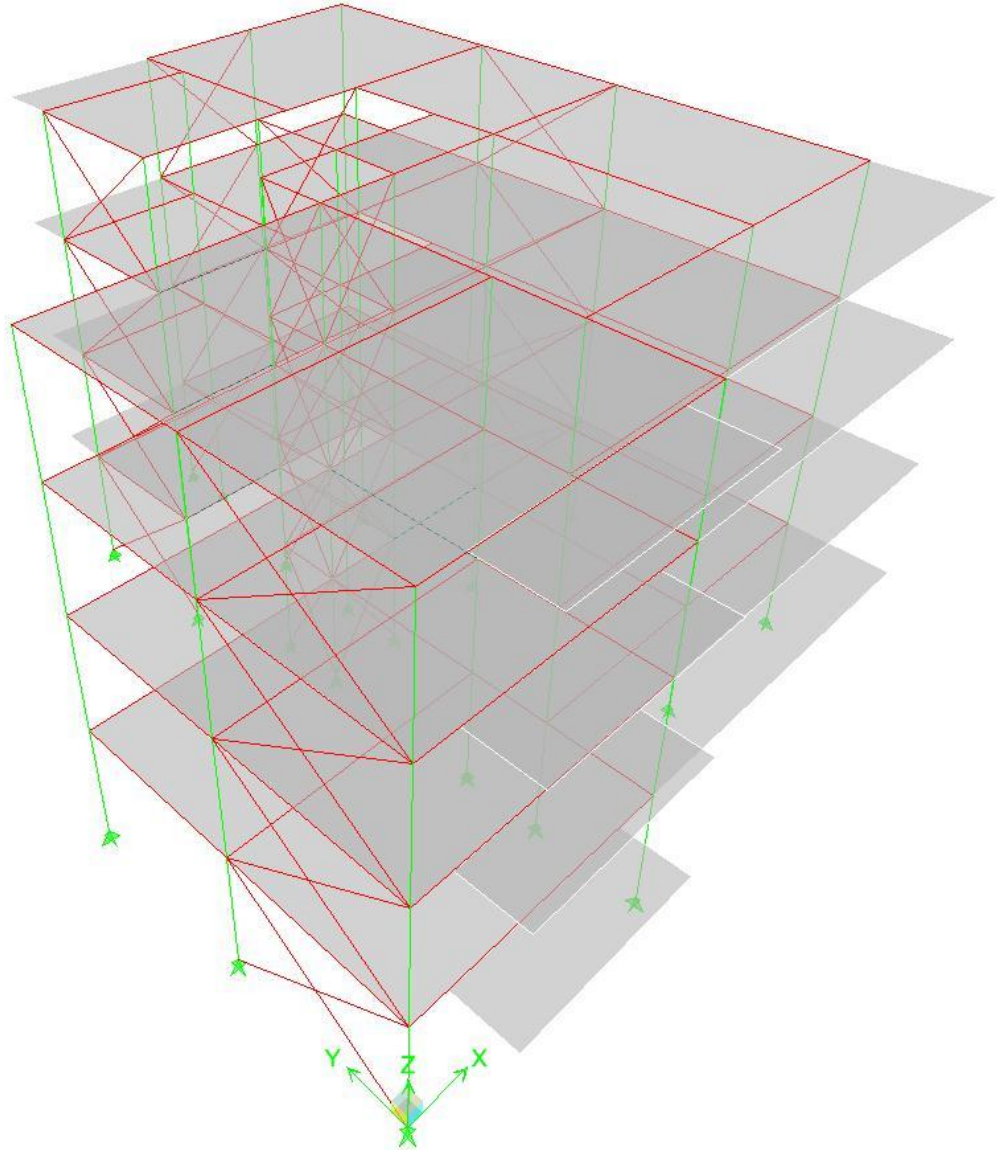
Εικόνα 3.13: Τομή στον άξονα D



Εικόνα 3.14: Τομή στον άξονα F



Εικόνα 3.15: Τομή στον άξονα Η



Εικόνα 3.16: Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα

3.2 Δημιουργία Προσομοιώματος

Οι χρησιμοποιούμενες μονάδες μέτρησης στην μελέτη μας κατά τη διαδικασία προσομοίωσης είναι: (δυνάμεις/μήκος/θερμοκρασία/χρόνος) => (kN / m / °C / sec) .

3.2.1 Ορισμός ιδιοτήτων χρησιμοποιούμενων υλικών

Material Property Data	
Material Name	C2530
Display Color	Color:
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Design: Concrete
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	2,5
Weight per unit Volume	25,
Modulus of Elasticity	31000000,
Poisson's Ratio	0,2
Coeff of Thermal Expansion	1,000E-05
Shear Modulus	12916666,7
Design Property Data (Eurocode 2-2004)	
Charact. Conc Cyl Strength, fck	25000,
Bending Reinf. Yield Stress, fyk	516000,
Shear Reinf. Yield Stress, fywk	516000,
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduc. Factor	
OK Cancel	

Εικόνα 3.17: Ιδιότητες ωπλισμένου σκυροδέματος

Material Property Data

Material Name S275

Display Color
Color

Type of Material
 Isotropic Orthotropic

Type of Design
Design Steel

Analysis Property Data

Mass per unit Volume	7.85
Weight per unit Volume	78.5
Modulus of Elasticity	2.100E+08
Poisson's Ratio	0.3
Coeff of Thermal Expansion	1.200E-05
Shear Modulus	80769231

Design Property Data

Minimum Yield Stress, Fy	275000
Minimum Tensile Strength, Fu	430000
Cost per Unit Weight	0.2248

OK Cancel

Εικόνα 3.18: Ιδιότητες χάλυβα S275

Όπως φαίνεται και στους παραπάνω πίνακες ως σκυρόδεμα θεμελιώσεως αλλά και ανωδομής χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30. Όσον αφορά στην ποιότητα του χάλυβα των μεταλλικών στοιχείων λήφθηκε ενιαία κατηγορία S275. Ο ορισμός των ιδιοτήτων έγινε με τη χρήση της εντολής `define>material properties` που παρέχει το χρησιμοποιούμενο λογισμικό πρόγραμμα.

3.2.2 Ορισμός συνοριακών συνθηκών

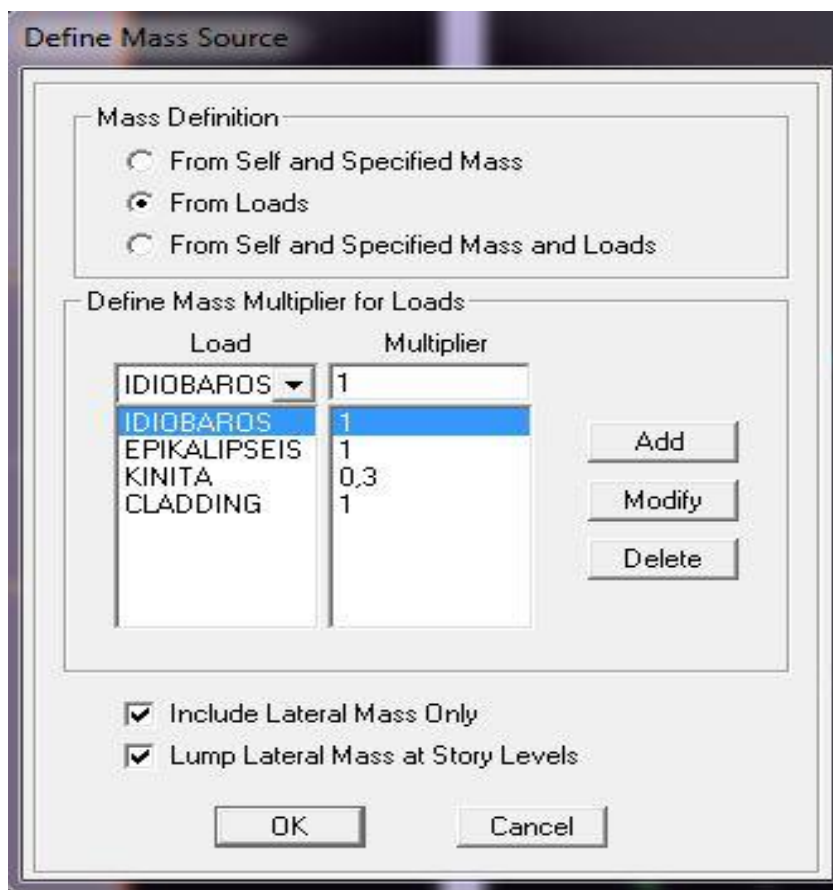
- **Κύριες Δοκοί**
Οι κύριες δοκοί κατά την διεύθυνση X, και στους άξονες που δεν έχουμε συνδέσμους δυσκαμψίας, συνδέονται με τα υποστυλώματα με άκαμπτες συνδέσεις ροπής, οι οποίες λειτουργούν ως οιονεί πακτώσεις ικανές να παραλάβουν ροπές ενώ στους υπόλοιπους άξονες και κατα την διεύθυνση Y με συνδέσεις τέμνουσας, οι οποίες μεταφέρουν στο υποστύλωμα ολόκληρη την αντίδραση στήριξης.
- **Υποστυλώματα**
Οι βάσεις των υποστυλωμάτων θεωρήθηκαν πακτώσεις κατά την ισχυρή διεύθυνση και αρθρώσεις κατά την ασθενή.
- **Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας**
Οι συνδέσεις των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας, μορφώνονται ως απλές συνδέσεις τέμνουσας τόσο στην βάση τους όσο και στην κορυφή τους.
- **Δοκοί Πρόβολοι**
Η σύνδεση των δοκών στα υποστυλώματα είναι άκαμπτη σύνδεση ροπής η οποία λειτουργεί ως οιονεί πάκτωση.

3.3 Φόρτιση του Φορέα

Ορίσαμε τις φορτίσεις του φορέα σε προηγούμενο κεφάλαιο

3.3.1 Ταλαντούμενη μάζα

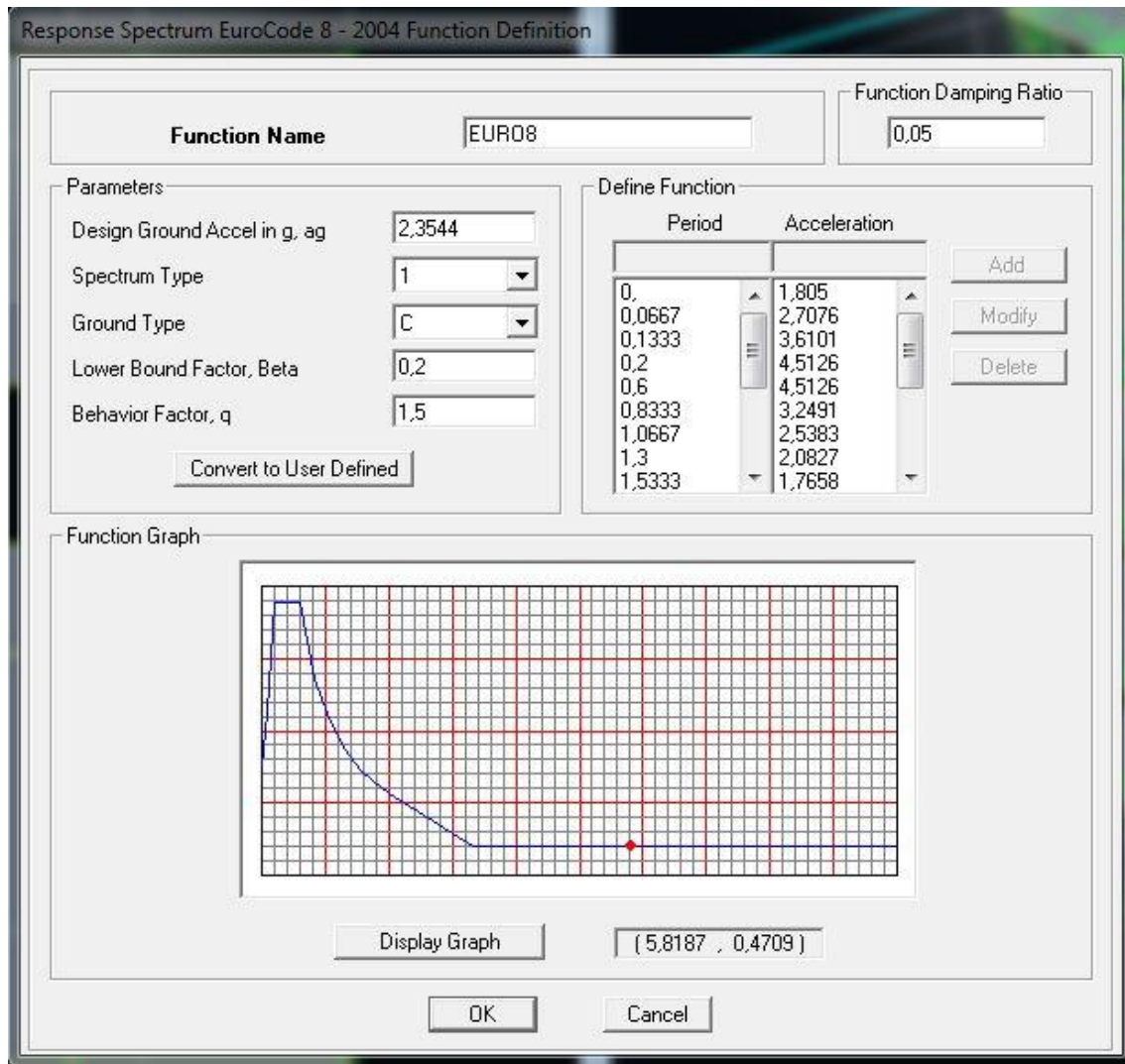
Η ταλαντούμενη μάζα κατά τον ισχύοντα κανονισμό είναι $G+\psi_2 \cdot Q$



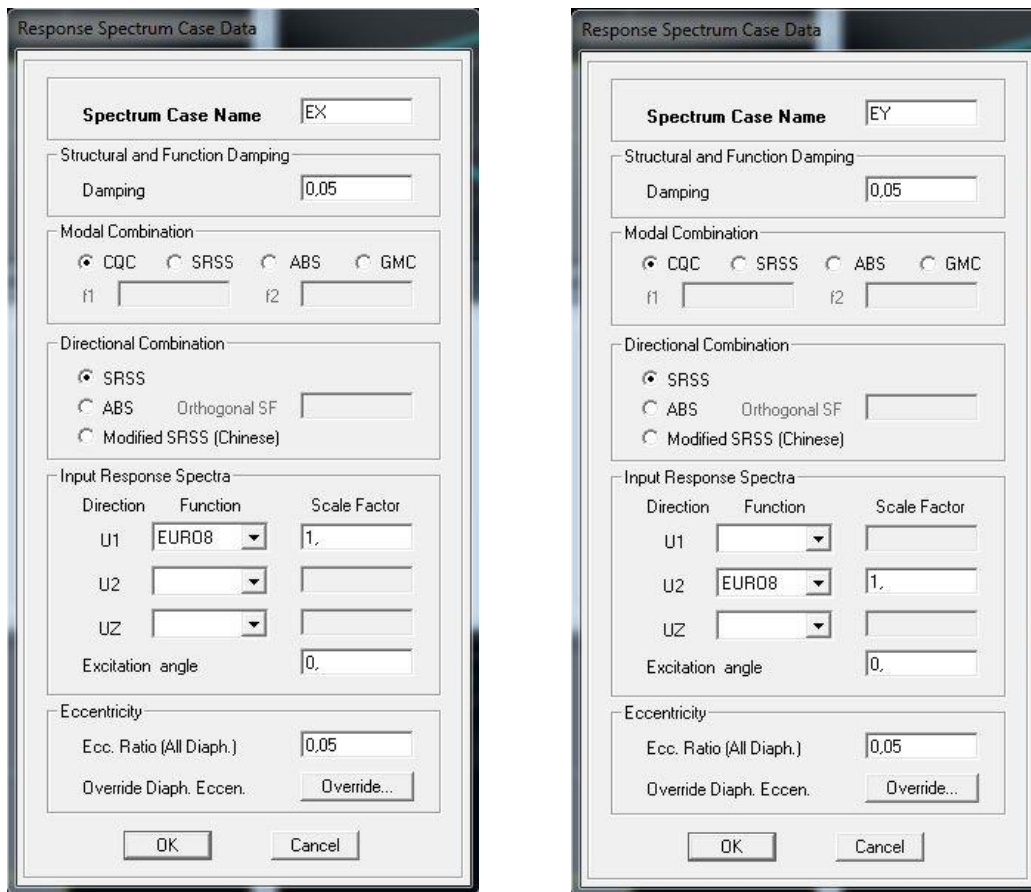
Εικόνα 3.19: Ταλαντούμενη μάζα

3.3.2 Σεισμικά φορτία

Η σεισμική φόρτιση είναι σύμφωνη με τον Ευρωκώδικα 8. Στην εικόνα 3.20 φαίνεται το φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 ενώ στην εικόνα 3.21 φαίνεται ο ορισμός των οριζόντιων συνιστωσών του για την χρήση τους στους συνδυασμούς φορτίσεων.



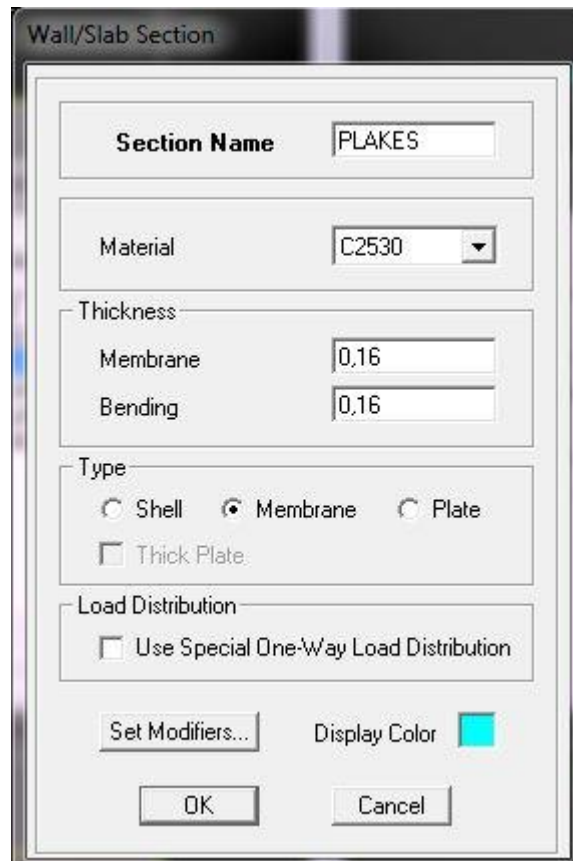
Εικόνα 3.20: Ιδιότητες σεισμού EC8



Εικόνα 3.21: Ex και Ey

3.3.3 Ανάλυση των πλακών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων

Η προσομοίωση των πλακών από οπλισμένο σκυρόδεμα έγινε με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων μεμβράνης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Αυτό έγινε με χρήση της εντολής `assign>shell/area>area object mesh options`.



Εικόνα 3.22: Στοιχείο μεμβράνης πλάκας

3.4 Φόρτιση Μελών

- Τα μόνιμα φορτία του φορέα που προέρχονται από το ίδιο βάρος των μελών υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω του καθορισμού των ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής, τη διατομή του μέλους καθώς και τις διαστάσεις.
- Τα σεισμικά φορτία εφαρμόζονται αυτόματα σε όλα τα μέλη του φορέα.
- Επιβλήθηκε στις κύριες δοκούς καταναμημένο φορτίο τιμής CLADDING = 6,0 kN/m το οποίο οφείλεται στην τοιχοποιία.

3.5 Συνδυασμοί Φορτίσεων

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	SortID
OKA1	IDIOBAROS	1,35	Static	1
OKA1	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	2
OKA1	CLADDING	1,35	Static	3
OKA1	KINITA	1,5	Static	4
OKA1	TEMP	0,9	Static	5
OKA2	IDIOBAROS	1,35	Static	6
OKA2	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	7
OKA2	CLADDING	1,35	Static	8
OKA2	KINITA	1,5	Static	9
OKA2	TEMP	-0,9	Static	10
OKA3	IDIOBAROS	1,35	Static	11
OKA3	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	12
OKA3	CLADDING	1,35	Static	13
OKA3	KINITA	1,05	Static	14
OKA3	TEMP	1,5	Static	15
OKA4	IDIOBAROS	1,35	Static	16
OKA4	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	17
OKA4	CLADDING	1,35	Static	18
OKA4	KINITA	1,05	Static	19
OKA4	TEMP	-1,5	Static	20
OKL1	IDIOBAROS	1	Static	21
OKL1	EPIKALIPSEIS	1	Static	22
OKL1	CLADDING	1	Static	23
OKL1	KINITA	1	Static	24
OKL1	TEMP	0,6	Static	25
OKL2	IDIOBAROS	1	Static	26
OKL2	EPIKALIPSEIS	1	Static	27
OKL2	CLADDING	1	Static	28
OKL2	KINITA	1	Static	29
OKL2	TEMP	-0,6	Static	30
OKL3	IDIOBAROS	1	Static	31
OKL3	EPIKALIPSEIS	1	Static	32
OKL3	CLADDING	1	Static	33
OKL3	KINITA	0,7	Static	34
OKL3	TEMP	1	Static	35
OKL4	IDIOBAROS	1	Static	36
OKL4	EPIKALIPSEIS	1	Static	37
OKL4	CLADDING	1	Static	38
OKL4	KINITA	0,7	Static	39

OKL4	TEMP	-1	Static	40
SEISM1	IDIOBAROS	1	Static	41
SEISM1	EPIKALIPSEIS	1	Static	42
SEISM1	CLADDING	1	Static	43
SEISM1	KINITA	0,3	Static	44
SEISM1	EX	1	Spectrum	45
SEISM1	EY	0,3	Spectrum	46
SEISM2	IDIOBAROS	1	Static	47
SEISM2	EPIKALIPSEIS	1	Static	48
SEISM2	CLADDING	1	Static	49
SEISM2	KINITA	0,3	Static	50
SEISM2	EY	1	Spectrum	51
SEISM2	EX	0,3	Spectrum	52

Πίνακας 3.1: Συνδυασμοί φορτίσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΦΟΡΕΑ-Α**

4.1 Γενικά Στοιχεία

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη του κτηρίου, όπως του συντελεστή ευαισθησίας, της γωνιακής παραμόρφωσης και των ιδιομορφών, για τα οποία ο EC8 επιβάλλει ελέγχους και περιορισμούς που επηρεάζουν τη διαστασιολόγηση του φορέα που πραγματοποιείται στη συνέχεια. Τα επιμέρους στοιχεία, από τα οποία προκύπτουν ο συντελεστής ευαισθησίας και η γωνιακή παραμόρφωση, που σχετίζονται με τις εντάσεις του κτηρίου όπως επίσης και εκείνα των ιδιομορφών, υπολογίζονται με το πρόγραμμα ETABS.

4.2 Έλεγχος επιρροών 2^{ης} τάξεως

Σύμφωνα με τη παράγραφο 4.4.2.2(2) του EC8, δεν χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη φαινόμενα 2^{ης} τάξεως (ή φαινόμενα P-Δ), εάν η ακόλουθη συνθήκη ικανοποιείται σε όλους τους ορόφους :

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0.10$$

όπου

θ : ο συντελεστής ευαισθησίας για σχετική μετακίνηση των ορόφων

P_{tot} : η συνολική κατακόρυφη δύναμη από τα φορτία βαρύτητας στο συγκεκριμένο όροφο, από τους άνωθεν ορόφους, στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού

V_{tot} : η συνολική τέμνουσα του ορόφου υπό το σεισμό σχεδιασμού

h : το ύψος μεταξύ των ορόφων

d_r : η σχετική μετακίνηση των ορόφων σχεδιασμού, υπολογιζόμενη ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s στη κορυφή και τη βάση του συγκεκριμένου ορόφου. Οι μετακινήσεις d_s υπολογίζονται σύμφωνα με τη παράγραφο 4.3.4 του EC8 :

$$d_s = q \cdot d_e$$

όπου

q : ο συντελεστής συμπεριφοράς

d_e : οι μετατοπίσεις που προκύπτουν από την ελαστική-γραμμική σεισμική ανάλυση (οι τιμές diaphragm drifts του προγράμματος ETABS)

Αν $0.1 < \theta \leq 0.2$, τα φαινόμενα 2^{ης} τάξεως μπορούν να λαμβάνονται υπόψη προσεγγιστικά, πολλαπλασιάζοντας όλα τα εντατικά μεγέθη με το συντελεστή $1/(1-\theta)$. Η ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θ είναι 0.3.

Τα αποτελέσματα των τιμών θ_x και θ_y του κτηρίου παρουσιάζονται στο Πίνακα 5.1 και προκύπτουν από την ανάλυση με το πρόγραμμα ETABS για τους σεισμικούς συνδυασμούς SEISM1 (G+0.3Q+Ex+0.3Ey) και SEISM2 (G+0.3Q+Ey+0.3Ex) αντίστοιχα, που είναι οι συνδυασμοί σχεδιασμού για τη κάθε διεύθυνση.

Από τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Πίνακα 4.1, προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές του θ για τις δυο διευθύνσεις είναι μικρότερες από τη τιμή 0.1, οπότε η επίδραση των φαινομένων 2^{ης} τάξεως μπορεί να παραληφθεί.

Στην αντίθετη περίπτωση, θα πρέπει να ενεργοποιηθεί η λειτουργία Include P-Delta του προγράμματος ETABS κατά το καθορισμό των παραμέτρων της ανάλυσης (εντολή Set Analysis Options), ώστε να ληφθούν υπόψη τα φαινόμενα 2^{ος} τάξεως.

Σεισμική Δράση X - Συνδυασμός SEISM1				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\theta_x=(P_{tot} \cdot d_r)/(V_{tot} \cdot h)$	0,02651	0,03419	0,03293	0,02425

Σεισμική Δράση Y - Συνδυασμός SEISM2				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\theta_y=(P_{tot} \cdot d_r)/(V_{tot} \cdot h)$	0,03226	0,0191	0,03407	0,02666

Πίνακας 4.1 : Τιμές συντελεστή ευαισθησίας του φορέα

4.3 Έλεγχος γωνιακών παραμορφώσεων ορόφων

Ο έλεγχος που δίνει το όριο της γωνιακής παραμόρφωσης, για κτίρια που έχουν ευαίσθητα μη φέροντα στοιχεία, σύμφωνα με τη Παράγραφο 4.4.3.2. του EC8, $d_r \cdot v \leq 0.005 \cdot h$, μετατρέπεται σε $q \cdot d_e \cdot v \leq 0.05 \cdot h$ ή $(q \cdot d_e \cdot v) / h \leq 0.005$.

Το κτίριο είναι κατηγορίας σπουδαιότητας II κατά EC8, οπότε σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, ο συντελεστής μείωσης για μετακινήσεις στην οριακή κατάσταση περιορισμού βλαβών, v , είναι ίσος με 0.5.

Οι τιμές γωνιακής παραμόρφωσης που προκύπτουν από το πολλαπλασιασμό του μειωμένου συντελεστή συμπεριφοράς q και των μετακινήσεων (diaphragm drifts), διαιρεμένες με το ύψος του κάθε ορόφου h , φαίνονται στο Πίνακα 4.2. Από τις τιμές αυτές προκύπτει ότι η γωνιακή παραμόρφωση για τις δυο διευθύνσεις, για τους αντίστοιχους σεισμικούς συνδυασμούς σχεδιασμού, είναι μικρότερες από τη τιμή 0,005, οπότε ο έλεγχος ικανοποιείται.

Σεισμική Δράση X - Συνδυασμός SEISM1				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\gamma_x=v \cdot q \cdot d_e/h$	0,0034	0,0039	0,0046	0,0049

Σεισμική Δράση Y - Συνδυασμός SEISM2				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\gamma_y=v \cdot q \cdot d_e/h$	0,0019	0,0030	0,0039	0,0043

Πίνακας 4.2 : Τιμές γωνιακής παραμόρφωσης κατασκευής

4.4 Ιδιομορφές

Σύμφωνα με τη παράγραφο 4.3.3.3 του EC 8, λαμβάνεται υπόψη η απόκριση όλων των ιδιομορφών που συμβάλουν στη συνολική απόκριση του κτιρίου. Τα κριτήρια επιλογής των ιδιομορφών που θέτει ο κανονισμός, είναι :

- α) ότι το άθροισμα των δρώσεων ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη πρέπει να αποτελεί τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας της κατασκευής, και
- β) η επιμέρους μάζα κάθε ιδιομορφής που λαμβάνεται υπόψη πρέπει να αποτελεί το 5% της συνολικής μάζας.

Επιπλέον για τις περιπτώσεις όπου δεν εκπληρώνονται οι παραπάνω απαιτήσεις, ο ελάχιστος αριθμός k , ιδιομορφών που λαμβάνεται υπόψη πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

$$k \geq 3 \times \sqrt{n} \text{ και } T_k \geq 0.20 \text{sec}$$

όπου

k , ο αριθμός των ιδιομορφών που λαμβάνονται υπόψη

n , ο αριθμός των ορόφων πάνω από τη θεμελίωση ή πάνω από άκαμπτο υπόγειο

T_k , η ιδιοπερίοδος της ιδιομορφής k .

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κτιρίου ως προς την ιδιοπερίοδο και τις δρώσεις μάζες των ιδιομορφών του, φαίνονται στο Πίνακα 4.3.

ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,757893	66,4822	0,4791	66,4822	0,4791
2	0,488609	2,4547	66,545	68,9369	67,024
3	0,390262	4,904	8,9268	73,8408	75,9508
4	0,231809	16,8972	0,2172	90,7381	76,168
5	0,153091	0,5366	18,1737	91,2746	94,3417
6	0,130902	2,4027	0,0051	93,6773	94,3468
7	0,121929	3,5723	1,0177	97,2495	95,3644
8	0,095199	1,8043	0,0298	99,0539	95,3942
9	0,088666	0,0182	3,3055	99,072	98,6998
10	0,076164	0	0,0002	99,0721	98,7
11	0,069535	0,4476	0,5696	99,5197	99,2695
12	0,067685	0,1796	0,6299	99,6993	99,8995

Πίνακας 4.3 : Τιμές ιδιοπεριόδων και δρώσεων μαζών ιδιομορφών

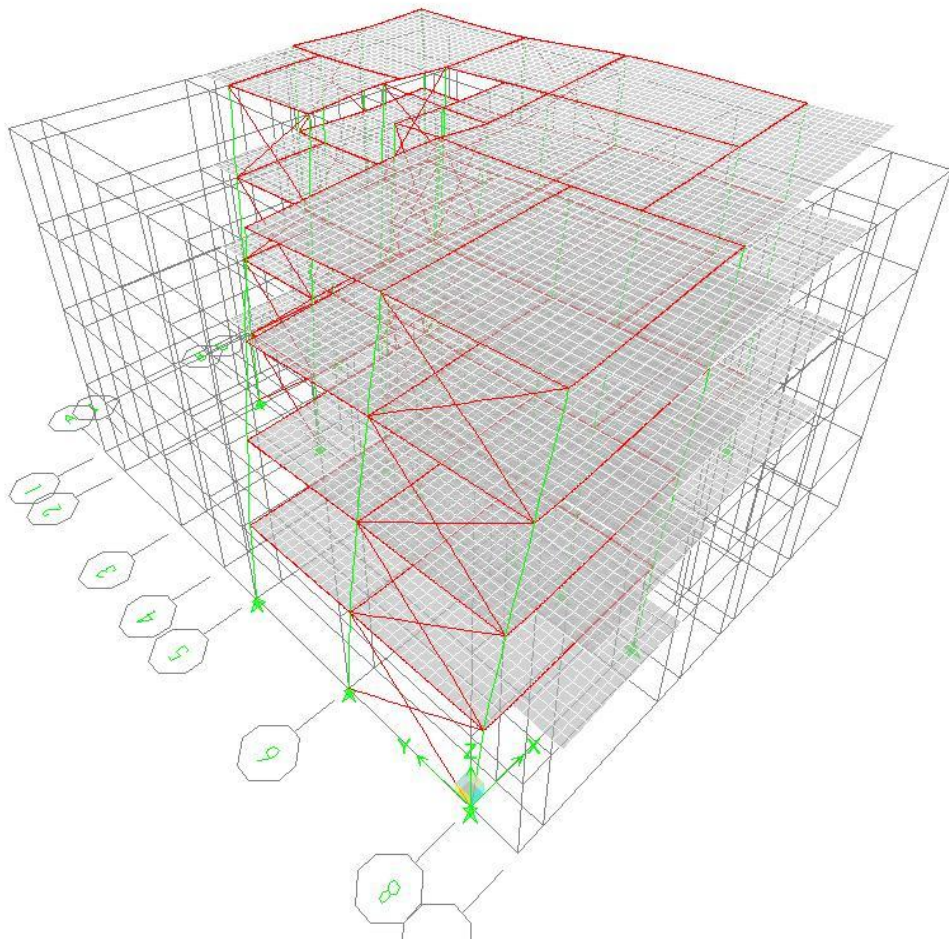
Από τα στοιχεία του πίνακα, αξίζει να σημειωθούν τα εξής:

Το 90% του ποσοστού της συνολικής μάζας συμπληρώνεται αρκετά σύντομα, από τις πρώτες 5 ιδιομορφές : μετά τη 4η ιδιομορφή κατά x , (επιτυγχάνεται ποσοστό 90,7% της συνολικής μάζας), ενώ μετά την 5η ιδιομορφή κατά y , (συμπληρώνεται το 91% των δρώσεων ιδιομορφικών μαζών).

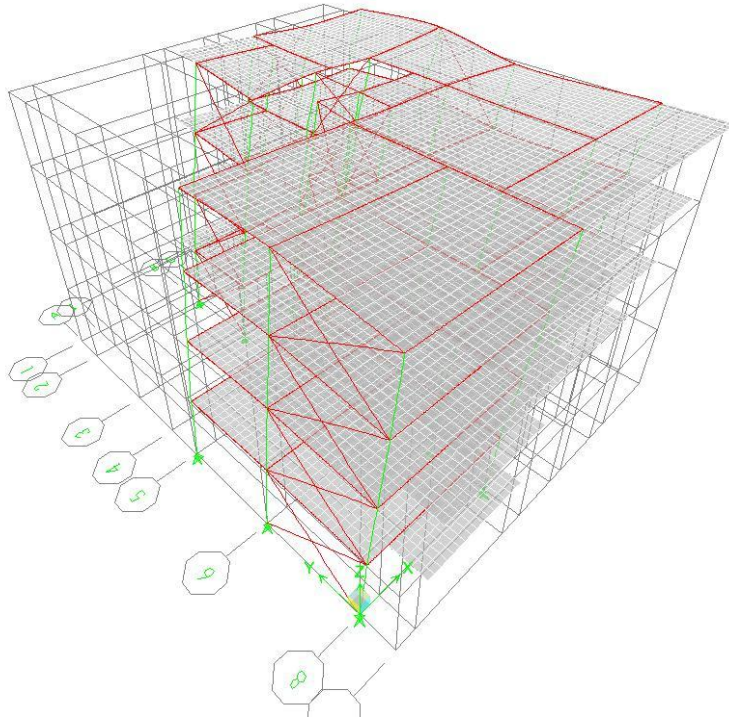
Από αυτές, 5 ιδιομορφές εμφανίζουν δρώσα ιδιομορφική μάζα μεγαλύτερη του 5% της συνολικής, 2 κατά x και 3 κατά y.

Επιπλέον προκύπτει ότι το κριτήριο που αφορά τις ιδιοπεριόδους των ιδιομορφών, $\Sigma K \geq 0.20\text{sec}$, ικανοποιείται μόνο για τις 4 πρώτες ιδιομορφές.

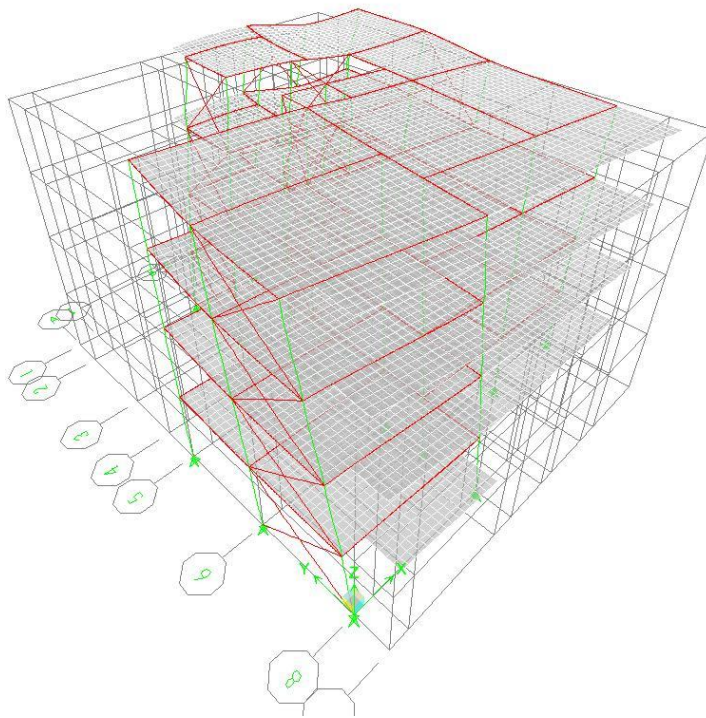
Παρακάτω παρατίθενται εικόνες από τις τρεις πρώτες χαρακτηριστικές ιδιομορφές :



Εικόνα 4.1 : Πρώτη ιδιομορφή,



Εικόνα 4.2 : Δεύτερη ιδιομορφή



Εικόνα 4.3 : Τρίτη ιδιομορφή

4.5 Μέγιστες Μετατοπίσεις

Με χρήση της εντολής Display>Show Story Response Plots που παρέχει το υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε μας δίνεται η δυνατότητα να δούμε τις μέγιστες μετατοπίσεις των ορόφων σε γραφική παράσταση.

Όπως παρατηρούμε στις Εικόνες 4.4 και 4.5 που ακολουθούν, στον άξονα X προκύπτει μέγιστη μετατόπιση για τον σεισμό E_X , 9.16cm, στο τελευταίο επίπεδο του κτηρίου μας, ενώ στον άξονα Y για τον σεισμό E_Y 4.25cm. Οι μέγιστες μετατοπίσεις αυτές, που προέκυψαν από την ανάλυση και διαστασιολόγηση του κτηρίου, είναι σε αποδεκτά επίπεδα.



Εικόνα 4.4 : Διάγραμμα μέγιστων μετατοπίσεων ορόφων για E_X



Εικόνα 4.5 : Διάγραμμα μέγιστων μετατοπίσεων ορόφων για E_Y

4.6 Σχετική Ολίσθηση Ορόφων

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι σχετικές ολισθήσεις των ορόφων για όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων και κατά τις 2 διευθύνσεις :

ΟΡΟΦΟΣ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Χ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Υ	ΟΡΟΦΟΣ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Χ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Υ
STORY1	OKA1	0,000075		STORY3	OKA1	0,000288	
STORY1	OKA1		0,000088	STORY3	OKA1		0,000347
STORY1	OKA2	0,000075		STORY3	OKA2	0,000288	
STORY1	OKA2		0,000088	STORY3	OKA2		0,000347
STORY1	OKA3	0,000068		STORY3	OKA3	0,00026	
STORY1	OKA3		0,000078	STORY3	OKA3		0,0003
STORY1	OKA4	0,000068		STORY3	OKA4	0,00026	
STORY1	OKA4		0,000078	STORY3	OKA4		0,0003
STORY1	OKL1	0,000054		STORY3	OKL1	0,000207	
STORY1	OKL1		0,000063	STORY3	OKL1		0,000245
STORY1	OKL2	0,000054		STORY3	OKL2	0,000207	
STORY1	OKL2		0,000063	STORY3	OKL2		0,000245
STORY1	OKL3	0,000049		STORY3	OKL3	0,000188	
STORY1	OKL3		0,000056	STORY3	OKL3		0,000214
STORY1	OKL4	0,000049		STORY3	OKL4	0,000188	
STORY1	OKL4		0,000056	STORY3	OKL4		0,000214
STORY1	SEISM1	0,004582		STORY3	SEISM1	0,009487	
STORY1	SEISM1		0,002097	STORY3	SEISM1		0,004292
STORY1	SEISM2	0,001909		STORY3	SEISM2	0,003902	
STORY1	SEISM2		0,002587	STORY3	SEISM2		0,0053
STORY2	OKA1	0,000208		STORY4	OKA1	0,000413	
STORY2	OKA1		0,000317	STORY4	OKA1		0,000685
STORY2	OKA2	0,000208		STORY4	OKA2	0,000413	
STORY2	OKA2		0,000317	STORY4	OKA2		0,000685
STORY2	OKA3	0,000179		STORY4	OKA3	0,000358	
STORY2	OKA3		0,000271	STORY4	OKA3		0,00059
STORY2	OKA4	0,000179		STORY4	OKA4	0,000358	
STORY2	OKA4		0,000271	STORY4	OKA4		0,00059
STORY2	OKL1	0,000147		STORY4	OKL1	0,000292	
STORY2	OKL1		0,000223	STORY4	OKL1		0,000484
STORY2	OKL2	0,000147		STORY4	OKL2	0,000292	
STORY2	OKL2		0,000223	STORY4	OKL2		0,000484
STORY2	OKL3	0,000127		STORY4	OKL3	0,000258	
STORY2	OKL3		0,000193	STORY4	OKL3		0,00042
STORY2	OKL4	0,000127		STORY4	OKL4	0,000258	
STORY2	OKL4		0,000193	STORY4	OKL4		0,00042
STORY2	SEISM1	0,007527		STORY4	SEISM1	0,009346	
STORY2	SEISM1		0,003293	STORY4	SEISM1		0,00448
STORY2	SEISM2	0,003087		STORY4	SEISM2	0,003964	
STORY2	SEISM2		0,004021	STORY4	SEISM2		0,005776

Πίνακας 4.4 : Σχετικές ολισθήσεις ορόφων

4.7 Επιμέτρηση

Για τον σκοπό της σύγκρισης των 2 φορέων έγινε επιμέτρηση του συνολικού βάρους του χάλυβα..

Καταγράφηκε ο αριθμός των διατομών των δοκών, των υποστρωμάτων και των συνδέσμων δυσκαμψίας, έγινε επιμέτρηση του συνολικού μήκους της κάθε διατομής που χρησιμοποιήθηκε και τέλος με χρήση του βάρους ανα μέτρο της καθεμιας από αυτές, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 4.5, 4.6, 4.7 4.8) μετρήθηκε το συνολικό βάρος του φορέα της κατασκευής.

ΦΟΡΕΑΣ-A - STORY1 (ΙΣΟΓΕΙΟ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	18	41,55	22,4	930,72
IPE220	3	12,15	26,2	318,33
IPE240	5	20,1	30,7	617,07
IPE270	1	4,8	36,1	173,28
IPE300	4	23,25	42,2	981,15
IPE330	2	9	49,1	441,9
IPE360	1	6,15	57,1	351,165
Σύνολο :	34	117		3813,615

HEB100	1	3	20,4	61,2
HEB120	1	3	26,7	80,1
HEB140	2	6	33,7	202,2
HEB160	0	0	42,6	0
HEB180	4	12	51,2	614,4
HEB200	3	9	61,3	551,7
HEB220	0	0	71,5	0
HEB240	2	6	83,2	499,2
HEB260	1	3	93	279
HEB280	6	18	103	1854
HEB300	2	6	117	702
HEB320	1	3	127	381
Σύνολο :	23			5224,8

Πίνακας 4.5 : Επιμέτρηση Ισογείου

ΦΟΡΕΑΣ-Α - STORY2 (1ος ΟΡΟΦΟΣ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	18	41,55	22,4	930,72
IPE220	3	12,15	26,2	318,33
IPE240	5	20,1	30,7	617,07
IPE270	1	4,8	36,1	173,28
IPE300	4	23,25	42,2	981,15
IPE330	2	9	49,1	441,9
IPE360	1	6,15	57,1	351,165
Σύνολο :	34	117		3813,615

HEB100	2	6	20,4	122,4
HEB120	2	6	26,7	160,2
HEB140	0	0	33,7	0
HEB160	3	9	42,6	383,4
HEB180	4	12	51,2	614,4
HEB200	3	9	61,3	551,7
HEB220	4	12	71,5	858
HEB240	4	12	83,2	998,4
HEB260	0	0	93	0
HEB280	0	0	103	0
HEB300	1	3	117	351
HEB320	0	0	127	0
Σύνολο :	23			4039,5

Πίνακας 4.6 : Επιμέτρηση 1^{ου} Ορόφου

ΦΟΡΕΑΣ-Α - STORY3 (2ος ΟΡΟΦΟΣ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	18	41,55	22,4	930,72
IPE220	3	12,15	26,2	318,33
IPE240	5	20,1	30,7	617,07
IPE270	0	0	36,1	0
IPE300	3	17,4	42,2	734,28
IPE330	4	19,65	49,1	964,815
IPE360	1	6,15	57,1	351,165
Σύνολο :	34	117		3916,38

HEB100	2	6	20,4	122,4
HEB120	5	15	26,7	400,5
HEB140	4	12	33,7	404,4
HEB160	4	12	42,6	511,2
HEB180	4	12	51,2	614,4
HEB200	2	6	61,3	367,8
HEB220	2	6	71,5	429
HEB240	0	0	83,2	0
HEB260	0	0	93	0
HEB280	0	0	103	0
HEB300	0	0	117	0
HEB320	0	0	127	0
Σύνολο :	23			2849,7

Πίνακας 4.7 : Επιμέτρηση 2^{ου} Ορόφου

ΦΟΡΕΑΣ-Α - STORY4 (3ος ΟΡΟΦΟΣ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	18	41,55	22,4	930,72
IPE220	3	12,15	26,2	318,33
IPE240	5	20,1	30,7	617,07
IPE270	2	9	36,1	324,9
IPE300	4	25,5	42,2	1076,1
IPE330	1	2,55	49,1	125,205
IPE360	1	6,15	57,1	351,165
Σύνολο :	34	117		3743,49

HEB100	6	18	20,4	367,2
HEB120	2	6	26,7	160,2
HEB140	5	15	33,7	505,5
HEB160	2	6	42,6	255,6
HEB180	3	9	51,2	460,8
HEB200	3	9	61,3	551,7
HEB220	1	3	71,5	214,5
HEB240	0	0	83,2	0
HEB260	0	0	93	0
HEB280	1	3	103	309
HEB300	0	0	117	0
HEB320	0	0	127	0
Σύνολο :	23			2824,5

Πίνακας 4.8 : Επιμέτρηση 3^{ου} Ορόφου

Συνολικά, το βάρος του φέροντος οργανισμού από χάλυβα είναι :

ΟΡΟΦΟΣ	ΔΟΚΟΙ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	
ΙΣΟΓΕΙΟ	3813,615	5224,8	
1ος	3813,615	4039,5	
2ος	3916,38	2849,7	
3ος	3743,49	2824,5	
ΣΥΝΟΛΟ	15287,1	14938,5	30225,6

Στο σύνολο του βάρους του χάλυβα πρέπει να προστεθεί και το συνολικό βάρος των συνδέσμων δυσκαμψίας, το οποίο υπολογίστηκε σε **5994,4kg**

Οπότε, τελικά το βάρος του δομικού χάλυβα του φέροντος οργανισμού είναι :

$$30225,6 + 5994,4 = \boxed{36.220 \text{ kg}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

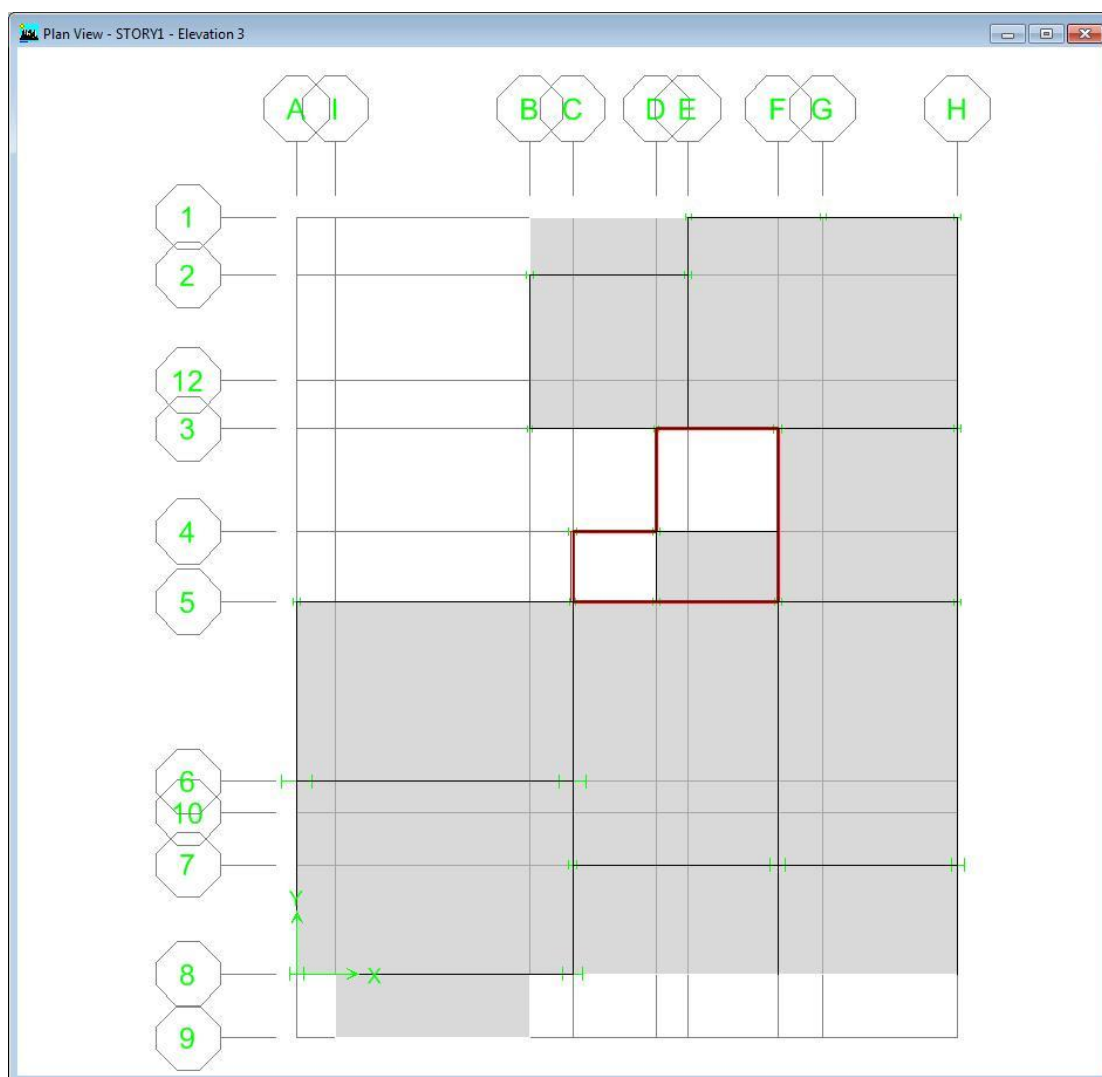
5

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΕΑ-Β

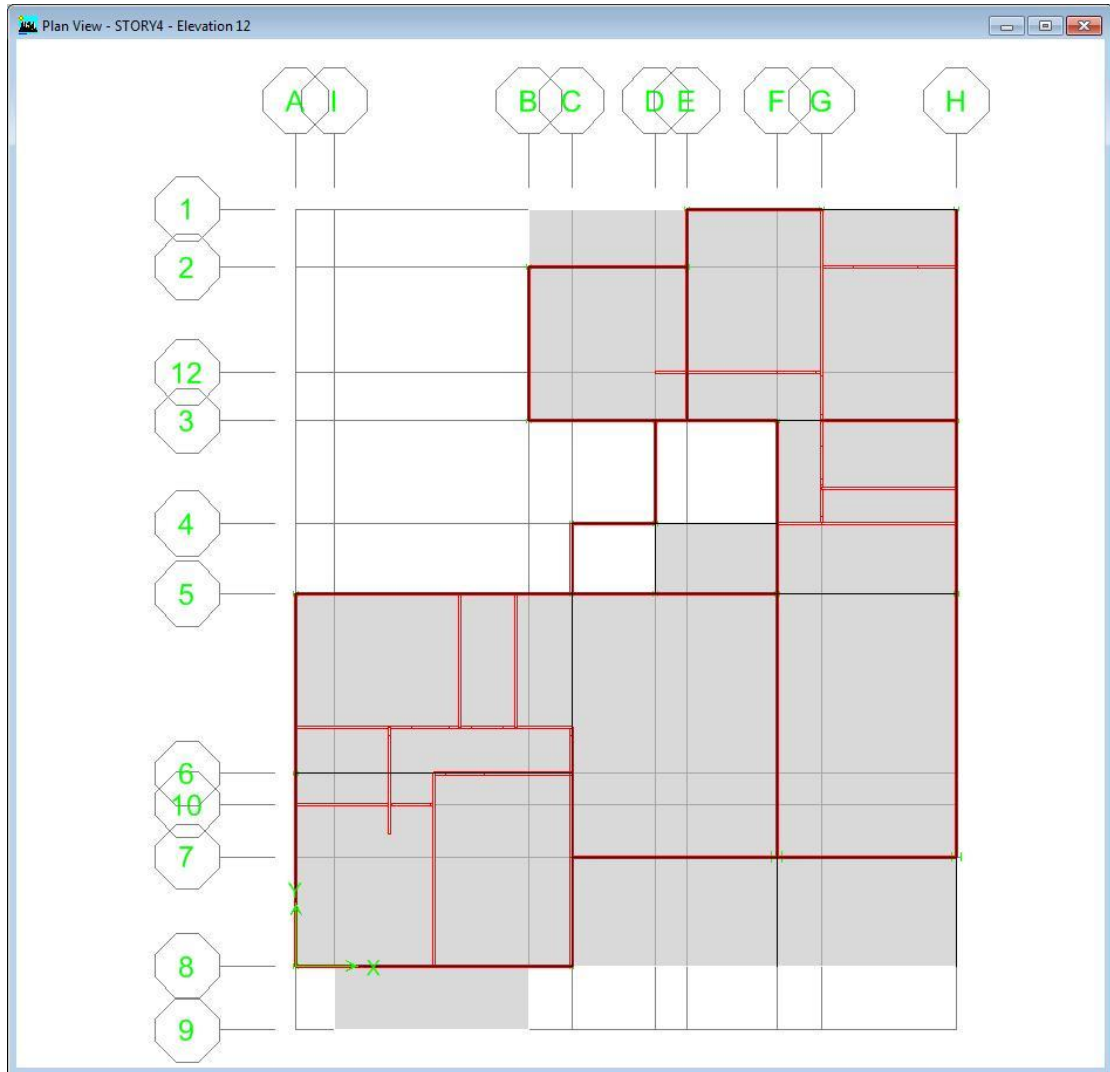
5.1 Γενικά Στοιχεία

Το προσομοίωμα το οποίο εισάγαμε στο υπολογιστικό περιβάλλον του ETABS απεικονίζει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τη συμπεριφορά του πραγματικού φορέα καθώς και των επιμέρους στοιχείων που τον απαρτίζουν (διατομές, μέλη, εδράσεις κλπ.). Όσον αφορά στο μοντέλο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση είναι χωρικό.

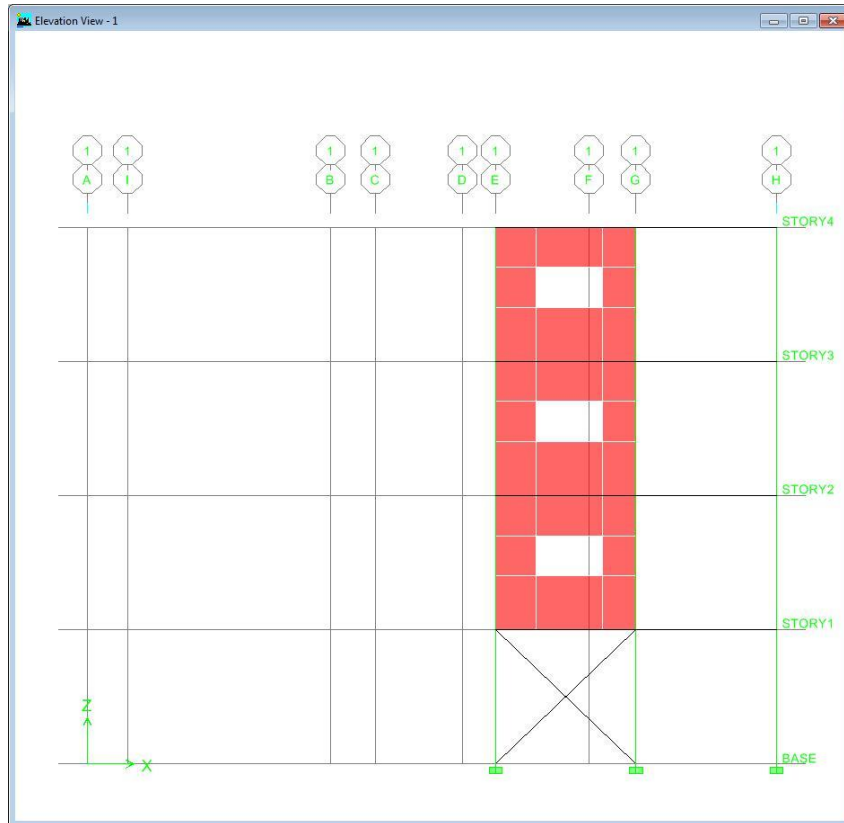
Παρακάτω παρουσιάζεται το κτήριο μέσα από μια σειρά απο τομές, κατόψεις και τρισδιάστατες εικόνες, οι οποίες είναι ειλημμένες από το γραφιστικό περιβάλλον του ETABS.



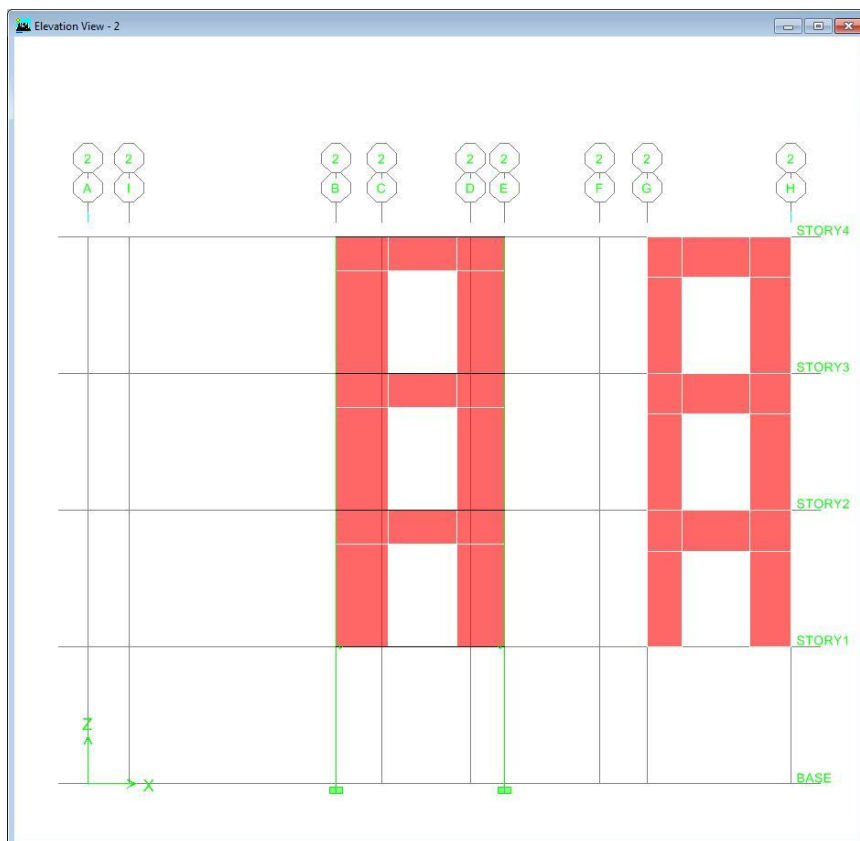
Εικόνα 5.1: Οροφή ισογείου



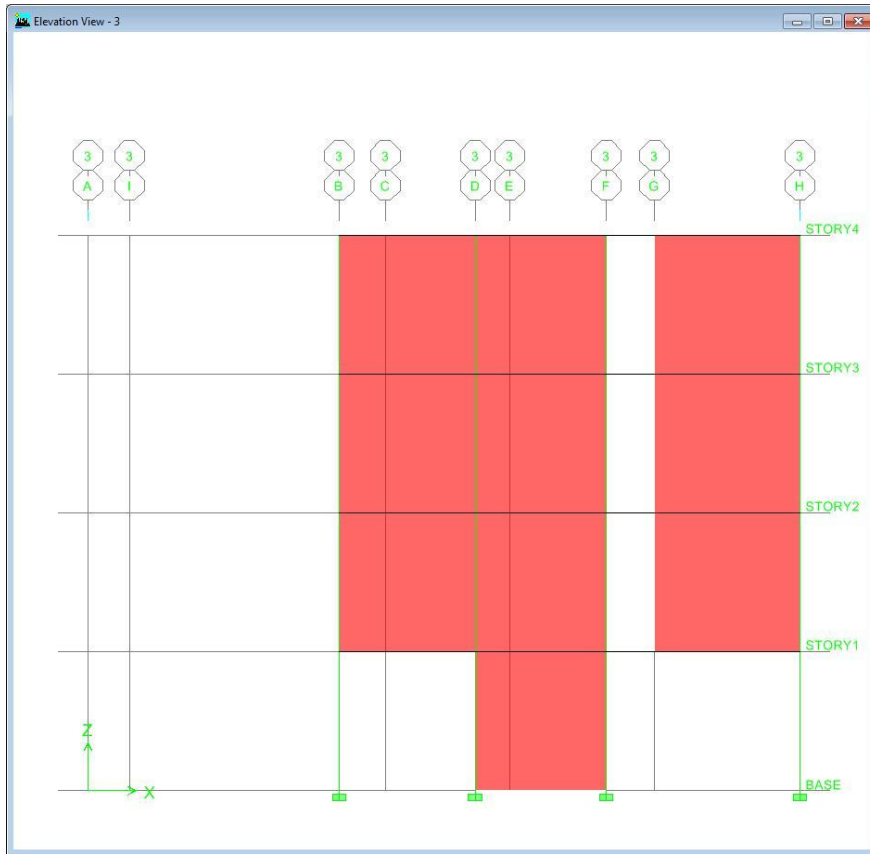
Εικόνα 5.2: Οροφή τυπικού ορόφου



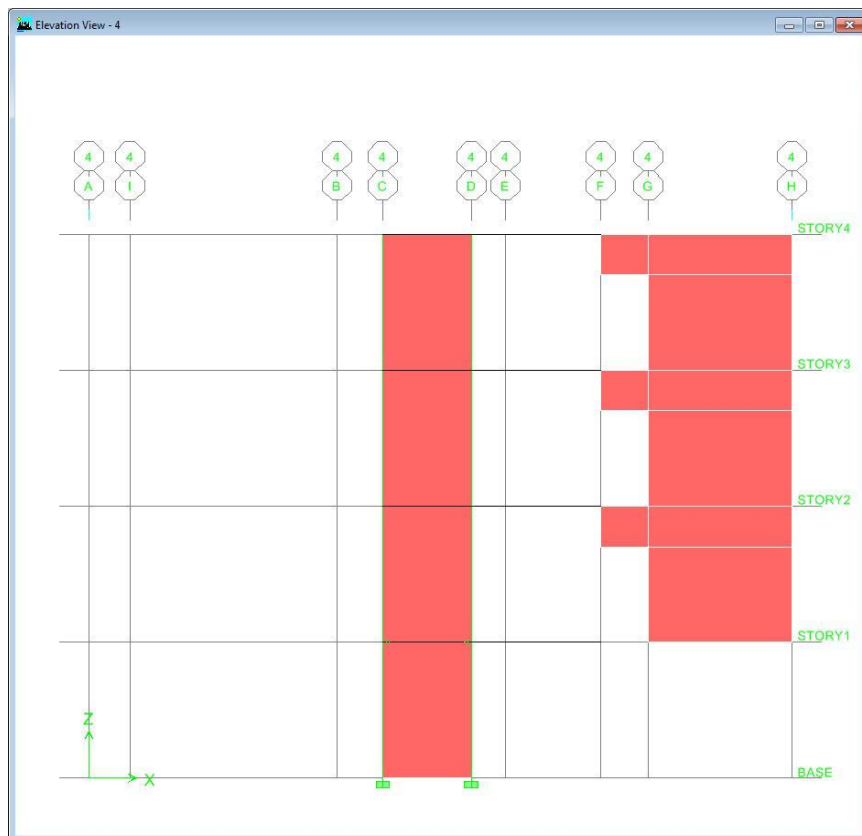
Εικόνα 5.3: Τομή στον άξονα 1



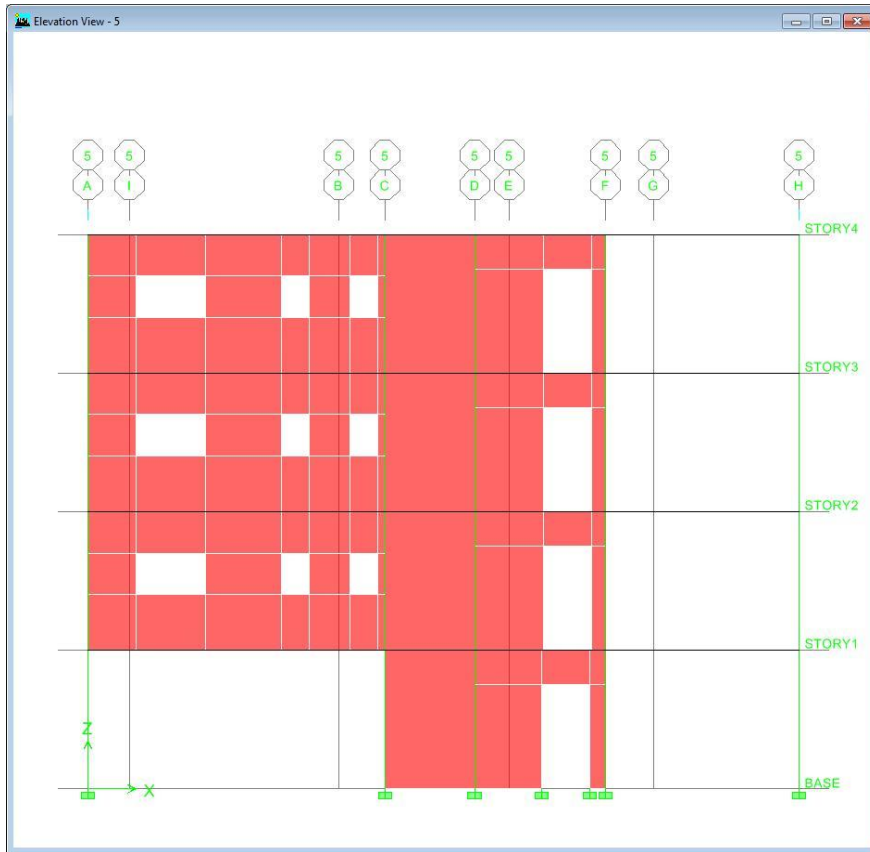
Εικόνα 5.4: Τομή στον άξονα 2



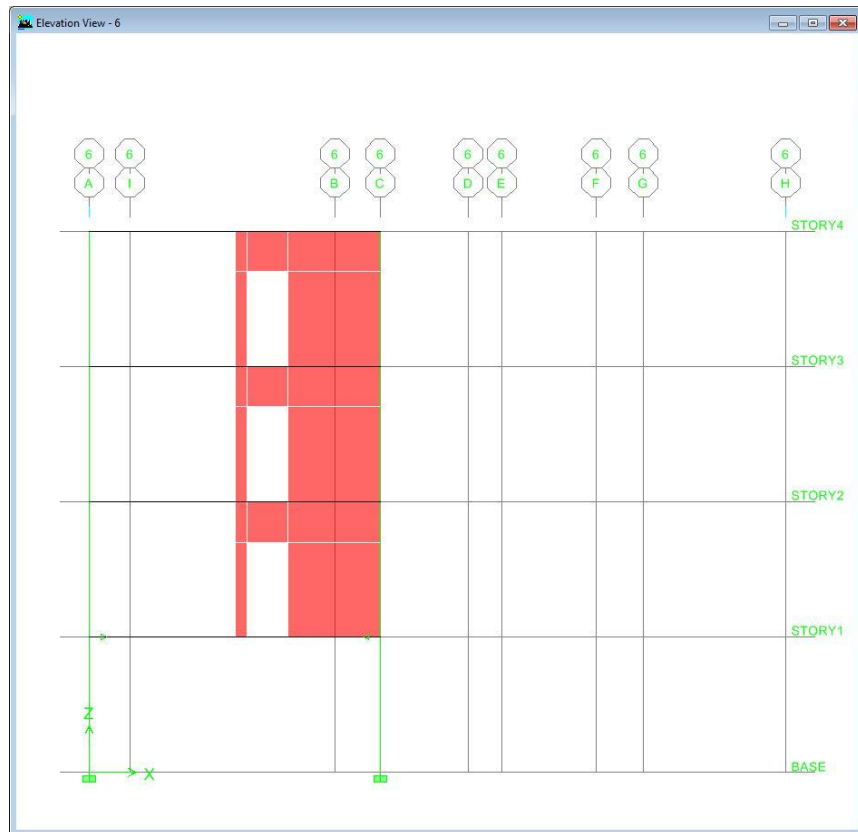
Εικόνα 5.5: Τομή στον άξονα 3



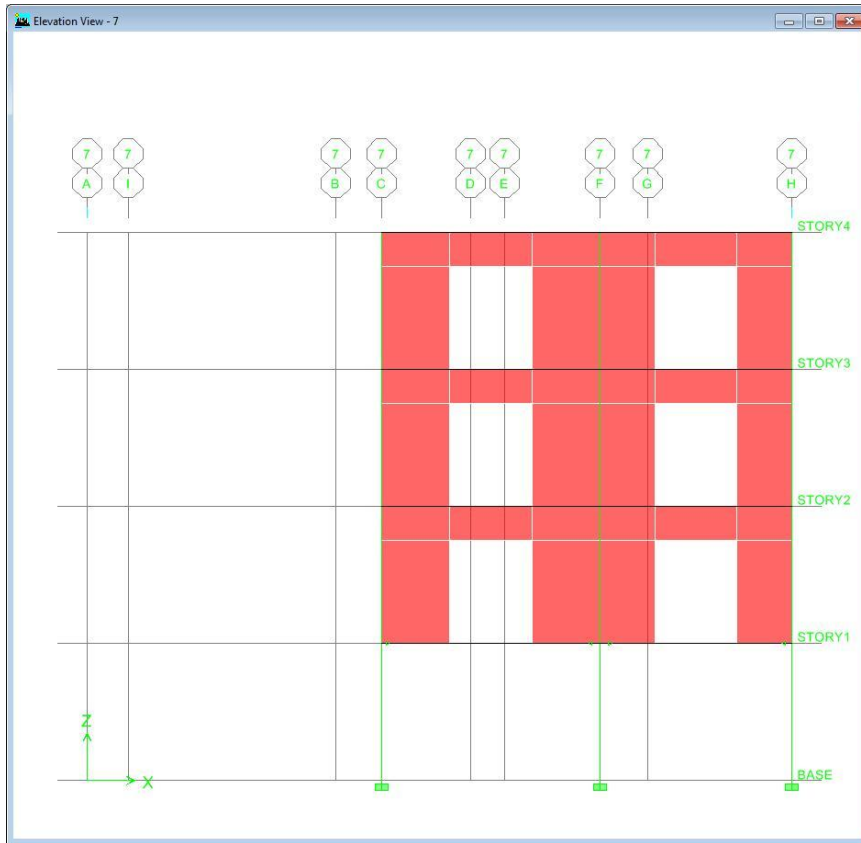
Εικόνα 5.6: Τομή στον άξονα 4



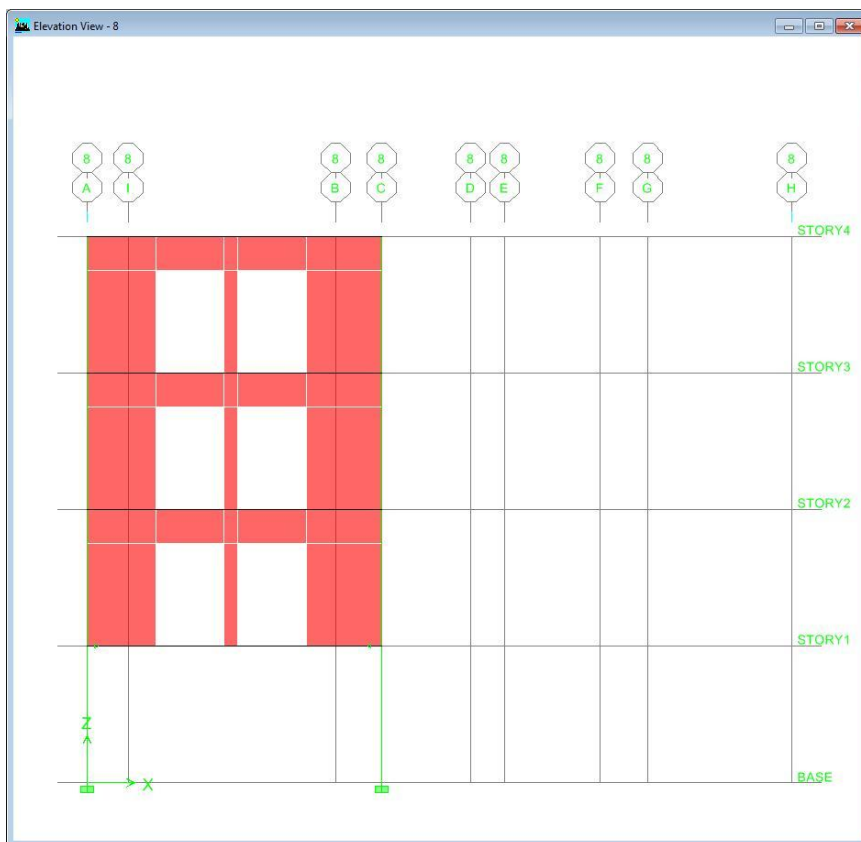
Εικόνα 5.7: Τομή στον άξονα 5



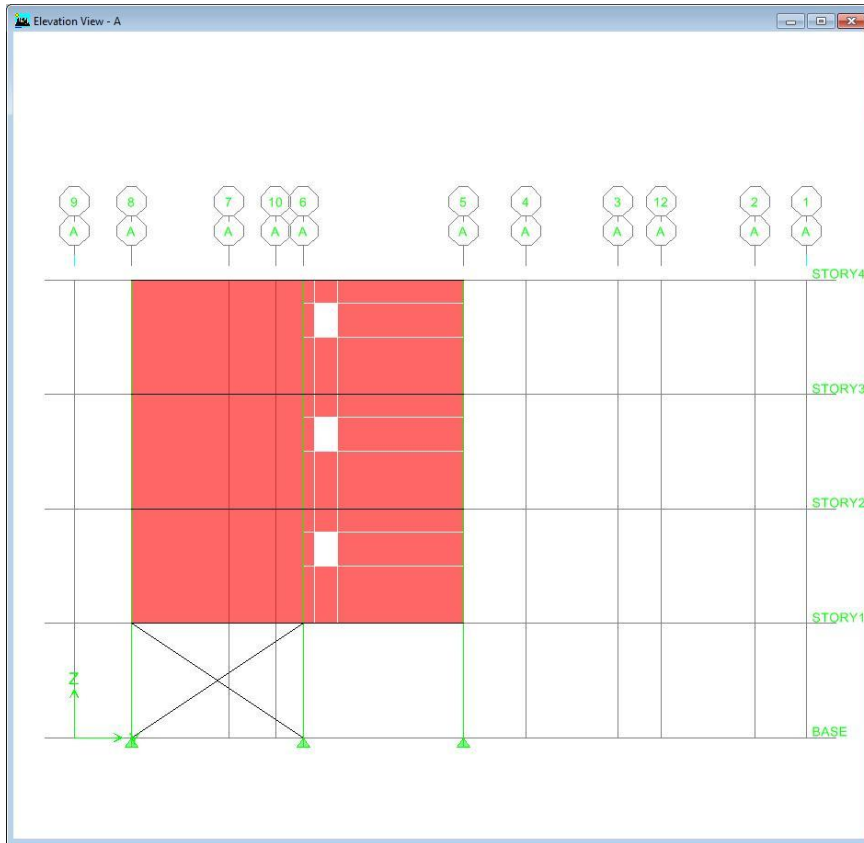
Εικόνα 5.8: Τομή στον άξονα 6



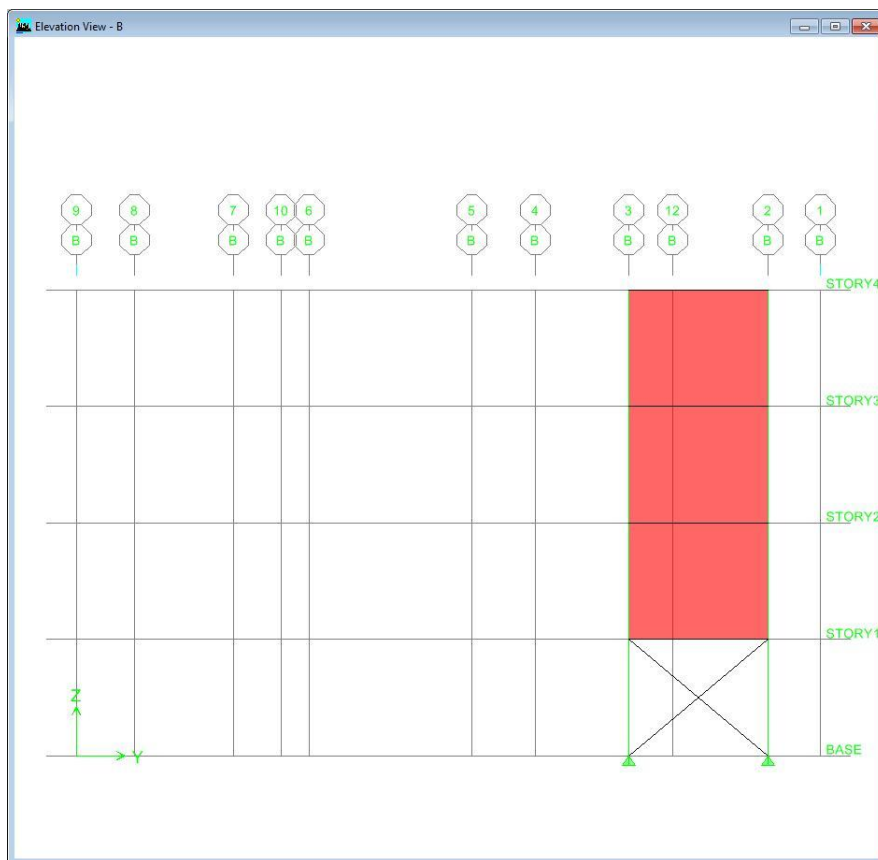
Εικόνα 5.9: Τομή στον άξονα 7



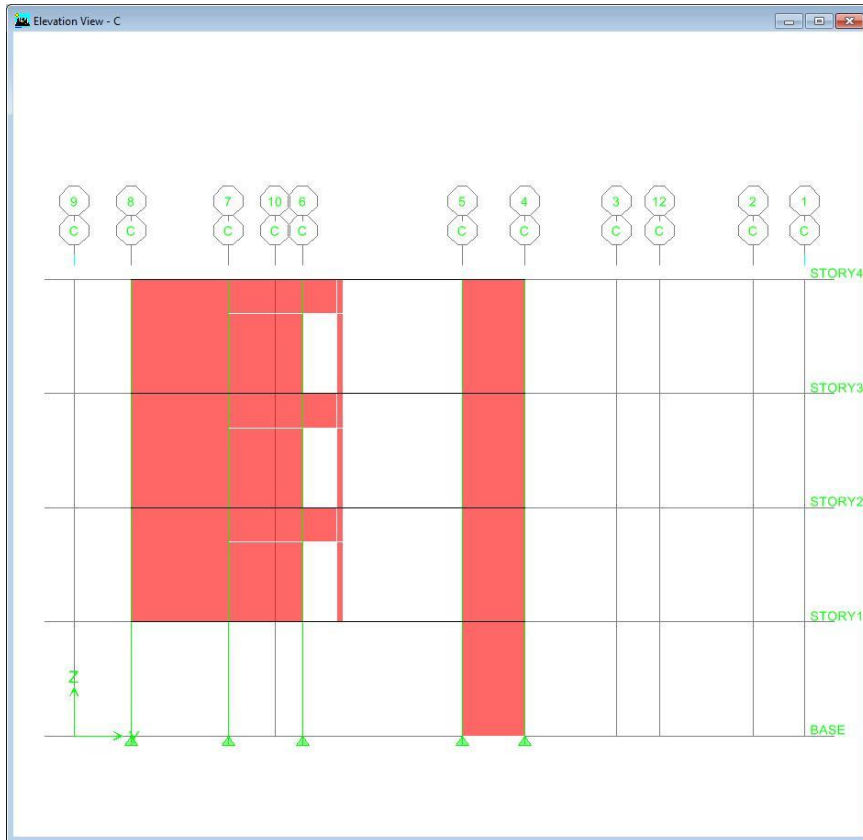
Εικόνα 5.10: Τομή στον άξονα 8



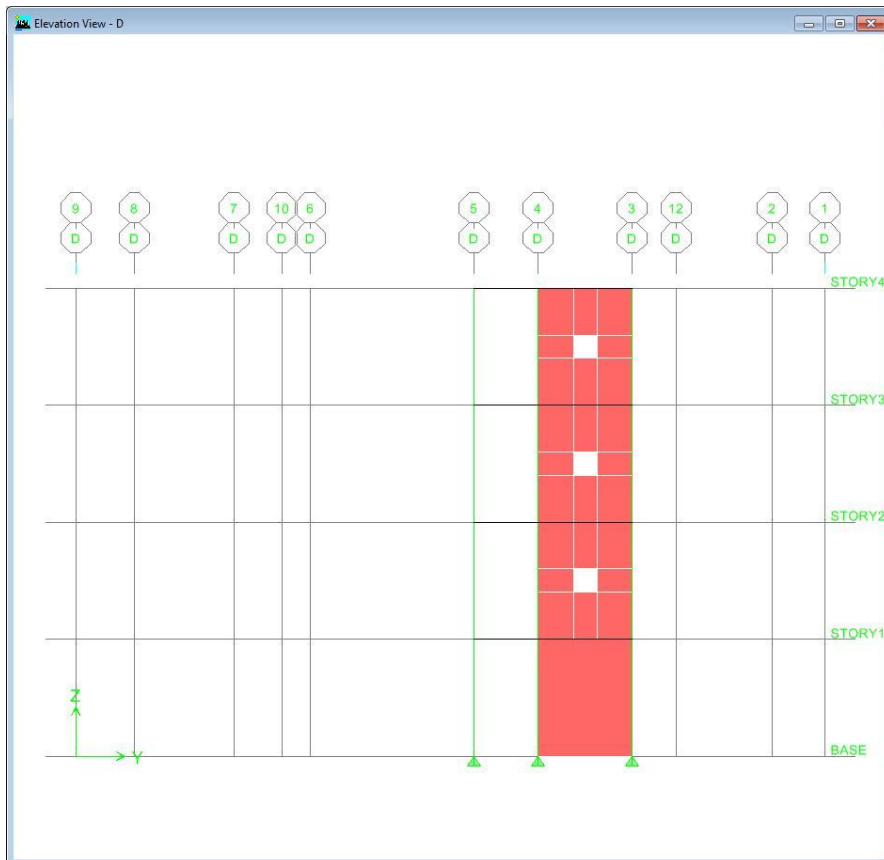
Εικόνα 5.11: Τομή στον άξονα Α



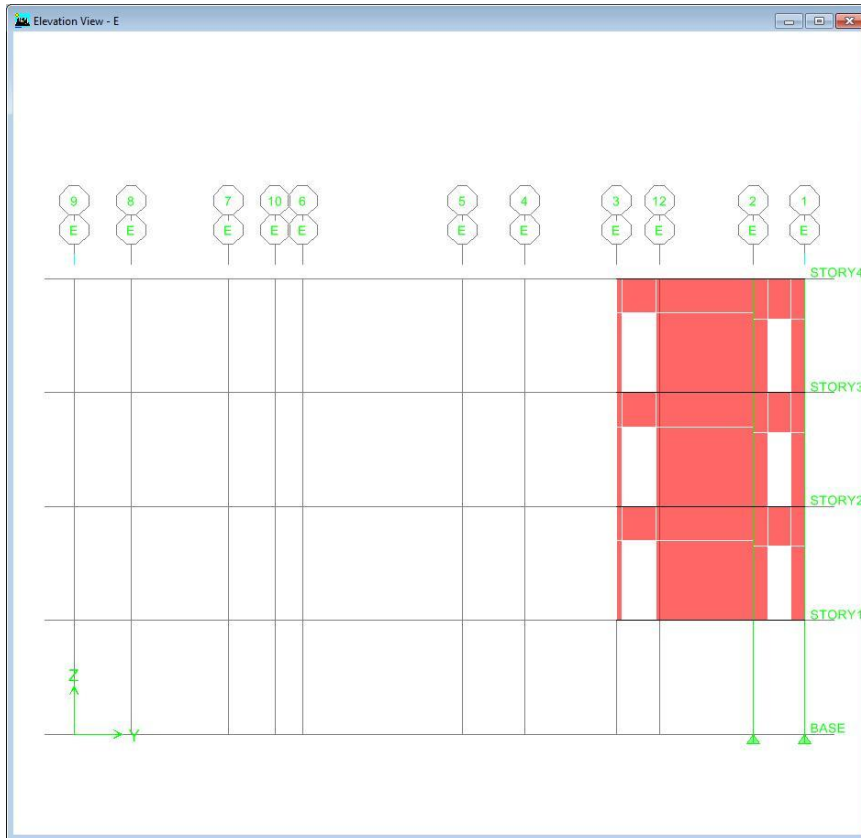
Εικόνα 5.12: Τομή στον άξονα Β



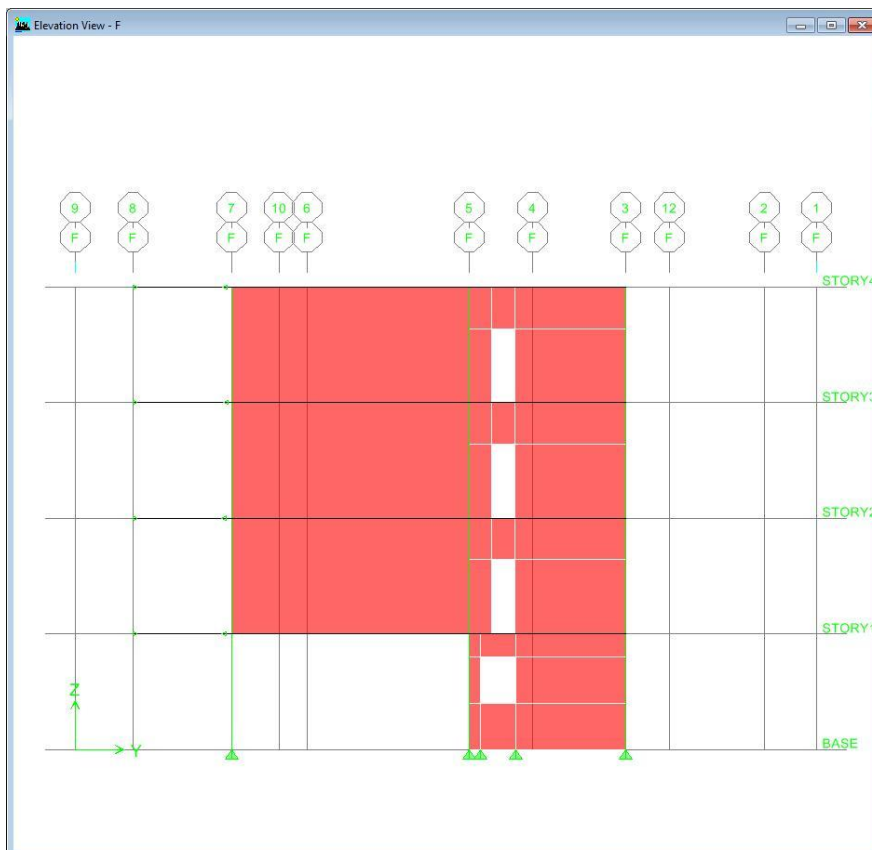
Εικόνα 5.13: Τομή στον άξονα C



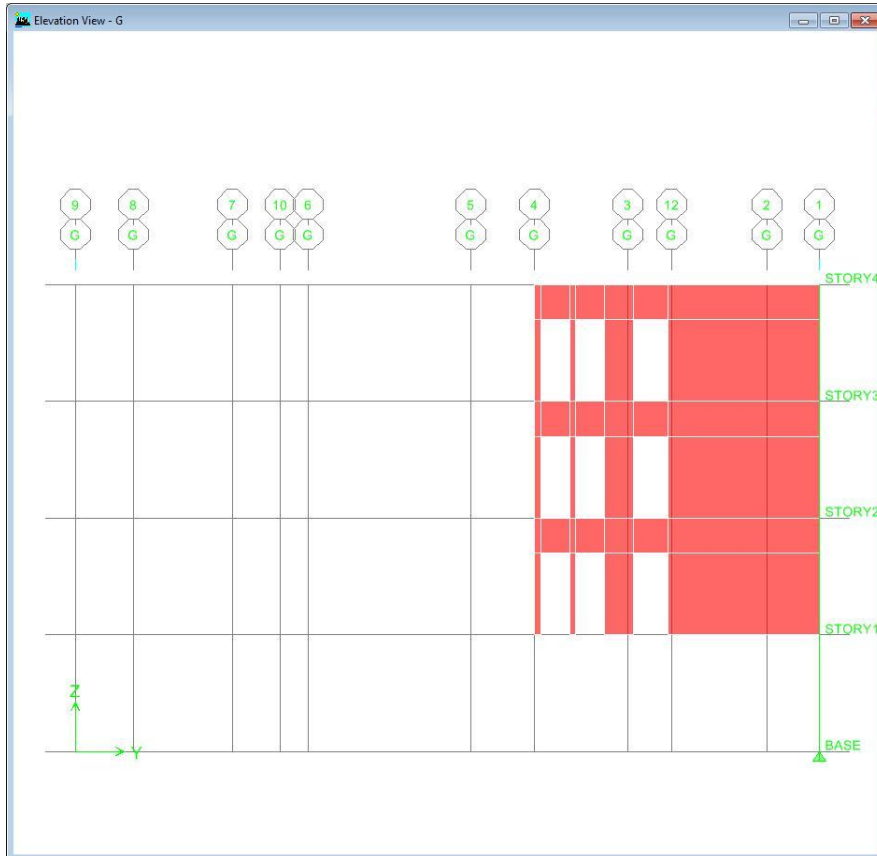
Εικόνα 5.14: Τομή στον άξονα D



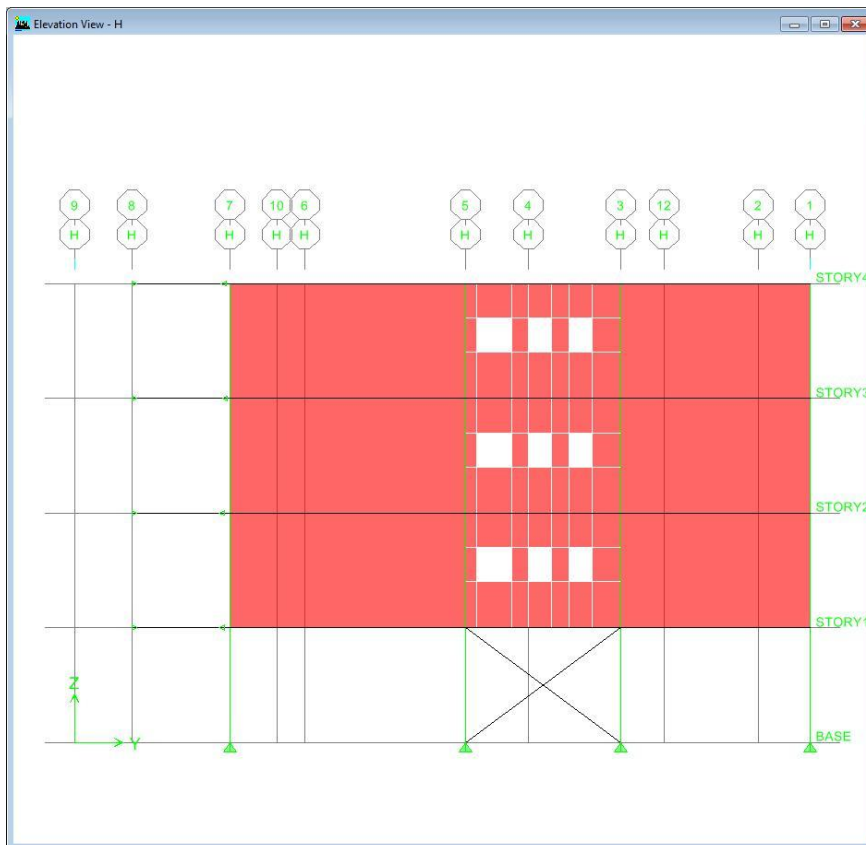
Εικόνα 5.15: Τομή στον άξονα Ε



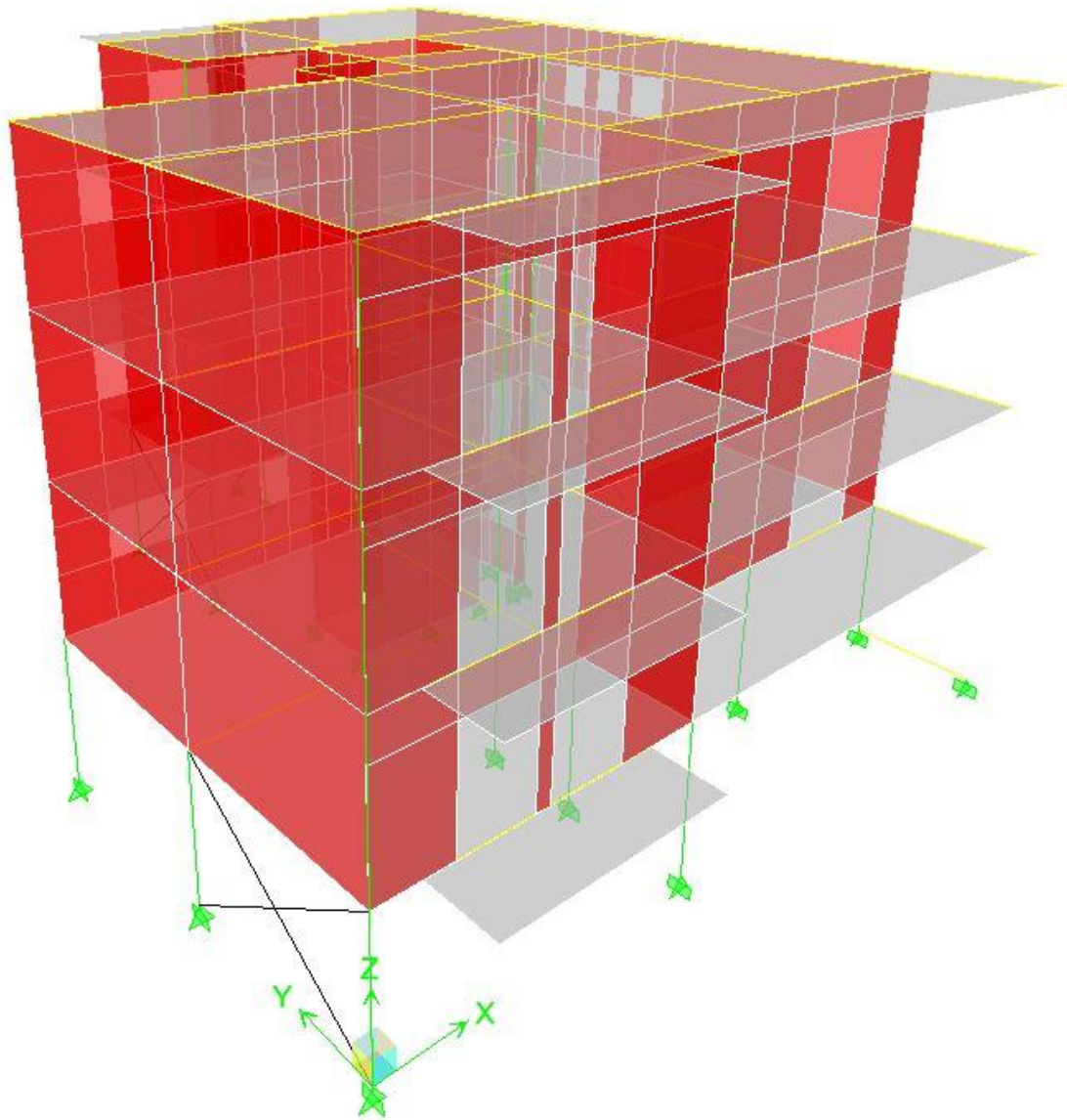
Εικόνα 5.16: Τομή στον άξονα F



Εικόνα 5.17: Τομή στον άξονα G



Εικόνα 5.18: Τομή στον άξονα Η



Εικόνα 5.19: Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου

5.2 Δημιουργία Προσομοιώματος

Οι χρησιμοποιούμενες μονάδες μέτρησης στην μελέτη μας κατά τη διαδικασία προσομοίωσης είναι: (δυνάμεις/μήκος/θερμοκρασία/χρόνος) => (KN / m/ oC /sec) .

7.2.1 Ορισμός ιδιοτήτων χρησιμοποιούμενων υλικών

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'Material Name' is 'C2530'. The 'Type of Material' is 'Isotropic'. The 'Type of Design' is 'Concrete'. The 'Analysis Property Data' section includes: Mass per unit Volume (2.5), Weight per unit Volume (25), Modulus of Elasticity (31000000), Poisson's Ratio (0.2), Coeff of Thermal Expansion (1.000E-05), and Shear Modulus (12916666,7). The 'Design Property Data (Eurocode 2-2004)' section includes: Charact. Conc Cyl Strength, fck (25000), Bending Reinf. Yield Stress, fyk (516000), Shear Reinf. Yield Stress, fywk (516000), and a checkbox for 'Lightweight Concrete' which is unchecked. The 'Display Color' is a light blue color. Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

Εικόνα 5.20: Ιδιότητες οπλισμένου σκυροδέματος

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a steel material. The 'Material Name' is 'S275'. The 'Type of Material' is 'Isotropic'. The 'Type of Design' is 'Steel'. The 'Analysis Property Data' section includes: Mass per unit Volume (7.85), Weight per unit Volume (78,5), Modulus of Elasticity (2,100E+08), Poisson's Ratio (0,3), Coeff of Thermal Expansion (1,200E-05), and Shear Modulus (80769231,). The 'Design Property Data' section includes: Minimum Yield Stress, Fy (275000), Minimum Tensile Strength, Fu (430000), and Cost per Unit Weight (0,2248). The 'Display Color' is a bright green color. Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

Εικόνα 5.21: Ιδιότητες χάλυβα S275

Όπως φαίνεται και στις παραπάνω εικόνες, όπως και στον Φορέα-A, ως σκυρόδεμα θεμελιώσεως αλλά και ανωδομής χρησιμοποιήθηκε κατηγορίας C25/30. Όσον αφορά στην ποιότητα του χάλυβα των μεταλλικών στοιχείων λήφθηκε ενιαία κατηγορία S275.

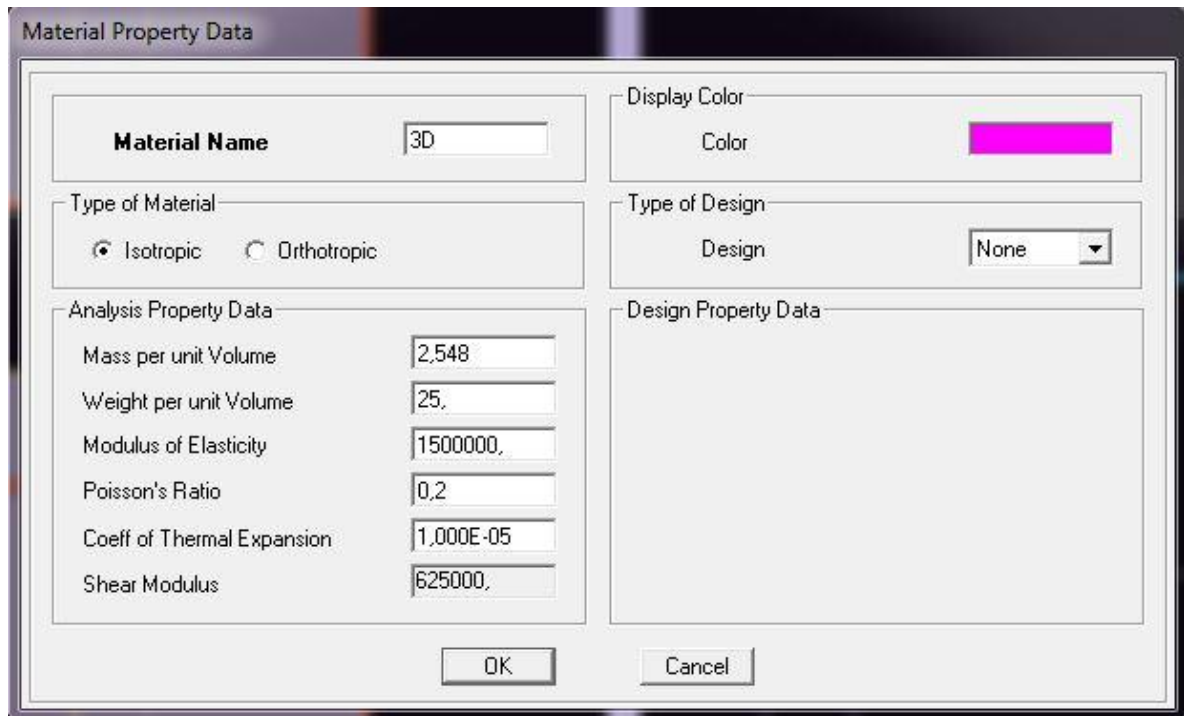
5.2.2 Ορισμός συνοριακών συνθηκών

- **Κύριες Δοκοί**
Στο επίπεδο του ισογείου οι κύριες δοκοί κατά την διεύθυνση X, και στους άξονες που δεν έχουμε συνδέσμους δυσκαμψίας, συνδέονται με τα υποστυλώματα με άκαμπτες συνδέσεις ροπής, οι οποίες λειτουργούν ως οιονεί πακτώσεις ικανές να παραλάβουν ροπές ενώ στους υπόλοιπους άξονες και κατά την διεύθυνση Y με συνδέσεις τέμνουσας, οι οποίες μεταφέρουν στο υποστύλωμα ολόκληρη την αντίδραση στήριξης. Στα υπόλοιπα επίπεδα όλες οι συνδέσεις δοκών-υποστυλωμάτων είναι συνδέσεις τέμνουσας.
- **Υποστυλώματα**
Οι βάσεις των υποστυλωμάτων θεωρήθηκαν πακτώσεις κατά την ισχυρή διεύθυνση και αρθρώσεις κατά την ασθενή.
- **Σύνδεσμοι Δυσκαμψίας**
Οι συνδέσεις των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας, μορφώνονται ως απλές συνδέσεις τέμνουσας τόσο στην βάση τους όσο και στην κορυφή τους.
- **Δοκοί Πρόβολοι**
Η σύνδεση των δοκών στα υποστυλώματα είναι άκαμπτη σύνδεση ροπής η οποία λειτουργεί ως οιονεί πάκτωση.

5.2.3 Προσομοίωση πάνελ τοιχοπλήρωσης

Το πάνελ τοιχοπλήρωσης προσομοιώνεται με ισότροπα επιφανειακά στοιχεία κελύφους σύμφωνα με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στοιχεία που εισήχθησαν στο πρόγραμμα

- 1) Δημιουργήθηκε υλικό (3D) με τις παρακάτω ιδιότητες:




Material Property Data

Material Name 3D

Type of Material
 Isotropic Orthotropic

Analysis Property Data

Mass per unit Volume	2,548
Weight per unit Volume	25,
Modulus of Elasticity	1500000,
Poisson's Ratio	0,2
Coeff of Thermal Expansion	1,000E-05
Shear Modulus	625000,

Display Color
Color 

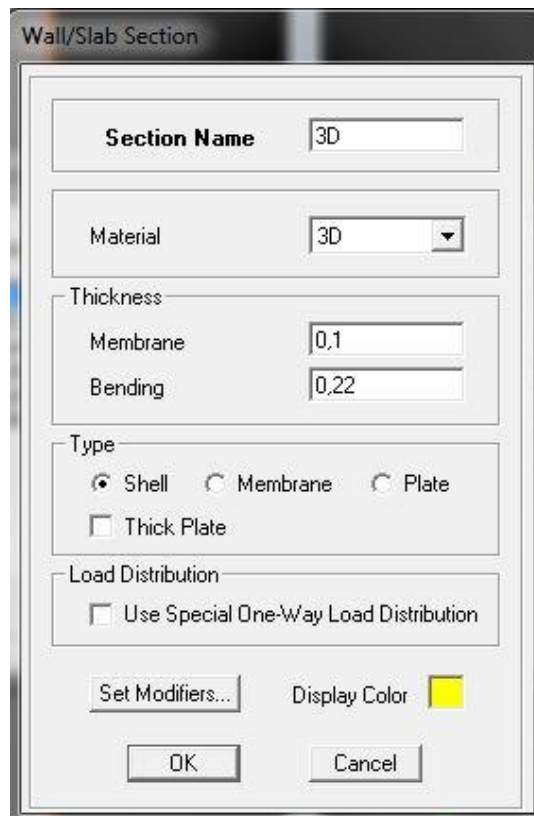
Type of Design
Design None

Design Property Data

OK Cancel

Εικόνα 5.22: Ιδιότητες 3Δ-πάνελ.

2) Στη συνέχεια δόθηκαν οι ιδιότητες του στοιχείου:



Wall/Slab Section

Section Name 3D


Material 3D

Thickness

Membrane	0,1
Bending	0,22

Type
 Shell Membrane Plate
 Thick Plate

Load Distribution
 Use Special One-Way Load Distribution

Set Modifiers... Display Color 

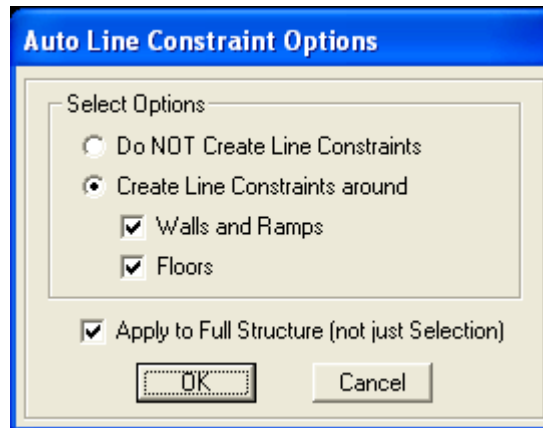
OK Cancel

Εικόνα 5.23: Ιδιότητες 3Δ-πάνελ.

Η τιμή 0,10 που αποδίδεται στο κελί membrane ισούται με το σύνολο των παχών των εξωτερικών φλοιών και αφορά στην καταπόνηση εντός του επιπέδου του στοιχείου.

Η τιμή 0,22 που αποδίδεται στο κελί bending ισούται με το συνολικό πάχος του τοίχου (12 cm μονωτικό υλικό και 5 cm τσιμεντοκονία εκατέρωθεν) και αφορά στην καταπόνηση κάθετα στο επίπεδο του τοίχου.

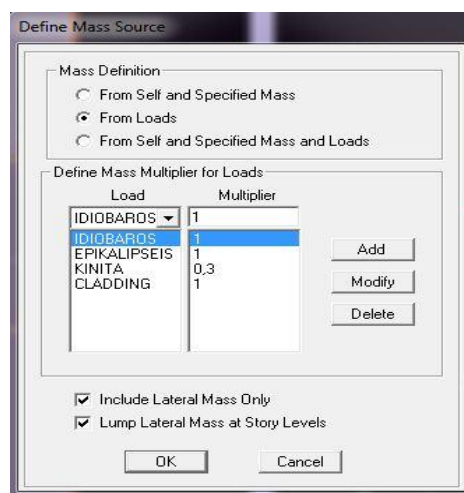
- 3) Σύνδεση με μεταλλικά στοιχεία σκελετού (υποστυλώματα, δοκοί)



5.3 Φόρτιση Φορέα

5.3.1 Ταλαντούμενη μάζα

Η ταλαντούμενη μάζα κατά τον ισχύοντα κανονισμό είναι $G+\psi_2$

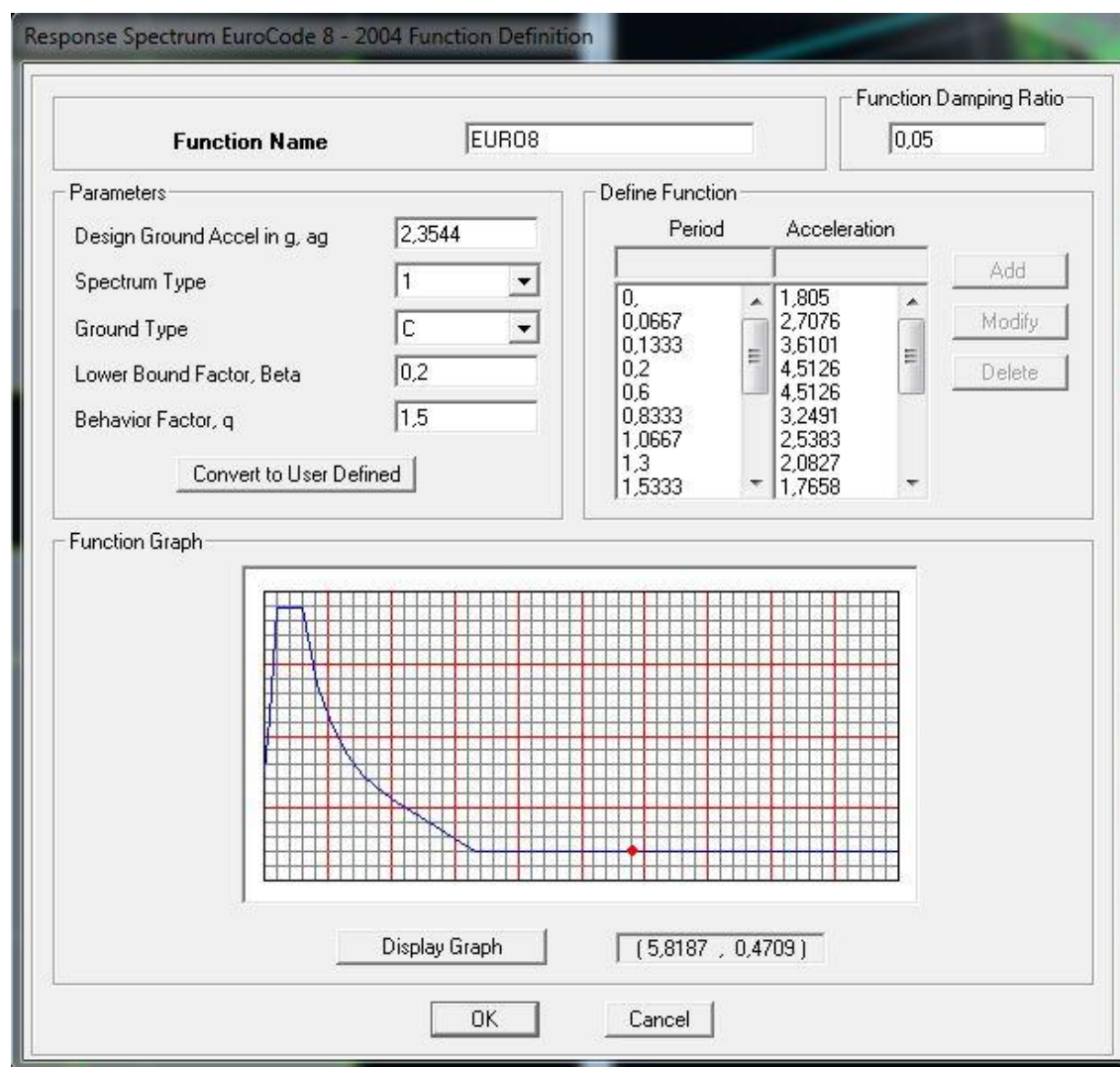


Εικόνα 5.24: Ταλαντούμενη μάζα

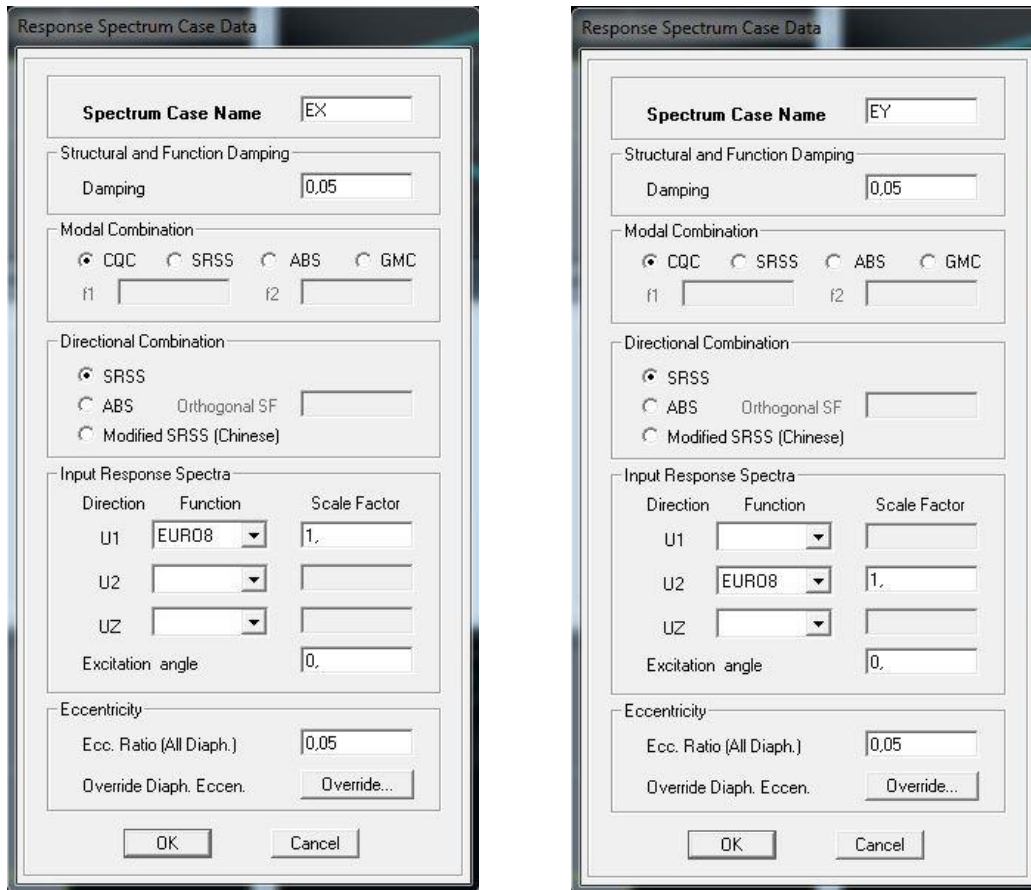
5.3.2 Σεισμικά φορτία

Η σεισμική φόρτιση που χρησιμοποιήθηκε είναι σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται και οι ιδιότητες που εφαρμόστηκαν, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3.

Στην εικόνα 5.25 φαίνεται το φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 ενώ στην εικόνα 5.26 φαίνεται ο ορισμός των οριζόντιων συνιστωσών του για την χρήση τους στους συνδυασμούς φόρτισεων.



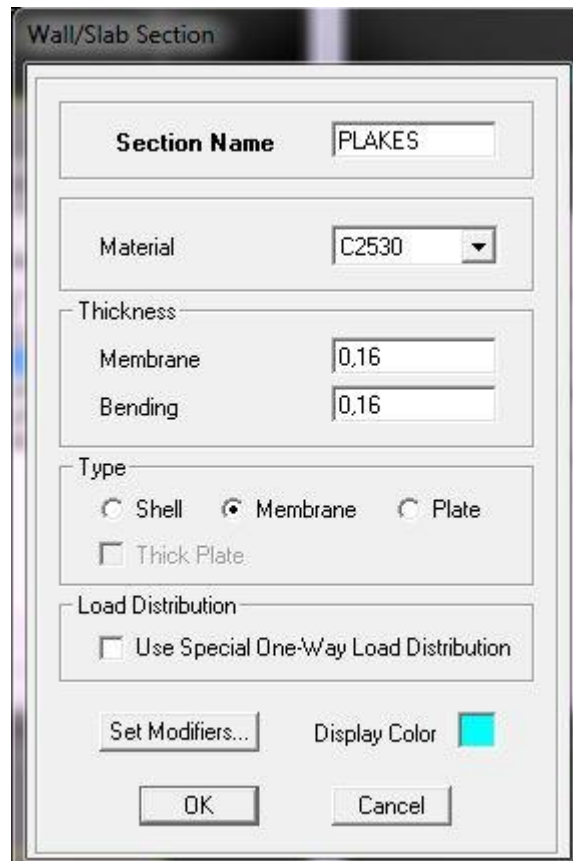
Εικόνα 5.25: Ιδιότητες σεισμού EC8



Εικόνα 5.26: Ex και Ey

5.3.3 Ανάλυση των πλακών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων

Η προσομοίωση των πλακών από ωπλισμένο σκυρόδεμα έγινε με την χρήση πεπερασμένων στοιχείων μεμβράνης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αυτό έγινε με χρήση της εντολής assign>shell/area>area object mesh options.



Εικόνα 5.26: Ex και Ey

5.4 Φόρτιση Μελών

- Τα μόνιμα φορτία του φορέα που προέρχονται από το ίδιο βάρος των μελών υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω του καθορισμού των ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής, τη διατομή του μέλους καθώς και τις διαστάσεις.
- Τα σεισμικά φορτία εφαρμόζονται αυτόματα σε όλα τα μέλη του φορέα.
- Επειδή τα 3Δ-πάνελ ορίστηκαν σαν υλικό, το ίδιο βάρος τους υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω του καθορισμού των ιδιοτήτων του.

5.5 Συνδυασμοί Φορτίσεων

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	SortID
OKA1	IDIOBAROS	1,35	Static	1
OKA1	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	2
OKA1	KINITA	1,5	Static	3
OKA1	TEMP	0,9	Static	4
OKA2	IDIOBAROS	1,35	Static	5
OKA2	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	6
OKA2	KINITA	1,5	Static	7
OKA2	TEMP	-0,9	Static	8
OKA3	IDIOBAROS	1,35	Static	9
OKA3	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	10
OKA3	KINITA	1,05	Static	11
OKA3	TEMP	1,5	Static	12
OKA4	IDIOBAROS	1,35	Static	13
OKA4	EPIKALIPSEIS	1,35	Static	14
OKA4	KINITA	1,05	Static	15
OKA4	TEMP	-1,5	Static	16
OKL1	IDIOBAROS	1	Static	17
OKL1	EPIKALIPSEIS	1	Static	18
OKL1	KINITA	1	Static	19
OKL1	TEMP	0,6	Static	20
OKL2	IDIOBAROS	1	Static	21
OKL2	EPIKALIPSEIS	1	Static	22
OKL2	KINITA	1	Static	23
OKL2	TEMP	-0,6	Static	24
OKL3	IDIOBAROS	1	Static	25
OKL3	EPIKALIPSEIS	1	Static	26
OKL3	KINITA	0,7	Static	27
OKL3	TEMP	1	Static	28
OKL4	IDIOBAROS	1	Static	29
OKL4	EPIKALIPSEIS	1	Static	30
OKL4	KINITA	0,7	Static	31
OKL4	TEMP	-1	Static	32
SEISM1	IDIOBAROS	1	Static	33
SEISM1	EPIKALIPSEIS	1	Static	34
SEISM1	KINITA	0,3	Static	35
SEISM1	EX	1	Spectrum	36
SEISM1	EY	0,3	Spectrum	37
SEISM2	IDIOBAROS	1	Static	38
SEISM2	EPIKALIPSEIS	1	Static	39
SEISM2	KINITA	0,3	Static	40
SEISM2	EY	1	Spectrum	41
SEISM2	EX	0,3	Spectrum	42

Πίνακας 5.1: Συνδυασμοί φορτίσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΦΟΡΕΑ-Β**

6.1 Γενικά Στοιχεία

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη του κτηρίου, του συντελεστή ευαισθησίας, της γωνιακής παραμόρφωσης και των ιδιομορφών, για τα οποία ο EC8 επιβάλλει ελέγχους και περιορισμούς που επηρεάζουν τη διαστασιολόγηση του φορέα που πραγματοποιείται στη συνέχεια. Τα επιμέρους στοιχεία από τα οποία προκύπτουν ο συντελεστής ευαισθησίας και η γωνιακή παραμόρφωση που σχετίζονται με τις εντάσεις του κτηρίου όπως επίσης και εκείνα των ιδιομορφών (δρώσες μάζες), υπολογίζονται με το πρόγραμμα ETABS.

6.2 Έλεγχος επιρροών 2^{ης} τάξεως

Τα αποτελέσματα των τιμών θ_x και θ_y του κτηρίου παρουσιάζονται στο Πίνακα 5.1 και προκύπτουν από την ανάλυση με το πρόγραμμα ETABS για τους σεισμικούς συνδυασμούς SEISM1 ($G+0.3Q+Ex+0.3Ey$) και SEISM2 ($G+0.3Q+Ey+0.3Ex$) αντίστοιχα, που είναι οι συνδυασμοί σχεδιασμού για τη κάθε διεύθυνση.

Από τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Πίνακα 6.1, προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές του θ για τις δυο διευθύνσεις είναι μικρότερες από τη τιμή 0.1, οπότε η επίδραση των φαινομένων 2^{ης} τάξεως μπορεί να παραληφθεί.

Σεισμική Δράση X - Συνδυασμός SEISM1				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\theta_x=(P_{tot} \cdot dr)/(V_{tot} \cdot h)$	0,0136	0,0136	0,0094	0,0048

Σεισμική Δράση Y - Συνδυασμός SEISM2				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\theta_y=(P_{tot} \cdot dr)/(V_{tot} \cdot h)$	0,0225	0,0214	0,0159	0,0108

Πίνακας 6.1 : Τιμές συντελεστή ευαισθησίας του φορέα

6.3 Έλεγχος γωνιακών παραμορφώσεων ορόφων

Ο έλεγχος που δίνει το όριο της γωνιακής παραμόρφωσης, για κτίρια που έχουν ευαίσθητα μη φέροντα στοιχεία, σύμφωνα με τη Παράγραφο 4.4.3.2. του EC8, $dr \cdot v \leq 0.005 \cdot h$, μετατρέπεται σε $q \cdot de \cdot v \leq 0.05 \cdot h$ ή $(q \cdot de \cdot v) / h \leq 0.005$.

Το κτίριο είναι κατηγορίας σπουδαιότητας II κατά EC8, οπότε σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, ο συντελεστής μείωσης για μετακινήσεις στην οριακή κατάσταση περιορισμού βλαβών, v , είναι ίσος με 0.5.

Οι τιμές γωνιακής παραμόρφωσης που προκύπτουν από το πολλαπλασιασμό του μειωμένου συντελεστή συμπεριφοράς q και των μετακινήσεων (diaphragm drifts), διαιρεμένες με το ύψος του κάθε ορόφου h , φαίνονται στο Πίνακα 6.2. Από τις τιμές

αυτές προκύπτει ότι η γωνιακή παραμόρφωση για τις δυο διευθύνσεις, για τους αντίστοιχους σεισμικούς συνδυασμούς σχεδιασμού, είναι μικρότερες από τη τιμή 0,005, οπότε ο έλεγχος ικανοποιείται.

Σεισμική Δράση X - Συνδυασμός SEISM1				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\gamma_x=v*q*d_e/h$	0,0026	0,0033	0,0027	0,0019

Σεισμική Δράση Y - Συνδυασμός SEISM2				
	STORY 1	STORY2	STORY3	STORY4
$\gamma_y=v*q*d_e/h$	0,0015	0,0018	0,0016	0,0015

Πίνακας 6.2 : Τιμές γωνιακής παραμόρφωσης κατασκευής

6.4 Ιδιομορφές

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κτιρίου ως προς την ιδιοπερίοδο και τις δρώσες μάζες των ιδιομορφών του, φαίνονται στο Πίνακα 6.3.

ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,459268	79,383	0,0049	79,383	0,0049
2	0,328142	0,43	83,1363	79,813	83,1413
3	0,306454	7,4454	5,5483	87,2584	88,6896
4	0,144972	8,2825	0,0067	95,5409	88,6962
5	0,110757	0,0071	9,035	95,5481	97,7313
6	0,102724	1,1791	0,0838	96,7271	97,8151
7	0,081773	1,5482	0,0019	98,2754	97,817
8	0,077453	0,093	0,0001	98,3684	97,8171
9	0,074498	0,0182	0	98,3866	97,8171
10	0,073509	0,0869	0	98,4735	97,8171
11	0,069044	0,0095	0,0075	98,4829	97,8246
12	0,066059	0,0012	1,0034	98,4841	98,828

Πίνακας 6.3 : Τιμές ιδιοπεριόδων και δρώσων μαζών ιδιομορφών

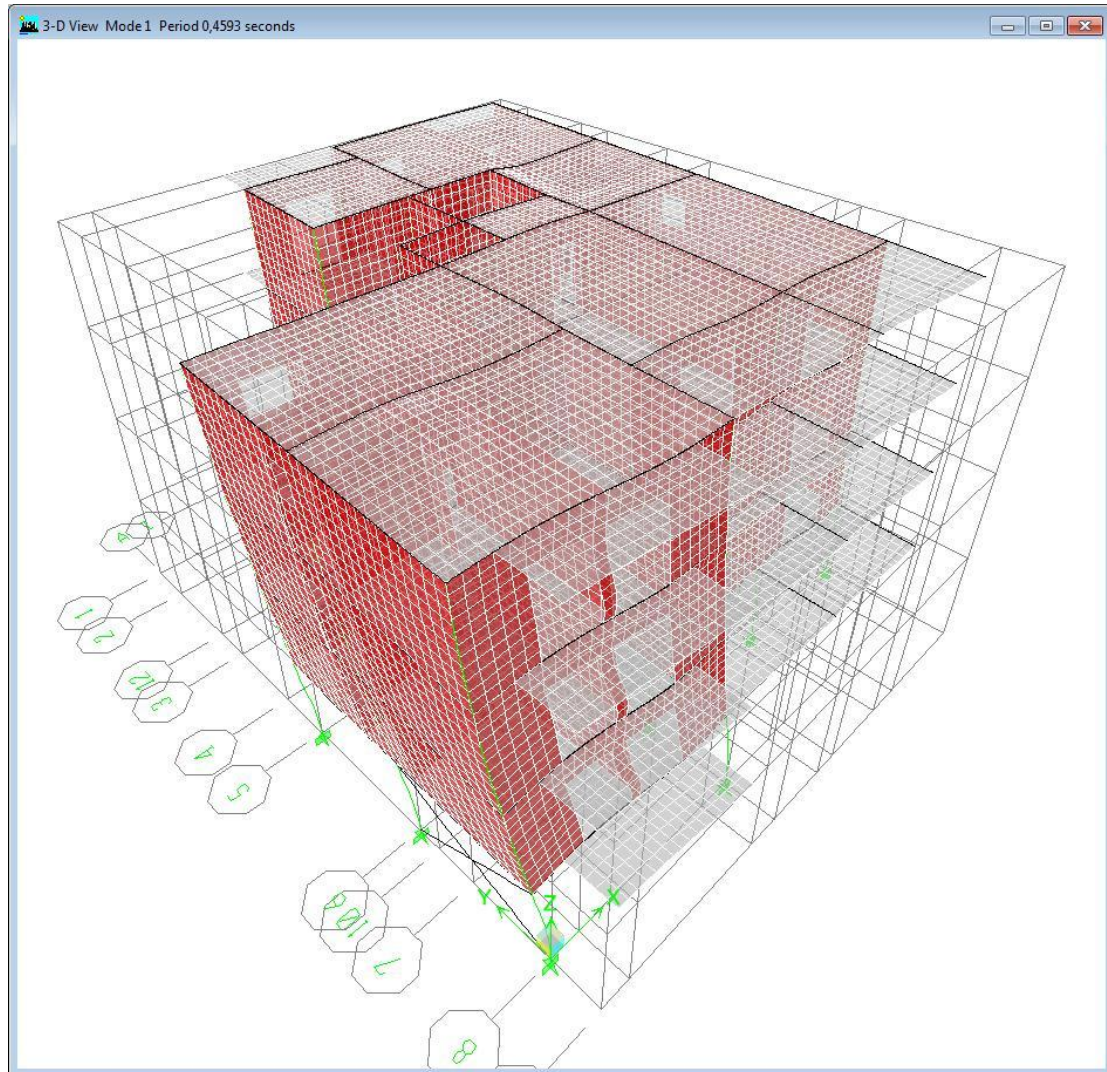
Από τα στοιχεία του πίνακα, αξίζει να σημειωθούν τα εξής:

Το 90% του ποσοστού της συνολικής μάζας συμπληρώνεται αρκετά σύντομα, από τις πρώτες 5 ιδιομορφές : μετά τη 4η ιδιομορφή κατά x, (επιτυγχάνεται ποσοστό 95,5% της συνολικής μάζας), ενώ μετά την 5η ιδιομορφή κατά y, (συμπληρώνεται το 98% των δρώσων ιδιομορφικών μαζών).

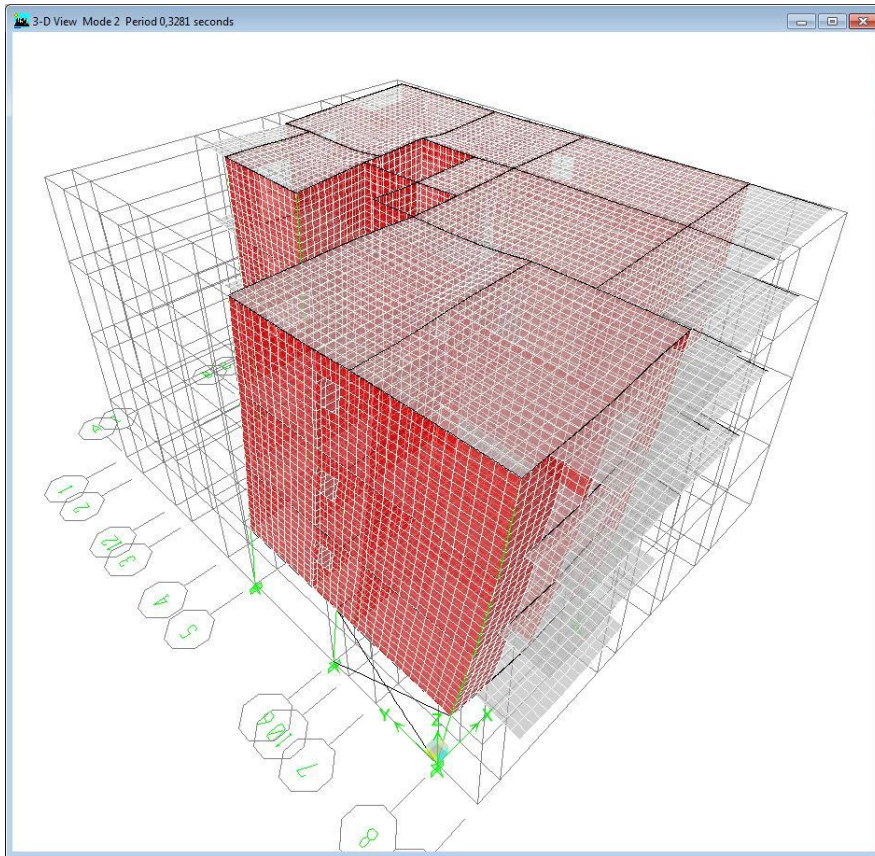
Από αυτές, 5 ιδιομορφές εμφανίζουν δρώσα ιδιομορφική μάζα μεγαλύτερη του 5% της συνολικής, 3 κατά x και 3 κατά y.

Επιπλέον προκύπτει ότι το κριτήριο που αφορά τις ιδιοπεριόδους των ιδιομορφών, $\Sigma K \geq 0.20\text{sec}$, ικανοποιείται μόνο για τις 4 πρώτες ιδιομορφές.

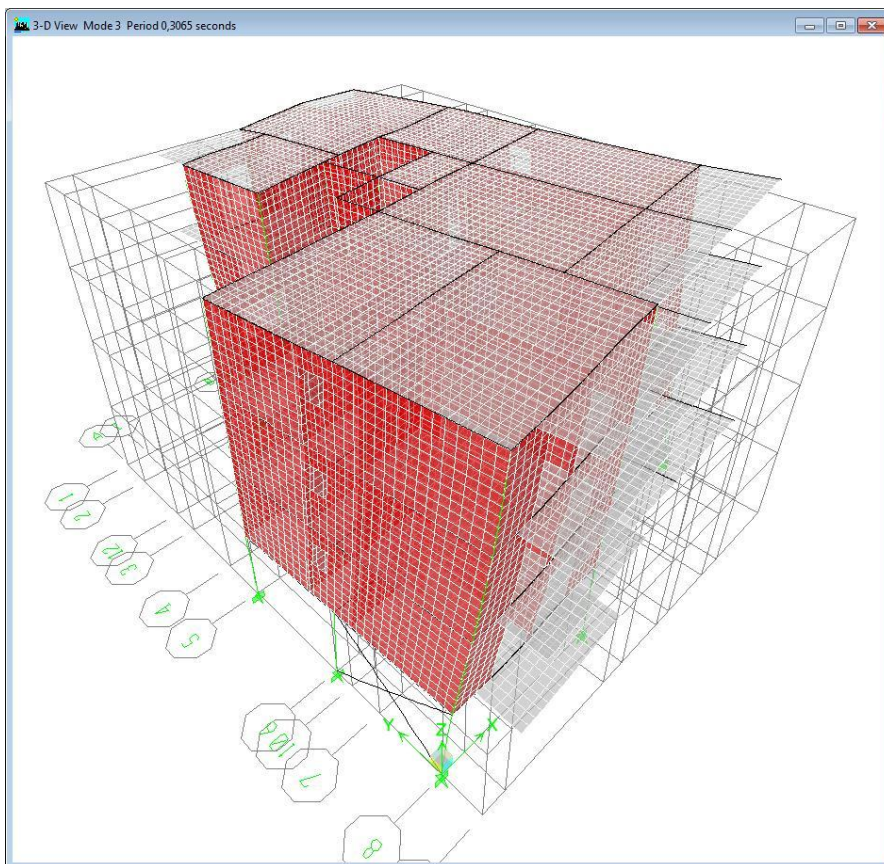
Παρακάτω παρατίθενται εικόνες από τις τρεις πρώτες χαρακτηριστικές ιδιομορφές :



Εικόνα 6.1 : Πρώτη ιδιομορφή



Εικόνα 6.2 : Δεύτερη ιδιομορφή



Εικόνα 6.3 : Τρίτη ιδιομορφή

6.5 Μέγιστες Μετατοπίσεις

Με χρήση της εντολής Display>Show Story Response Plots που παρέχει το υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε μας δίνεται η δυνατότητα να δούμε τις μέγιστες μετατοπίσεις των ορόφων σε γραφική παράσταση.

Όπως παρατηρούμε στις Εικόνες 6.4 και 6.5 που ακολουθούν, στον άξονα X προκύπτει μέγιστη μετατόπιση για τον σεισμό E_X , 4.00cm, στο τελευταίο επίπεδο του κτηρίου μας, ενώ στον άξονα Y για τον σεισμό E_Y 1.75cm. Οι μέγιστες μετατοπίσεις αυτές, που προέκυψαν από την ανάλυση και διαστασιολόγηση του κτηρίου, είναι σε αποδεκτά επίπεδα.



Εικόνα 6.4 : Διάγραμμα μέγιστων μετατοπίσεων ορόφων για E_X



Εικόνα 6.5 : Διάγραμμα μέγιστων μετατοπίσεων ορόφων για E_Y

6.6 Σχετική Ολίσθηση Ορόφων

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι σχετικές ολισθήσεις των ορόφων για όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων και κατά τις 2 διευθύνσεις :

ΟΡΟΦΟΣ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Χ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Υ	ΟΡΟΦΟΣ	ΦΟΡΤΙΣΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Χ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΤΑ Υ
STORY1	OKA1	0,00012		STORY3	OKA1	0,000291	
STORY1	OKA1		0,000129	STORY3	OKA1		0,000925
STORY1	OKA2	0,000157		STORY3	OKA2	0,000318	
STORY1	OKA2		0,000133	STORY3	OKA2		0,000922
STORY1	OKA3	0,000156		STORY3	OKA3	0,00026	
STORY1	OKA3		0,000155	STORY3	OKA3		0,000762
STORY1	OKA4	0,000232		STORY3	OKA4	0,000305	
STORY1	OKA4		0,00019	STORY3	OKA4		0,000757
STORY1	OKL1	0,000084		STORY3	OKL1	0,000211	
STORY1	OKL1		0,00009	STORY3	OKL1		0,000645
STORY1	OKL2	0,000107		STORY3	OKL2	0,000229	
STORY1	OKL2		0,000091	STORY3	OKL2		0,000643
STORY1	OKL3	0,000102		STORY3	OKL3	0,00019	
STORY1	OKL3		0,000107	STORY3	OKL3		0,000536
STORY1	OKL4	0,000157		STORY3	OKL4	0,00022	
STORY1	OKL4		0,000128	STORY3	OKL4		0,000533
STORY1	SEISM1	0,003477		STORY3	SEISM1	0,003637	
STORY1	SEISM1		0,001472	STORY3	SEISM1		0,001935
STORY1	SEISM2	0,001221		STORY3	SEISM2	0,00141	
STORY1	SEISM2		0,002046	STORY3	SEISM2		0,002179
STORY2	OKA1	0,000055		STORY4	OKA1	0,000356	
STORY2	OKA1		0,000389	STORY4	OKA1		0,001515
STORY2	OKA2	0,000163		STORY4	OKA2	0,000358	
STORY2	OKA2		0,000434	STORY4	OKA2		0,001538
STORY2	OKA3	0,000065		STORY4	OKA3	0,000325	
STORY2	OKA3		0,000331	STORY4	OKA3		0,001243
STORY2	OKA4	0,000207		STORY4	OKA4	0,000327	
STORY2	OKA4		0,000407	STORY4	OKA4		0,001281
STORY2	OKL1	0,000042		STORY4	OKL1	0,000256	
STORY2	OKL1		0,000279	STORY4	OKL1		0,001058
STORY2	OKL2	0,000114		STORY4	OKL2	0,000257	
STORY2	OKL2		0,00031	STORY4	OKL2		0,001073
STORY2	OKL3	0,000045		STORY4	OKL3	0,000236	
STORY2	OKL3		0,000241	STORY4	OKL3		0,000876
STORY2	OKL4	0,000144		STORY4	OKL4	0,000237	
STORY2	OKL4		0,000292	STORY4	OKL4		0,000902
STORY2	SEISM1	0,004343		STORY4	SEISM1	0,002491	
STORY2	SEISM1		0,002127	STORY4	SEISM1		0,001602
STORY2	SEISM2	0,001655		STORY4	SEISM2	0,001036	
STORY2	SEISM2		0,002433	STORY4	SEISM2		0,00198

Πίνακας 6.4 : Σχετικές ολισθήσεις ορόφων

6.7 Επιμέτρηση

Για τον σκοπό της σύγκρισης των 2 φορέων έγινε επιμέτρηση του συνολικού βάρους του χάλυβα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του κτηρίου.

Καταγράφηκε ο αριθμός των διατομών των δοκών, των υποστυλωμάτων και των συνδέσμων δυσκαμψίας, έγινε επιμέτρηση του συνολικού μήκους της κάθε διατομής που χρησιμοποιήθηκε και τέλος με χρήση του βάρους ανα μέτρο της καθεμιας από αυτές, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακες 6.5, 6.6, 6.7 6.8) μετρήθηκε το συνολικό βάρος του φορέα της κατασκευής.

ΦΟΡΕΑΣ-B - STORY1 (ΙΣΟΓΕΙΟ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	24	74,4	22,4	1666,56
IPE220	2	10,65	26,2	279,03
IPE240	0	0	30,7	0
IPE270	4	13,95	36,1	503,595
IPE300	2	9	42,2	379,8
IPE330	2	9	49,1	441,9
IPE360	0	0	57,1	0
Σύνολο :	34	117		3270,885

HEB100	0	0	20,4	0
HEB120	2	6	26,7	160,2
HEB140	4	12	33,7	404,4
HEB160	7	21	42,6	894,6
HEB180	3	9	51,2	460,8
HEB200	1	3	61,3	183,9
HEB240	0	0	83,2	0
HEB300	1	3	117	351
HEB340	0	0	134	0
HEB360	2	6	142	852
HEB400	0	0	155	0
HEB500	1	3	187	561
HEB600	1	3	212	636
HEB700	1	3	241	723
Σύνολο :	23			5226,9

Πίνακας 6.5 : Επιμέτρηση Ισογείου

ΦΟΡΕΑΣ-Β - STORY2 (1ος ΟΡΟΦΟΣ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	30	105,75	22,4	2368,8
IPE220	1	1,95	26,2	51,09
IPE240	0	0	30,7	0
IPE270	1	2,55	36,1	92,055
IPE300	0	0	42,2	0
IPE330	1	2,55	49,1	125,205
IPE400	1	4,2	66,3	278,46
Σύνολο :	34	117		2915,61

HEB100	2	6	20,4	122,4
HEB120	5	15	26,7	400,5
HEB140	6	18	33,7	606,6
HEB160	2	6	42,6	255,6
HEB180	2	6	51,2	307,2
HEB200	0	0	61,3	0
HEB240	0	0	83,2	0
HEB300	2	6	117	702
HEB340	1	3	134	402
HEB360	1	3	142	426
HEB400	2	6	155	930
HEB500	0	0	187	0
HEB600	0	0	212	0
HEB700	0	0	241	0
Σύνολο :	23			4152,3

Πίνακας 6.6 : Επιμέτρηση 1^{ου} Ορόφου

ΦΟΡΕΑΣ-Β - STORY3 (2ος ΟΡΟΦΟΣ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	32	111,9	22,4	2506,56
IPE220	0	0	26,2	0
IPE240	0	0	30,7	0
IPE270	1	2,55	36,1	92,055
IPE300	0	0	42,2	0
IPE330	1	2,55	49,1	125,205
IPE360	0	0	57,1	0
Σύνολο :	34	117		2723,82

HEB100	14	42	20,4	856,8
HEB120	5	15	26,7	400,5
HEB140	3	9	33,7	303,3
HEB160	0	0	42,6	0
HEB180	0	0	51,2	0
HEB200	1	3	61,3	183,9
HEB240	0	0	83,2	0
HEB300	0	0	117	0
HEB340	0	0	134	0
HEB360	0	0	142	0
HEB400	0	0	155	0
HEB500	0	0	187	0
HEB600	0	0	212	0
HEB700	0	0	241	0
Σύνολο :	23			1744,5

Πίνακας 6.7 : Επιμέτρηση 2^{ου} Ορόφου

ΦΟΡΕΑΣ-Β - STORY4 (3ος ΟΡΟΦΟΣ)

ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ (m.)	ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΜΕΤΡΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)
---------	----------	---------------------	-----------------	---------------------

IPE200	32	111,9	22,4	2506,56
IPE220	0	0	26,2	0
IPE240	0	0	30,7	0
IPE270	1	2,55	36,1	92,055
IPE300	0	0	42,2	0
IPE330	1	2,55	49,1	125,205
IPE360	0	0	57,1	0
Σύνολο :	34	117		2723,82

HEB100	21	63	20,4	1285,2
HEB120	0	0	26,7	0
HEB140	0	0	33,7	0
HEB160	0	0	42,6	0
HEB180	0	0	51,2	0
HEB200	1	3	61,3	183,9
HEB240	1	3	83,2	249,6
HEB300	0	0	117	0
HEB340	0	0	134	0
HEB360	0	0	142	0
HEB400	0	0	155	0
HEB500	0	0	187	0
HEB600	0	0	212	0
HEB700	0	0	241	0
Σύνολο :	23			1718,7

Πίνακας 6.8 : Επιμέτρηση 3^{ου} Ορόφου

Συνολικά, το βάρος του φέροντος οργανισμού από χάλυβα είναι :

ΟΡΟΦΟΣ	ΔΟΚΟΙ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	
ΙΣΟΓΕΙΟ	3270,885	5226,9	
1ος	2915,61	4152,3	
2ος	2723,82	1744,5	
3ος	2723,82	1718,7	
ΣΥΝΟΛΟ	11634,135	12842,4	24476.535

Στο σύνολο του βάρους του χάλυβα πρέπει να προστεθεί και το συνολικό βάρος των συνδέσμων δυσκαμψίας, το οποίο υπολογίστηκε σε **1170,29kg**

Οπότε, τελικά το βάρος του δομικού χάλυβα του φέροντος οργανισμού είναι :

$$24476,535 + 1170,29 = \boxed{25646.825 \text{ kg}}$$

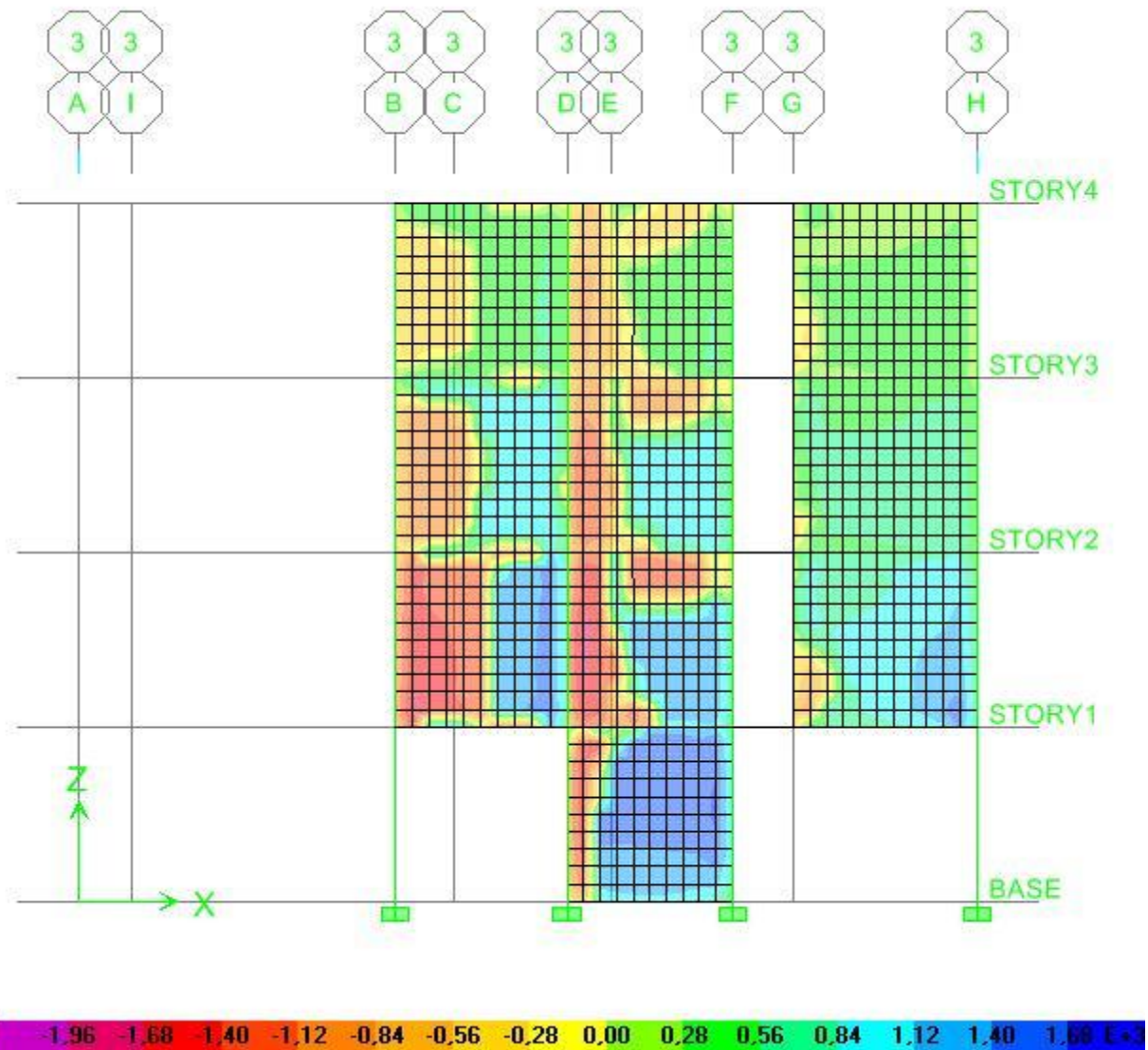
6.8 Αποτελέσματα ανάλυσης τοιχοποιίας

Από την ανάλυση της τοιχοποιίας προκύπτει ότι η μέγιστη διατμητική τάση ισούται με 1700 kPa. Η τάση αυτή υπερβαίνει την μέγιστη διατμητική αντοχή σχεδιασμού του πάνελ-3Δ, η οποία έχει προκύψει πειραματικά ίση με 600 kPa.

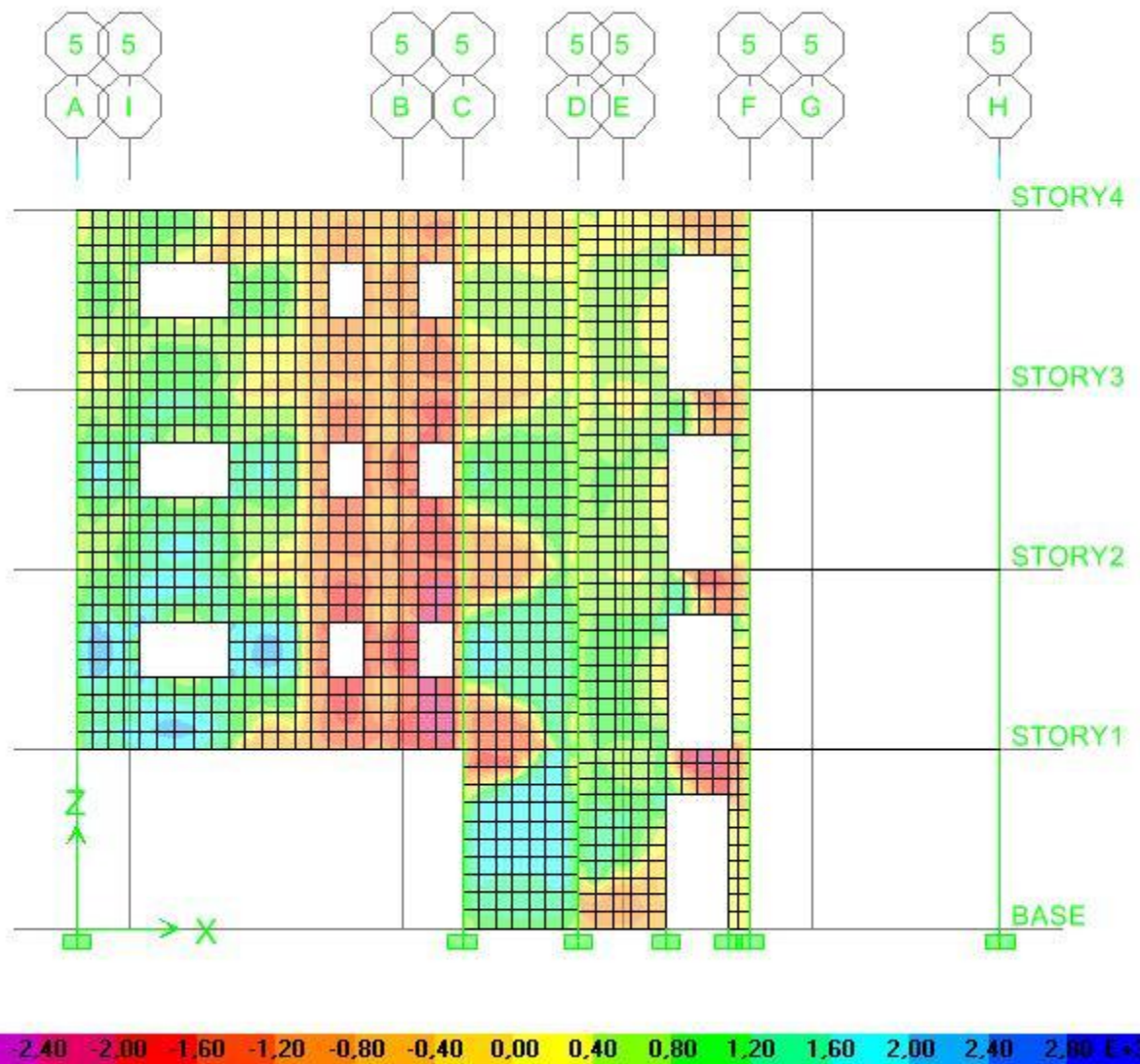
Συνεπώς, η τοιχοποιία δεν επαρκεί και απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής η οποία μπορεί να επιτευχθεί με αύξηση του οπλισμού εκατέρωθεν του μονωτικού υλικού.

Επισημαίνεται ότι για τον υπολογισμό της διατμητικής αντοχής του τοίχου έχει ληφθεί υπ' όψη μόνο η συμβολή του δομικού πλέγματος ενώ έχει αγνοηθεί η συμβολή του κονιάματος.

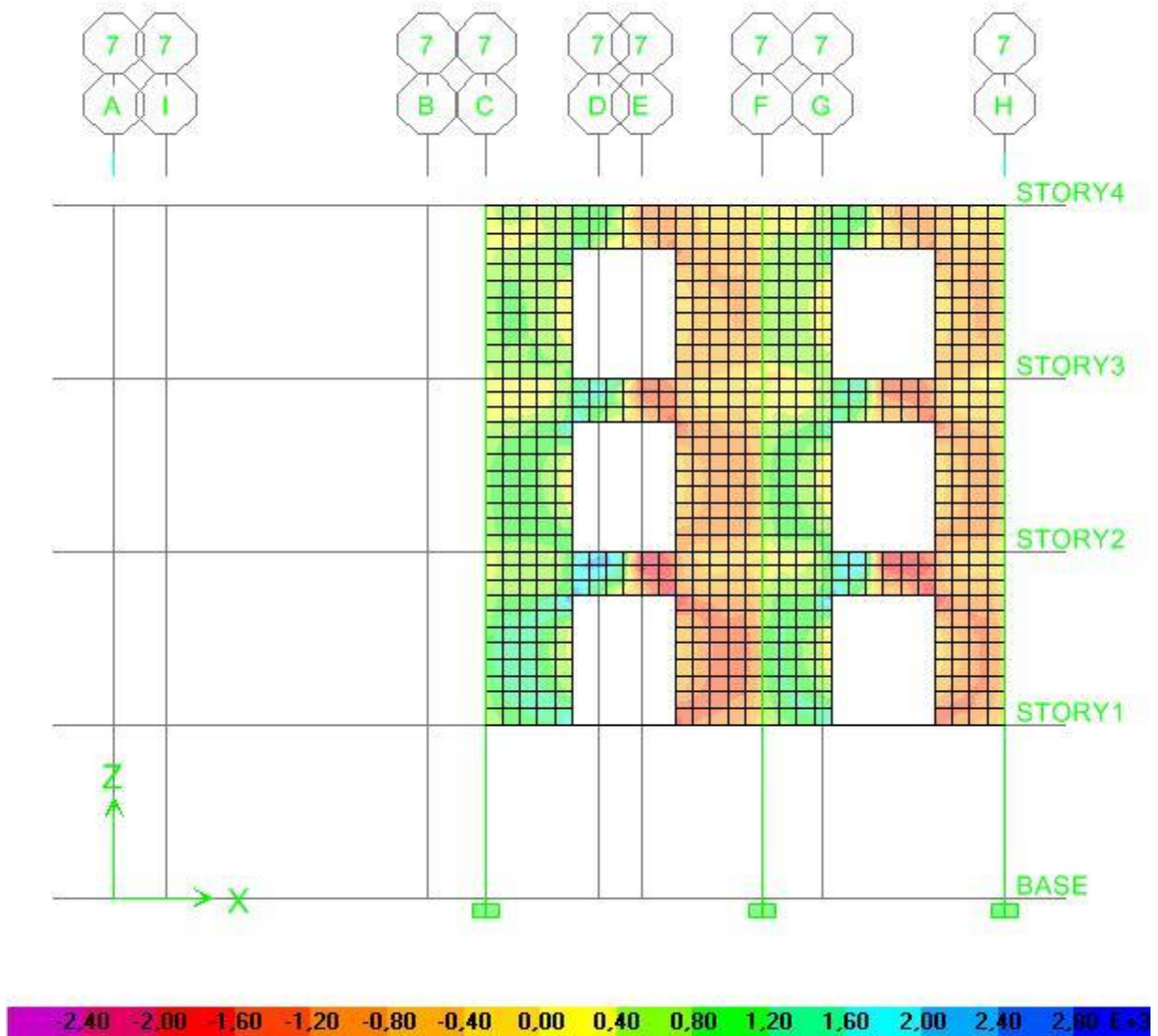
Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένες αντιπροσωπευτικές εικόνες των τάσεων που προκύπτουν από την ανάλυση.



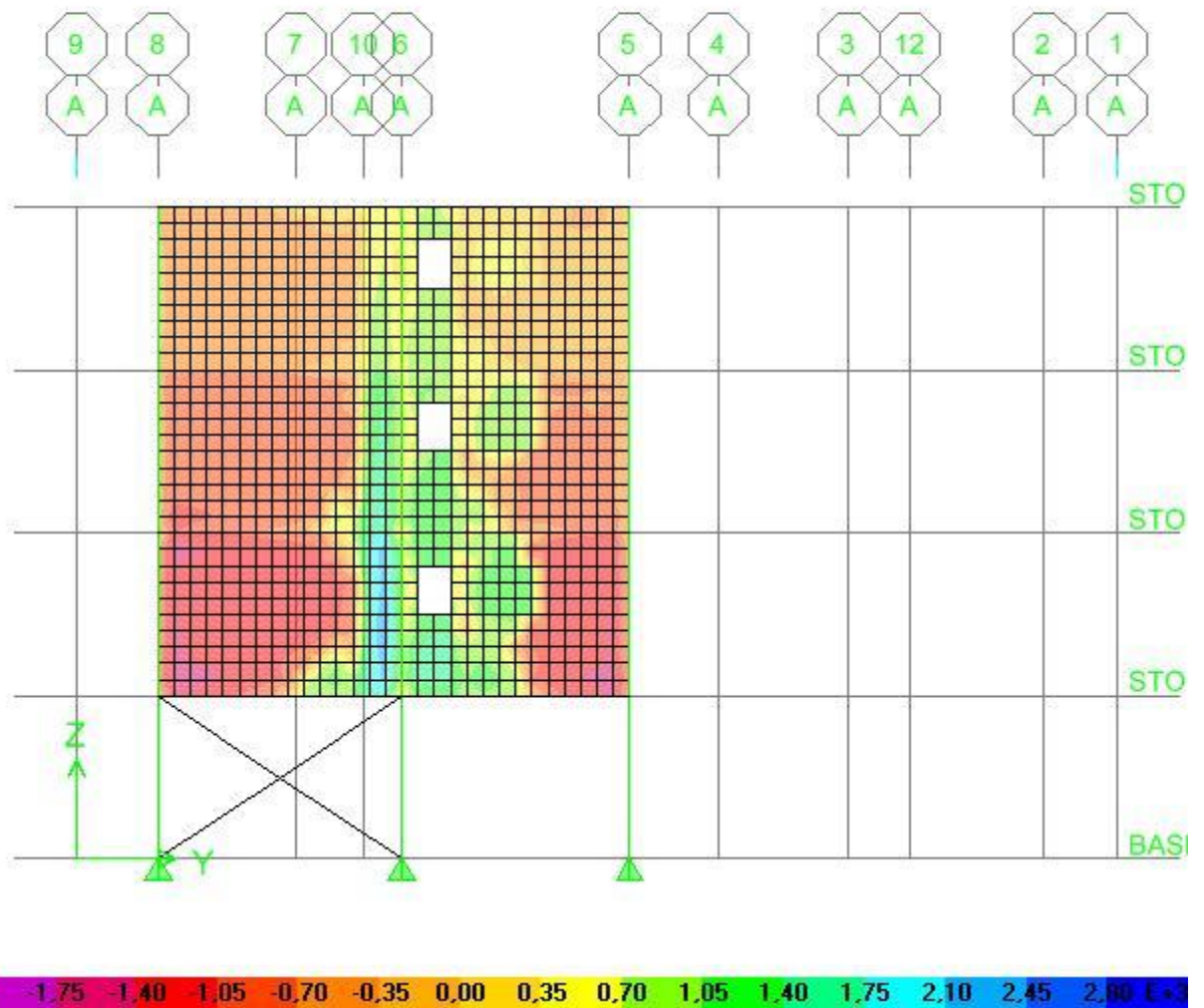
Εικόνα 6.4 : Διατμητικές τάσεις s_{12} (άξονας 3)



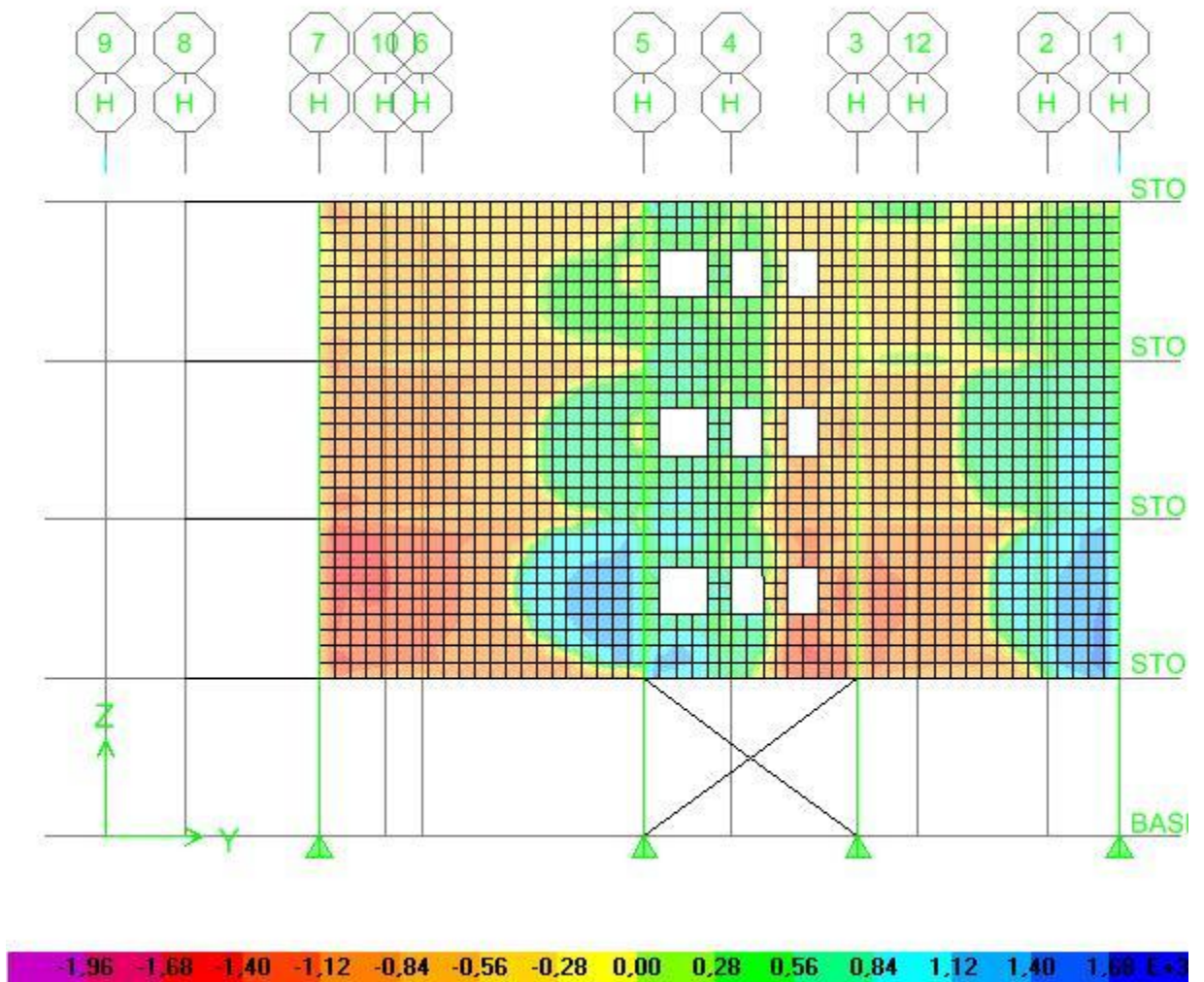
Εικόνα 6.5 : Διατμητικές τάσεις s_{12} (άξονας 5)



Εικόνα 6.6 : Διατμητικές τάσεις s_{12} (άξονας 7)



Εικόνα 6.7 : Διατμητικές τάσεις s12 (άξονας A)



Εικόνα 6.8 : Διατμητικές τάσεις s12 (άξονας H)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Ο σκοπός της εργασίας είναι η σύγκριση των δυο φορέων όσον αφορά στα μεγέθη απόκρισης τους και το κόστος κατασκευής τους. Επισημαίνεται ότι

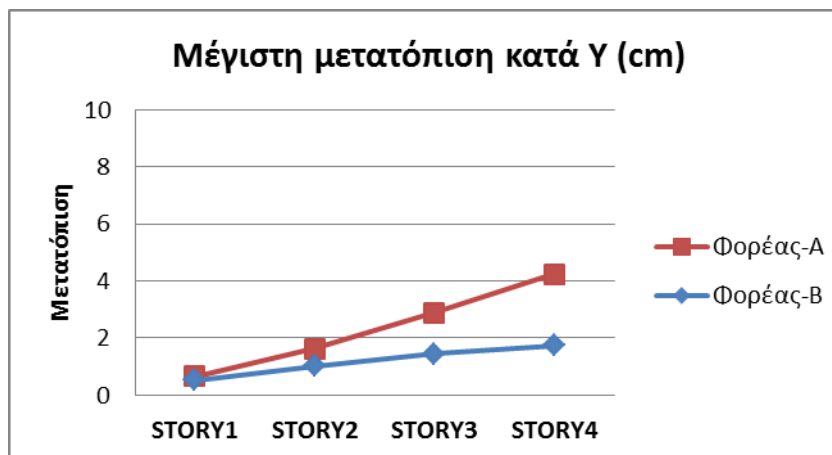
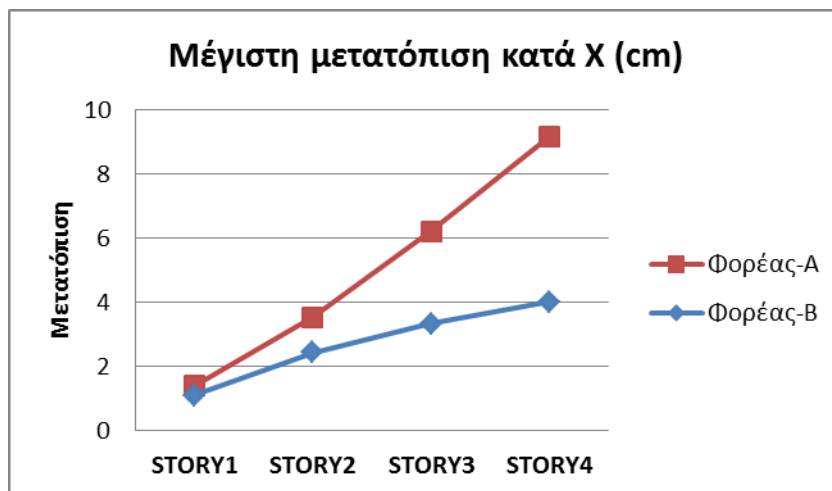
7.1 Σύγκριση Μεγεθών Απόκρισης

7.1.1 Μέγιστες μετατοπίσεις

	Φορέας-A	Φορέας-B
Μέγιστη μετατόπιση κατά X	9,16 cm	4,00 cm
Μέγιστη μετατόπιση κατά Y	4,25 cm	1,75 cm

Πίνακας 7.1 : Σύγκριση μέγιστων μετατοπίσεων

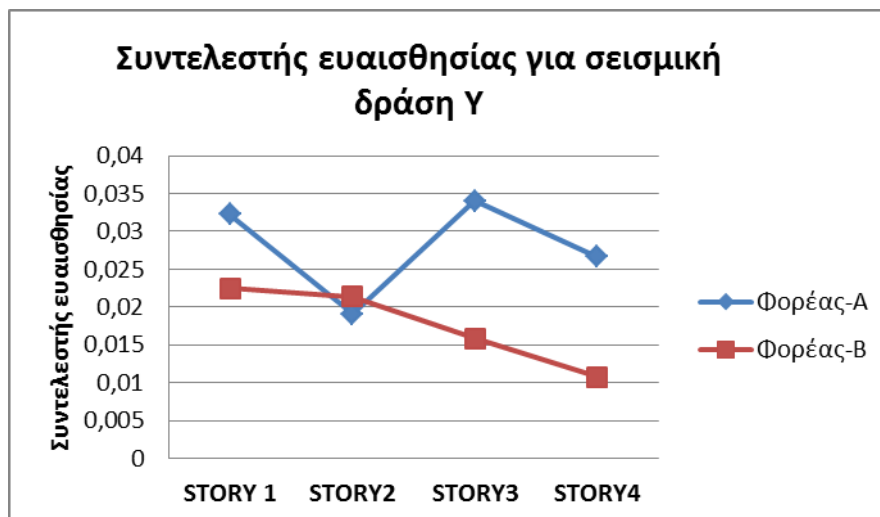
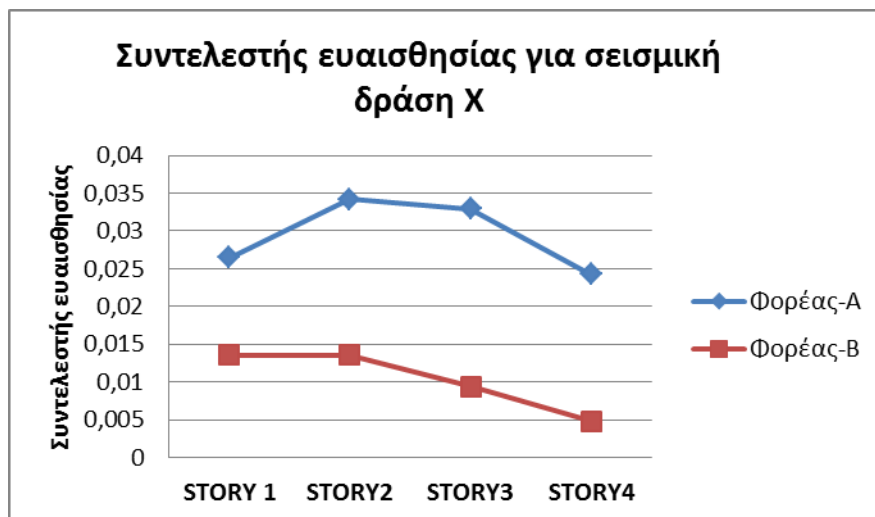
Από την σύγκριση παρατηρούμε ότι ο φορέας με την συμμετέχουσα τοιχοποιία έχει σημαντικά μικρότερες μετακινήσεις.



7.1.2 Συντελεστής ευαισθησίας

	Φορέας-A	Φορέας-B
Συντελεστής ευαισθησίας για σεισμό κατά X	0,03419 (STORY2)	0,0136 (STORY1 και 2)
Συντελεστής ευαισθησίας για σεισμό κατά Y	0,03226 (STORY1)	0,0225 (STORY1)

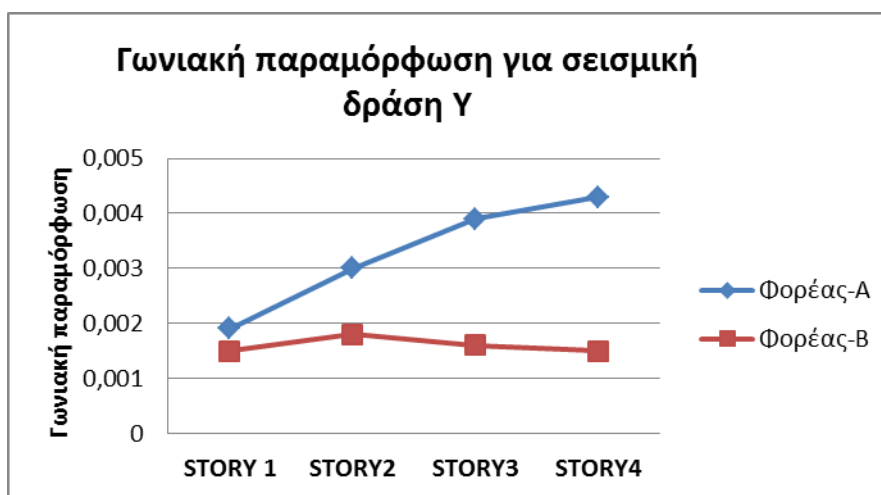
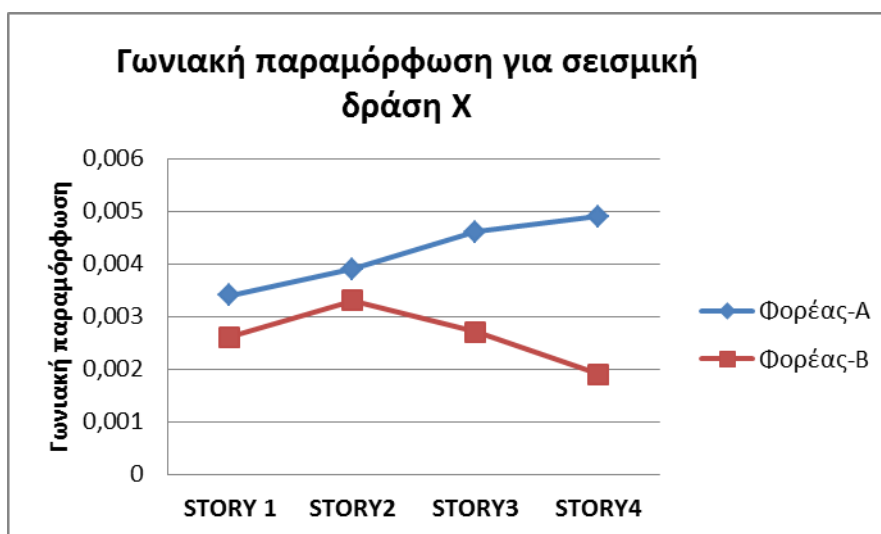
Πίνακας 7.2 : Σύγκριση συντελεστών ευαισθησίας



7.1.3 Γωνιακή παραμόρφωση

	Φορέας-Α	Φορέας-Β
Γωνιακή παραμόρφωση κατά Χ	0,0049 (STORY4)	0,0033 (STORY2)
Γωνιακή παραμόρφωση κατά Υ	0,0043 (STORY4)	0,0018 (STORY2)

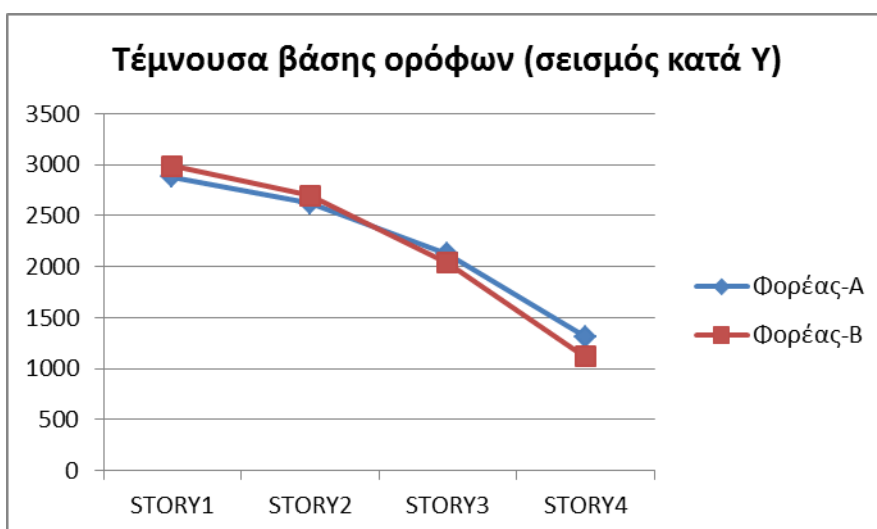
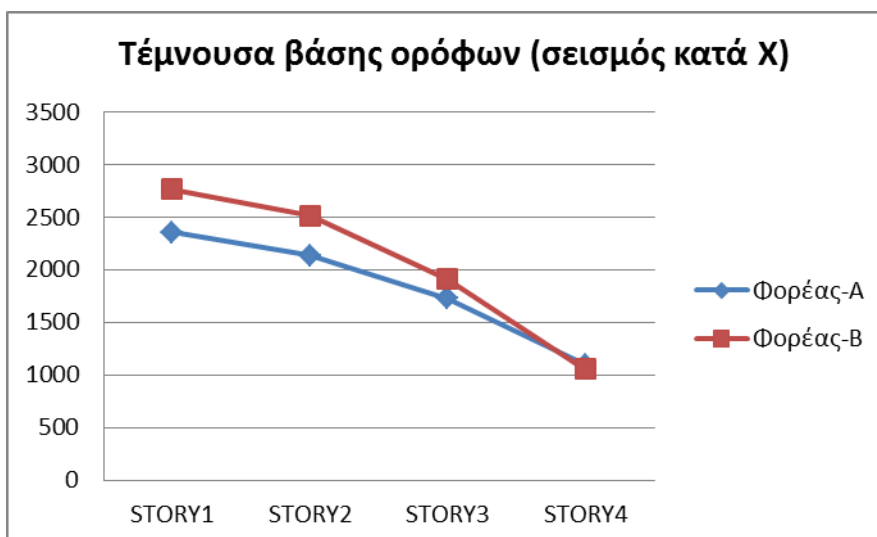
Πίνακας 7.3 : Σύγκριση γωνιακών παραμορφώσεων



7.1.4 Τέμνουσες βάσης ορόφων

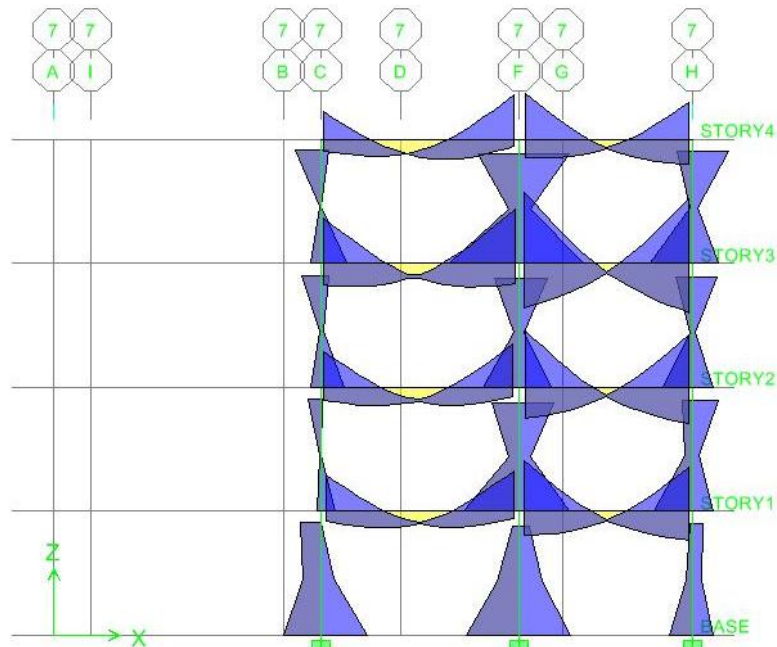
		Φορέας-Α	Φορέας-Β
Τέμνουσα βάσης ορόφων (σεισμός κατά Χ)	STORY1	2353,41 kN	2762,73 kN
	STORY2	2132,08 kN	2513,95 kN
	STORY3	1725,69 kN	1911,57 kN
	STORY4	1098,75 kN	1057 kN
Τέμνουσα βάσης ορόφων (σεισμός κατά Υ)	STORY1	2878,72 kN	2989,40 kN
	STORY2	2620,29 kN	2695,25 kN
	STORY3	2122,32 kN	2037,49 kN
	STORY4	1312,11 kN	1116,22 kN

Πίνακας 7.4 : Σύγκριση τεμνουσών βάσης ορόφων

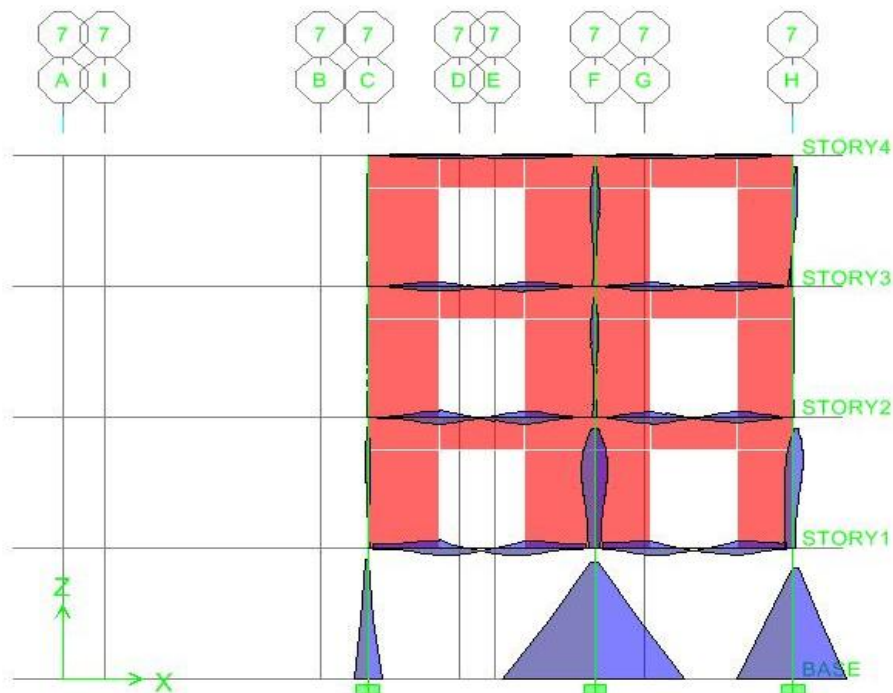


7.1.5 Σύγκριση διατομών που προκύπτουν από την διαστασιολόγηση.

Παρατηρούμε ότι στο Φορέα-A το μέγεθος των απαιτούμενων διατομών διαφοροποιείται από όροφο σε όροφο με ομοιόμορφο τρόπο, ενώ στο Φορέα-B προκύπτει σημαντική μείωση των διατομών των υποστυλωμάτων από την οροφή του ισογείου και πάνω. Το παρακάτω σχήμα δείχνει παραστατικά το λόγο για τον οποίο συμβαίνει το παραπάνω.



Εικόνα 7.1 : Διάγραμμα ροπών κάμψης στο πλαίσιο του άξονα 7 του φορέα-A.



Εικόνα 7.2 : Διάγραμμα ροπών κάμψης στο πλαίσιο του άξονα 7 του φορέα-B.

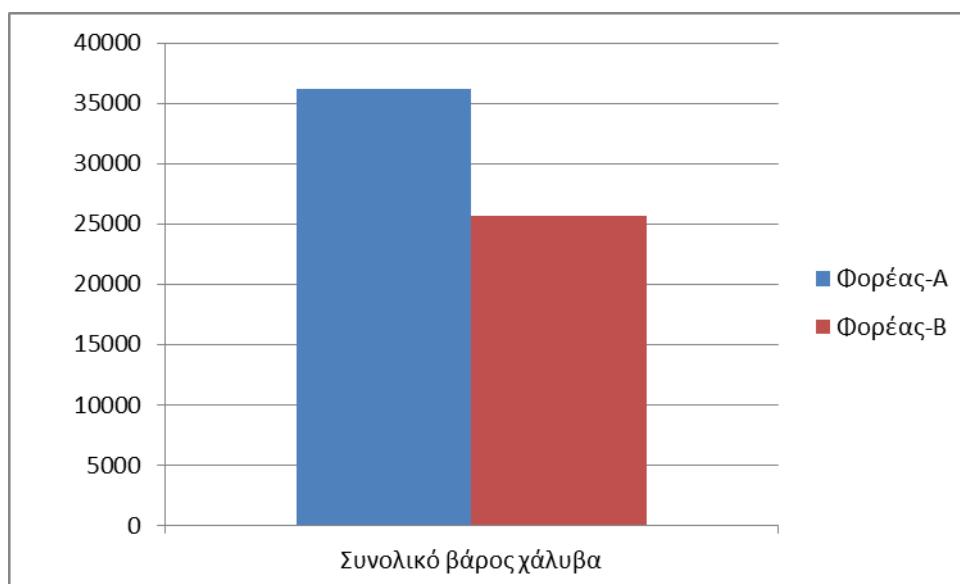
Στην περίπτωση του πλαισίου της εικόνας 7.1 παρατηρούμε ότι υπάρχει μια σχετικά ομοιόμορφη κατανομή των ροπών κάμψης καθ' όλο το ύψος του τετραώροφου πλαισίου.

Στην περίπτωση του πλαισίου της εικόνας 7.2 παρατηρούμε αυξημένες ροπές κάμψης στα υποστυλώματα του ισογείου, ενώ οι ροπές στα μέλη των υπερκείμενων ορόφων είναι αμελητέες.

Αυτή η διαφορά είναι λογική καθώς οι σεισμικές δυνάμεις στην πρώτη περίπτωση παραλαμβάνονται μέσω πλαισιακής λειτουργίας, ενώ στην δεύτερη περίπτωση μέσω της συμμετέχουσας τοιχοπλήρωσης.

7.1.6 Σύγκριση βάρους μεταλλικού σκελετού

	Φορέας-A	Φορέας-B
Συνολικό βάρος χάλυβα	36220,0 kg	25647,0 kg



Στον φορέα-B απαιτείται 28,6% λιγότερη ποσότητα χάλυβα. Επισημαίνεται ότι η οικονομία που προκύπτει από την ανάγκη για λιγότερο χάλυβα δεν συνεπάγεται και την γενικότερη οικονομικότητα της κατασκευής, καθώς δεν έχει ληφθεί υπ' όψιν το κόστος κατασκευής των 2 ειδών τοιχοποιίας πλήρωσεως (ξηρά δόμηση – πάνελ ωπλισμένου σκυροδέματος).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Βάγιας Ι, Ερμόπουλος Ι, Ιωαννίδης Γ. 2005. Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα με βάση τα τελικά κείμενα των Ευρωκωδίκων. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- [2] EN1998-1, Eurocode8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1:General rules, seismic actions and rules for buildings, CEN, December 2004
- [3] Chopra A. 2007. Δυναμική των κατασκευών. Θεωρία και εφαρμογές στη σεισμική μηχανική. 3^η έκδοση. Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας.
- [4] CSI Berkeley, Εγχειρίδια Προγράμματος Etabs
- [5] Βάγιας Ι, 2004. Ερευνητικό Πρόγραμμα - Διερεύνηση της συμπεριφοράς σύμμικτων κατασκευών με 3Δ-πάνελ της εταιρείας ΣΠΠΤΙ Α.Ε.
- [6] Αλέξανδρος Χ. Κρίθαρης, 2009. Μελέτη & κατασκευή πρότυπου αντισεισμικού κτιρίου με χρήση οπλισμένου σκυροδέματος, σύμμεικτου φορέα και δικέλυφων διαχωριστικών τοιχωμάτων από ισχυρή τσιμεντοκονία. 16^ο Συνέδριο σκυροδέματος
- [7] Ε.Μ.Π. - επ. υπ. Π. Καρύδης «Σεισμική δοκιμή σύμμικτων κτιριακών κατασκευών με φέροντα οργανισμό από μεταλλικές ράβδους, στοιχεία 3Δ-panel, τσιμεντοκονία και οπλισμένο σκυρόδεμα» (Ε.Α.Τ. Ιούνιος 2003)
- [8] Κ. Στυλιανίδης, Κ. Παπανικολάου, Σ. Τσουκαντάς, «Μηχανικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων σκυροδέματος οπλισμένων με το τρισδιάστατο πλέγμα 3Δ». 13ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος (Ρέθυμνο 1999)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Τιμών Φάσματος Οριζόντιας Συνιστώσας Σεισμού

$0 \leq T \leq T_B$	$S_d(T)/a_g$	$T_B \leq T \leq T_C$	$S_d(T)/a_g$
0	0,766666667	0,25	1,916666667
0,05	1,054166667	0,3	1,916666667
0,1	1,341666667	0,35	1,916666667
0,15	1,629166667	0,4	1,916666667
0,2	1,916666667	0,45	1,916666667
		0,5	1,916666667
		0,55	1,916666667
		0,6	1,916666667

$T_C \leq T \leq T_D$	$S_d(T)/a_g$	ΕΛΕΓΧΟΣ
0,65	1,769230769	$\geq 0,2$
0,7	1,642857143	$\geq 0,2$
0,75	1,533333333	$\geq 0,2$
0,8	1,4375	$\geq 0,2$
0,85	1,352941176	$\geq 0,2$
0,9	1,277777778	$\geq 0,2$
0,95	1,210526316	$\geq 0,2$
1	1,15	$\geq 0,2$
1,05	1,095238095	$\geq 0,2$
1,1	1,045454545	$\geq 0,2$
1,15	1	$\geq 0,2$
1,2	0,958333333	$\geq 0,2$
1,25	0,92	$\geq 0,2$
1,3	0,884615385	$\geq 0,2$
1,35	0,851851852	$\geq 0,2$
1,4	0,821428571	$\geq 0,2$
1,45	0,793103448	$\geq 0,2$
1,5	0,766666667	$\geq 0,2$
1,55	0,741935484	$\geq 0,2$
1,6	0,71875	$\geq 0,2$
1,65	0,696969697	$\geq 0,2$
1,7	0,676470588	$\geq 0,2$
1,75	0,657142857	$\geq 0,2$
1,8	0,638888889	$\geq 0,2$
1,85	0,621621622	$\geq 0,2$
1,9	0,605263158	$\geq 0,2$

1,95	0,58974359	≥0,2
2	0,575	≥0,2
2,05	0,56097561	≥0,2
2,1	0,547619048	≥0,2
2,15	0,534883721	≥0,2
2,2	0,522727273	≥0,2
2,25	0,511111111	≥0,2
2,3	0,5	≥0,2
2,35	0,489361702	≥0,2
2,4	0,479166667	≥0,2
2,45	0,469387755	≥0,2
2,5	0,46	≥0,2

T _D ≤T	S _d (T)/a _g	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΔΙΟΡΘΩΣΗ
2,55	0,442137639	≥0,2	
2,6	0,425295858	≥0,2	
2,65	0,409398362	≥0,2	
2,7	0,394375857	≥0,2	
2,75	0,380165289	≥0,2	
2,8	0,366709184	≥0,2	
2,85	0,353955063	≥0,2	
2,9	0,341854935	≥0,2	
2,95	0,330364838	≥0,2	
3	0,319444444	≥0,2	
3,05	0,309056705	≥0,2	
3,1	0,299167534	≥0,2	
3,15	0,289745528	≥0,2	
3,2	0,280761719	≥0,2	
3,25	0,272189349	≥0,2	
3,3	0,264003673	≥0,2	
3,35	0,256181778	≥0,2	
3,4	0,248702422	≥0,2	0,2
3,45	0,241545894	≥0,2	0,2
3,5	0,234693878	≥0,2	0,2
3,55	0,228129339	≥0,2	0,2
3,6	0,22183642	≥0,2	0,2
3,65	0,215800338	≥0,2	0,2
3,7	0,210007305	≥0,2	0,2
3,75	0,204444444	≥0,2	0,2
3,8	0,199099723	≥0,2	0,2
3,85	0,193961882	≥0,2	0,2
3,9	0,189020381	≥0,2	0,2
3,95	0,184265342	≥0,2	0,2
4	0,1796875	≥0,2	0,2