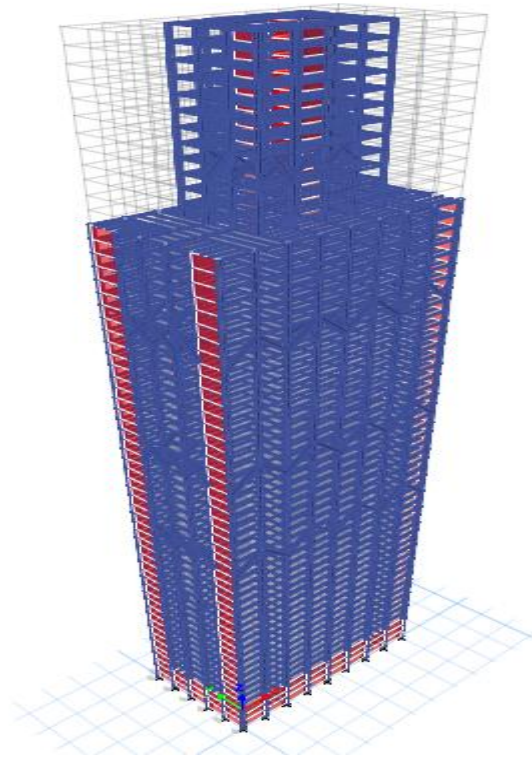




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Σχεδιασμός και Στατική Ανάλυση Ουρανοξύστη 59 ορόφων



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Κηρύκος

Επιβλέπων: Ιωάννης Βάγιας

Αθήνα, Ιούνιος 2020

ΕΜΚ ΜΕ 2020/6

Κηρύκος Ι. (2020).
Σχεδιασμός και στατική ανάλυση ουρανοξύστη 59 ορόφων.
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2020/6
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Kirykos I. (2020).
Structural analysis and design of a 59 floor Skyscraper.
Diploma Thesis ΕΜΚ ΜΕ 2020/6
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|---|----|
| Περίληψη..... | 2 |
| Abstract | 3 |
| Ευχαριστίες..... | 4 |
| 1 Εισαγωγή..... | 5 |
| 1.1 Γενικά-Ιστορική Αναδρομή..... | 5 |
| 1.2 Στατικά Συστήματα Ουρανοξυστών | 9 |
| 1.3 Τεχνική Περιγραφή-Παρουσίαση του κτιρίου | 12 |
| 2 Δράσεις στο κτίριο | 32 |
| 2.1 Φορτία σχεδιασμού κτιρίου..... | 32 |
| 2.2 Συνδυασμοί φορτίσεων | 45 |
| 3 Έλεγχοι και υπολογισμοί | 48 |
| 3.1 Έλεγχοι σε οριακές καταστάσεις..... | 48 |
| 3.2 Σεισμική Ανάλυση..... | 52 |
| 3.2.1 Σεισμός κατά τη Διεύθυνση X..... | 61 |
| 3.2.2 Σεισμός κατά τη Διεύθυνση Y..... | 64 |
| 3.3 Έλεγχος σύμμικτων πλακών | 75 |
| 3.3.1 Έλεγχος στη φάση λειτουργίας | 78 |
| 3.4 Απόδοση διατομών του φορέα | 80 |
| 3.5 Ενδεικτικοί αναλυτικοί υπολογισμοί από Etabs..... | 86 |
| 4 Συμπεράσματα..... | 96 |
| Βιβλιογραφία και αναφορές | 97 |

Σχεδιασμός και στατική ανάλυση ουρανοξύστη 59 ορόφων.
Κηρύκος Ι. (Επιβλέπων: Βάγιας Ι.)

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός και η σύλληψη του στατικού συστήματος υψηλών κτιρίων (άνω των 50 ορόφων).

Μελετάται ο τρόπος σχεδιασμού και η συμπεριφορά κάτω από φορτίσεις που θα δεχθεί κατά τη διάρκεια της ζωής του. Γίνεται διεξοδική αναφορά στον τρόπο παραλαβής των φορτίων , παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κτιρίου. Παρουσιάζονται λεπτομέρειες και πίνακες της απόκρισης της κατασκευής. Το συγκεκριμένο κτίριο που μελετάται καλύπτει τις ανάγκες γραφείων.

Στόχος της εργασίας είναι να μπορέσει ο αναγνώστης/μηχανικός να έχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τον τρόπο μελέτης ενός πολυώροφου κτιρίου από πλευράς σύλληψης στατικού συστήματος μέχρι την τελική ανάλυση και τα τελικά αποτελέσματα.

Τα προσδοκώμενα αποτελέσματα είναι η κατανόηση συμπεριφοράς των υψηλών κτιρίων, η κατάλληλη διάταξη και χρήση των δομικών στοιχείων αλλά και των στατικών συστημάτων.

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση της κατασκευής πραγματοποιήθηκε με βάση τους Ευρωκώδικες (Ευρωκώδικας 1,3,4,8), χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ανάλυσης και διαστασιολόγησης ETABS 2016 . Η αναλυτική δομή της παρούσας διπλωματικής είναι η εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στην ιστορική αναδρομή των ουρανοξυστών , ενώ παρουσιάζονται τα διάφορα στατικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης γίνεται αναφορά στην τεχνική παρουσίαση του κτιρίου παρουσιάζοντας τη γεωμετρία του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δράσεις που ασκούνται στο κτίριο (άνεμος,σεισμός) καθώς και οι συνδυασμοί των φορτίσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων και οι υπολογισμοί όλων των δομικών στοιχείων του κτιρίου καθώς και ο λόγος απόδοσής τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

Structural analysis and design of a 59 floor Skyscraper

Kirykos I. (supervised by Vayas I.)

Abstract

The subject of this thesis is design, analysis and conception of the static system of high-rise buildings (over 50 floors).

The design and behavior under loads that will take place during its life are studied. There is a detailed report on how to receive these loads. All the results of the analysis are presented. Details and tables of the building response are presented. The specific building under study covers the needs of offices.

The aim of the work is to enable the reader / engineer to have a complete picture of how a multi-storey building is designed in terms of static system idea until the final analysis and final results.

The expected results are the understanding of the behavior of high-rise buildings, the proper layout and use of structural elements and static systems.

The analysis and dimensioning of the construction was carried out based on the Eurocodes (Eurocode 1,3,4,8), using the analysis and dimensioning program ETABS 2016. The detailed structure of this thesis is as follows:

In the first chapter, an introductory reference is made to the historical background of the celestial bodies, while the various static systems used are presented. Reference is also made to the technical presentation of the building, presenting its geometry.

The second chapter presents the actions performed in the building (wind, earthquake) as well as the combinations of loads.

The third chapter presents the results of the inspections and the calculations of all the structural elements of the building as well as the ratio of the elements.

The fourth chapter presents the conclusions from the results of the analysis.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους που με βοήθησαν ψυχικά να καταφέρω να ολοκληρώσω ακόμα ένα κύκλο σπουδών. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα αυτής της εργασίας τον καθηγητή κύριο Βάγια για την άψογη συνεργασία μας για την αποπεράτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά-Ιστορική Αναδρομή

Με την πάροδο των αιώνων άρχισε να υπάρχει μια τεράστια πρόοδος στο τομέα της τεχνολογίας που επηρέασε το χώρο της αρχιτεκτονικής αλλά και των κατασκευών. Η μεγάλη αλλαγή ήταν ο χάλυβας. Το συγκεκριμένο υλικό αποτελεί τομή στο τομέα των κατασκευών. Πρώτα στην Αγγλία και στη συνέχεια σε όλο τον κόσμο, ο χάλυβας άρχισε να χρησιμοποιείται και στην ανοικοδόμηση. Βέβαια το να φτιαχτούν ψηλά κτίρια ήταν σχετικά εφικτό. Η άνοδος όμως και η κατάβαση ήταν επώδυνη διαδικασία. Όταν λοιπόν εξελίχθηκαν τα ασανσέρ άνοιξε η όρεξη για ψηλότερα κτίρια. Αρχικά το 1835, στην Αγγλία, δημιουργείται ο πρώτος μηχανικός ανελκυστήρας. Το 1880 αποτελεί χρονιά τομή για την ιστορία της αρχιτεκτονικής και των ουρανοξυστών ειδικότερα. Ο Γερμανός αρχιτέκτονας Βέρνερ Ζίμενς προχώρησε στη κατασκευή του πρώτου ανελκυστήρα, ο οποίος δούλευε με ηλεκτρική ενέργεια. Η πυρκαγιά στο Σικάγο Το 1871 ξεσπά μεγάλη πυρκαγιά στο Σικάγο. Η πόλη πριν την καταστροφική πυρκαγιά, βρισκόταν σε τεράστια οικονομική ανάπτυξη. Χιλιάδες Αμερικανοί πολίτες, αλλά και μετανάστες είχαν εγκατασταθεί στη μεγαλούπολη που προσέφερε καλύτερη πρόσβαση στην αγορά εργασίας. Η γέννηση των πανύψηλων ουρανοξυστών Το Σικάγο άρχισε να ανοικοδομείται ταχύτατα, επειδή όμως είχε ραγδαία πληθυσμιακή και οικονομική ανάπτυξη, κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία ουρανοξυστών. Το 1885 ολοκληρώνεται η κατασκευή του 12οροφου ουρανοξύστη, με ατσάλενο σκελετό. Πρόκειται για το κτίριο οικιακών ασφαλίσεων και έδωσε το σύνθημα για περισσότερους ουρανοξύστες. Η ταχεία ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής και κυρίως η δημιουργία όλο και περισσότερων κτιρίων μεγάλου ύψους, ανέπτυξε ένα έντονο ανταγωνισμό ακόμη και για το ποια πόλη ή χώρα έχει το υψηλότερο. Το 19ο αιώνα το Παρίσι κατείχε την ψηλότερη κατασκευή λόγω του πύργου του Αιφελ ύψους 300 μέτρων. Το 1930 στη Νέα Υόρκη ολοκληρώθηκε ο πρώτος αυτοστηριζόμενος ουρανοξύστης στο κόσμο, ο Κράισλερ. Έχει ύψος 319 μέτρων και αποτελεί μέχρι σήμερα έναν από τους υψηλότερους στον κόσμο. Οι ουρανοξύστες στην Ελλάδα τα πρώτα ψηλά κτίρια στη χώρα μας έκαναν την εμφάνισή τους λίγο μετά τη μικρασιατική καταστροφή. Το προσφυγικό ζήτημα ανέπτυξε την ανάγκη να δημιουργηθούν πολυκατοικίες ώστε να μείνουν οι πρόσφυγες που έρχονταν από τη Μικρά Ασία. Όμως σε καμία περίπτωση δεν μιλάμε για κτίρια που «ξύνουν τον ουρανό» ή χάνονται μέσα στα σύννεφα, όπως γίνεται στη Νέα Υόρκη. Σήμερα η Ελλάδα διαθέτει 25 κτίρια άνω των 30 μέτρων. Το μεγαλύτερο κτίριο, που αποτελεί και το μοναδικό ουρανοξύστη στην Ελλάδα είναι ο πύργος των Αθηνών με ύψος 103 μέτρων. Το σχεδιασμό του συγκεκριμένου έργου ανέλαβαν και έφεραν εις πέρας οι αρχιτέκτονες Ιωάννης Βικέλας, και Ιωάννης Κυμπρίτζης. Το έργο ολοκληρώθηκε το 1971 και αποτελεί το μεγαλύτερο κτίριο της Ελλάδας. Επικράτησε όμως η άποψη ότι το μέτρο όλων είναι η Ακρόπολη και τα ψηλά κτίσματα θα την έκρυβαν. Γι αυτό το φαινόμενο δεν πήρε διαστάσεις και το λεκανοπέδιο έχει ορίζονται ανάπτυξη και όχι κάθετη.

Τα στατικά συστήματα των υψηλών κτιρίων έχουν δραματική εξέλιξη την τελευταία δεκαετία . Τόσο από άποψη αισθητικής αλλά και μηχανικής. Πολλά διαφορετικά συστήματα έχουν μελετηθεί και έχουν πραγματοποιηθεί. Καθώς υπάρχει μία συνεχής ζήτηση τέτοιου είδους κτιρίων λόγω και της συνεχόμενης αύξησης των πληθυσμών των πόλεων είναι σημαντική η μείωση της έκτασης γης που θα καλυφθεί για τις ανάγκες στέγασης των πολιτών. Υπάρχουν πολλές απαιτήσεις και σχεδιαστικές και κατασκευαστικές που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για να πραγματοποιηθεί ένα τέτοιο έργο. Η μελετητική και η κατασκευαστική εμπειρία στη χώρα μας σχετικά με τέτοιου είδους κτίρια είναι μικρή έως ανύπαρκτη.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα πέντε ψηλότερα κατασκευασμένα κτίρια στον κόσμο.



Σχήμα 1.1 Burj Khalifa, Dubai, United Arab Emirates

Ύψος :828 m / Όροφοι : 163

Έτος : 2010



Σχήμα 1.2 Shanghai Tower, Shanghai, China

Ύψος :632 m / Όροφοι : 128

Έτος : 2015



Σχήμα 1.3 Abraj Al-Bait Clock Tower, Mecca, Saudi Arabia

Ύψος :601 m / Όροφοι : 120

Έτος : 2012



Σχήμα 1.4 Ping An Finance Center, Shenzhen, China
Ύψος :599 m / Όροφοι : 115

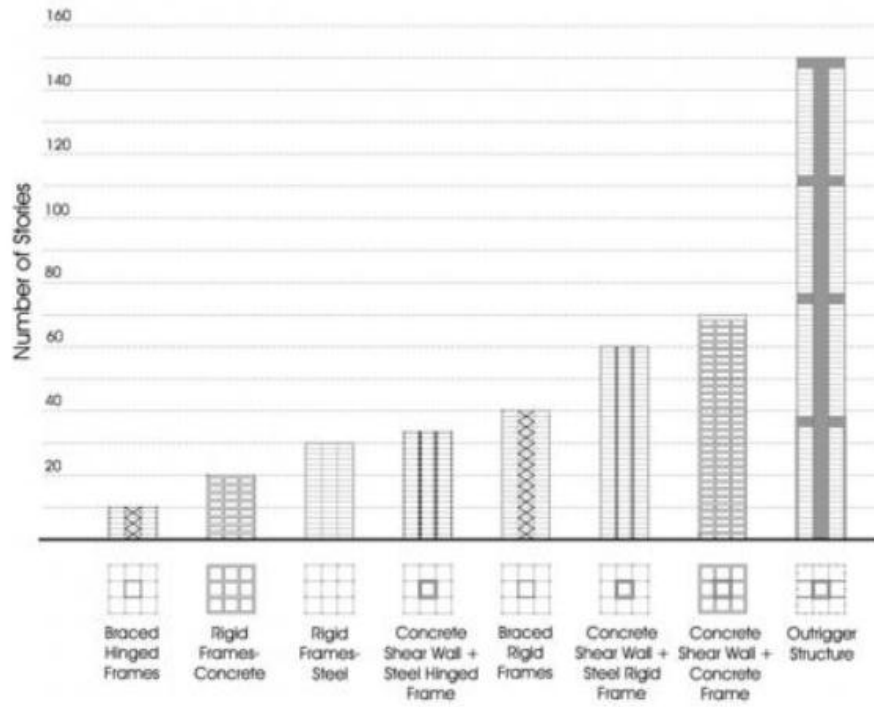
Έτος : 2017



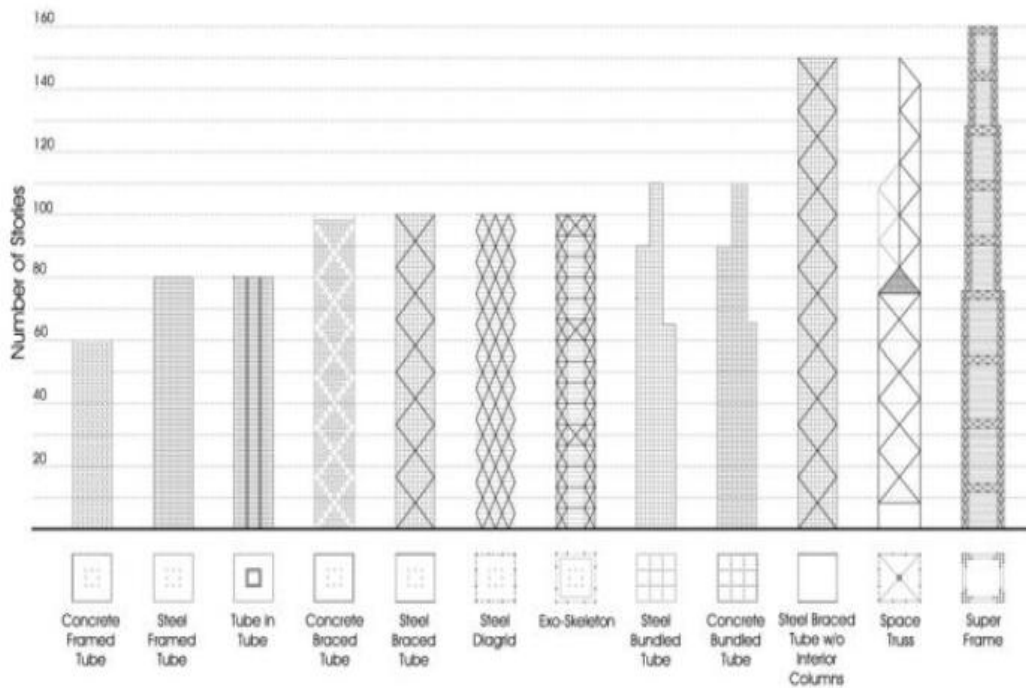
Σχήμα 1.5 Goldin Finance 117, Tianjin, China
Ύψος :596.6 m / Όροφοι : 128

Έτος : 2019

1.2 Στατικά Συστήματα Ουρανοξυστών



Σχήμα 1.6 Συστήματα εσωτερικής κατασκευής σε συνάρτηση με το ύψος.



Σχήμα 1.7 Συστήματα εξωτερικής κατασκευής σε συνάρτηση με το ύψος.

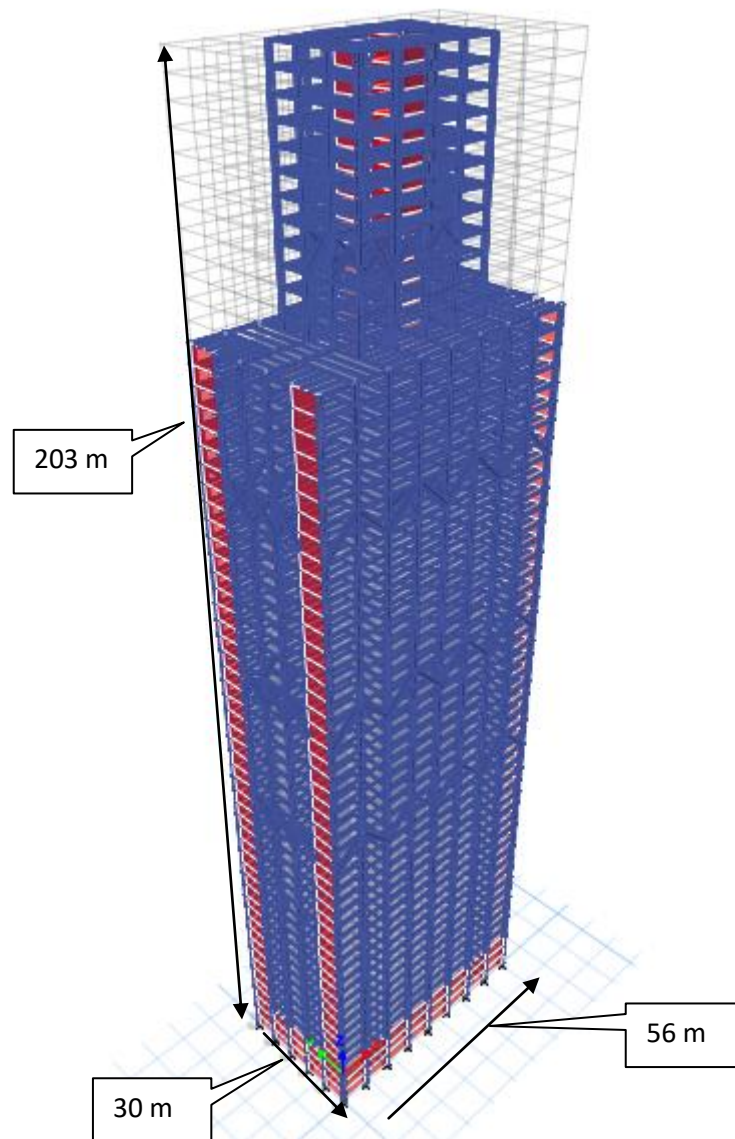
Πίνακας 1.1 Στατικά συστήματα εσωτερικής κατασκευής.

| Category | Sub-Category | Material / Configuration | Efficient Height Limit | Advantages | Disadvantages | Building Examples |
|--|---------------------------|---|------------------------|---|--|---|
| Rigid Frames | - | Steel | 30 | Provide flexibility in floor planning. Fast construction. | Expensive moment connections. Expensive fire proofing. | 860 & 880 Lake Shore Drive Apartments (Chicago, USA, 26 stories, 82 m), Business Men's Assurance Tower (Kansas City, USA, 19 stories), Seagram Building, 30th to the top floor (New York, USA, 38 stories, 157 m) |
| | | Concrete | 20 | Provide flexibility in floor planning. Easily moldable. | Expensive formwork. Slow construction. | Ingalls Building (Cincinnati, USA, 16 stories, 65 m) |
| Braced Hinged Frames | - | Steel Shear Trusses + Steel Hinged Frames | 10 | Efficiently resist lateral loads by axial forces in the shear truss members. Allows shallower beams compared with the rigid frames without diagonals. | Interior planning limitations due to diagonals in the shear trusses. Expensive diagonal connections. | Low-rise buildings |
| Shear Wall / Hinged Frames | - | Concrete Shear Wall + Steel Hinged Frame | 35 | Effectively resists lateral shear by concrete shear walls. | Interior planning limitations due to shear walls. | 77 West Wacker Drive (Chicago, USA, 50 stories, 203.6 m), Casselden Place (Melbourne, Australia, 43 stories, 160 m) |
| Shear Wall (or Shear Truss) - Frame Interaction System | Braced Rigid Frames | Steel Shear Trusses + Steel Rigid Frames | 40 | Effectively resists lateral loads by producing shear truss - frame interacting system. | Interior planning limitations due to shear trusses. | Empire State Building (New York, USA, 102 stories, 381 m), Seagram Building, 17th to 29th floor (New York, USA, 38 stories, 157 m) |
| | Shear Wall / Rigid Frames | Concrete Shear Wall + Steel Rigid Frame | 60 | Effectively resists lateral loads by producing shear wall - frame interacting system. | Interior planning limitations due to shear walls. | Seagram Building, up to the 17th floor (New York, USA, 38 stories, 157 m) |
| | | Concrete Shear Wall + Concrete Frame | 70 | - | - | 311 South Wacker Drive (Chicago, USA, 75 stories, 284 m), Cook County Administration Building, former Brunswick Building (Chicago, USA, 38 stories, 145 m) |
| Outrigger Structures | - | Shear Cores (Steel Trusses or Concrete Shear Walls) + Outriggers (Steel Trusses or Concrete Walls) + (Belt Trusses) + Steel or Concrete Composite (Super) Columns | 150 | Effectively resists bending by exterior columns connected to outriggers extended from the core. | Outrigger structure does not add shear resistance. | Taipei 101 (Taipei, Taiwan, 101 stories, 509 m), Jin Mao Building (Shanghai, China, 88 stories, 421 m) |

Πίνακας 1.2 Στατικά συστήματα εξωτερικής κατασκευής.

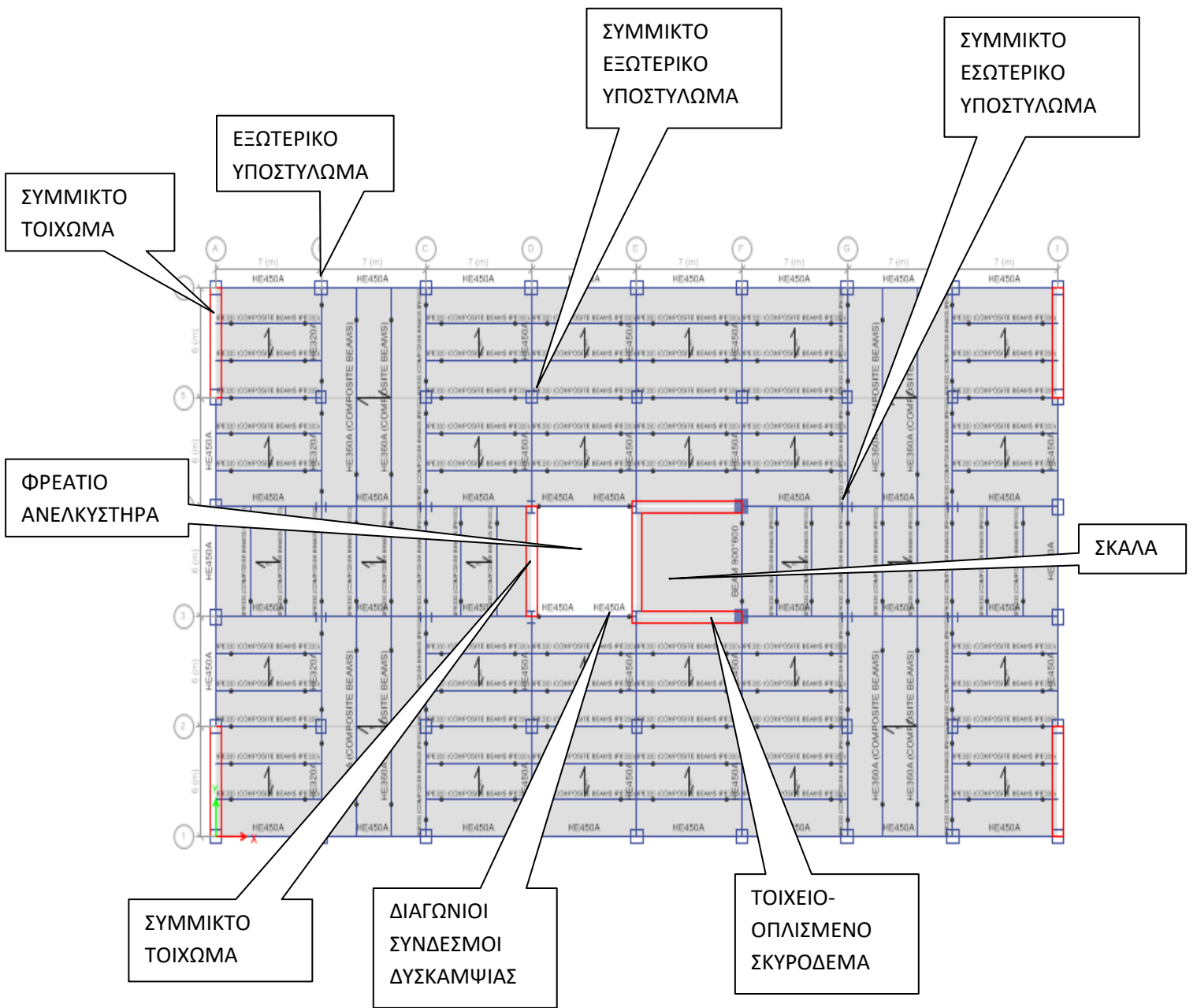
| Category | Sub Category | Material / Configuration | Efficient Height Limit | Advantages | Disadvantages | Building Examples |
|------------------------|--------------|---|--|---|--|---|
| Tube | Framed Tube | Steel | 80 | Efficiently resists lateral loads by locating lateral systems at the building perimeter. | Shear lag hinders true tubular behavior. Narrow column spacing obstructs the view. | Aon Center (Chicago, USA, 83 stories, 346 m) |
| | | Concrete | 60 | " | " | Water Tower Place (Chicago, USA, 74 stories, 262 m) |
| | Braced Tube | Steel | 100 (With Interior Columns) – 150 (Without Interior Columns) | Efficiently resists lateral shear by axial forces in the diagonal members. Wider column spacing possible compared with framed tubes. Reduced shear lag. | Bracings obstruct the view. | John Hancock Center (Chicago, USA, 100 stories 344 m) |
| | | Concrete | 100 | " | " | Onterie Center (Chicago, 58 stories, 174 m), 780 Third Avenue (New York, USA, 50 stories, 174 m) |
| | Bundled Tube | Steel | 110 | Reduced shear lag. | Interior planning limitations due to the bundled tube configuration. | Sears Tower (Chicago, USA, 108 stories, 442 m) |
| | | Concrete | 110 | " | " | Carnegie Hall Tower (New York, USA, 62 stories, 230.7 m) |
| | Tube in Tube | Ext. Framed Tube (Steel or Concrete) + Int. Core Tube (Steel or Concrete) | 80 | Effectively resists lateral loads by producing interior shear core - exterior framed tube interacting system. | Interior planning limitations due to shear core. | 181 West Madison Street (Chicago, USA, 50 stories, 207 m) |
| Diagrid | - | Steel | 100 | Efficiently resists lateral shear by axial forces in the diagonal members. | Complicated joints. | Hearst Building (New York, USA, 42 stories, 182 m), 30 St Mary Axe, also known as Swiss Re Building (London, UK, 41 stories, 181 m) |
| | | Concrete | 60 | " | Expensive formwork. Slow construction. | O-14 Building (Dubai) |
| Space Truss Structures | - | Steel | 150 | Efficiently resists lateral shear by axial forces in the space truss members. | Obstruct the view. May obstruct the view. | Bank of China (Hong Kong, China, 72 stories, 367 m) |
| Superframes | - | Steel | 160 | Could produce supertall buildings. | Building form depends to a great degree on the structural system. | Chicago World Trade Center (Chicago, USA, 168 stories, Unbuilt) |
| | | Concrete | 100 | " | " | Parque Central Tower (Caracas, Venezuela, 56 stories, 221 m) |
| Exo-skeleton | - | Steel | 100 | Interior floor is never obstructed by perimeter columns. | Thermal expansion / contraction. Systemic thermal bridges. | Hotel de las Artes (Barcelona, Spain, 43 stories, 137 m) |

1.3 Τεχνική Περιγραφή-Παρουσίαση του κτιρίου

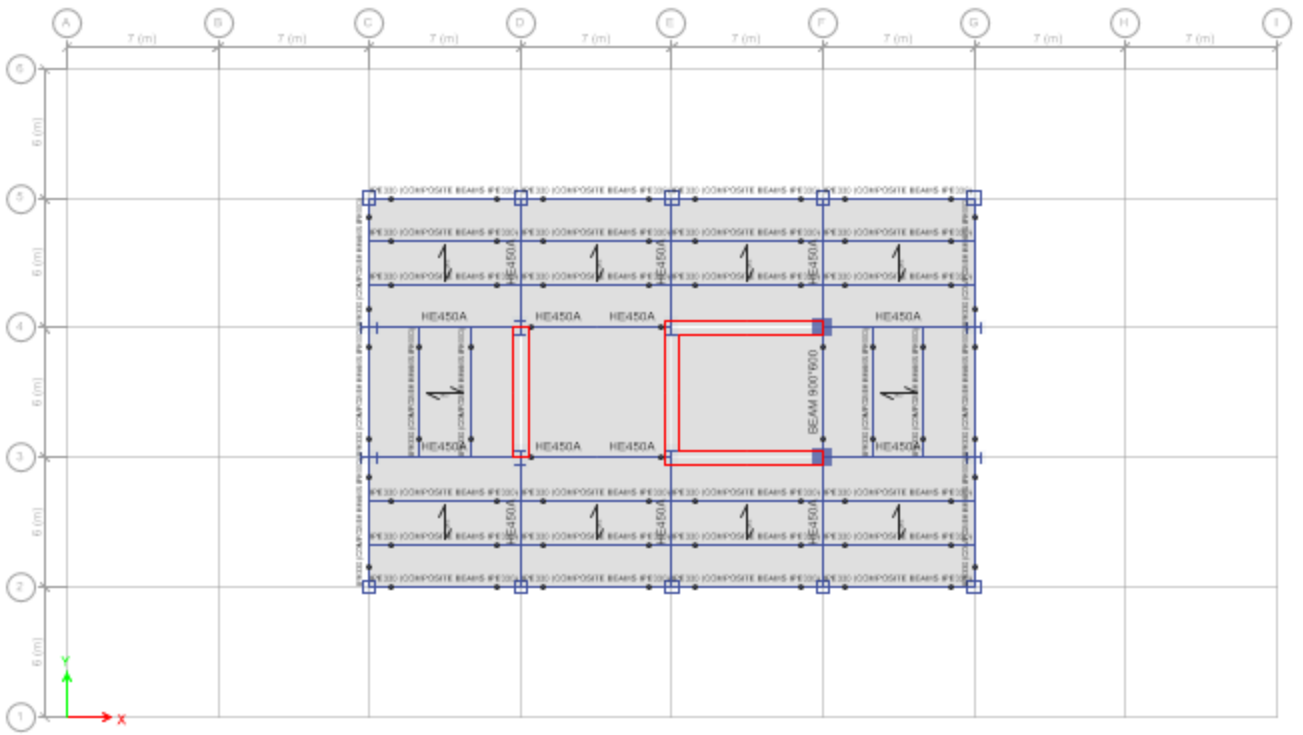


Σχήμα 1.8 Παρουσίαση της γενικής εικόνας του φορέα 3D (Etabs).

Το κτίριο αποτελείται από 59 ορόφους και στεγάζει γραφεία στην περιοχή του Ελληνικού. Στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 1) φαίνεται η ύπαρξη δύο τοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα καθ' ύψος του κτιρίου (μέχρι τον όροφο 47) στις δύο ακραίες πλευρές του κτιρίου κατά τη διεύθυνση Y. Φαίνονται επίσης τα υποστυλώματα (σύμμικτα και μεταλλικά), τα στοιχεία διαγώνιων συνδέσμων και τα τοιχεία του υπογείου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Παρακάτω ακολουθούν κατόψεις και τομές για την καλύτερη κατανόηση του φορέα.

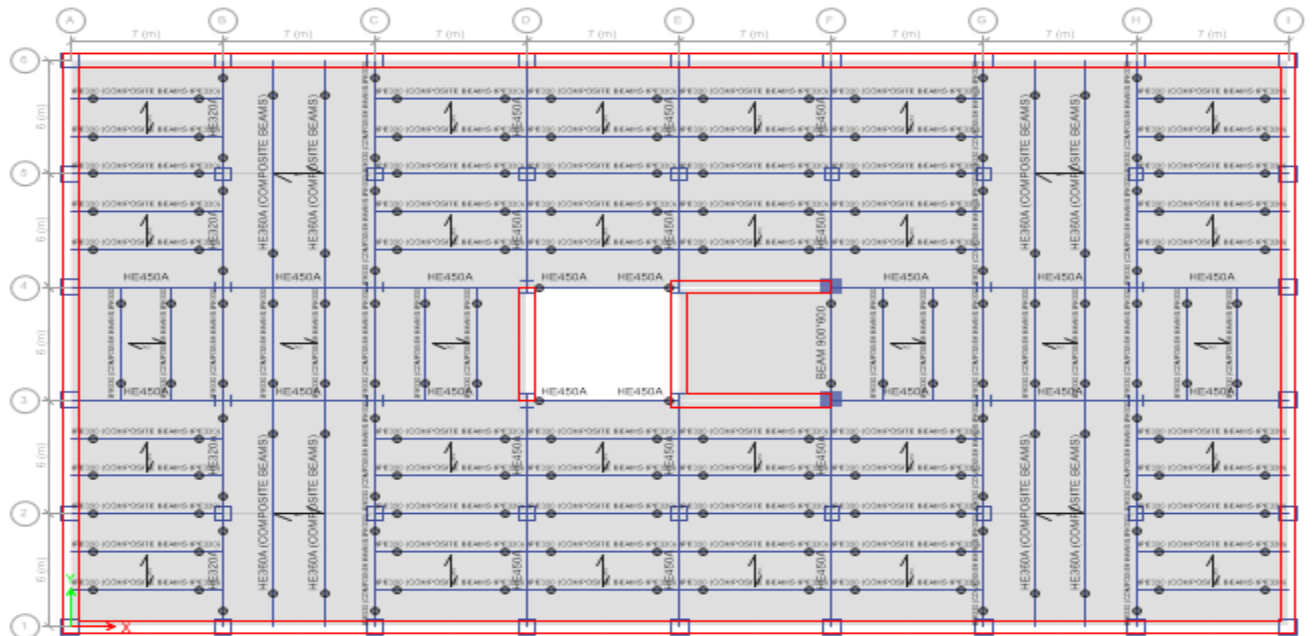


Σχήμα 1.9 Όροφος 1-47



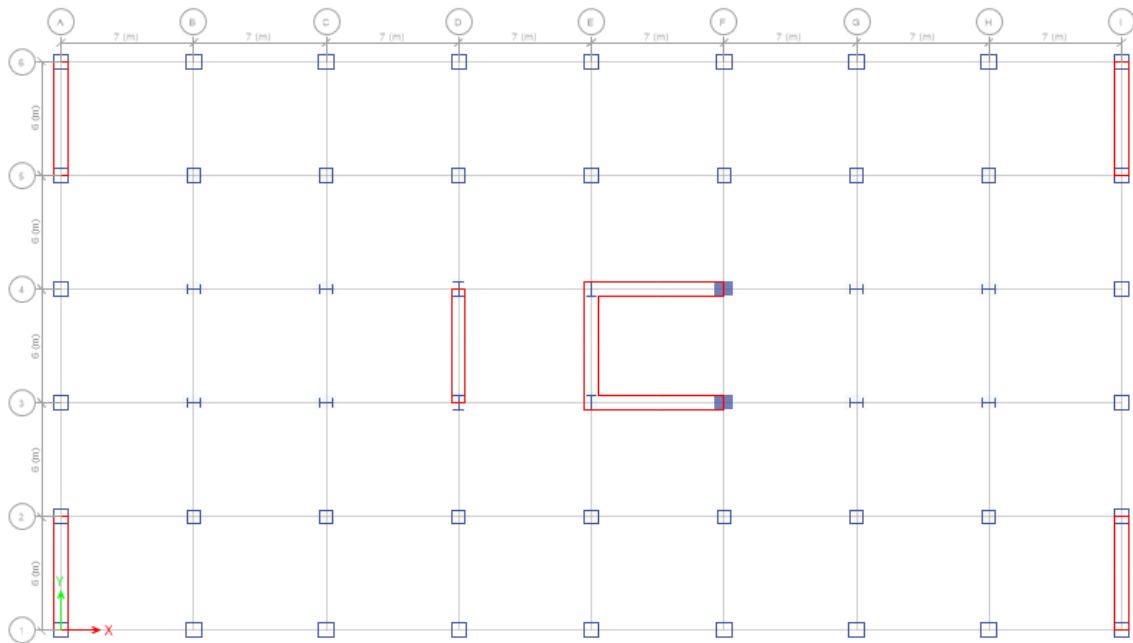
Σχήμα 1.10 Όροφος 48-59

(Μόνο ο όροφος 59 έχει πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος στο φρεάτιο του ανελευστήρα.)



Σχήμα 1.11 Υπόγειο -3 έως 0.

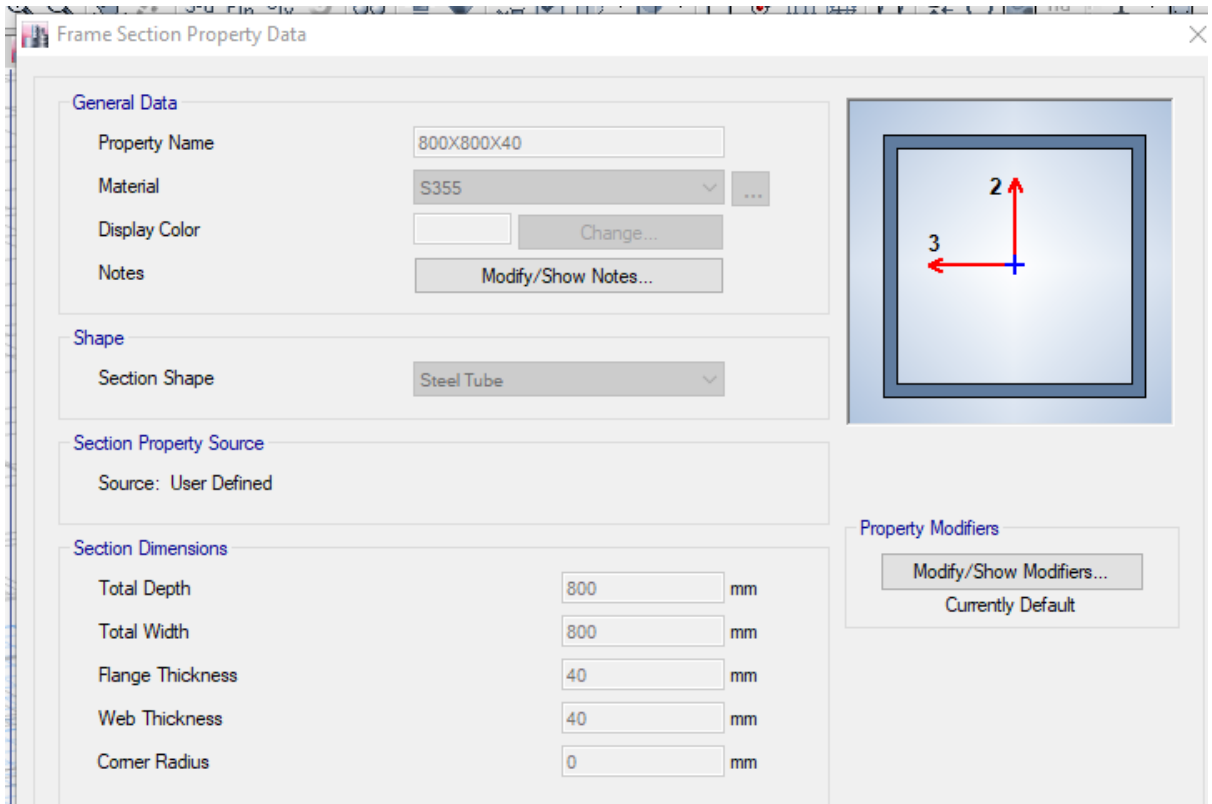
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η διάταξη των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Επίσης φαίνεται η κατεύθυνση των πλακών. Το κτίριο αποτελείται από 54 υποστυλώματα, 8 τοιχεία εκ των οποίων 6 στη διεύθυνση Y και 2 στη διεύθυνση X. Επίσης υπάρχουν κατακόρυφοι κεντρικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας στο κέντρο του κτιρίου τοποθετημένοι στη διεύθυνση X οι οποίοι μαζί με τα δύο σύμμεκτα τοιχεία ου ενώνονται δημιουργούν μια μεγάλη δυσκαμψία στο φορέα. Τα τέσσερα εξωτερικά τοιχεία στη διεύθυνση Y βοήθησαν το κτίριο να ταλαντώνεται στη πρώτη ιδιομορφή στη διεύθυνση αυτή. Το συνολικό βάρος δομικού χάλυβα του κτιρίου ανέρχεται στα 2.083.774 kg (2083,74 tn). Η κάλυψη του κάθε ορόφου ανέρχεται στα 1500 m² (Υπόγειο-Οροφος 47) και στα 504 m² (Οροφος 48-Οροφος 59). Το βάρος του δομικού χάλυβα ανά τετραγωνικό μέτρο κάλυψης ανέρχεται στα 262,37 kg/m².



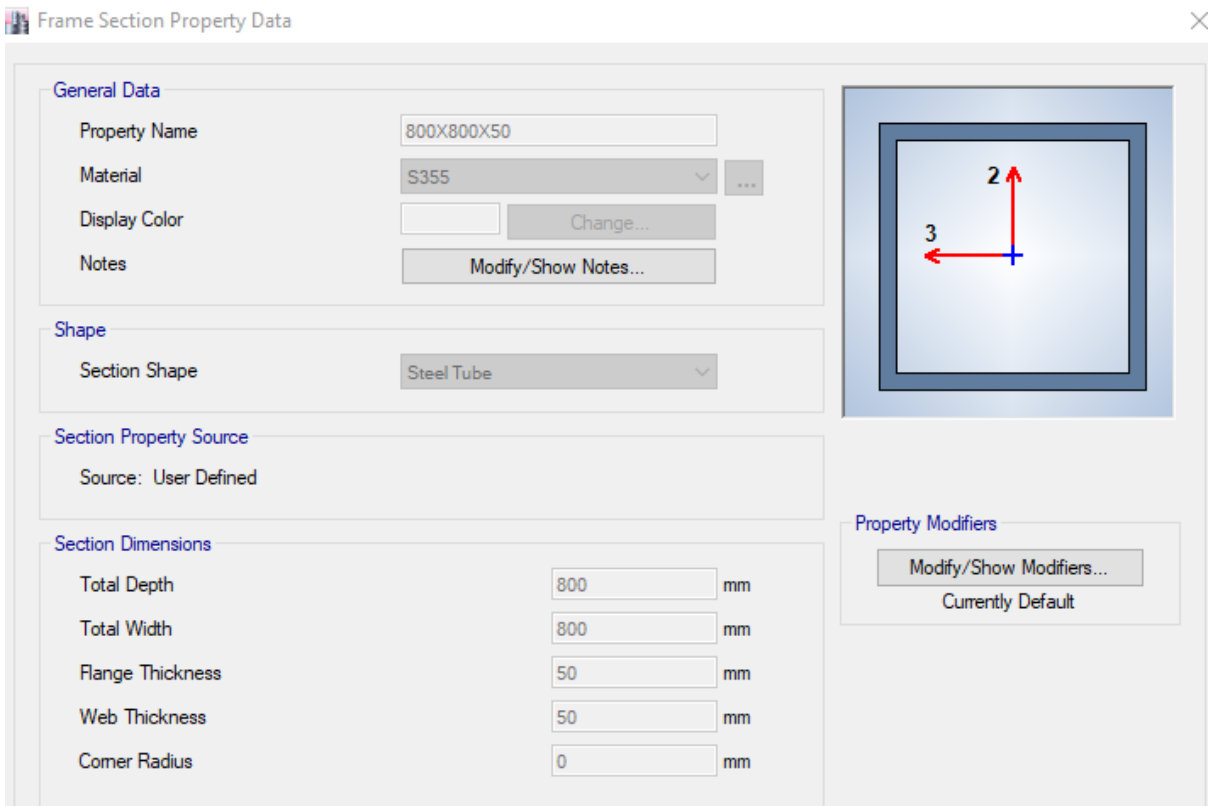
Σχήμα 1.12 Κάτοψη με εμφανή τη θέση των υποστυλωμάτων.

Πίνακας 1.3

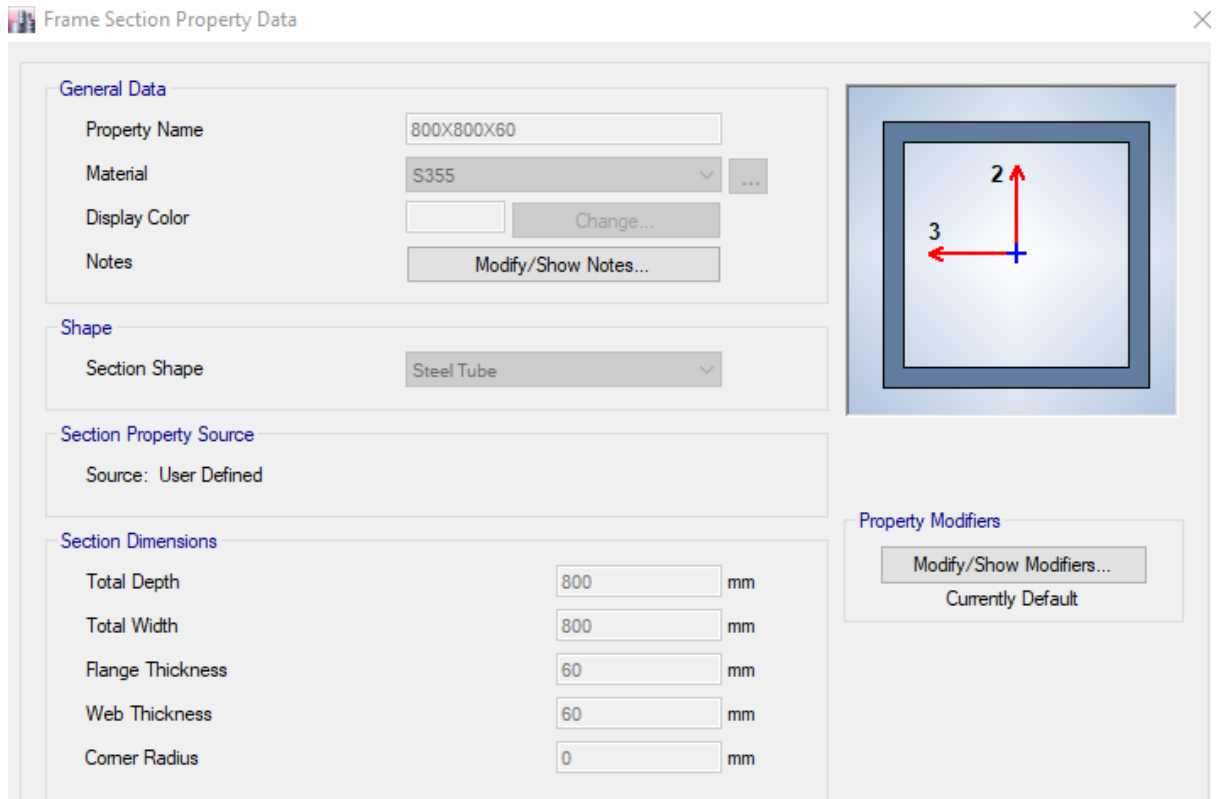
| ΔΙΑΤΟΜΗ | ΟΡΟΦΟΣ | ΥΛΙΚΟ | ΤΟΜΗ |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------|--|
| RHS 800X800X60 | ΥΠΟΓΕΙΟ 3 - ΟΡΟΦΟΣ 15 | S355 | A1-6 ,B1,B6 ,C1, C6, D1, D5, E1 E6 ,F1 ,F6 ,G1, G6 , H1 ,H6, I1-6 |
| RHS 800X800X50 | ΟΡΟΦΟΣ 16- ΟΡΟΦΟΣ 30 | | |
| RHS 800X800X40 | ΟΡΟΦΟΣ 31- ΟΡΟΦΟΣ 47 | | |
| RHS 800X800X40 | ΟΡΟΦΟΣ 31- ΟΡΟΦΟΣ 59 | | |
| (ΣΥΜΜΙΚΤΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ) | ΥΠΟΓΕΙΟ 3 - ΟΡΟΦΟΣ 59 | S355,C45/55 | B2,B5,C2,C5,D2,D5,E2,E5,F2,F5,G2, G5,H2,H5,I2,I5 |
| ΣΥΜΜΙΚΤΗ 1 (ΣΥΜΜΙΚΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ) | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 15 | S355,C45/55 | B3-4,C3-4,D3-4,E3-4,G3-4, H3-4,I3-4 |
| ΣΥΜΜΙΚΤΗ 2 (ΣΥΜΜΙΚΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ) | ΟΡΟΦΟΣ 16- ΟΡΟΦΟΣ 30 | S355,C45/55 | B3-4,C3-4,D3-4,E3-4,G3-4, H3-4,I3-4 |
| ΣΥΜΜΙΚΤΗ 3 (ΣΥΜΜΙΚΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ) | ΟΡΟΦΟΣ 31- ΟΡΟΦΟΣ 47 | S355,C45/55 | B3-4,C3-4,D3-4,E3-4,G3-4, H3-4,I3-4 |
| ΣΥΜΜΙΚΤΗ 4 (ΣΥΜΜΙΚΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ) | ΟΡΟΦΟΣ 48- ΟΡΟΦΟΣ 59 | S355,C45/55 | B3-4,C3-4,D3-4,E3-4,G3-4, H3-4,I3-4 |
| 800X100 ΟΠΛ.ΣΚΥΡ. | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 59 | C45/55 | F3-4 |
| ΤΟΙΧΕΙΟ 700X6000 | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 47 | C45/55 | A1-2 ,A5-6 ,I1-2, I1-5 |
| ΤΟΙΧΕΙΟ 700X6000 | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 59 | C45/55 | D3-4, E3-4 |
| ΤΟΙΧΕΙΟ 700X7000 | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 59 | C45/55 | 4E-F, 5E-F |
| ΣΥΜΜΙΚΤΑ ΔΟΚΑΡΙΑ ΙΡΕ330 | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 59 | S355,C45/55 | ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ |
| ΔΟΚΟΣ ΗΕΑ 450 | ΥΠΟΓΕΙΟ 3- ΟΡΟΦΟΣ 59 | S355 | ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ |



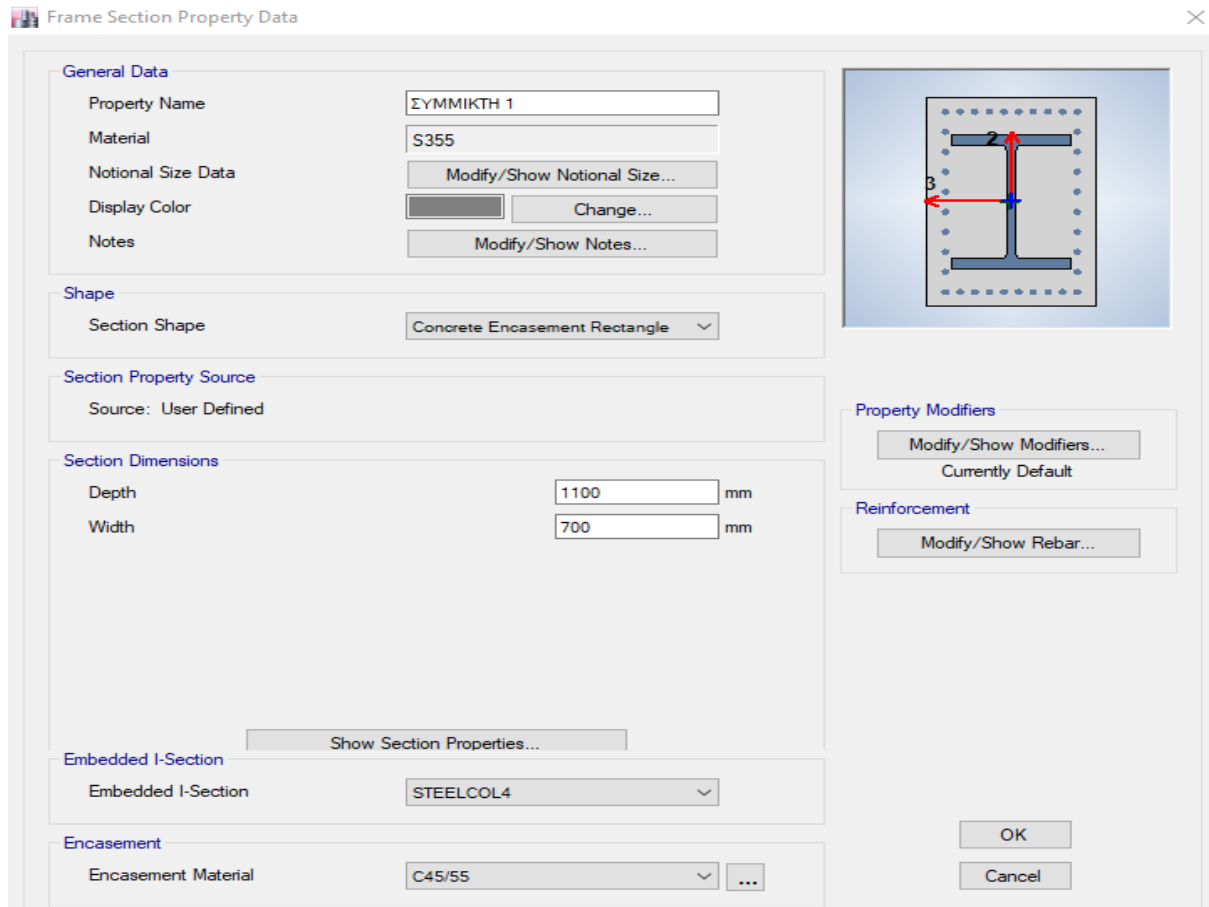
Σχήμα 1.13 RHS 800X800X40



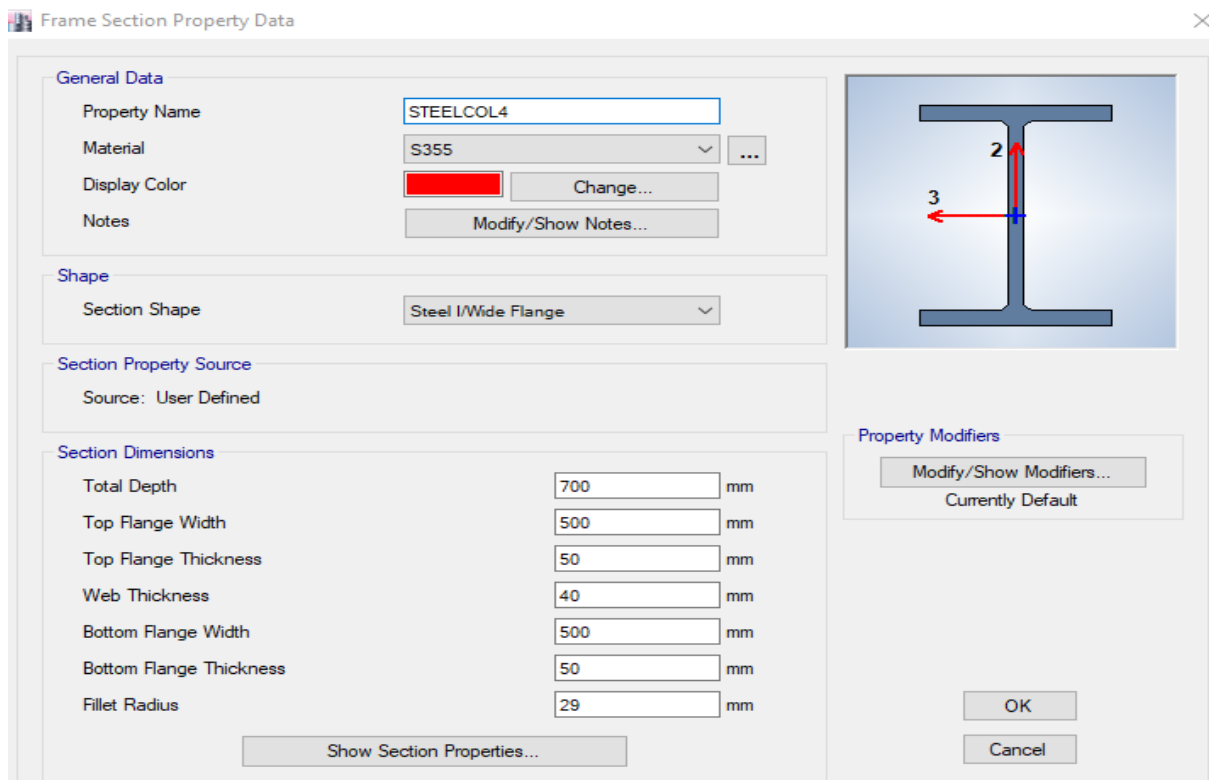
Σχήμα 1.14 RHS 800X800X50



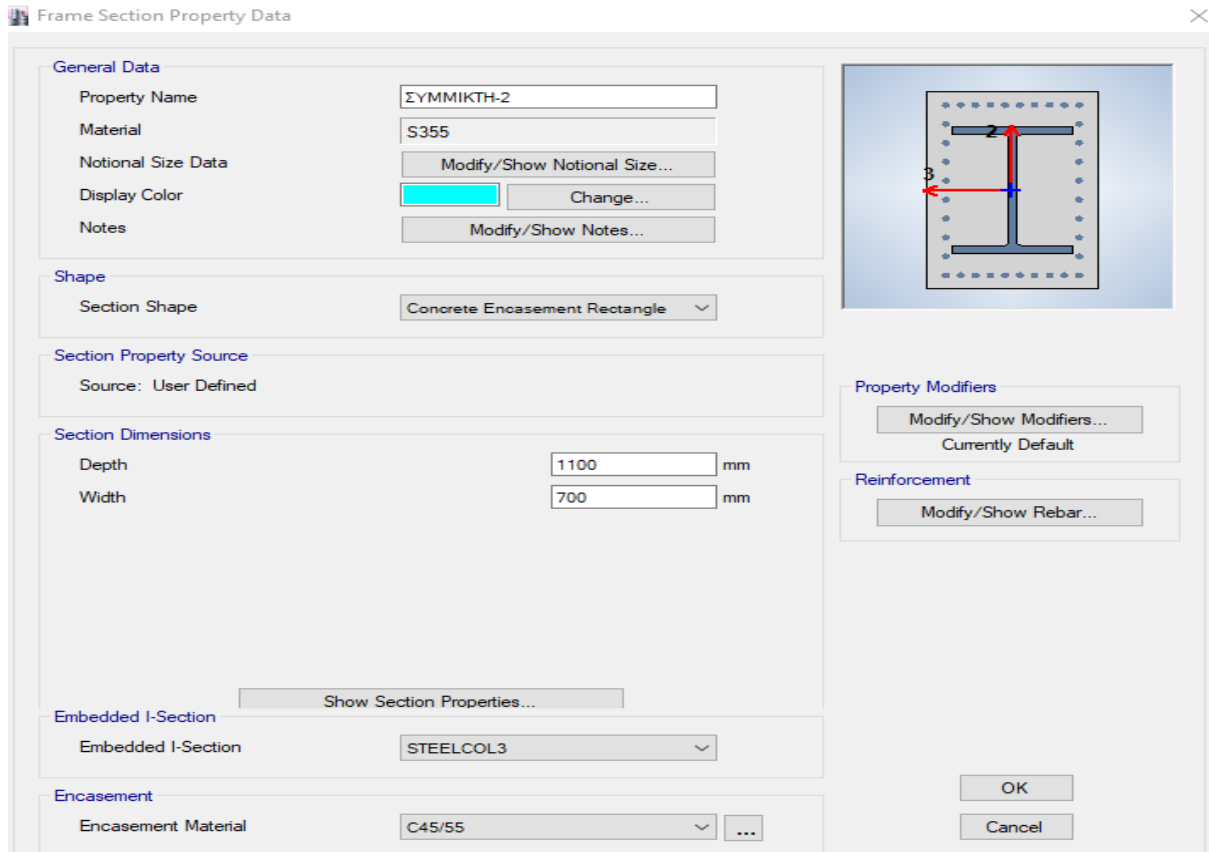
Σχήμα 1.15 RHS 800X800X60



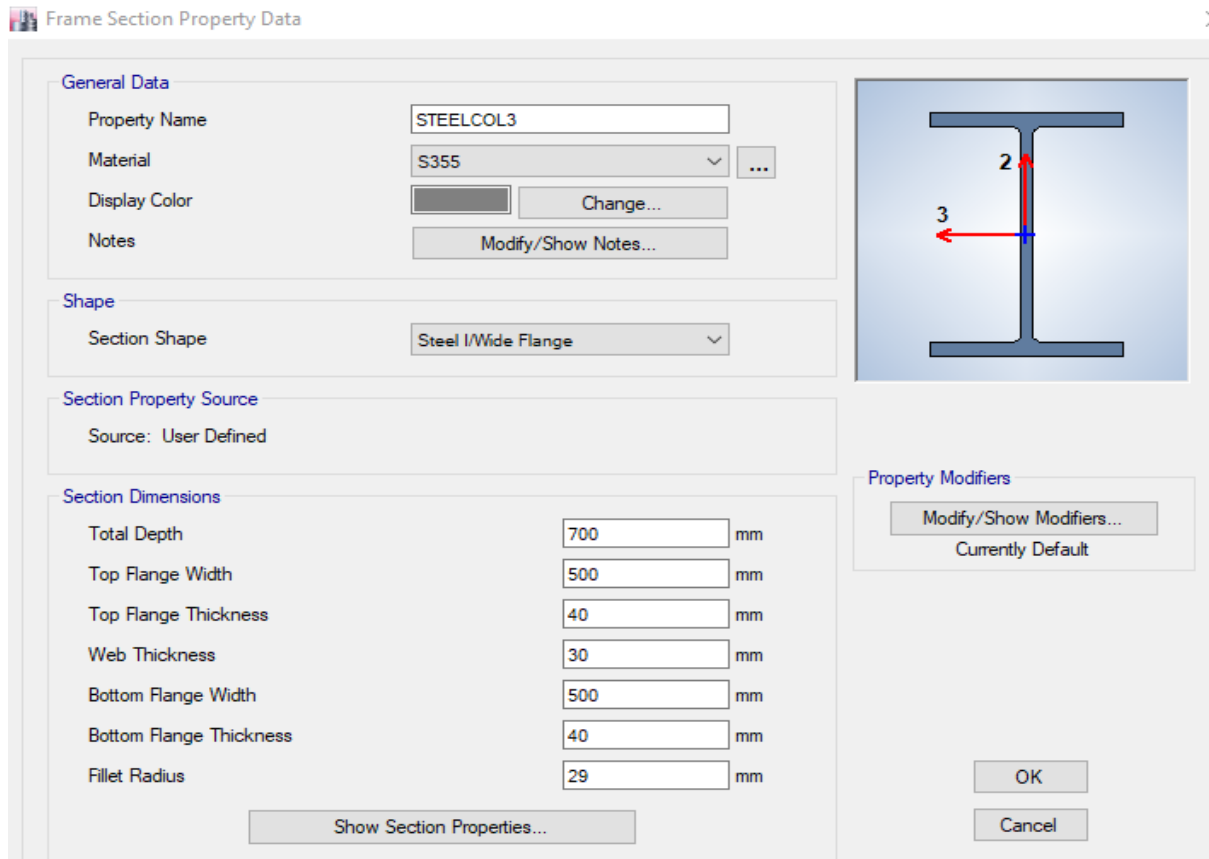
Σχήμα 1.16 ΣΥΜΜΙΚΤΗ-1



Σχήμα 1.17 ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ-1



Σχήμα 1.18 ΣΥΜΜΙΚΤΗ-2



Σχήμα 1.19 ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ-2

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: ΣΥΜΜΙΚΤΗ-3

Material: S355

Notional Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape: Concrete Encasement Rectangle

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 1100 mm

Width: 700 mm

Embedded I-Section

Embedded I-Section: STEELCOL3

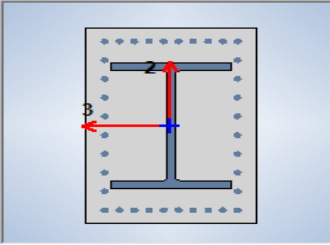
Encasement

Encasement Material: C45/55

Property Modifiers

Currently Default

Reinforcement



Σχήμα 1.20 ΣΥΜΜΙΚΤΗ-3

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: STEELCOL2

Material: S355

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 700 mm

Top Flange Width: 500 mm

Top Flange Thickness: 30 mm

Web Thickness: 20 mm

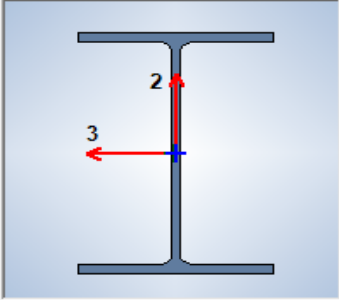
Bottom Flange Width: 500 mm

Bottom Flange Thickness: 30 mm

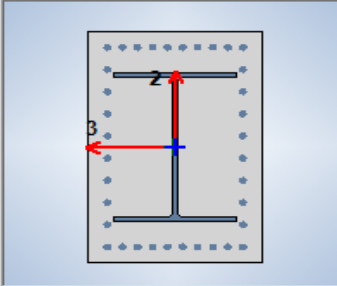
Fillet Radius: 29 mm

Property Modifiers

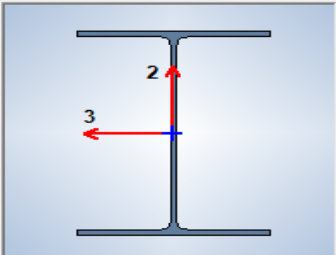
Currently Default



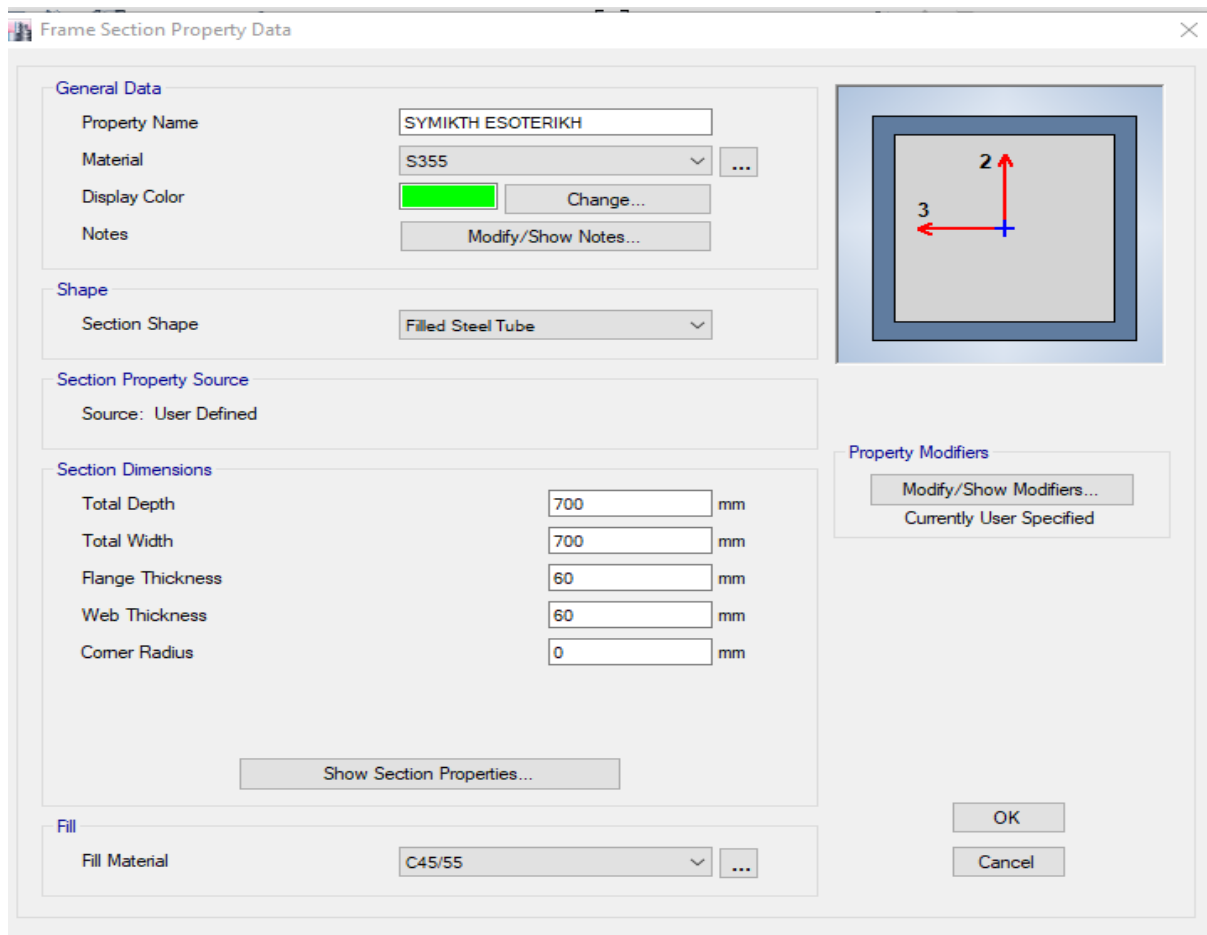
Σχήμα 1.21 ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ-3

| | | |
|--------------------------------|-------------------------------|---|
| General Data | |  |
| Property Name | SYMMIKTI-SMALLER | |
| Material | S355 | |
| Notional Size Data | Modify/Show Notional Size... | |
| Display Color | Change... | |
| Notes | Modify/Show Notes... | |
| Shape | | |
| Section Shape | Concrete Encasement Rectangle | |
| Section Property Source | | |
| Source: | User Defined | |
| Section Dimensions | | |
| Depth | 1100 mm | |
| Width | 700 mm | |
| Show Section Properties... | | |
| Embedded I-Section | | |
| Embedded I-Section | STEELCOL1 | |
| Encasement | | |
| Encasement Material | CONCRETE-MEIIWMENO | |
| | | Property Modifiers Modify/Show Modifiers... Currently Default |
| | | Reinforcement Modify/Show Rebar... |
| | | OK Cancel |

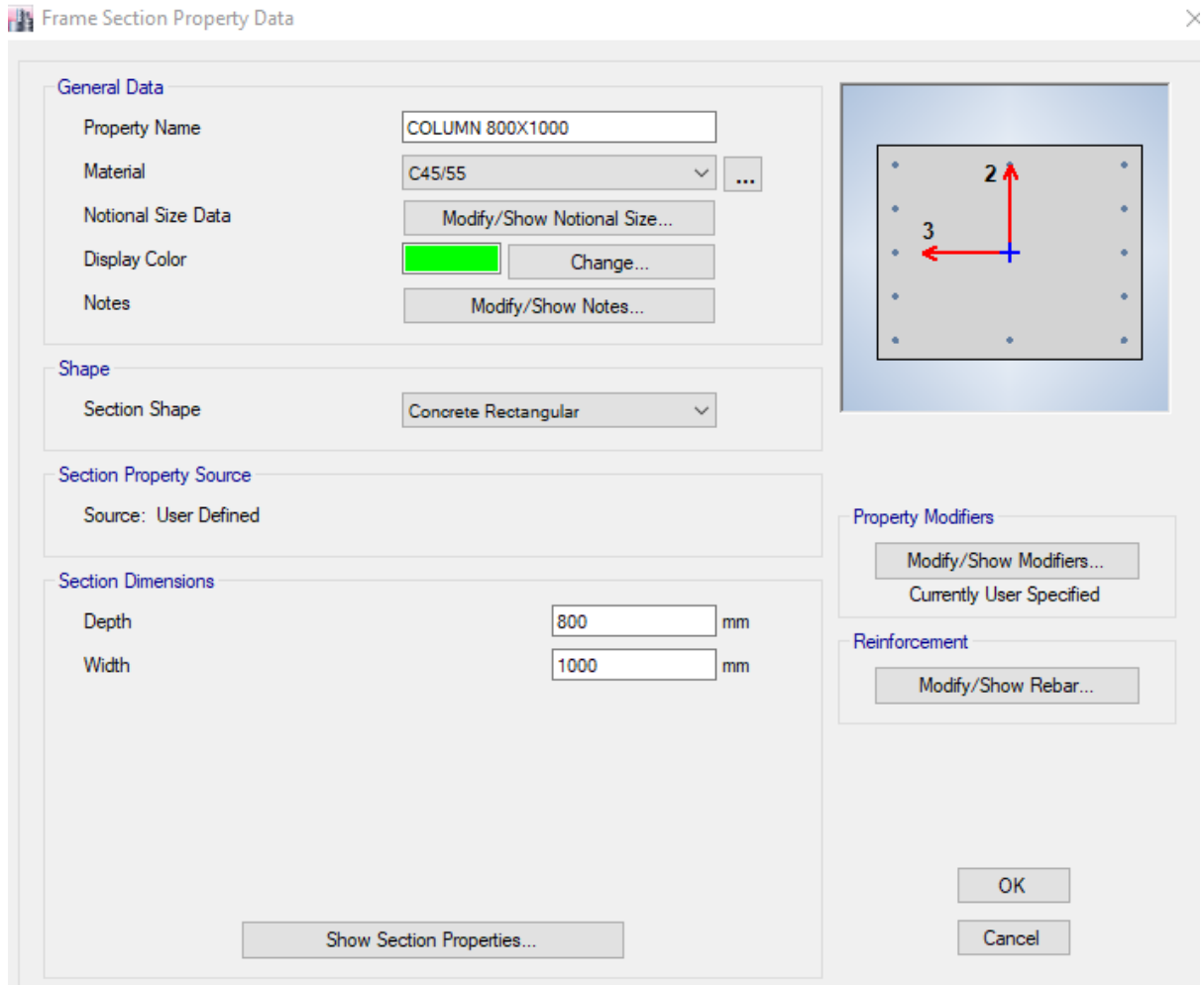
Σχήμα 1.22 ΣΥΜΜΙΚΤΗ-4

| | | |
|--------------------------------|----------------------|---|
| General Data | |  |
| Property Name | STEELCOL1 | |
| Material | S355 | |
| Display Color | Change... | |
| Notes | Modify/Show Notes... | |
| Shape | | |
| Section Shape | Steel I/Wide Flange | |
| Section Property Source | | |
| Source: | User Defined | |
| Section Dimensions | | |
| Total Depth | 700 mm | |
| Top Flange Width | 500 mm | |
| Top Flange Thickness | 20 mm | |
| Web Thickness | 15 mm | |
| Bottom Flange Width | 500 mm | |
| Bottom Flange Thickness | 20 mm | |
| Fillet Radius | 29 mm | |
| Show Section Properties... | | |
| | | Property Modifiers Modify/Show Modifiers... Currently Default |
| | | OK Cancel |

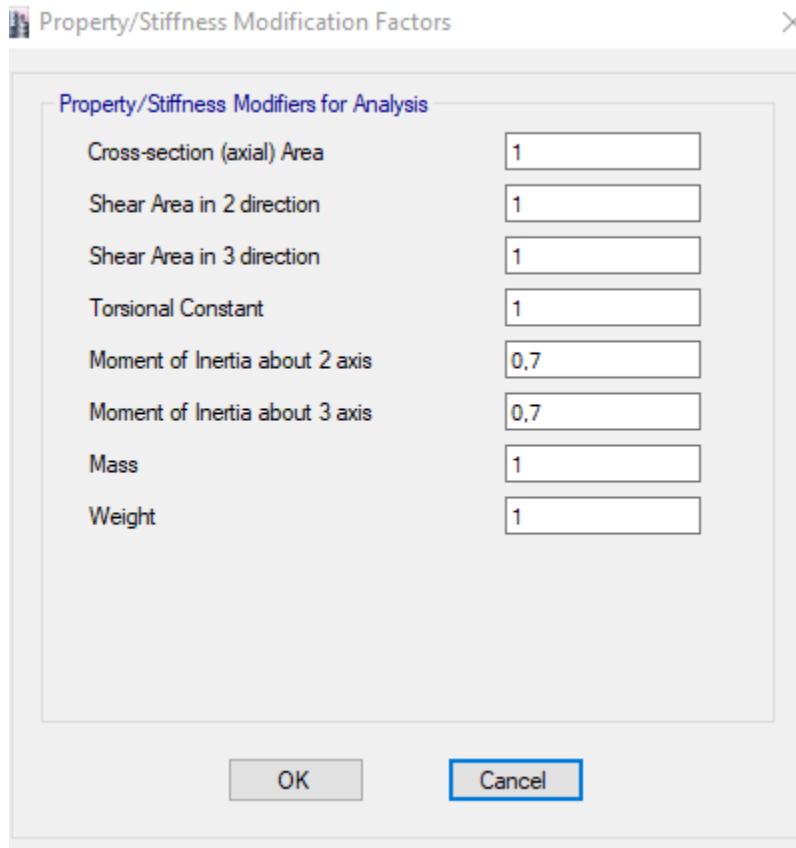
Σχήμα 1.23 ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ-4



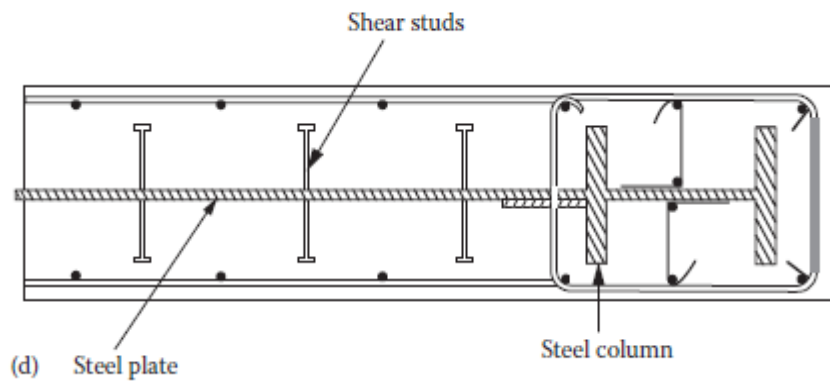
Σχήμα 1.24 Σύμμικτο εσωτερικό υποστύλωμα.

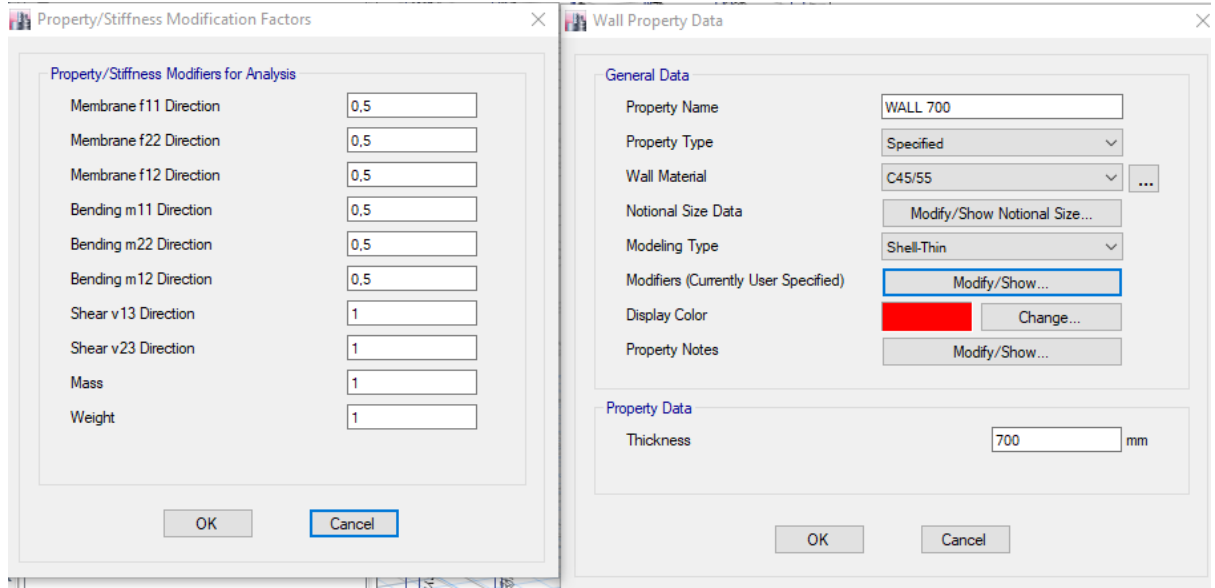


Σχήμα 1.25 ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ Ο.Σ

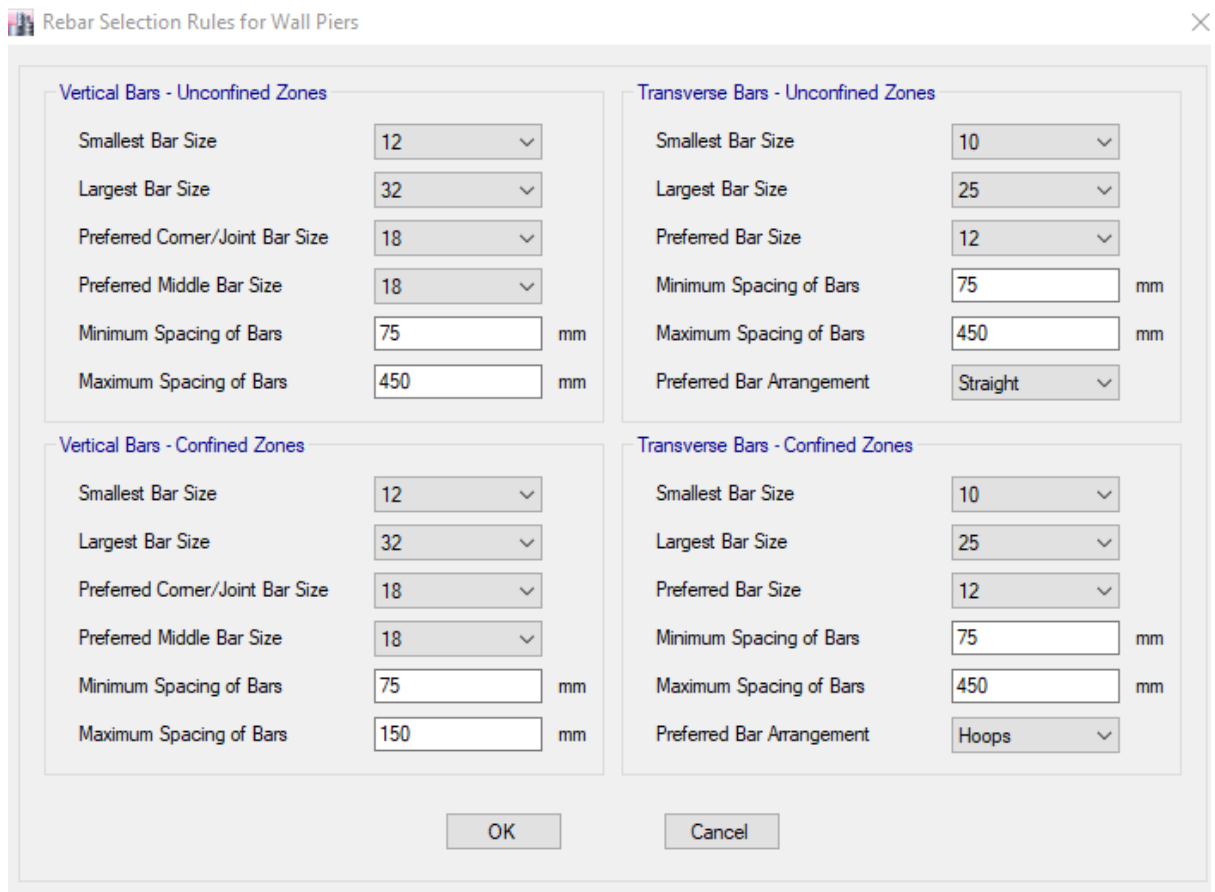


Σχήμα 1.26 ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ-ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ

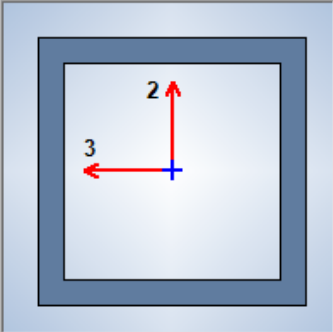




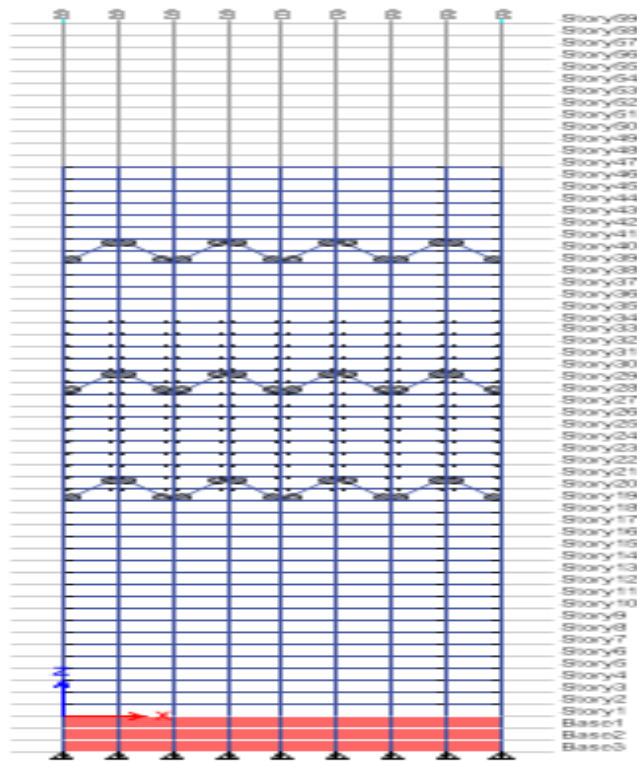
Σχήμα 1.27 ΣΥΜΜΙΚΤΟ ΤΟΙΧΕΙΟ ΚΑΙ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ-ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ-ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΟΙΧΕΙΟΥ



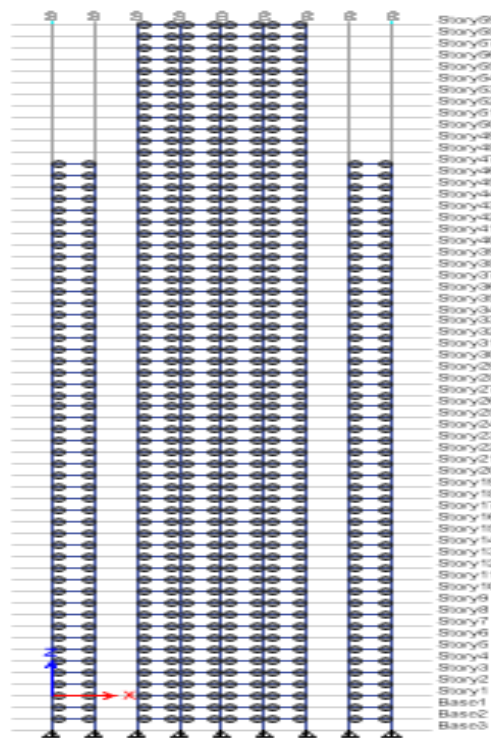
Σχήμα 1.28 Χαρακτηριστικά ράβδων οπλισμού

| | | |
|--------------------------------|-------------------------|---|
| General Data | |  |
| Property Name | TUBO400X400X40 | |
| Material | A992Fy50 | |
| Display Color | Change... | |
| Notes | Modify/Show Notes... | |
| Shape | | |
| Section Shape | Steel Tube | |
| Section Property Source | | |
| Source: Euro | Convert To User Defined | |
| Section Dimensions | | Property Modifiers |
| Total Depth | 400 | mm |
| Total Width | 400 | mm |
| Flange Thickness | 40 | mm |
| Web Thickness | 40 | mm |
| Comer Radius | 0 | mm |
| Show Section Properties... | | Modify/Show Modifiers... |
| | | Currently Default |
| | | OK |
| | | Cancel |

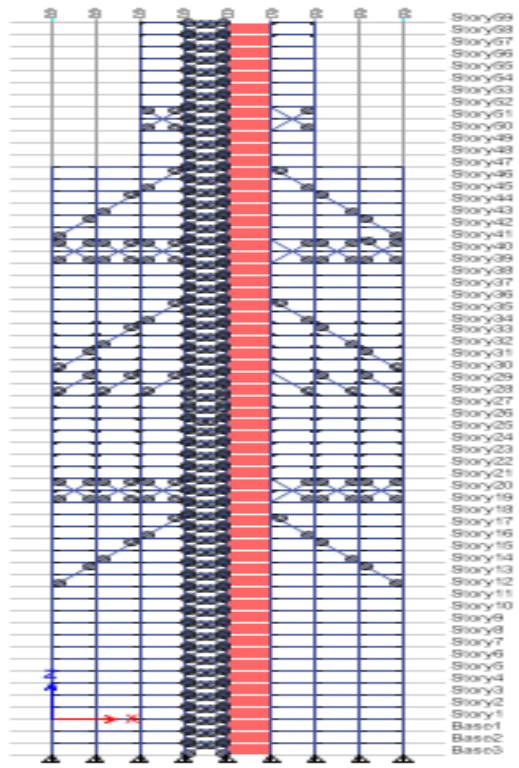
Σχήμα 1.29 ΔΙΑΤΟΜΗ OUTRIGGER AND BELT TRUSS ZONE



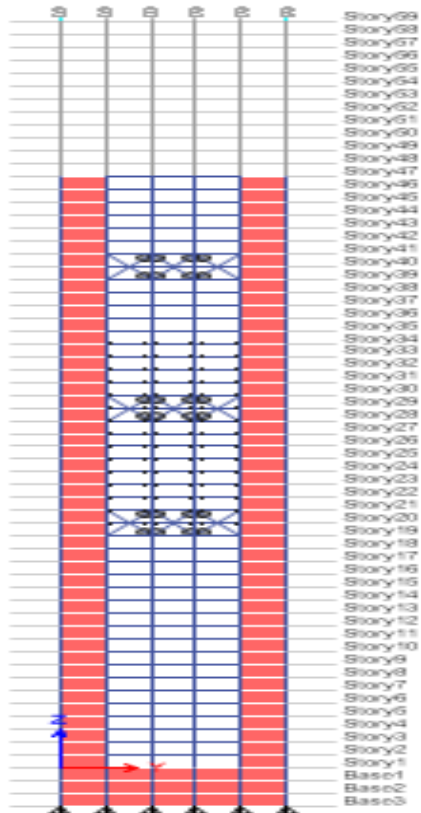
Σχήμα 1.30 TOMH 1,6



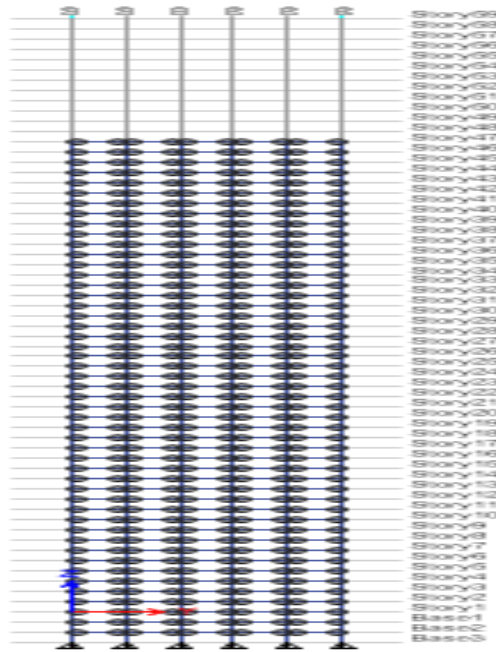
Σχήμα 1.31 TOMH 2,5



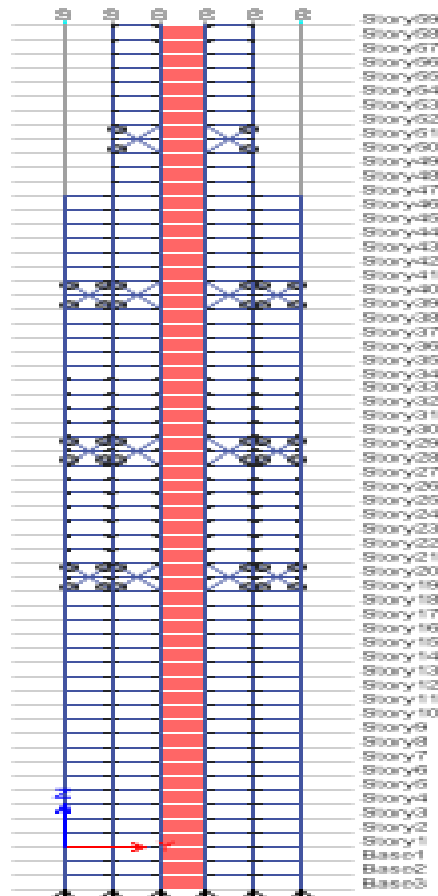
Σχήμα 1.32 TOMH 3,4



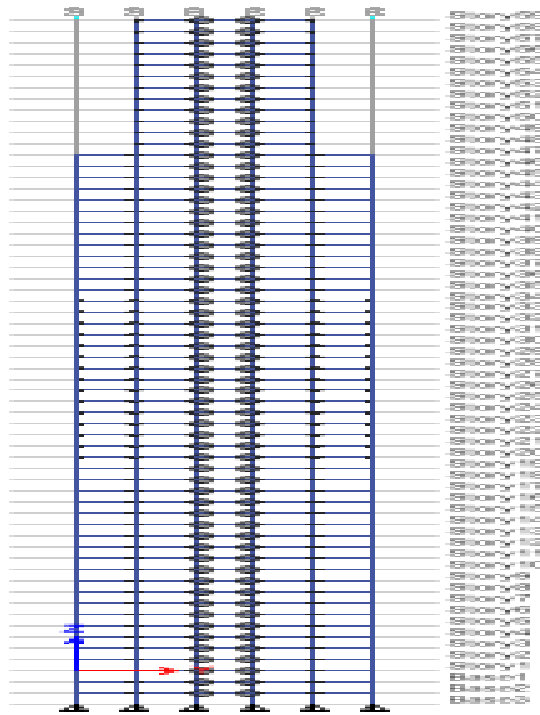
Σχήμα 1.33 TOMH A,I



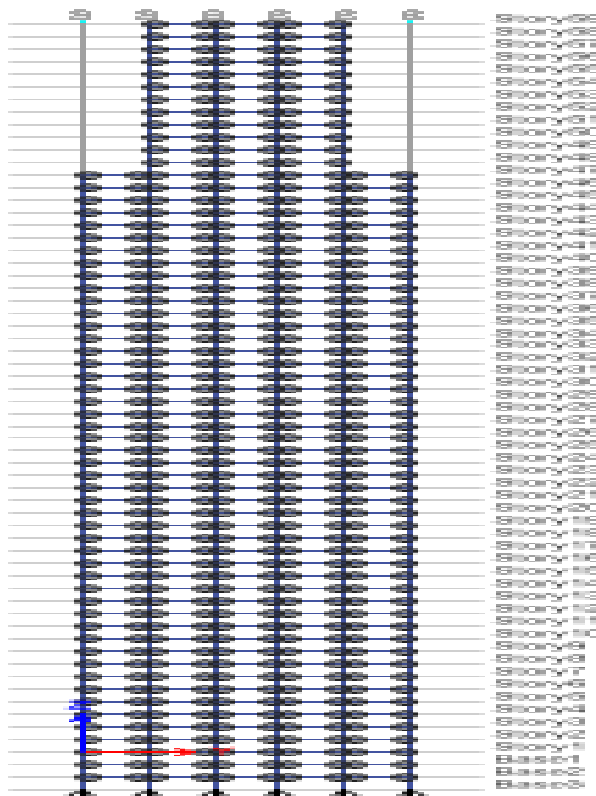
Σχήμα 1.34 ΤΟΜΗ Β,Η



Σχήμα 1.35 ΤΟΜΗ Δ,Ε



Σχήμα 1.36 TOMH F



Σχήμα 1.37 TOMH C,G

2 Δράσεις στο κτίριο

2.1 Φορτία σχεδιασμού κτιρίου

Ο προσδιορισμός των φορτίων, είτε πρόκειται για μόνιμες δράσεις, είτε για μεταβλητές και σεισμικές δράσεις γίνεται με βάση τον Ευρωκώδικα 1 και τα προσαρτήματα αυτού που αφορούν στην εφαρμογή του για τα δεδομένα της Ελλάδας. Ο προσδιορισμός των απαιτήσεων που τίθενται με βάση τα φορτία που ο φορέας καλείται να παραλάβει, είναι απαραίτητος προκειμένου να γίνει ο σχεδιασμός των μελών του κτιρίου.

Μόνιμες Δράσεις (G):

Στις μόνιμες δράσεις συγκαταλέγονται τα φορτία που ασκούνται διαρκώς στην κατασκευή, όπως κυρίως το βάρος των δομικών στοιχείων της κατασκευής ή και άλλα πρόσθετα βάρη.

Ίδια Βάρη

Τα ίδια βάρη των μελών της κατασκευής, είναι δυνατό να υπολογιστούν ως γινόμενο του εμβαδού της διατομής τους, του μήκους τους και του ειδικού βάρους του χάλυβα που λαμβάνεται ίσο με $\gamma_a=78.5\text{kN/m}^3$. Ωστόσο, στις αναλύσεις και στους ελέγχους των μελών, τα οποία έγιναν με το πρόγραμμα (CSI ETABS), τα ίδια βάρη προσδιορίστηκαν αυτόματα από το πρόγραμμα.

Μεταβλητές Δράσεις (Q): Ακολουθεί απόσπασμα από τον Ευρωκώδικα

Υποστυλώματα και τοίχοι:

(1) Για το σχεδιασμό υποστυλωμάτων, που δέχονται φόρτιση από πολλαπλούς ορόφους, τα συνολικά επιβαλλόμενα φορτία στο δάπεδο κάθε ορόφου θα πρέπει να λαμβάνονται ως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία.

(2) Στις περιπτώσεις στις οποίες υποστυλώματα και τοίχοι φορτίζονται από επιβαλλόμενα φορτία από πολλαπλούς ορόφους, τα συνολικά επιβαλλόμενα φορτία μπορούν να μειωθούν με ένα συντελεστή α_n σύμφωνα με τις

6.3.1.2(11) και 3.3.1(2)P.

6.3 Χαρακτηριστικές τιμές Επιβαλλόμενων Φορτίων

6.3.1 Κατοικίες και κοινωνικοί, εμπορικοί και διοικητικοί χώροι

6.3.1.1 Κατηγορίες

(1)P Οι χώροι σε κατοικίες και σε κοινωνικά, εμπορικά και διοικητικά κτήρια θα διαιρούνται σε κατηγορίες σύμφωνα με τις συγκεκριμένες χρήσεις τους οι οποίες απεικονίζονται στον Πίνακα 6.1.

(2)P Ανεξάρτητα από αυτήν την κατηγοριοποίηση των χώρων, θα εξετάζονται και οι δυναμικές επιδράσεις εκεί όπου αναμένεται ότι η χρήση θα προκαλέσει σημαντικές δυναμικές επιδράσεις (βλέπε 2.2(3) και (5)P).

Πίνακας 6.1 – Κατηγορίες χρήσης

| Κατηγορία | Συγκεκριμένη Χρήση | Παράδειγμα |
|-----------|---|---|
| A | Χώροι διαμονής | Δωμάτια σε κτήρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδωμάτια 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, καφενεία, 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 Ανάλογα με τις προσδοκούμενες χρήσεις, χώροι οι οποίοι πιθανόν να

εντάσσονται στις κατηγορίες C2, C3, C4 μπορούν να ενταχθούν στην C5 κατόπιν απόφασης του πελάτη και/ ή του Εθνικού Προσαρτήματος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 Το Εθνικό Προσάρτημα προβλέπει και υποκατηγορίες στις A, B, C1 έως C5, D1 και D2.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 3 Βλέπε 6.3.2 για αποθήκευση ή βιομηχανικές δραστηριότητες.

6.3.1.2 Τιμές των δράσεων

(1)Ρ Οι κατηγορίες των φορτιζόμενων επιφανειών, όπως αυτές προσδιορίζονται στον πίνακα 6.1, θα σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας τις χαρακτηριστικές τιμές q_k (ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο) και Q_k (συγκεντρωμένο φορτίο).

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τιμές για τα q_k και Q_k δίδονται στον πίνακα 6.2 που ακολουθεί. Όπου ο πίνακας περιέχει ένα φάσμα τιμών, η τιμή μπορεί να ορισθεί στο Εθνικό Προσάρτημα. Οι προτεινόμενες τιμές, οι οποίες προορίζονται για ξεχωριστή εφαρμογή, είναι υπογραμμισμένες. Το q_k προορίζεται για τον προσδιορισμό των γενικών εντατικών μεγεθών και το Q_k για τα τοπικά εντατικά μεγέθη. Το Εθνικό Προσάρτημα μπορεί να ορίσει διαφορετικές προϋποθέσεις χρήσης του Πίνακα αυτού.

Πίνακας 6.2 – Επιβαλλόμενα φορτία σε δάπεδα, μπαλκόνια και σκάλες κτηρίων

| Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών | q_k [kn/m] | Q_k [kn/m] |
|------------------------------------|--------------|-------------------|
| 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 |

(2) Όπου είναι απαραίτητο οι τιμές των q_k και Q_k θα πρέπει να αυξηθούν κατά τον σχεδιασμό (π.χ. στις σκάλες και τα μπαλκόνια ανάλογα με τη χρήση και τις διαστάσεις)

(3) Για τους τοπικούς ελέγχους θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ένα συγκεντρωμένο φορτίο Q_k το οποίο να δρα μόνο του.

(4) Για συγκεντρωμένα φορτία από ράφια αποθήκευσης ή από εξοπλισμό ανύψωσης, το Q_k θα πρέπει να προσδιορίζεται για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, βλέπε 6.3.2.

(5)P Το συγκεντρωμένο φορτίο θα θεωρείται ότι μπορεί να δρα σε οποιοδήποτε σημείο στο δάπεδο, το μπαλκόνι ή τις σκάλες μέσω μιας επιφάνειας της οποίας το σχήμα εξαρτάται από τη χρήση και τη μορφή του δαπέδου.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στις συνήθεις περιπτώσει το σχήμα αυτό έχει τη μορφή ενός τετραγώνου πλάτους 50 χιλιοστών. Βλέπε επίσης 6.3.4.2(4)

(6)P Τα κατακόρυφα φορτία σε δάπεδα που οφείλονται στην κυκλοφορία περνοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων θα λαμβάνονται υπόψη σύμφωνα με το 6.3.2.3.

(7)P Όπου τα δάπεδα εκτίθενται σε πολλαπλή χρήση, θα πρέπει να σχεδιάζονται για την πιο δυσμενή κατηγορία φόρτισης, η οποία παράγει τα υψηλότερα αποτελέσματα δράσεων (π.χ. δυνάμεις ή καμπτική παραμόρφωση) στο υπό εξέταση μέλος.

(8) Υπό την προϋπόθεση ότι το δάπεδο επιτρέπει μια πλευρική κατανομή των φορτίων, το ίδιο βάρος των μετακινήσιμων χωρισμάτων μπορεί να ληφθεί υπόψη μέσω ενός ομοιόμορφα κατανεμημένου φορτίου q_k το οποίο θα προστίθεται στα επιβαλλόμενα φορτία των δαπέδων που λαμβάνονται από τον πίνακα 6.2. Αυτό το καθορισμένο ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο εξαρτάται από το ίδιο βάρος των χωρισμάτων κατά τον ακόλουθο τρόπο:

- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιο βάρος $\leq 1,0$ kN/m μήκους τοίχου: $q_k=0,5$ kN/m²
- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιο βάρος $\leq 2,0$ kN/m μήκους τοίχου: $q_k=0,8$ kN/m²
- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιο βάρος $\leq 3,0$ kN/m μήκους τοίχου: $q_k=1,2$ kN/m².

(9) Πιο βαριά χωρίσματα θα πρέπει να εξετάζονται στο σχεδιασμό λαμβάνοντας υπόψη:

- τις θέσεις και κατευθύνσεις των χωρισμάτων
- τη δομική μορφή των δαπέδων.

(8) Σύμφωνα με το 6.2.1(4) ένας συντελεστής μείωσης α_A μπορεί να εφαρμοσθεί στις τιμές του q_k για τα επιβαλλόμενα φορτία στον Πίνακα 6.2 και στο 6.3.4.1(2) για δάπεδα και προσβάσιμες στέγες, Κατηγορία I (Βλέπε Πίνακα

(9) Πιο βαριά χωρίσματα θα πρέπει να εξετάζονται στο σχεδιασμό λαμβάνοντας υπόψη:

- τις θέσεις και κατευθύνσεις των χωρισμάτων
- τη δομική μορφή των δαπέδων.

(10) Σύμφωνα με το 6.2.1(4) ένας συντελεστής μείωσης a_A μπορεί να εφαρμοσθεί στις τιμές του q_k για τα επιβαλλόμενα φορτία στον Πίνακα 6.2 και στο 6.3.4.1(2) για δάπεδα και προσβάσιμες στέγες, Κατηγορία I (Βλέπε Πίνακα 6.9)

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Η προτεινόμενη τιμή για τον συντελεστή μείωσης a_A για τις Κατηγορίες A έως E προσδιορίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$a_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0 \quad (6,1)$$

με τον περιορισμό για τις κατηγορίες C και D: $a_A \geq 0,6$

όπου:

ψ_0 είναι ο συντελεστής σύμφωνα με το EN 1990 Παράρτημα A1 Πίνακας A1.1

$A_0 = 10,0\text{m}^2$

A είναι η φορτιζόμενη επιφάνεια

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Το Εθνικό Προσάρτημα μπορεί να περιέχει και εναλλακτική μέθοδο.

(11) Σύμφωνα με το 6.2.2(2) και υπό την προϋπόθεση ότι η περιοχή έχει κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με τον Πίνακα 6.1 σε κατηγορίες A έως D, τα συνολικά επιβαλλόμενα φορτία σε υποστυλώματα και τοίχους που προέρχονται από διάφορους ορόφους μπορούν να πολλαπλασιασθούν με τον συντελεστή μείωσης a_n .

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Οι προτεινόμενες τιμές για το a_n είναι:

$$a_n = \frac{2 + (n - 2)\psi_0}{n} \quad (6,2)$$

όπου:

n είναι ο αριθμός των ορόφων (>2), της ίδιας κατηγορίας, που βρίσκονται πάνω από τα εξεταζόμενα δομικά στοιχεία.
 Ψ_0 σύμφωνα με το EN 1990, Παράρτημα A1, Πίνακας A1.1.

Ακολουθεί η συνέχεια του κειμένου.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Το Εθνικό Προσάρτημα μπορεί να περιέχει και εναλλακτική μέθοδο.

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει:

Κατηγορία Β : Χώροι γραφείων $\rightarrow q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

Συντελεστής απομείωσης a_A για κατηγορίες Α έως Ε.

$$a_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

$$\Psi_0 = 0,7$$

$$A_0 = 10 \text{ m}^2$$

$$A = 6\text{m} * 7\text{m} = 42 \text{ m}^2$$

$$a_A = 0.738$$

Άρα το κινητό φορτίο των πλακών είναι ίσο με :

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2 * 0.738 = 2,214 \text{ kN/m}^2$$

Τα φορτία σε υποστυλώματα και τοίχους που προέρχονται από διάφορους ορόφους μπορούν να πολλαπλασιαστούν με τον συντελεστή μείωσης a_n .

Ο συντελεστής για τα υποστυλώματα του ισογείου είναι:

$$a_n = \frac{2 + (58 - 2) * 0,7}{58} = 0,71$$

Ο συντελεστής για τα υποστυλώματα του 58ου ορόφου είναι:

$$an = \frac{2 + (3 - 2) * 0,7}{358} = 0,9$$

Οι ενδιάμεσοι όροφοι έχουν τιμές από 0,9 έως 0,71 μειωμένοι όσο πηγαίνουμε από πάνω προς τα κάτω.

Φορτίο ανελκυστήρα = 10 kN/m²

Δράσεις Ανέμου και Χιονιού:

Το κτίριο θεωρείται ότι βρίσκεται δίπλα στη θάλασσα, με αποτέλεσμα η θεμελιώδης βασική ταχύτητα του ανέμου να λαμβάνεται ίση με $V_{b0}=33\text{m/s}$. Η τιμή του ανέμου δόθηκε σε κάθε διάφραγμα σαν οριζόντια δύναμη μεταβαλλόμενη καθ' ύψος του κτιρίου. Ενδεικτικά η δύναμη του ανέμου στον τελευταίο όροφο έφτασε τα 917 KN στην διεύθυνση Y και 492 KN στη διεύθυνση X. Απλοποιητικά, οι κατακόρυφες επιφάνειες του κτιρίου θεωρείται ότι εκτίθενται σε ανεμοπίεση ομοιόμορφα κατανεμημένη καθ' ύψος του. Όσον αφορά στα φορτία λόγω χιονιού αυτά αγνοήθηκαν λόγω της γεωγραφικής θέσης του κτιρίου και καθώς δεν αναμένεται να επηρεάσουν τον σχεδιασμό που έγινε. Οι δυνάμεις βρέθηκαν με τη χρήση φύλων excel .

| | | | | | |
|--------------------|--|----------------------------------|---|---------------|-----|
| Formula 1 | $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,o}$ | | | | |
| | (Basic wind velocity) | C_{dir} | = | 1,00 | |
| | | C_{season} | = | 1,00 | |
| | | $V_{b,o}$ | = | 33,0 | m/s |
| | | V_b | = | 33,0 | m/s |
| Formula 2 | $V_m(z) = C_r(z) * C_o(z) * V_b$ | | | | |
| | (Mean wind velocity) | | | | |
| | where: | | | | |
| Formula 2a | $C_r(z) = K_r * \ln(z/z_0)$ | if $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ | | | |
| | $C_r(z) = C_r(z_{min})$ | if $z \leq z_{min}$ | | | |
| | (Roughness coefficient) | | | | |
| | where: | | | | |
| Formula 2aa | $K_r = 0.19 * (z_0/z_{0,ll})^{0.07}$ | | | | |
| | (Terrain factor) | | | | |
| | | Terrain Category | = | 0 | |
| | | z_0 | = | 0,003 | m |
| | | z_{min} | = | 1 | m |
| | | z_{max} | = | 200 | m |
| | | z | = | 200 | m |
| | | $z_{0,ll}$ | = | 0,05 | m |
| | | K_r | = | 0,1560 | |
| | | $C_r(z)$ | = | 1,7332 | |
| | | $C_o(z)$ | = | 1 | |
| | | $V_m(z)$ | = | 57,194 | m/s |

Σχήμα 2.1 Υπολογισμός ανέμου

| | | | | | |
|-------------------|---|---------------------|---|---------------|-------------------|
| Formula 3 | $I_v(z) = \sigma_v / V_m(z) = k_1 / [C_o(z) * \ln(z/z_0)]$ if $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ | | | | |
| | $I_v(z) = I_v(z_{min})$ | if $z \leq z_{min}$ | | | |
| | (Turbulence intensity) | | | | |
| | where: | | | | |
| Formula 3a | $\sigma_v = k_1 * V_b * K_r$ | | | | |
| | (Standard deviation of turbulent component of wind velocity) | k_1 | = | 1 | |
| | | σ_v | = | 5,149 | m/s |
| | | $I_v(z)$ | = | 0,0900 | |
| Formula 4 | $q_p(z) = [1+7*I_v(z)]^{1/2} * \rho * (V_m(z))^2$ | | | | |
| | (Peak velocity pressure) | | | | |
| | | ρ | = | 1,25 | kg/m ³ |
| | qp | $q_p(z)$ | = | 3,333 | kN/m ² |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | Terrain Category | z_0 (m) | | z_{min} (m) | |
| | 0 | 0,003 | | 1 | |
| | I | 0,01 | | 1 | |
| | II | 0,05 | | 2 | |
| | III | 0,3 | | 5 | |
| | IV | 1 | | 10 | |
| | | | | | |
| | | | | LONGITUD | TRANSV. |
| | Structural factor | $C_s C_d$ | = | 1,00 | 1,00 |
| | Min Structural factor | min $C_s C_d$ | = | 0,87 | 0,87 |
| | Force Coefficient | C_0 | = | 2,00 | 2,00 |
| | Force Coefficient | Ψ | = | 1,00 | 1,00 |
| | Force Coefficient | C_f | = | 2,00 | 2,00 |
| | | | | | |
| | LONGITUDINAL DIRECTION | $q_p(z)$ design= | | 6,67 | kN/m ² |
| | TRANSVERSAL DIRECTION | $q_p(z)$ design= | | 6,67 | kN/m ² |

Σχήμα 2.2 Υπολογισμός ανέμου

Πίνακας 2.1: Συνολικές δυνάμεις ανέμου στο κτίριο ανά όροφο

| | WY | WX |
|---------|-------|-------|
| cf=1,4 | KN | KN |
| Story59 | 641,9 | 344,4 |
| Story58 | 641,9 | 344,4 |
| Story57 | 641,9 | 344,4 |
| Story56 | 641,9 | 344,4 |
| Story55 | 641,9 | 344,4 |
| Story54 | 641,9 | 344,4 |
| Story53 | 641,9 | 344,4 |
| Story52 | 641,9 | 344,4 |
| Story51 | 641,9 | 344,4 |
| Story50 | 641,9 | 344,4 |
| Story49 | 641,9 | 344,4 |
| Story48 | 641,9 | 344,4 |
| Story47 | 641,9 | 344,4 |
| Story46 | 641,9 | 344,4 |
| Story45 | 641,9 | 344,4 |
| Story44 | 641,9 | 344,4 |
| Story43 | 641,9 | 344,4 |
| Story42 | 641,9 | 344,4 |
| Story41 | 641,9 | 344,4 |
| Story40 | 641,9 | 344,4 |
| Story39 | 641,9 | 344,4 |
| Story38 | 641,9 | 344,4 |
| Story37 | 641,9 | 344,4 |
| Story36 | 641,9 | 344,4 |
| Story35 | 641,9 | 344,4 |
| Story34 | 641,9 | 344,4 |
| Story33 | 641,9 | 344,4 |
| Story32 | 641,9 | 338,8 |
| Story31 | 632,8 | 333,9 |
| Story30 | 623,7 | 329 |
| Story29 | 614,6 | 324,8 |
| Story28 | 606,2 | 319,9 |
| Story27 | 597,1 | 315 |
| Story26 | 588 | 310,1 |
| Story25 | 579,6 | 305,2 |
| Story24 | 570,5 | 301 |
| Story23 | 562,1 | 296,1 |
| Story22 | 553 | 291,2 |
| Story21 | 543,9 | 286,3 |
| Story20 | 535,5 | 281,4 |
| Story19 | 526,4 | 277,2 |
| Story18 | 517,3 | 272,3 |
| Story17 | 508,9 | 267,4 |
| Story16 | 499,8 | 262,5 |
| Story15 | 490,7 | 258,3 |
| Story14 | 482,3 | 253,4 |
| Story13 | 473,2 | 248,5 |

| | | | | | |
|---------|--|-------|--|--|-------|
| Story12 | | 464,1 | | | 243,6 |
| Story11 | | 455,7 | | | 238,7 |
| Story10 | | 446,6 | | | 233,8 |
| Story9 | | 437,5 | | | 228,2 |
| Story8 | | 426,3 | | | 221,2 |
| Story7 | | 413,7 | | | 213,5 |
| Story6 | | 399,7 | | | 204,4 |
| Story5 | | 382,9 | | | 193,2 |
| Story4 | | 361,9 | | | 179,2 |
| Story3 | | 334,6 | | | 156,8 |
| Story2 | | 293,3 | | | 107,8 |
| Story1 | | 200,9 | | | 93,8 |

Σεισμικές Δράσεις :

Ο σεισμός αποτελεί μια δράση η οποία αναμένεται να είναι καθοριστική για τον σχεδιασμό του κτιρίου, λόγω της μεγάλης μάζας της ανωδομής της κατασκευής, η οποία βρίσκεται σε μεγάλο ύψος από το έδαφος (το κέντρο βάρους της συνολικής κατασκευής βρίσκεται σε ύψος $Z = 101,5$ m). Σε αυτό το πλαίσιο έγινε εκτίμηση των σεισμικών χαρακτηριστικών από τους αντίστοιχους πίνακες του Ευρωκώδικα 8 με βάση φυσικά και τα Εθνικά Προσαρτήματα. Έτσι, ορίστηκε σεισμός σχεδιασμού (και για τις δύο κύριες διευθύνσεις του σεισμού) με τα εξής χαρακτηριστικά:

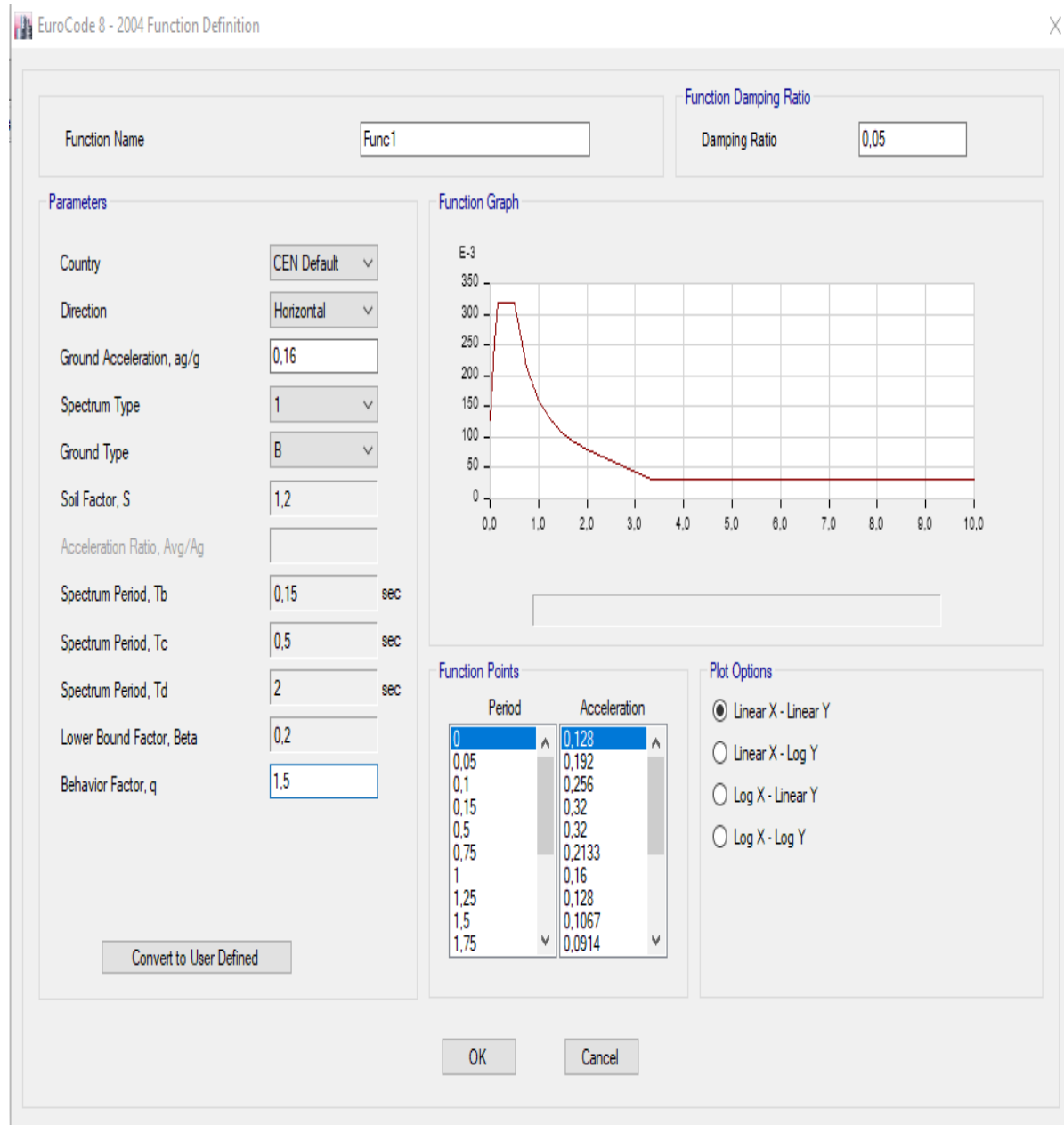
- Σεισμική ζώνη I με $a_{gR} = 0.16 * g$
- Κατηγορία Σπουδαιότητας 1 και
- Κατηγορία Εδάφους B, καθώς θεωρείται ότι η θεμελίωση του κτιρίου θα πραγματοποιηθεί σε μεγαλύτερο βάθος από αυτό του κτιρίου (με χρήση πασσάλων), με αποτέλεσμα η έδραση των θεμελίων να γίνεται σε βράχο και όχι στις επιφανειακές αποσαθρωμένες εδαφικές στρώσεις.
- Συντελεστής Συμπεριφοράς $q = 1,5$ για σεισμό και προς τις δύο διευθύνσεις.

Εδώ να σημειωθεί ότι έγινε και ανάλυση του κτιρίου με $q = 4$ χωρίς όμως να έχουμε ιδιαίτερα ευνοϊκά αποτελέσματα καθώς η σεισμική δραστηριότητα της περιοχής κρίνεται μικρή σε σχέση με άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου.

| Seismic - Structural System Characteristics | | | | | | |
|---|--|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| System | | Seismic Design R | Non-Linear Drift | Cyclic Behavior | Energy Dissipation | Post EQ Repair Cost |
| URM Masonry Walls | | 1.5 | Medium to Collapse | Unstable | Low | High |
| Timber Framing | | 5.5 | Medium | Stable | Medium to High | Medium |
| Steel Frame URM Wall | | (3.5) | Medium | Stable | Medium | Medium |
| Steel Frame + R/C Walls | | 5.5 | Medium | Stable | Medium | Medium |
| Non-Ductile R/C - MF | | 3.5 | Large to Collapse | Unstable | Low | High |
| Steel Frame + Braces | | 4.5 | Large to Collapse | Unstable | Low | High |
| R/C Shear Walls | | 4.5 | Medium | Stable to Unstable | Medium to High | Medium to High |
| RG Masonry Walls | | 4.5 | Medium to Large | Stable to Unstable | Medium | Medium to High |
| Non-Ductile Steel MF | | 4.5 | Medium to Large | Unstable | Medium | High |
| Composite Timber & Steel | | 4.4 | Medium | Stable | Medium to High | Low |

Σχήμα 2.3 Συντελεστές συμπεριφοράς ανάλογα το στατικό σύστημα που χρησιμοποιείται.

- Το φάσμα σχεδιασμού φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2.4 Φάσμα σχεδιασμού

2.2 Συνδυασμοί φορτίσεων

Όπως είναι γνωστό ο σωστός σχεδιασμός κατά τον Ευρωκώδικα 1 ορίζει ότι οι έλεγχοι οφείλουν να πραγματοποιούνται με βάση συγκεκριμένους συνδυασμούς φόρτισης με αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας και συνδυασμού για τις εκάστοτε καταστάσεις για τις οποίες πραγματοποιείται ο σχεδιασμός.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνδυασμοί για τους οποίους ελέγχθηκε ο φορέας.

- *Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ΟΚΑ):*

Στην οριακή κατάσταση αστοχίας ελέγχουμε την κατασκευή ώστε να διασφαλίσουμε ότι δεν θα καταρρεύσει υπό το βάρος του μέγιστου φορτίου που τυχόν εμφανιστεί σε αυτή, αφήνοντας παράλληλα και κατάλληλα περιθώρια ασφαλείας.

Οι συνδυασμοί λοιπόν που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο, λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία του ανέμου

$$q_E = 1.35 G$$

$$q_E = 1.35 G + 1.5 Q$$

$$q_E = 1.35 G + 0.75 W_x$$

$$q_E = 1.35 G - 0.75 W_x$$

$$q_E = 1.35 G + 0.75 W_y$$

$$q_E = 1.35 G - 0.75 W_y$$

$$q_E = 1.35 G - 0.75 W_y$$

$$q_E = 1.35 G + 1.05 Q + 1.5 W_x$$

$$q_E = 1.35 G + 1.05 Q - 1.5 W_x$$

$$q_E = 1.35 G + 1.05 Q + 1.5 W_y$$

$$q_E = 1.35 G + 1.05 Q - 1.5 W_y$$

- *Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (ΟΚΛ):*

Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας πρέπει να διασφαλιστεί ότι ο φορέας δεν παρουσιάζει προβλήματα κατά τη λειτουργία του, όπως σημαντικές παραμορφώσεις σε δομικά στοιχεία ταλαντώσεις κλπ. Ο σχεδιασμός αυτός στοχεύει στο να διασφαλίσει στους χρήστες μιας κατασκευής ότι σε κανονικές συνθήκες χρήσης η κατασκευή θα λειτουργεί σωστά.

Οι συνδυασμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο αυτό είναι:

$$q_E = 1.00 G$$

$$q_E = 1.00 G + 1.00Q + 1.00 W_x$$

$$q_E = 1.00 G + 1.00Q + 1.00 W_y$$

- *Σεισμικοί Συνδυασμοί*

Στην περίπτωση του σεισμού πλην του τρόπου με τον οποίο θα ληφθεί υπ' όψη σε σχέση με τα υπόλοιπα φορτία της κατασκευής, θα πρέπει να εξεταστούν και οι ανάλογες περιπτώσεις σε σχέση με την κατεύθυνση του.

Οι συνδυασμοί λοιπόν που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ανάλυση είναι αυτοί που φαίνονται παρακάτω:

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q + 1.00 E_x + 0.30 E_y$$

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q + 1.00 E_x - 0.30 E_y$$

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q + 0.30 E_x + 1.00 E_y$$

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q + 0.30 E_x - 1.00 E_y$$

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q - 1.00 E_x - 0.30 E_y$$

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q - 1.00 E_x + 0.30 E_y$$

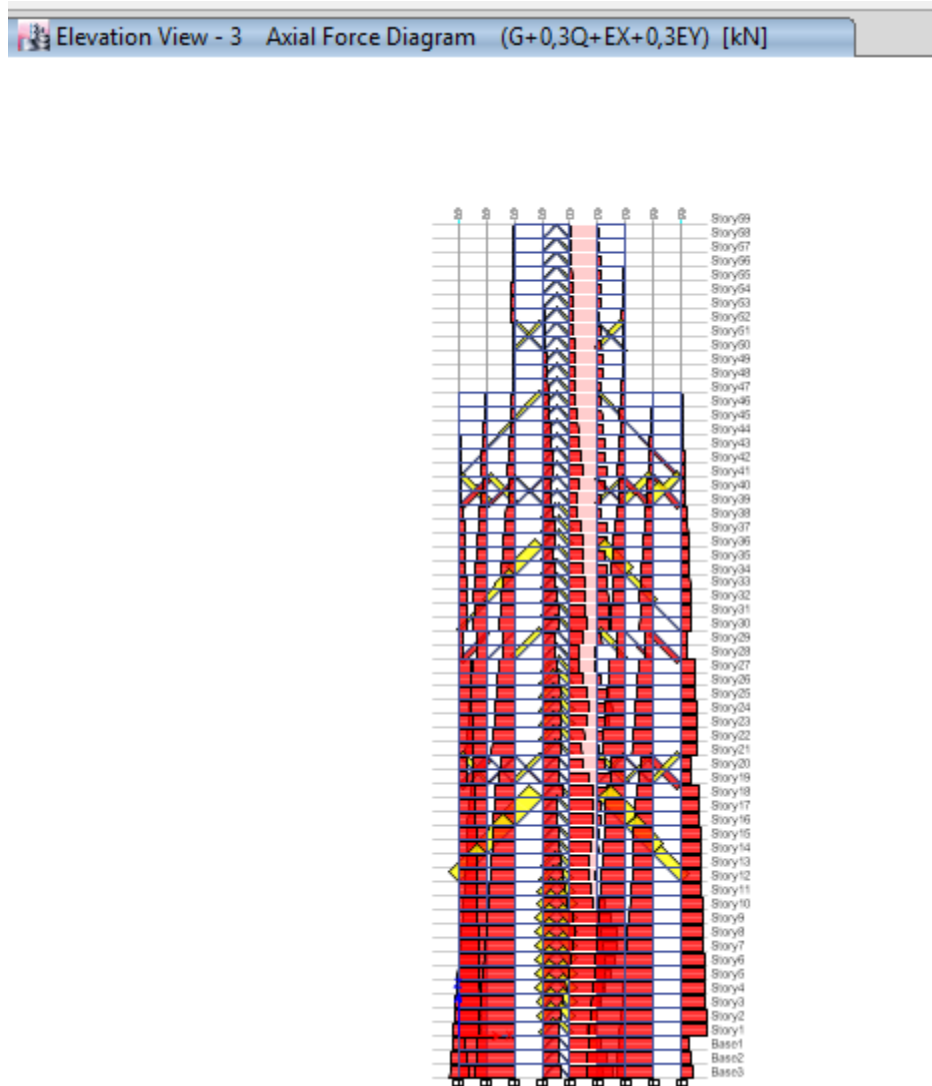
$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q - 0.30 E_x - 1.00 E_y$$

$$q_E = 1.00 G + 0.3 Q - 0.30 E_x + 1.00 E_y$$

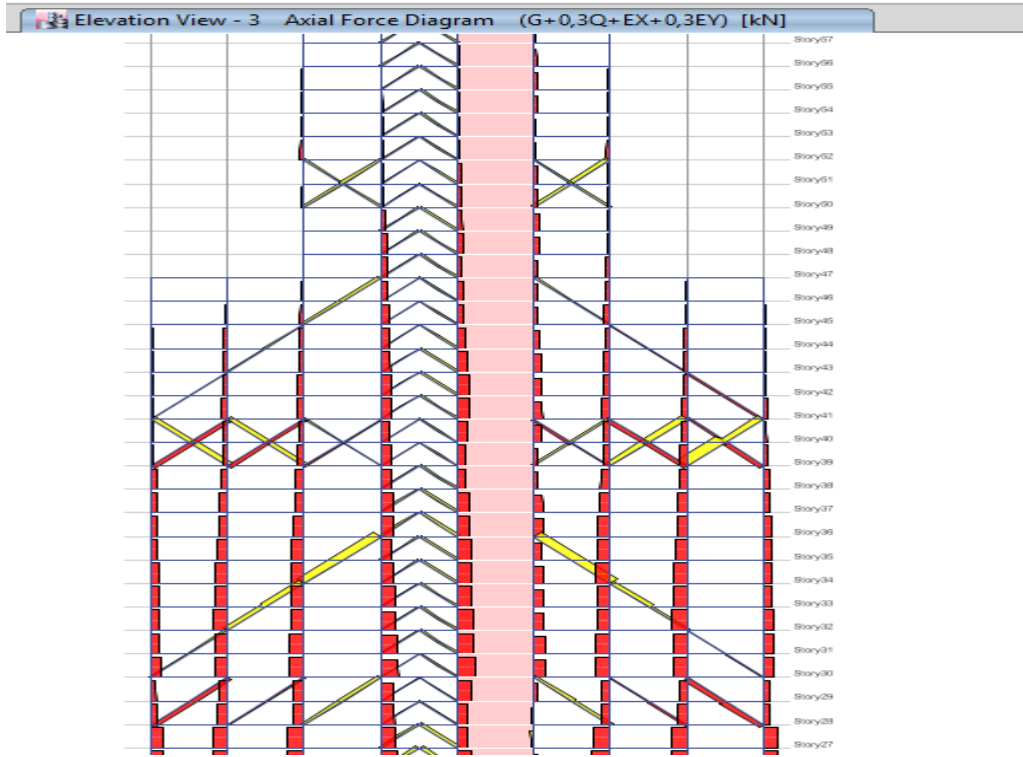
Οι παραπάνω συνδυασμοί πρέπει να ελεγχθούν όλοι προκειμένου να ανταποκρίνεται ο σχεδιασμός στα αντίστοιχα κανονιστικά πλαίσια και να προκύψει η επάρκεια του φορέα σε ότι έχει να κάνει με τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Μάλιστα στη περίπτωση της ανάλυσης για τον συγκεκριμένο φορέα, οι συνδυασμοί αυτοί προσδιορίστηκαν και λήφθηκαν υπ' όψη κατά την ανάλυση από το πρόγραμμα ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε.

3 Έλεγχοι και υπολογισμοί

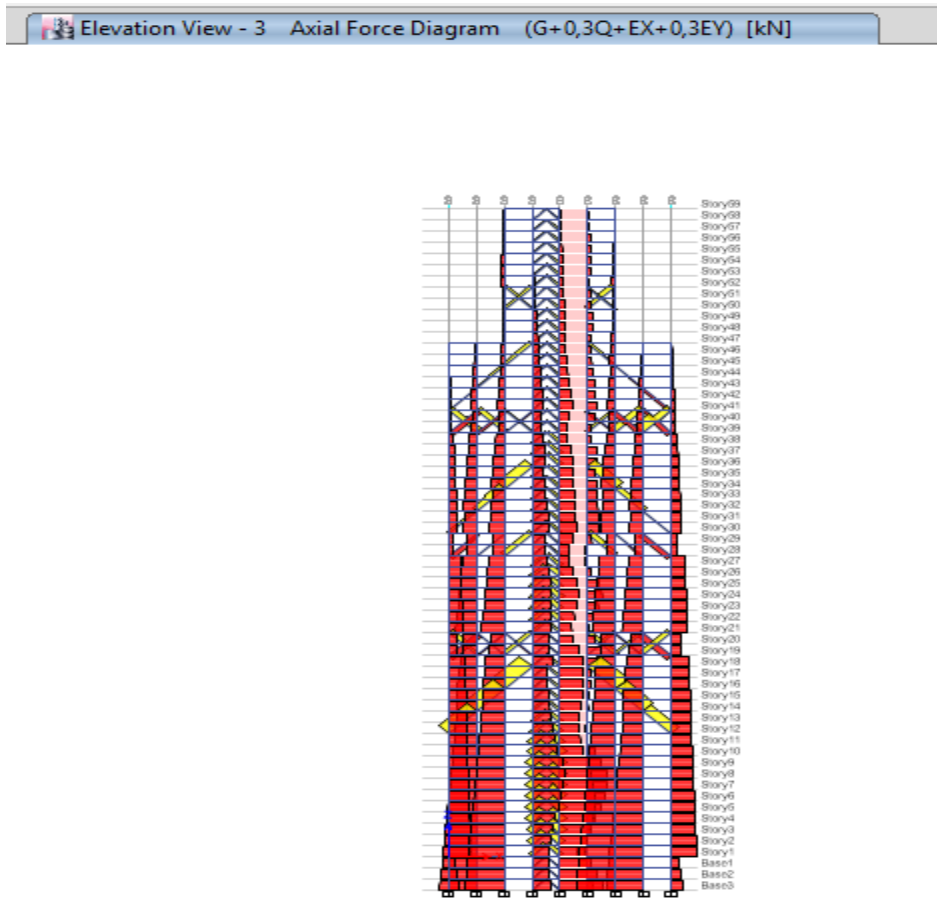
3.1 Έλεγχοι σε οριακές καταστάσεις



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων για $G+0.3Q+EX+0.3EY$

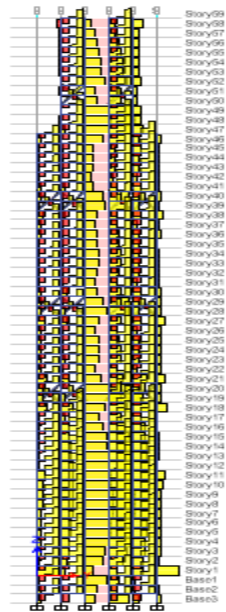


Σχήμα 3.2 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων για G+0.3Q+EX+0.3EY



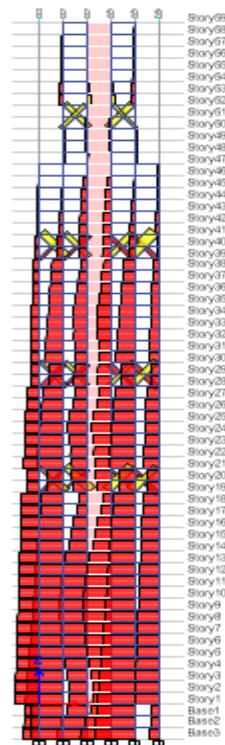
Σχήμα 3.3 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων για G+0.3Q+EX+0.3EY

Elevation View - E Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q-EY+0,3EX) [kN]

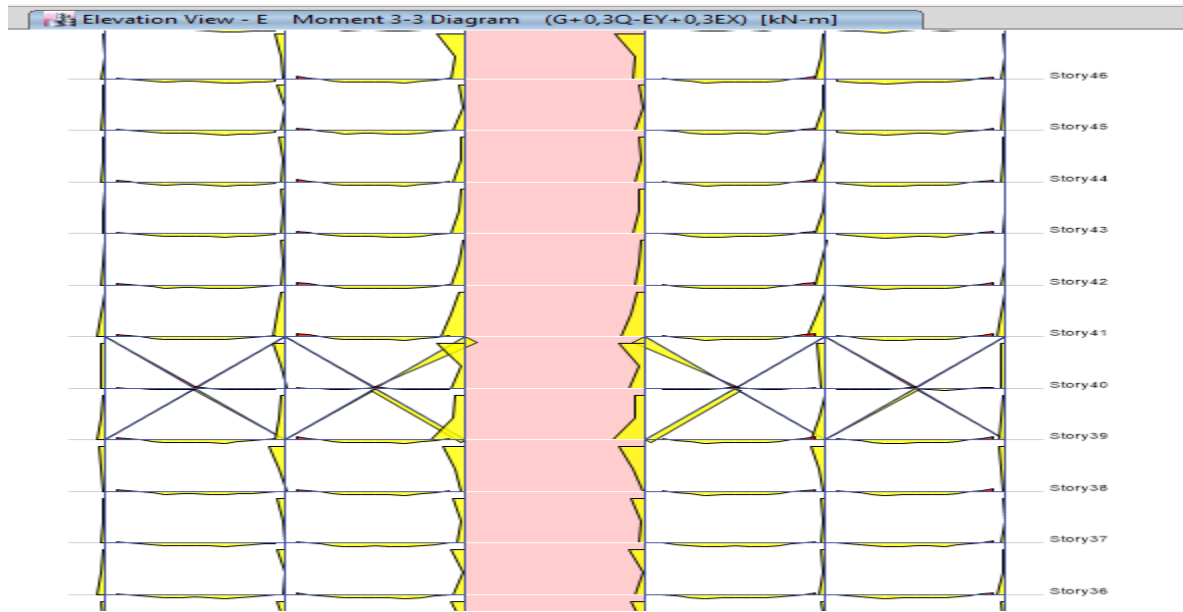


Σχήμα 3.4 Διάγραμμα διατμητικών δυνάμεων για G+0.3Q-EY+0.3EX

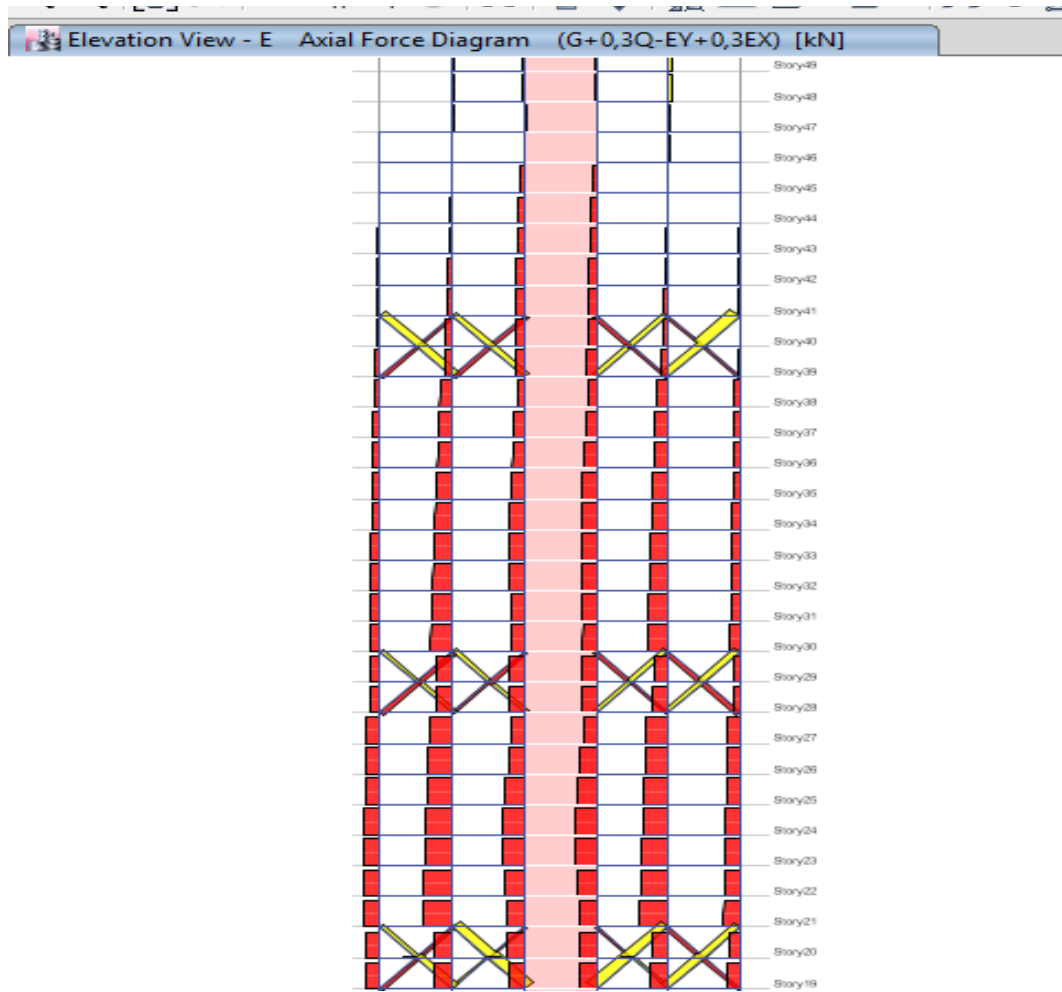
Elevation View - E Axial Force Diagram (G+0,3Q-EY+0,3EX) [kN]



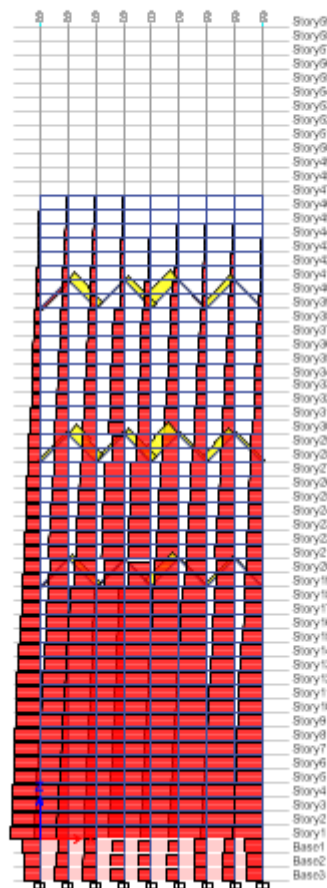
Σχήμα 3.5 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων για G+0.3Q-EY+0.3EX



Σχήμα 3.6 Διάγραμμα καμπτικών δυνάμεων για $G+0.3Q-EY+0.3EX$



Σχήμα 3.7 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων για $G+0.3Q-EY+0.3EX$

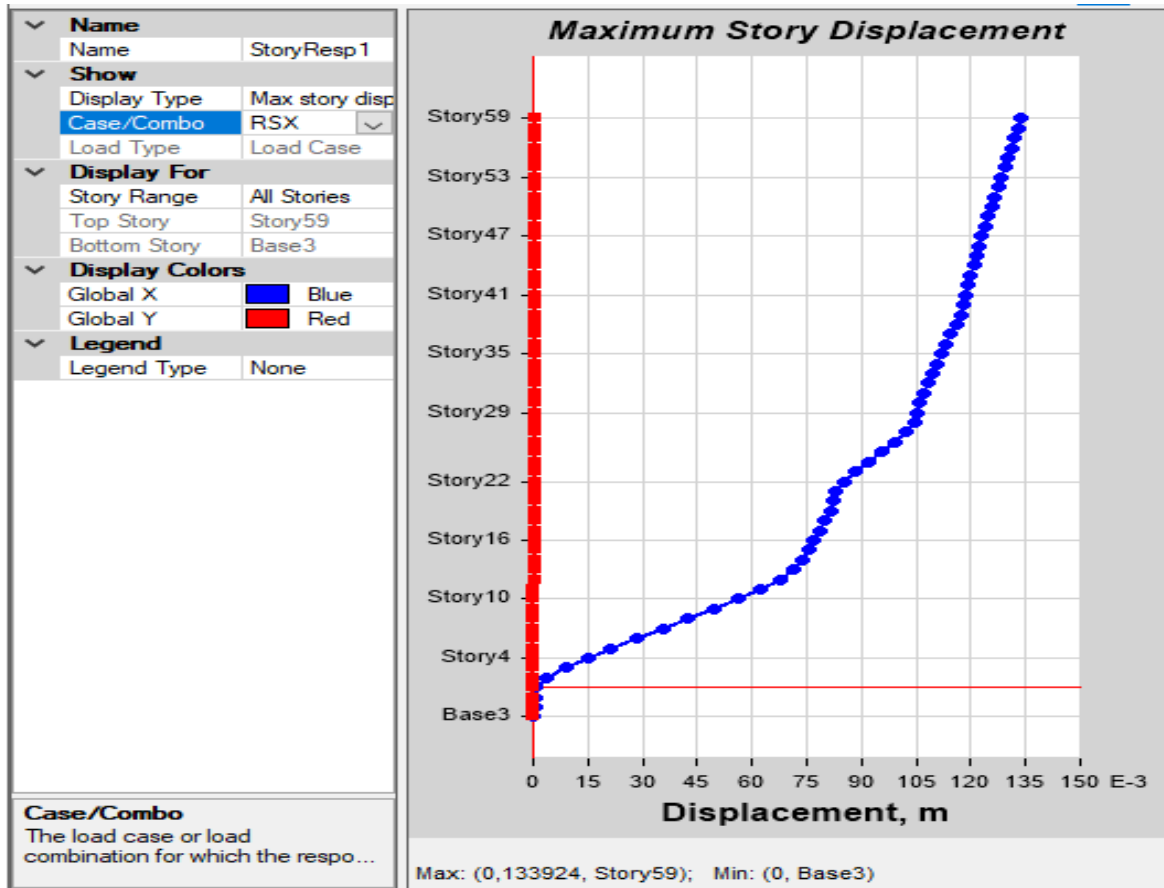


Σχήμα 3.8 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων για $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$

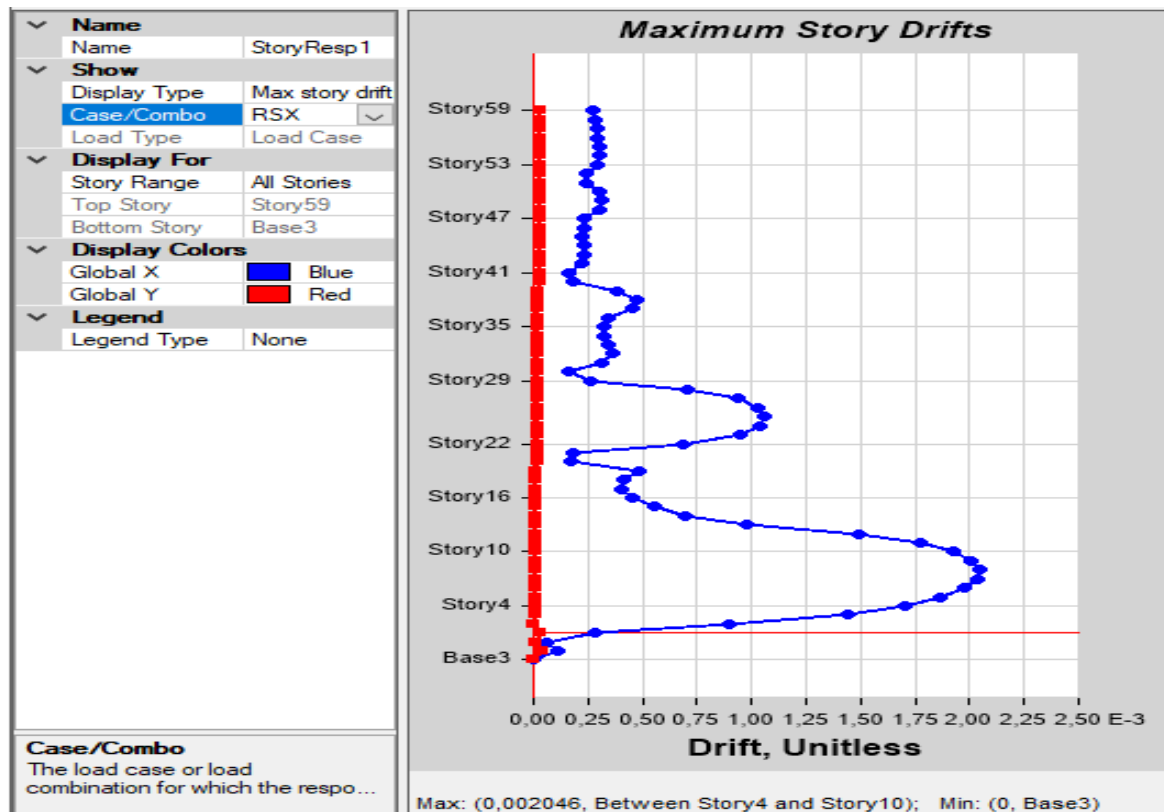
3.2 Σεισμική Ανάλυση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ο αντισεισμικός σχεδιασμός και οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για το κτίριο όπως αυτοί περιγράφονται στις αντίστοιχες παραγράφους του Ευρωκώδικα 8 με βάση και τα Εθνικά Προσαρτήματα για την Ελλάδα. Πρέπει να αναφερθεί πως τα χαρακτηριστικά αντιστοιχούν σε αυτά που προσδιορίστηκαν στο Κεφάλαιο 2 και για τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου (διευθύνσεις X και Y).

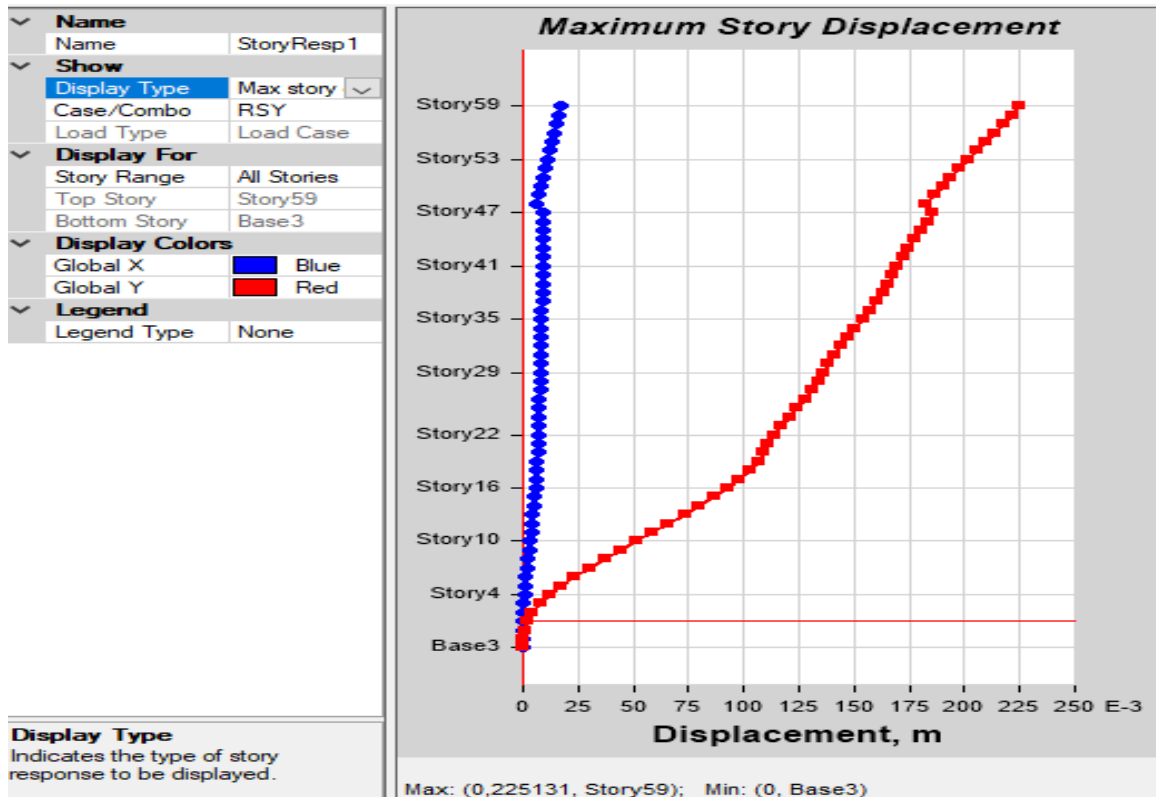
Μέσω λοιπόν του προγράμματος ETABS 2016 πραγματοποιήθηκε ιδιομορφική ανάλυση για το κτίριο από την οποία προέκυψαν τα παρακάτω δεδομένα:



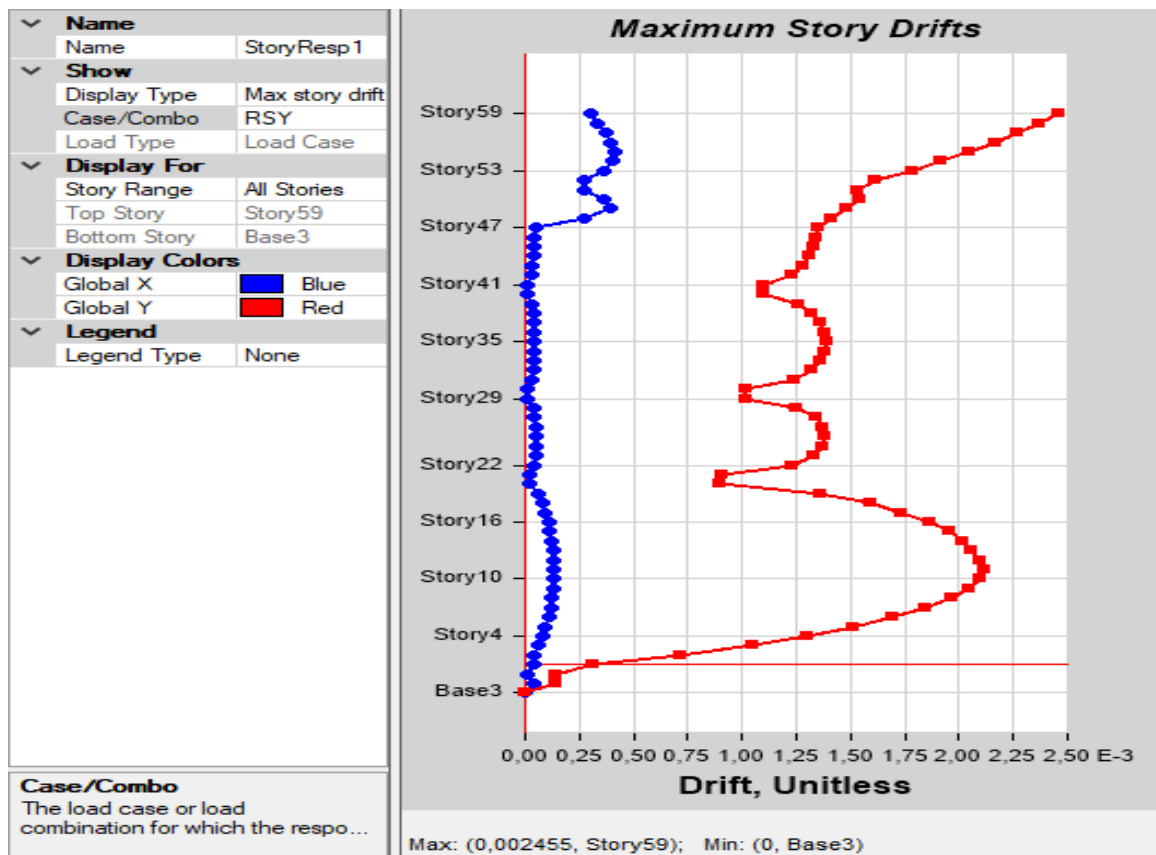
Σχήμα 3.9 Μέγιστη μετακίνηση στη διεύθυνση X.



Σχήμα 3.10 Σχετικές μετακινήσεις ορόφων στη διεύθυνση X.

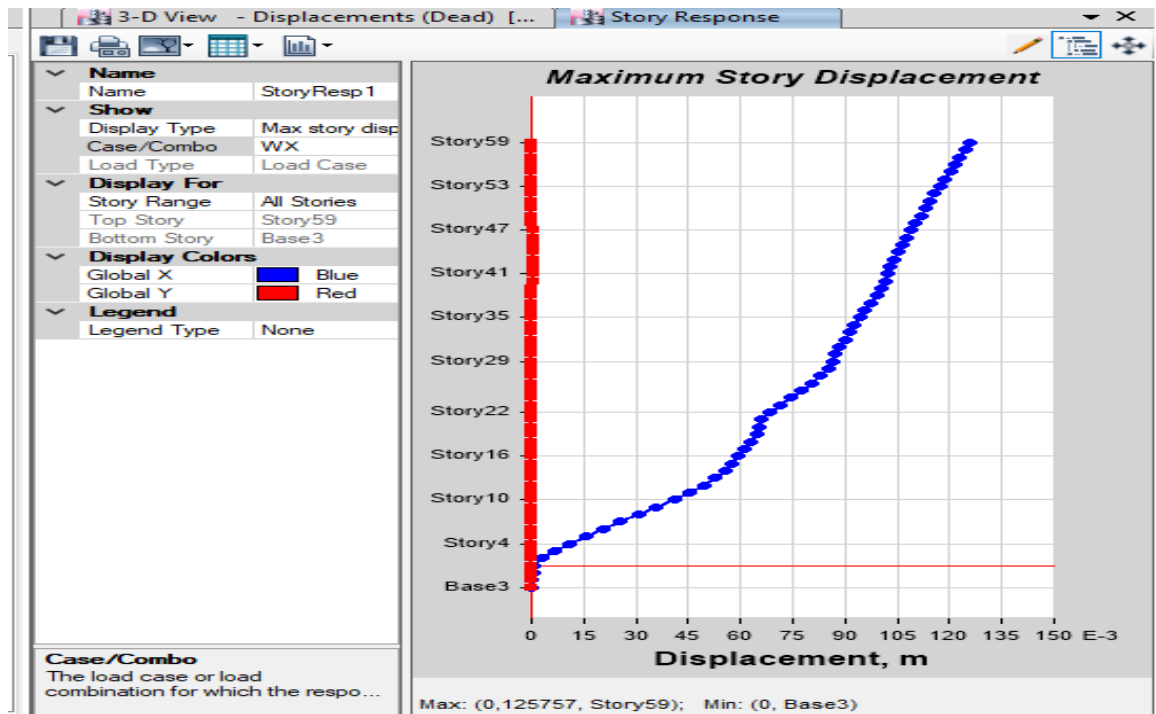


Σχήμα 3.11 Μέγιστη μετακίνηση στη διεύθυνση Y.

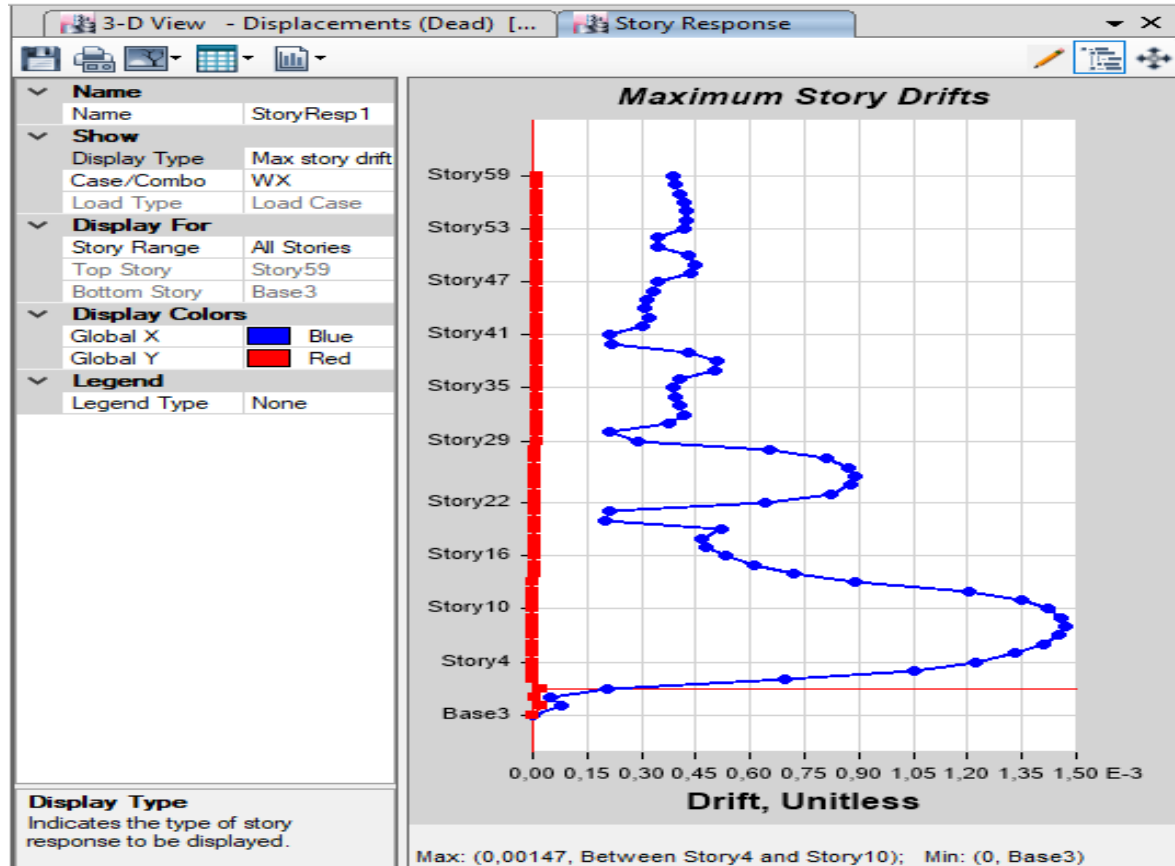


Σχήμα 3.12 Σχετικές μετακινήσεις ορόφων στη διεύθυνση Y.

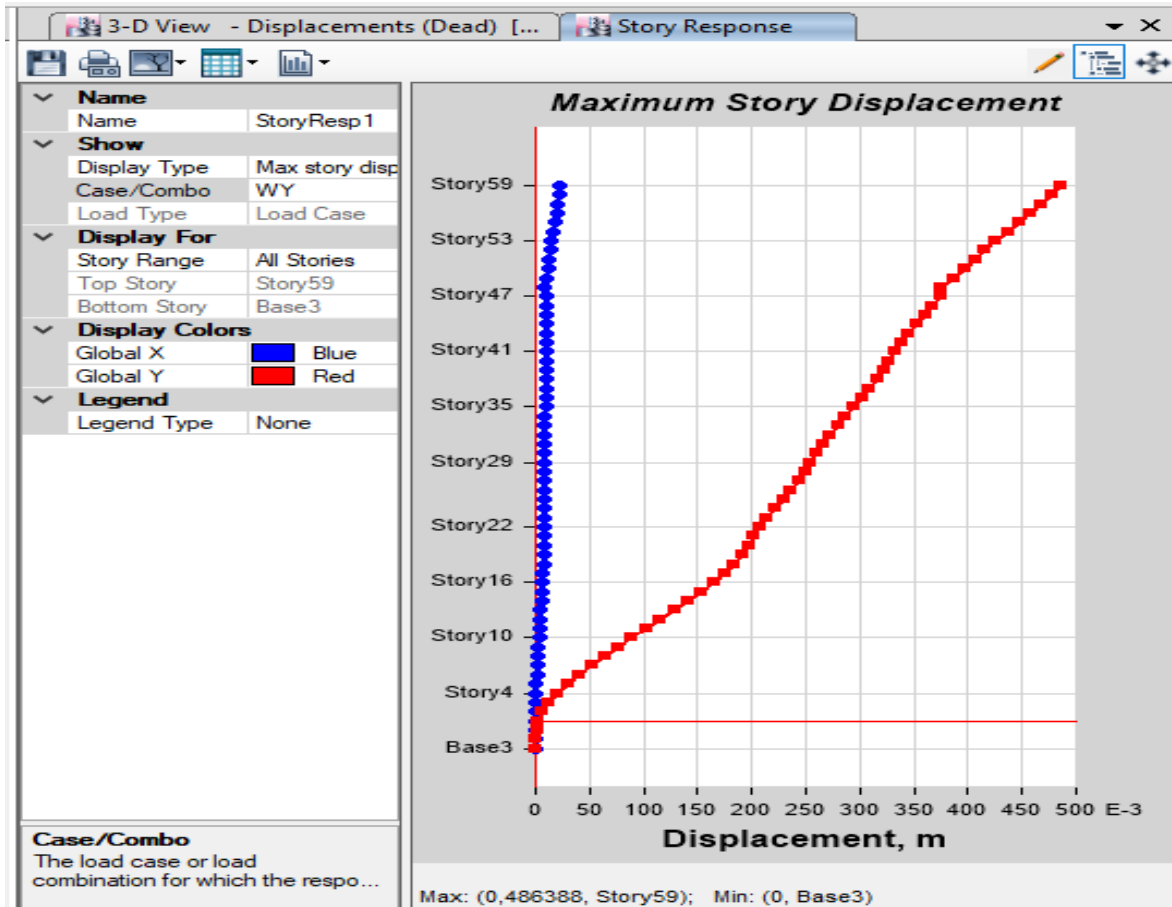
Παρακάτω παρουσιάζονται οι μετακινήσεις του κτιρίου λόγω του ανέμου.



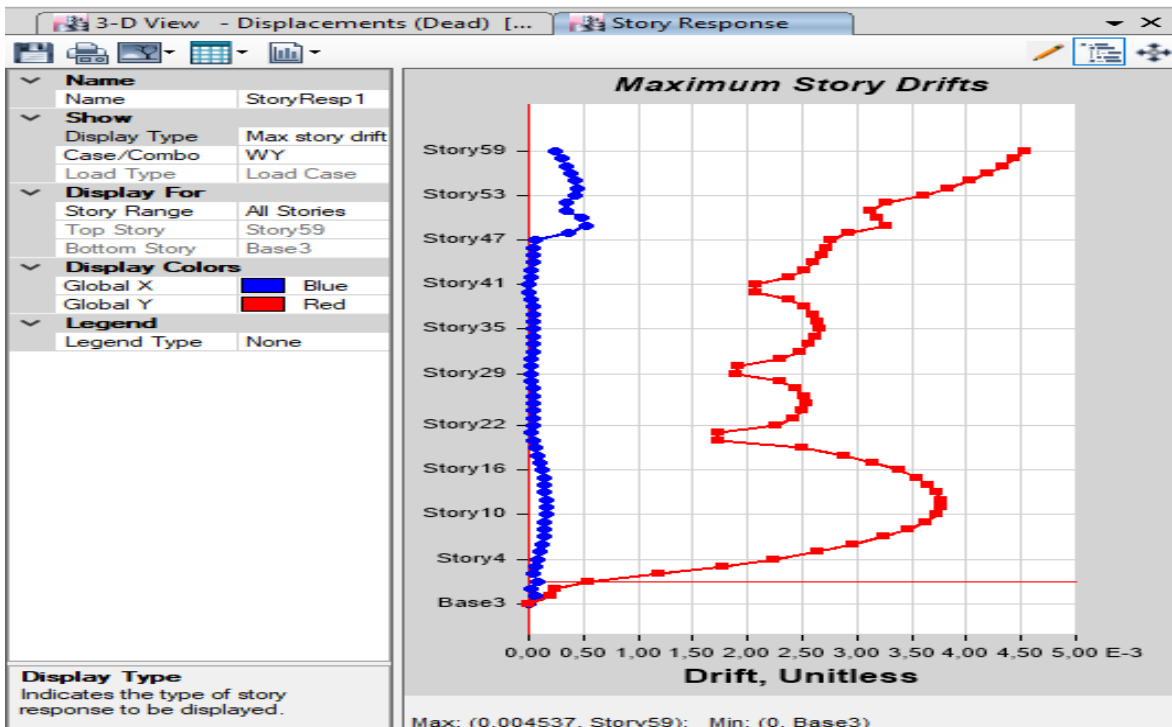
Σχήμα 3.13 Μέγιστη μετακίνηση στη διεύθυνση X.



Σχήμα 3.14 Σχετικές μετακινήσεις ορόφων στη διεύθυνση X.

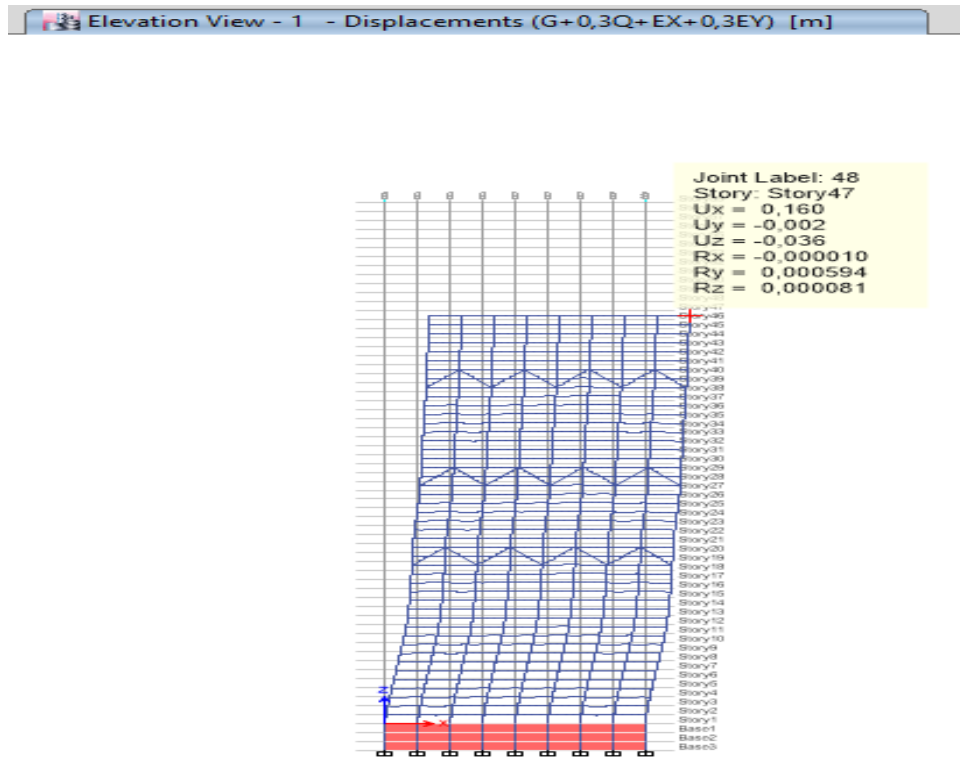


Σχήμα 3.15 Μέγιστη μετακίνηση στη διεύθυνση Y.

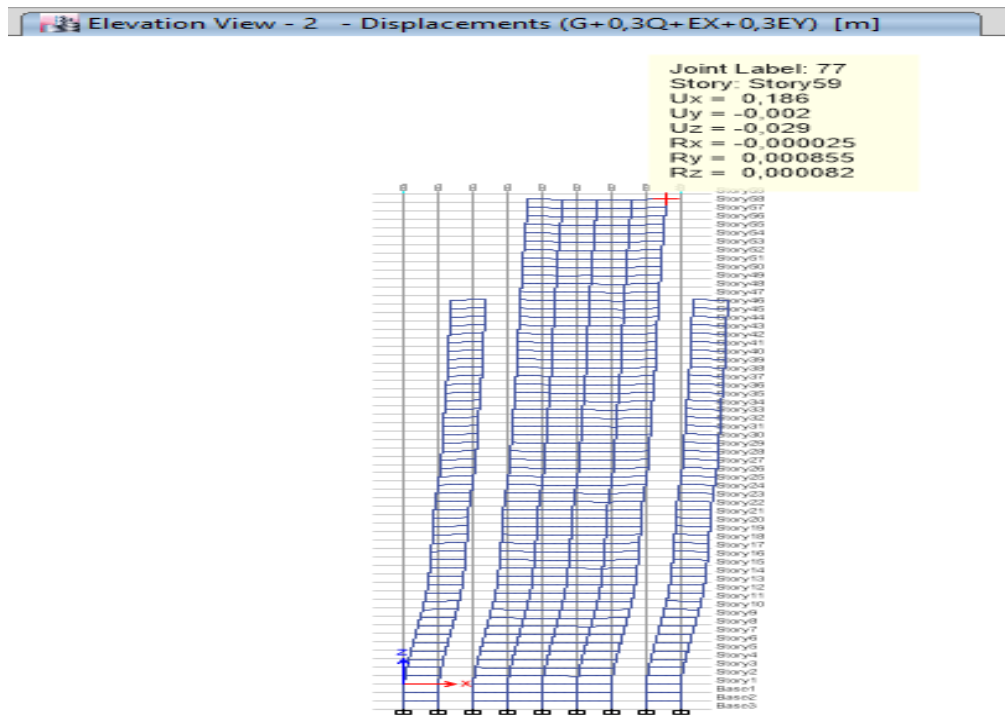


Σχήμα 3.16 Σχετικές μετακινήσεις ορόφων στη διεύθυνση Y.

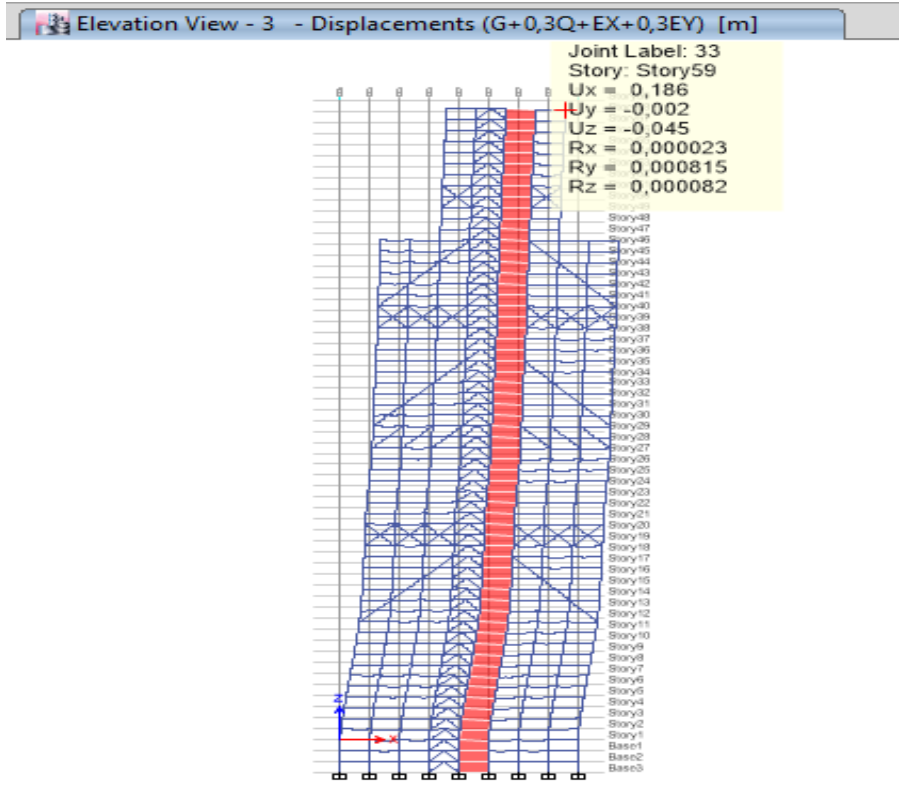
Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά οι μετακινήσεις σε κάθε τομή του κτιρίου και στις δύο διευθύνσεις για τους σεισμικούς συνδυασμούς φόρτισης.



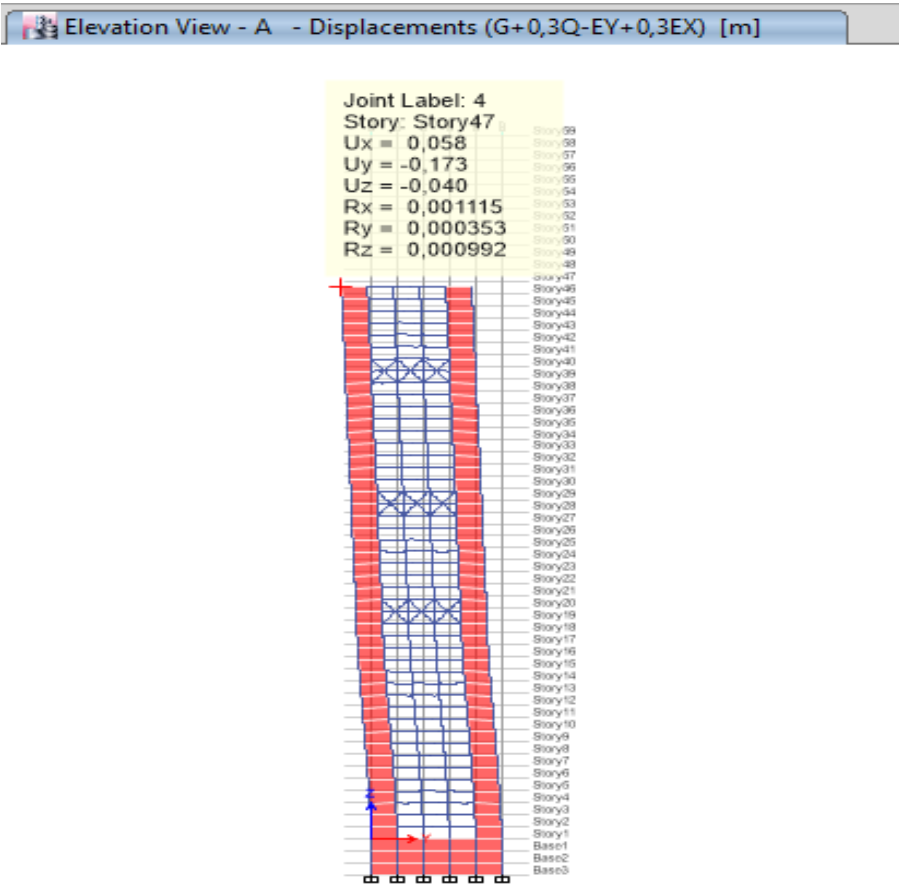
Σχήμα 3.17 Μετακινήσεις στην τομή 1 για G+0.3Q+EX+0.3EY



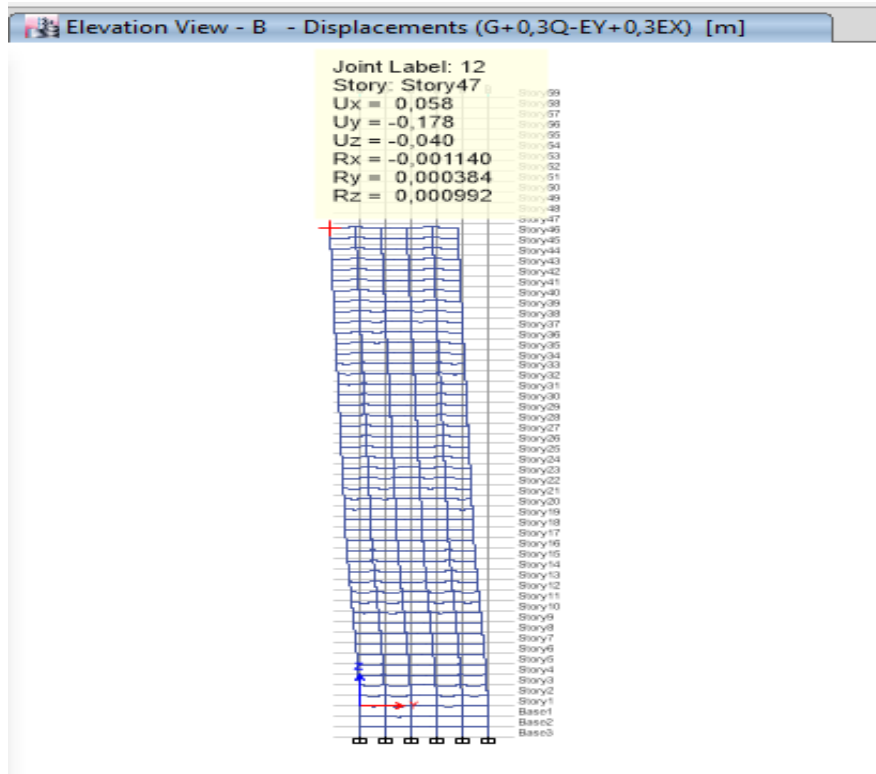
Σχήμα 3.18 Μετακινήσεις στην τομή 2 για G+0.3Q+EX+0.3EY



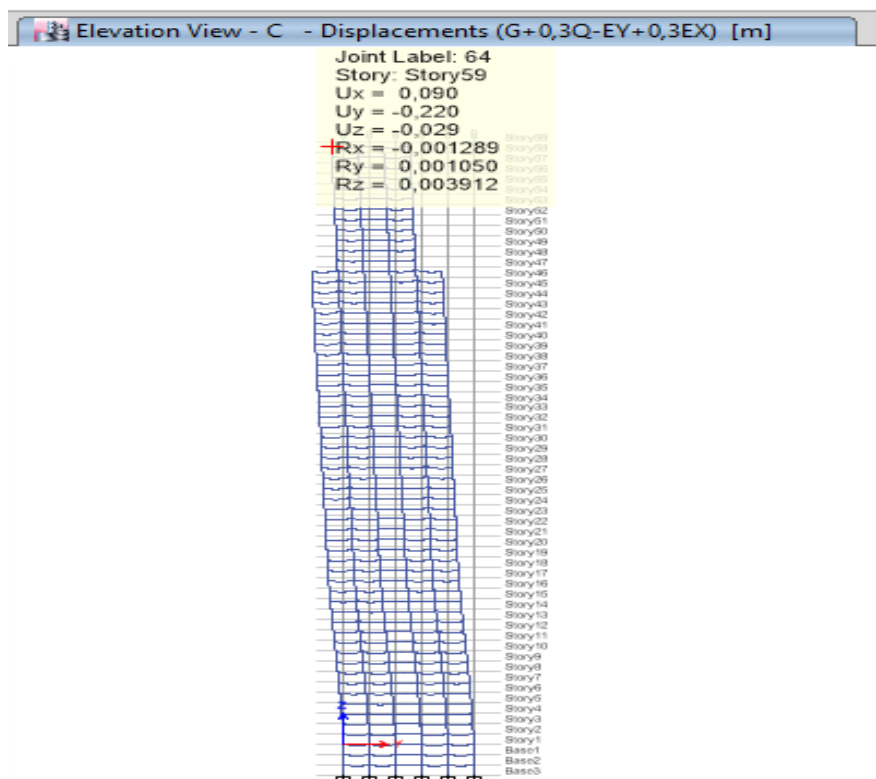
Σχήμα 3.19 Μετακινήσεις στην τομή 3 για G+0.3Q+EX+0.3EY



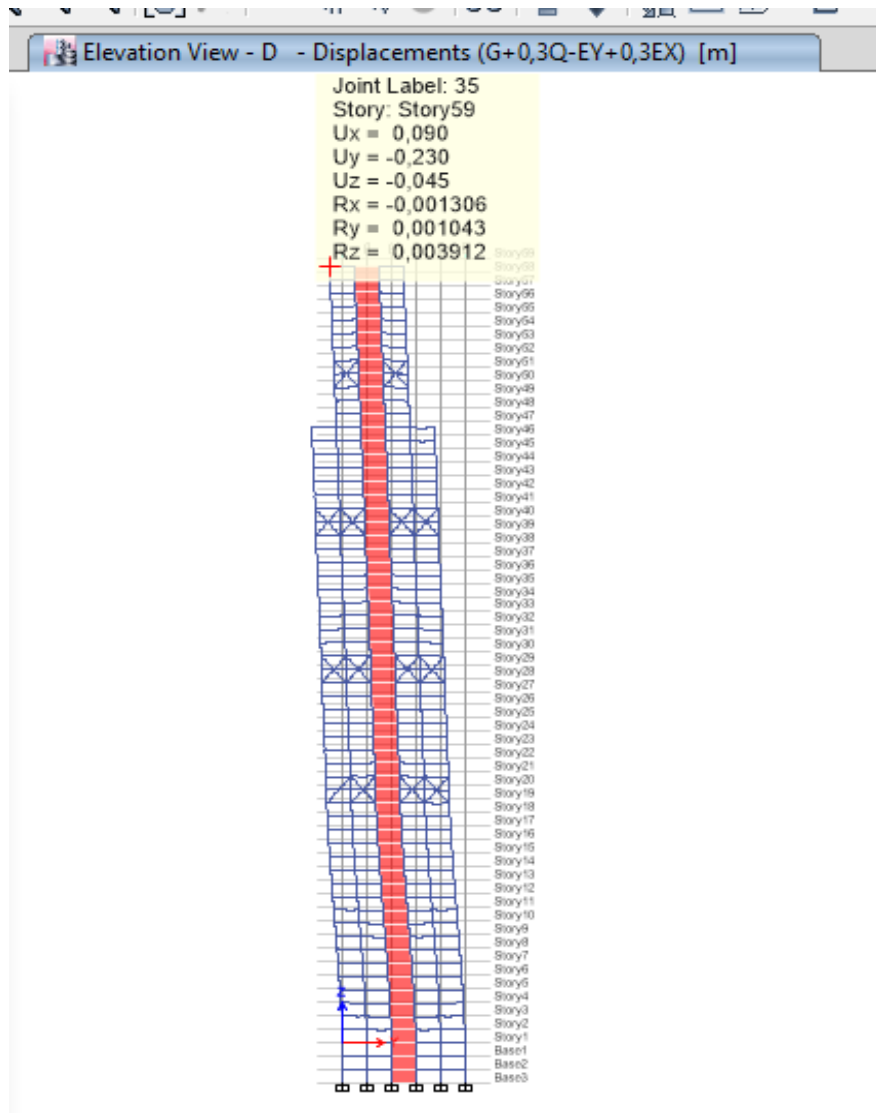
Σχήμα 3.20 Μετακινήσεις στην τομή A για G+0.3Q+EY+0.3EX



Σχήμα 3.21 Μετακινήσεις στην τομή Β για G+0.3Q+EY+0.3EX



Σχήμα 3.22 Μετακινήσεις στην τομή C για G+0.3Q+EY+0.3EX



Σχήμα 3.23 Μετακινήσεις στην τομή D για G+0.3Q+EY+0.3EX

3.2.1 Σεισμός κατά τη Διεύθυνση X

Στα πλαίσια αυτά γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι για συνδυασμούς φόρτισης που λαμβάνουν υπ' όψη τα κατακόρυφα αλλά και τα σεισμικά φορτία με βάση τη σχέση:
 $1,00 \cdot G + 0,30 \cdot Q \pm 1,00 \cdot E_x \pm 0,30 \cdot E_y$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα .

Πίνακας 3.2.1 : Στοιχεία Ανάλυσης για Σεισμό κατά X

| Συντελεστής συμπεριφοράς (α) | Μετακίνηση (m) | Μετακινήσεις Διεύθυνση X | | Υψος Ορόφου | 3,5 m | cm | 3,00 | cm | Συντελεστής θ |
|------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|------|-------|---------------|
| | | Όροφος | Σχετική Μετακίνηση (m) (Drifts) | Συνολική Δύναμη Τέμνουσας (kN) | | Συνολικό Φορτίο Βαρύτητας (kN) | | | |
| 1,5 | 0,187 | Story59 | 0,000 | 359,32 | | 1810,99 | | 0,000 | |
| | 0,184 | Story58 | 0,003 | 816,43 | | 4386,70 | | 0,005 | |
| | 0,182 | Story57 | 0,002 | 1231,12 | | 6163,51 | | 0,003 | |
| | 0,18 | Story56 | 0,002 | 1605,11 | | 8739,22 | | 0,003 | |
| | 0,177 | Story55 | 0,003 | 1942,49 | | 10516,04 | | 0,005 | |
| | 0,175 | Story54 | 0,002 | 2249,25 | | 13091,74 | | 0,003 | |
| | 0,173 | Story53 | 0,002 | 2532,31 | | 14868,56 | | 0,003 | |
| | 0,17 | Story52 | 0,003 | 2857,60 | | 17444,27 | | 0,005 | |
| | 0,169 | Story51 | 0,001 | 2408,68 | | 19221,08 | | 0,002 | |
| | 0,167 | Story50 | 0,002 | 3422,50 | | 21796,79 | | 0,004 | |
| | 0,165 | Story49 | 0,002 | 3673,20 | | 23573,61 | | 0,004 | |
| | 0,163 | Story48 | 0,002 | 3913,13 | | 26149,31 | | 0,004 | |
| | 0,161 | Story47 | 0,002 | 1100,37 | | 27926,13 | | 0,015 | |
| | 0,159 | Story46 | 0,002 | 1653,67 | | 30501,83 | | 0,011 | |
| | 0,157 | Story45 | 0,002 | 2630,26 | | 32278,65 | | 0,007 | |
| | 0,156 | Story44 | 0,001 | 2902,63 | | 29593,01 | | 0,003 | |
| | 0,155 | Story43 | 0,001 | 4249,54 | | 30882,95 | | 0,002 | |
| | 0,153 | Story42 | 0,002 | 5169,64 | | 33458,66 | | 0,004 | |
| | 0,152 | Story41 | 0,001 | 5480,25 | | 41914,30 | | 0,002 | |
| | 0,151 | Story40 | 0,001 | 14102,91 | | 44490,01 | | 0,001 | |
| | 0,15 | Story39 | 0,001 | 11520,73 | | 46266,83 | | 0,001 | |

| | | Μετακινήσεις Διεύθυνση Χ | Υψος Ορόφου | 3,5 m | cm | 3,00 | cm | | | | |
|-------------------|---------|-----------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|--|---------------|--|--|
| Μετακίνηση (m) | Όροφος | | Σχετική Μετακίνηση (m) (Drifts) | | Συνολική Δύναμη Τέμνουσας (kN) | | Συνολικό Φορτίο Βαρύτητας (kN) | | Συντελεστής θ | | |
| 0,147 | Story38 | | 0,003 | | 12284,55 | | 48842,53 | | 0,003 | | |
| 0,145 | Story37 | | 0,002 | | 13006,51 | | 50619,35 | | 0,002 | | |
| 0,142 | Story36 | | 0,003 | | 1480,98 | | 53195,05 | | 0,031 | | |
| 0,14 | Story35 | | 0,002 | | 1696,03 | | 59235,49 | | 0,020 | | |
| 0,139 | Story34 | | 0,001 | | 2488,69 | | 60737,34 | | 0,007 | | |
| 0,137 | Story33 | | 0,002 | | 3006,32 | | 66618,07 | | 0,013 | | |
| 0,135 | Story32 | | 0,002 | | 4732,54 | | 72400,22 | | 0,009 | | |
| 0,133 | Story31 | | 0,002 | | 5517,08 | | 83268,52 | | 0,009 | | |
| 0,131 | Story30 | | 0,002 | | 20627,35 | | 81370,16 | | 0,002 | | |
| 0,13 | Story29 | | 0,001 | | 22955,54 | | 87030,88 | | 0,001 | | |
| 0,128 | Story28 | | 0,002 | | 19363,00 | | 92816,07 | | 0,003 | | |
| 0,125 | Story27 | | 0,003 | | 20007,94 | | 107304,60 | | 0,005 | | |
| 0,121 | Story26 | | 0,004 | | 20614,47 | | 105355,87 | | 0,006 | | |
| 0,116 | Story25 | | 0,005 | | 21182,96 | | 111255,40 | | 0,008 | | |
| 0,112 | Story24 | | 0,004 | | 21720,52 | | 117040,59 | | 0,006 | | |
| 0,108 | Story23 | | 0,004 | | 22236,35 | | 129635,78 | | 0,007 | | |
| 0,103 | Story22 | | 0,005 | | 22739,27 | | 118224,02 | | 0,007 | | |
| 0,1 | Story21 | | 0,003 | | 32211,19 | | 122201,25 | | 0,003 | | |
| 0,099 | Story20 | | 0,001 | | 23288,01 | | 127986,45 | | 0,002 | | |
| 0,099 | Story19 | | 0,000 | | 24608,23 | | 160116,15 | | 0,000 | | |
| 0,096 | Story18 | | 0,003 | | 5182,62 | | 165901,34 | | 0,027 | | |
| 0,094 | Story17 | | 0,002 | | 4704,02 | | 171983,31 | | 0,021 | | |
| 0,091 | Story16 | | 0,003 | | 7738,13 | | 177768,50 | | 0,020 | | |
| 0,089 | Story15 | | 0,002 | | 7484,37 | | 183850,47 | | 0,014 | | |
| 0,086 | Story14 | | 0,003 | | 9475,54 | | 189635,67 | | 0,017 | | |
| 0,082 | Story13 | | 0,004 | | 9687,42 | | 195717,64 | | 0,023 | | |
| 0,077 | Story12 | | 0,005 | | 28075,15 | | 197335,79 | | 0,010 | | |
| 0,071 | Story11 | | 0,006 | | 28457,59 | | 203221,52 | | 0,012 | | |
| 0,064 | Story10 | | 0,007 | | 28791,68 | | 209006,72 | | 0,015 | | |
| 0,056 | Story9 | | 0,008 | | 29086,12 | | 219756,76 | | 0,017 | | |
| 0,048 | Story8 | | 0,008 | | 29353,60 | | 218787,34 | | 0,017 | | |
| 0,04 | Story7 | | 0,008 | | 29605,00 | | 224443,94 | | 0,017 | | |
| 0,032 | Story6 | | 0,008 | | 29843,57 | | 230229,14 | | 0,018 | | |
| 0,024 | Story5 | | 0,008 | | 30061,77 | | 243830,64 | | 0,019 | | |
| 0,017 | Story4 | | 0,007 | | 30243,05 | | 240680,14 | | 0,016 | | |
| 0,01 | Story3 | | 0,007 | | 30368,93 | | 246591,06 | | 0,016 | | |
| 0,005 | Story2 | | 0,005 | | 30429,83 | | 252376,25 | | 0,012 | | |
| 0,001 | Story1 | | 0,004 | | 30446,31 | | 267904,51 | | 0,010 | | |

Ορίζεται συντελεστής $\theta = (P_{tot} * d_r) / (V_{tot} * h)$

όπου: P_{tot} => Συνολικό Φορτίο Βαρύτητας Ορόφου

d_r => Τιμή Σχεδιασμού Σχετικής Μετακίνησης Ορόφου

V_{tot} => Συνολική Τέμνουσα Ορόφου

h => Ύψος Ορόφου

Σημείωση: Επειδή έχουμε $\theta < 0.1$ τα φαινόμενα 2ας τάξης αγνοούνται.

Τελικά προκύπτει ότι για Σεισμός κατά X ισχύει:

-Μέγιστη μετακίνηση στη κορυφή 18,7 cm

-Μέγιστη σχετική μετακίνηση ορόφου: 0,8 cm

-Έλεγχος: $0.5 * 0,8 = 0,4 \text{ cm} < 0.0075 * h = 0.0075 * 350 = 2,625 \text{ cm}$

Άρα ο έλεγχος για περιορισμό των μετακινήσεων ικανοποιείται.

3.2.2 Σεισμός κατά τη Διεύθυνση Υ

Πίνακας 3.2.2 Στοιχεία Ανάλυσης για Σεισμό κατά Υ

| Συντελεστής συμπεριφοράς (α) | Μετακίνηση (m) | Μετακινήσεις Διεύθυνση γ | | Υψος Ορόφου | 3,5 m | cm | 3,00 | cm | Συντελεστής θ |
|------------------------------|----------------|--------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|----|---------------|
| | | Όροφος | | Σχετική Μετακίνηση (m) (Drifts) | Συνολική Δύναμη Τέμνουσας (kN) | Συνολικό Φορτίο Βαρύτητας (kN) | | | |
| 1,5 | 0,247 | Story59 | | 0,00 | 358,39 | 1810,99 | 0,000 | | |
| | 0,243 | Story58 | | 0,00 | 801,05 | 4386,70 | 0,006 | | |
| | 0,239 | Story57 | | 0,00 | 1189,20 | 6163,51 | 0,006 | | |
| | 0,234 | Story56 | | 0,00 | 1526,52 | 8739,22 | 0,008 | | |
| | 0,23 | Story55 | | 0,00 | 1819,38 | 10516,04 | 0,007 | | |
| | 0,226 | Story54 | | 0,00 | 2076,39 | 13091,74 | 0,007 | | |
| | 0,221 | Story53 | | 0,01 | 2307,20 | 14868,56 | 0,009 | | |
| | 0,217 | Story52 | | 0,00 | 2424,16 | 17444,27 | 0,008 | | |
| | 0,213 | Story51 | | 0,00 | 2903,35 | 19221,08 | 0,008 | | |
| | 0,209 | Story50 | | 0,00 | 3023,96 | 21796,79 | 0,008 | | |
| | 0,206 | Story49 | | 0,00 | 3225,08 | 23573,61 | 0,006 | | |
| | 0,201 | Story48 | | 0,00 | 3414,86 | 26149,31 | 0,011 | | |
| | 0,197 | Story47 | | 0,00 | 3931,02 | 27926,13 | 0,008 | | |
| | 0,194 | Story46 | | 0,00 | 4583,65 | 30501,83 | 0,006 | | |
| | 0,19 | Story45 | | 0,00 | 5244,36 | 32278,65 | 0,007 | | |
| | 0,186 | Story44 | | 0,00 | 5886,39 | 29593,01 | 0,006 | | |
| | 0,183 | Story43 | | 0,00 | 6483,80 | 30882,95 | 0,004 | | |
| | 0,18 | Story42 | | 0,00 | 7109,22 | 33458,66 | 0,004 | | |
| | 0,176 | Story41 | | 0,00 | 22233,73 | 41914,30 | 0,002 | | |
| | 0,174 | Story40 | | 0,00 | 23934,27 | 44490,01 | 0,001 | | |
| | 0,171 | Story39 | | 0,00 | 9133,40 | 46266,83 | 0,004 | | |

| | | Μετακινήσεις Διεύθυνση γ | Υψος Ορόφου | 3,5 m | cm | 3,00 | cm | | | | |
|----------------|---------|-----------------------------|---------------------------------|-------|--------------------------------|------|--------------------------------|--|--|--|---------------|
| Μετακίνηση (m) | Όροφος | | Σχετική Μετακίνηση (m) (Drifts) | | Συνολική Δύναμη Τέμνουσας (kN) | | Συνολικό Φορτίο Βαρύτητας (kN) | | | | Συντελεστής θ |
| 0,168 | Story38 | | 0,00 | | 9694,01 | | 48842,53 | | | | 0,004 |
| 0,164 | Story37 | | 0,00 | | 10229,50 | | 50619,35 | | | | 0,006 |
| 0,161 | Story36 | | 0,00 | | 10755,20 | | 53195,05 | | | | 0,004 |
| 0,157 | Story35 | | 0,00 | | 11227,09 | | 59235,49 | | | | 0,006 |
| 0,153 | Story34 | | 0,00 | | 11714,54 | | 60737,34 | | | | 0,006 |
| 0,149 | Story33 | | 0,00 | | 12183,04 | | 66618,07 | | | | 0,006 |
| 0,146 | Story32 | | 0,00 | | 12609,69 | | 72400,22 | | | | 0,005 |
| 0,142 | Story31 | | 0,00 | | 13120,54 | | 83268,52 | | | | 0,007 |
| 0,139 | Story30 | | 0,00 | | 30674,27 | | 81370,16 | | | | 0,002 |
| 0,136 | Story29 | | 0,00 | | 33345,32 | | 87030,88 | | | | 0,002 |
| 0,134 | Story28 | | 0,00 | | 14695,05 | | 92816,07 | | | | 0,004 |
| 0,131 | Story27 | | 0,00 | | 15167,20 | | 107304,60 | | | | 0,006 |
| 0,127 | Story26 | | 0,00 | | 15621,08 | | 105355,87 | | | | 0,008 |
| 0,123 | Story25 | | 0,00 | | 16050,59 | | 111255,40 | | | | 0,008 |
| 0,12 | Story24 | | 0,00 | | 16453,80 | | 117040,59 | | | | 0,006 |
| 0,116 | Story23 | | 0,00 | | 16833,18 | | 129635,78 | | | | 0,009 |
| 0,112 | Story22 | | 0,00 | | 17194,51 | | 118224,02 | | | | 0,008 |
| 0,109 | Story21 | | 0,00 | | 52260,10 | | 122201,25 | | | | 0,002 |
| 0,107 | Story20 | | 0,00 | | 66051,59 | | 127986,45 | | | | 0,001 |
| 0,104 | Story19 | | 0,00 | | 18483,86 | | 160116,15 | | | | 0,007 |
| 0,1 | Story18 | | 0,00 | | 18913,15 | | 165901,34 | | | | 0,010 |
| 0,096 | Story17 | | 0,00 | | 19115,63 | | 171983,31 | | | | 0,010 |
| 0,09 | Story16 | | 0,01 | | 19576,55 | | 177768,50 | | | | 0,016 |
| 0,084 | Story15 | | 0,01 | | 19768,09 | | 183850,47 | | | | 0,016 |
| 0,077 | Story14 | | 0,01 | | 20116,17 | | 189635,67 | | | | 0,019 |
| 0,071 | Story13 | | 0,01 | | 20291,68 | | 195717,64 | | | | 0,017 |
| 0,064 | Story12 | | 0,01 | | 20499,57 | | 197335,79 | | | | 0,019 |
| 0,056 | Story11 | | 0,01 | | 20685,95 | | 203221,52 | | | | 0,022 |
| 0,049 | Story10 | | 0,01 | | 20863,13 | | 209006,72 | | | | 0,020 |
| 0,042 | Story9 | | 0,01 | | 21036,10 | | 219756,76 | | | | 0,021 |
| 0,035 | Story8 | | 0,01 | | 21206,48 | | 218787,34 | | | | 0,021 |
| 0,029 | Story7 | | 0,01 | | 21371,99 | | 224443,94 | | | | 0,018 |
| 0,022 | Story6 | | 0,01 | | 21526,99 | | 230229,14 | | | | 0,021 |
| 0,017 | Story5 | | 0,01 | | 21663,99 | | 243830,64 | | | | 0,016 |
| 0,012 | Story4 | | 0,01 | | 21775,67 | | 240680,14 | | | | 0,016 |
| 0,007 | Story3 | | 0,01 | | 21856,98 | | 246591,06 | | | | 0,016 |
| 0,004 | Story2 | | 0,00 | | 21906,71 | | 252376,25 | | | | 0,010 |
| 0,001 | Story1 | | 0,00 | | 21936,77 | | 267904,51 | | | | 0,010 |

Ορίζεται συντελεστής $\theta = (P_{tot} * d_r) / (V_{tot} * h)$

όπου: $P_{tot} \Rightarrow$ Συνολικό Φορτίο Βαρύτητας Ορόφου

$d_r \Rightarrow$ Τιμή Σχεδιασμού Σχετικής Μετακίνησης Ορόφου

$V_{tot} \Rightarrow$ Συνολική Τέμνουσα Ορόφου

$h \Rightarrow$ Ύψος Ορόφου

Σημείωση: Επειδή έχουμε $\theta < 0.1$ τα φαινόμενα 2ας τάξης αγνοούνται.

Τελικά προκύπτει ότι για Σεισμός κατά Y ισχύει:

-Μέγιστη μετακίνηση στη κορυφή 24,7 cm

-Μέγιστη σχετική μετακίνηση ορόφου: 1 cm

-Έλεγχος: $0.5 * 1 = 0.5 \text{ cm} < 0.0075 * h = 0.0075 * 350 = 2,625 \text{ cm}$

Άρα ο έλεγχος για περιορισμό των μετακινήσεων ικανοποιείται.

Πίνακας 3.3 Ιδιοπερίοδοι κτιρίου

| Case | Mode | Period | Frequency | Circular Frequency | Eigenvalue |
|-------|------|--------|-----------|--------------------|------------------------------------|
| | | sec | cyc/sec | rad/sec | rad ² /sec ² |
| Modal | 1 | 4,402 | 0,227 | 1,4273 | 2,0372 |
| Modal | 2 | 3,48 | 0,287 | 1,8054 | 3,2594 |
| Modal | 3 | 3,036 | 0,329 | 2,0696 | 4,2831 |
| Modal | 4 | 1,443 | 0,693 | 4,3541 | 18,9583 |
| Modal | 5 | 1,069 | 0,935 | 5,8752 | 34,5179 |
| Modal | 6 | 1,053 | 0,95 | 5,9697 | 35,6373 |
| Modal | 7 | 0,783 | 1,277 | 8,0249 | 64,3983 |
| Modal | 8 | 0,628 | 1,593 | 10,0071 | 100,1423 |
| Modal | 9 | 0,606 | 1,649 | 10,3605 | 107,3396 |
| Modal | 10 | 0,439 | 2,279 | 14,3209 | 205,0885 |
| Modal | 11 | 0,401 | 2,492 | 15,6569 | 245,1398 |
| Modal | 12 | 0,383 | 2,613 | 16,4181 | 269,5531 |
| Modal | 13 | 0,359 | 2,782 | 17,4805 | 305,5664 |
| Modal | 14 | 0,324 | 3,083 | 19,3719 | 375,2704 |
| Modal | 15 | 0,291 | 3,432 | 21,5634 | 464,9801 |
| Modal | 16 | 0,254 | 3,932 | 24,7031 | 610,2423 |
| Modal | 17 | 0,24 | 4,164 | 26,1662 | 684,6679 |
| Modal | 18 | 0,221 | 4,531 | 28,4698 | 810,5312 |
| Modal | 19 | 0,208 | 4,809 | 30,2168 | 913,0566 |
| Modal | 20 | 0,196 | 5,115 | 32,1381 | 1032,858 |

Πίνακας 3.4 Συμμετοχή ποσοστού μάζας ανά ιδιομορφή

| Case | Mode | Period | UX | UY | UZ | Sum UX | Sum UY | Sum UZ |
|-------|------|--------|----------|----------|----|--------|--------|--------|
| | | sec | | | | | | |
| Modal | 1 | 4,402 | 0 | 0,7471 | 0 | 0 | 0,7471 | 0 |
| Modal | 2 | 3,48 | 0,8074 | 9,47E-07 | 0 | 0,8074 | 0,7471 | 0 |
| Modal | 3 | 3,036 | 1,29E-05 | 0,0037 | 0 | 0,8074 | 0,7508 | 0 |
| Modal | 4 | 1,443 | 5,67E-07 | 0,0591 | 0 | 0,8074 | 0,8099 | 0 |
| Modal | 5 | 1,069 | 0,0485 | 0 | 0 | 0,8559 | 0,8099 | 0 |
| Modal | 6 | 1,053 | 0 | 0,0148 | 0 | 0,8559 | 0,8247 | 0 |
| Modal | 7 | 0,783 | 9,30E-07 | 0,0018 | 0 | 0,8559 | 0,8265 | 0 |
| Modal | 8 | 0,628 | 6,00E-06 | 0,013 | 0 | 0,8559 | 0,8395 | 0 |
| Modal | 9 | 0,606 | 0,0049 | 1,37E-05 | 0 | 0,8608 | 0,8395 | 0 |
| Modal | 10 | 0,439 | 5,24E-07 | 0,021 | 0 | 0,8608 | 0,8604 | 0 |
| Modal | 11 | 0,401 | 0,0091 | 2,16E-06 | 0 | 0,8698 | 0,8604 | 0 |
| Modal | 12 | 0,383 | 0 | 0,0122 | 0 | 0,8698 | 0,8726 | 0 |
| Modal | 13 | 0,359 | 4,45E-06 | 0,0006 | 0 | 0,8698 | 0,8732 | 0 |
| Modal | 14 | 0,324 | 0,0239 | 0 | 0 | 0,8938 | 0,8732 | 0 |
| Modal | 15 | 0,291 | 0 | 0,0207 | 0 | 0,8938 | 0,8939 | 0 |
| Modal | 16 | 0,254 | 1,06E-06 | 8,31E-06 | 0 | 0,8938 | 0,8939 | 0 |
| Modal | 17 | 0,24 | 0 | 0,0048 | 0 | 0,8938 | 0,8988 | 0 |
| Modal | 18 | 0,221 | 0,0063 | 0 | 0 | 0,9001 | 0,8988 | 0 |
| Modal | 19 | 0,208 | 0,004 | 0 | 0 | 0,9041 | 0,8988 | 0 |
| Modal | 20 | 0,196 | 3,78E-06 | 1,52E-06 | 0 | 0,9041 | 0,8988 | 0 |

Πίνακας 3.5 Συμμετοχή ποσοστού μάζας ανά ιδιομορφή

| Case | Mode | RX | RY | RZ | Sum RX | Sum RY | Sum RZ |
|-------|------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| Modal | 1 | 0,2547 | 0 | 0,0039 | 0,2547 | 0 | 0,0039 |
| Modal | 2 | 0 | 0,1828 | 1,05E-05 | 0,2547 | 0,1828 | 0,0039 |
| Modal | 3 | 0,0015 | 1,06E-06 | 0,7659 | 0,2562 | 0,1828 | 0,7698 |
| Modal | 4 | 0,2862 | 1,31E-06 | 0,0004 | 0,5423 | 0,1828 | 0,7702 |
| Modal | 5 | 0 | 0,4924 | 1,82E-06 | 0,5423 | 0,6752 | 0,7702 |
| Modal | 6 | 0,0738 | 1,27E-06 | 0,0052 | 0,6161 | 0,6752 | 0,7754 |
| Modal | 7 | 0,0057 | 5,02E-06 | 0,0319 | 0,6218 | 0,6752 | 0,8073 |
| Modal | 8 | 0,0333 | 2,35E-06 | 0,0028 | 0,6551 | 0,6752 | 0,8101 |
| Modal | 9 | 3,33E-05 | 0,0008 | 8,29E-06 | 0,6552 | 0,676 | 0,8101 |
| Modal | 10 | 0,0423 | 1,13E-06 | 0,0042 | 0,6974 | 0,676 | 0,8143 |
| Modal | 11 | 4,04E-06 | 0,0167 | 0 | 0,6974 | 0,6927 | 0,8143 |
| Modal | 12 | 0,0236 | 7,70E-07 | 0,0096 | 0,721 | 0,6927 | 0,8239 |
| Modal | 13 | 0,0009 | 1,59E-05 | 0,0205 | 0,7219 | 0,6927 | 0,8444 |
| Modal | 14 | 0 | 0,0703 | 6,02E-06 | 0,7219 | 0,763 | 0,8444 |
| Modal | 15 | 0,0364 | 0 | 0,0002 | 0,7583 | 0,763 | 0,8446 |
| Modal | 16 | 2,89E-05 | 1,16E-06 | 0,0233 | 0,7584 | 0,763 | 0,8678 |
| Modal | 17 | 0,0074 | 0 | 0,0009 | 0,7657 | 0,763 | 0,8688 |
| Modal | 18 | 0 | 0,0066 | 0 | 0,7657 | 0,7696 | 0,8688 |
| Modal | 19 | 0 | 0,0057 | 0 | 0,7657 | 0,7753 | 0,8688 |
| Modal | 20 | 4,86E-06 | 4,27E-06 | 0,0056 | 0,7657 | 0,7753 | 0,8744 |

Πίνακας 3.6 Κέντρο μάζας κτιρίου ανά όροφο

| CENTER MASS | | | | | |
|-------------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Story | Diaphragm | Mass X | Mass Y | XCM | YCM |
| | | kg | kg | m | m |
| Story1 | D1 | 1785243 | 1785243 | 28,0414 | 15 |
| Story2 | D2 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story3 | D3 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story4 | D4 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story5 | D5 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story6 | D6 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story7 | D7 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story8 | D8 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story9 | D9 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story10 | D10 | 1341412 | 1341412 | 28,0551 | 15 |
| Story11 | D11 | 1341287 | 1341287 | 28,0554 | 15 |
| Story12 | D12 | 1356703 | 1356703 | 28,0551 | 15 |
| Story13 | D13 | 1341163 | 1341163 | 28,0557 | 15 |
| Story14 | D14 | 1372244 | 1372244 | 28,0545 | 15 |
| Story15 | D15 | 1331306 | 1331306 | 28,0561 | 15 |
| Story16 | D16 | 1352530 | 1352530 | 28,0553 | 15 |
| Story17 | D17 | 1321449 | 1321449 | 28,0566 | 15 |
| Story18 | D18 | 1336811 | 1336811 | 28,0584 | 14,9988 |
| Story19 | D19 | 1575991 | 1575991 | 27,9376 | 15,0258 |
| Story20 | D20 | 1322058 | 1322058 | 28,0591 | 14,9988 |
| Story21 | D21 | 1576170 | 1576170 | 27,9354 | 15,0446 |
| Story22 | D22 | 1321449 | 1321449 | 28,0566 | 15 |
| Story23 | D23 | 1321449 | 1321449 | 28,0566 | 15 |
| Story24 | D24 | 1321449 | 1321449 | 28,0566 | 15 |
| Story25 | D25 | 1321372 | 1321372 | 28,0568 | 15 |
| Story26 | D26 | 1321294 | 1321294 | 28,057 | 15 |
| Story27 | D27 | 1321294 | 1321294 | 28,057 | 15 |
| Story28 | D28 | 1531387 | 1531387 | 27,9168 | 15 |
| Story29 | D29 | 1321294 | 1321294 | 28,057 | 15 |
| Story30 | D30 | 1538556 | 1538556 | 27,9092 | 15 |
| Story31 | D31 | 1302781 | 1302781 | 28,0483 | 15 |
| Story32 | D32 | 1333861 | 1333861 | 28,0471 | 15 |
| Story33 | D33 | 1302781 | 1302781 | 28,0483 | 15 |
| Story34 | D34 | 1332090 | 1332090 | 28,0565 | 15 |
| Story35 | D35 | 1301009 | 1301009 | 28,0579 | 15 |
| Story36 | D36 | 1316549 | 1316549 | 28,0572 | 15 |
| Story37 | D37 | 1301009 | 1301009 | 28,0579 | 15 |
| Story38 | D38 | 1301009 | 1301009 | 28,0579 | 15 |
| Story39 | D39 | 1557880 | 1557880 | 27,9211 | 15 |
| Story40 | D40 | 1301009 | 1301009 | 28,0579 | 15 |
| Story41 | D41 | 1565493 | 1565493 | 27,8144 | 15 |
| Story42 | D42 | 1301009 | 1301009 | 28,0579 | 15 |
| Story43 | D43 | 1332090 | 1332090 | 28,0565 | 15 |
| Story44 | D44 | 1300854 | 1300854 | 28,0583 | 15 |

| | | | | | |
|---------|-----|----------|----------|---------|----|
| Story45 | D45 | 1331779 | 1331779 | 28,0573 | 15 |
| Story46 | D46 | 1300698 | 1300698 | 28,0587 | 15 |
| Story47 | D47 | 1148521 | 1148521 | 28,0752 | 15 |
| Story48 | D48 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story49 | D49 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story50 | D50 | 484219,9 | 484219,9 | 27,8104 | 15 |
| Story51 | D51 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story52 | D52 | 515069,4 | 515069,4 | 28,0313 | 15 |
| Story53 | D53 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story54 | D54 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story55 | D55 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story56 | D56 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story57 | D57 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story58 | D58 | 455042,9 | 455042,9 | 28,2581 | 15 |
| Story59 | D59 | 323851,4 | 323851,4 | 28,2532 | 15 |

Πίνακας 3.7 Διατμητικές δυνάμεις ανά όροφο για σεισμό στη διεύθυνση X και Y. Δυσκαμψία ανά όροφο στις δύο διευθύνσεις

| Story | Load Case | Shear X | Stiffness X | Shear Y | Stiffness Y |
|---------|-----------|----------|-------------|---------|-------------|
| | | kN | kN/m | kN | kN/m |
| Story59 | RSX | 681,3719 | 365103,795 | 6,292 | 0 |
| Story58 | RSX | 1510,83 | 782244,694 | 12,6433 | 0 |
| Story57 | RSX | 2236,29 | 1120585,4 | 16,7753 | 0 |
| Story56 | RSX | 2859,55 | 1397536,25 | 19,0282 | 0 |
| Story55 | RSX | 3387,558 | 1633963,55 | 20,025 | 0 |
| Story54 | RSX | 3832 | 1846682,47 | 20,4906 | 0 |
| Story53 | RSX | 4207,568 | 2102345,46 | 20,9772 | 0 |
| Story52 | RSX | 1084,561 | 680413,251 | 20,7304 | 0 |
| Story51 | RSX | 959,4264 | 608998,406 | 18,4244 | 0 |
| Story50 | RSX | 5184,363 | 2605239,94 | 24,3587 | 0 |
| Story49 | RSX | 5437,017 | 2671996,11 | 25,2718 | 0 |
| Story48 | RSX | 5655,649 | 2935009,34 | 25,7056 | 0 |
| Story47 | RSX | 898,2764 | 605895,367 | 26,0157 | 0 |
| Story46 | RSX | 1433,828 | 999634,476 | 26,2135 | 0 |
| Story45 | RSX | 1548,608 | 1148402,16 | 26,1415 | 0 |
| Story44 | RSX | 2213,215 | 1627273,68 | 26,0086 | 0 |
| Story43 | RSX | 2684,473 | 1890063,33 | 25,6503 | 0 |
| Story42 | RSX | 3379,403 | 2538808,14 | 25,5203 | 0 |
| Story41 | RSX | 6266,639 | 7065099,72 | 82,3373 | 0 |
| Story40 | RSX | 9991,499 | 10750084,8 | 58,1192 | 0 |
| Story39 | RSX | 11152,83 | 5531147,83 | 27,5275 | 0 |
| Story38 | RSX | 11638,81 | 4818881,12 | 28,6856 | 0 |
| Story37 | RSX | 12012,07 | 5108104,98 | 29,6638 | 0 |
| Story36 | RSX | 1998,636 | 1080036,83 | 30,3651 | 0 |

| | | | | | |
|---------|-----|----------|------------|----------|----------|
| Story35 | RSX | 2001,202 | 1151223,43 | 30,7005 | 0 |
| Story34 | RSX | 2667,349 | 1510969,81 | 30,7315 | 0 |
| Story33 | RSX | 2729,066 | 1513054,14 | 30,6027 | 0 |
| Story32 | RSX | 4030,139 | 2171888,81 | 30,3399 | 0 |
| Story31 | RSX | 4332,426 | 2622556,46 | 30,3331 | 0 |
| Story30 | RSX | 13762,13 | 15223419,3 | 99,1054 | 0 |
| Story29 | RSX | 14300,46 | 11664332,9 | 106,6421 | 0 |
| Story28 | RSX | 14416,49 | 5020491,2 | 32,6367 | 0 |
| Story27 | RSX | 14730,65 | 4130838,07 | 33,8746 | 0 |
| Story26 | RSX | 14961,41 | 3943130,18 | 34,9712 | 0 |
| Story25 | RSX | 15112,01 | 3932214,3 | 35,774 | 0 |
| Story24 | RSX | 15209,92 | 4049307,27 | 36,1909 | 0 |
| Story23 | RSX | 15292,15 | 4370964,87 | 36,2006 | 0 |
| Story22 | RSX | 15392,47 | 5680369,92 | 35,8507 | 0 |
| Story21 | RSX | 19830,15 | 23706128,3 | 83,5086 | 0 |
| Story20 | RSX | 16481,08 | 20758089,8 | 219,9057 | 0 |
| Story19 | RSX | 16277,64 | 7675114,96 | 34,3467 | 0 |
| Story18 | RSX | 2903,416 | 1529767,59 | 33,9619 | 0 |
| Story17 | RSX | 2587,202 | 1351146,93 | 33,3352 | 0 |
| Story16 | RSX | 3068,788 | 1438595,34 | 32,6211 | 0 |
| Story15 | RSX | 2696,449 | 1097084,06 | 31,7735 | 0 |
| Story14 | RSX | 2732,499 | 945740,558 | 31,0057 | 0 |
| Story13 | RSX | 2465,168 | 686169,863 | 30,472 | 0 |
| Story12 | RSX | 18339,35 | 3742425,7 | 30,3543 | 0 |
| Story11 | RSX | 18512,36 | 3356542,9 | 30,8462 | 0 |
| Story10 | RSX | 18650,96 | 3209031,2 | 31,9549 | 0 |
| Story9 | RSX | 18792,97 | 3144601,95 | 33,6016 | 0 |
| Story8 | RSX | 18986,19 | 3149583,55 | 35,6129 | 0 |
| Story7 | RSX | 19268,97 | 3227015,79 | 37,7711 | 0 |
| Story6 | RSX | 19647,43 | 3386580,79 | 39,8617 | 0 |
| Story5 | RSX | 20083,48 | 3645903,28 | 41,7058 | 0 |
| Story4 | RSX | 20503,46 | 4043897,33 | 43,1788 | 0 |
| Story3 | RSX | 20825,04 | 4733590,61 | 44,2201 | 0 |
| Story2 | RSX | 20992,06 | 7225726,04 | 44,8347 | 0 |
| Story1 | RSX | 21038,4 | 38161399,3 | 45,2002 | 0 |
| Base1 | RSX | 21057,7 | 192815478 | 45,4166 | 0 |
| Base2 | RSX | 21065,58 | 119052305 | 45,4981 | 0 |
| Story59 | RSY | 4,3406 | 0 | 727,3028 | 116765,8 |
| Story58 | RSY | 9,6178 | 0 | 1592,244 | 241212,2 |
| Story57 | RSY | 14,2038 | 0 | 2328,554 | 337885,2 |
| Story56 | RSY | 18,084 | 0 | 2942,792 | 414525,6 |
| Story55 | RSY | 21,264 | 0 | 3447,153 | 482626,4 |
| Story54 | RSY | 23,773 | 0 | 3858,542 | 550478,2 |
| Story53 | RSY | 25,6612 | 0 | 4196,705 | 643929,8 |
| Story52 | RSY | 18,5799 | 0 | 3989,327 | 741134,2 |

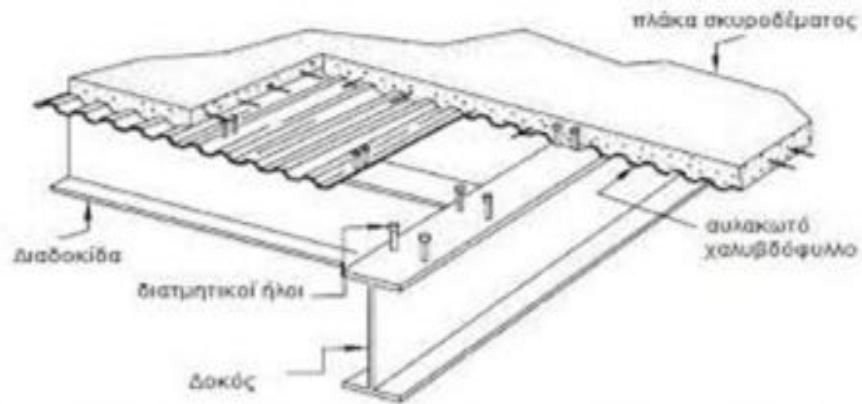
| | | | | | |
|---------|-----|----------|---|----------|----------|
| Story51 | RSY | 18,4414 | 0 | 4465,1 | 840659,6 |
| Story50 | RSY | 29,0543 | 0 | 5061,135 | 784104,2 |
| Story49 | RSY | 29,4043 | 0 | 5282,951 | 784607,2 |
| Story48 | RSY | 29,3559 | 0 | 5470,505 | 947227,9 |
| Story47 | RSY | 14,9321 | 0 | 5936,811 | 1359996 |
| Story46 | RSY | 14,5518 | 0 | 6536,208 | 1518162 |
| Story45 | RSY | 25,7305 | 0 | 7138,953 | 1694410 |
| Story44 | RSY | 27,6066 | 0 | 7703,58 | 1895478 |
| Story43 | RSY | 18,4727 | 0 | 8191,057 | 2120984 |
| Story42 | RSY | 20,5714 | 0 | 8664,322 | 2439227 |
| Story41 | RSY | 53,9713 | 0 | 23391,15 | 8190916 |
| Story40 | RSY | 54,7341 | 0 | 24056,28 | 8421851 |
| Story39 | RSY | 33,6327 | 0 | 10191,9 | 2812636 |
| Story38 | RSY | 35,036 | 0 | 10632,95 | 2675877 |
| Story37 | RSY | 35,6743 | 0 | 11003,92 | 2626913 |
| Story36 | RSY | 23,5042 | 0 | 11302,98 | 2613778 |
| Story35 | RSY | 23,2676 | 0 | 11516,1 | 2632694 |
| Story34 | RSY | 23,3122 | 0 | 11680,99 | 2699990 |
| Story33 | RSY | 23,2247 | 0 | 11829,78 | 2827873 |
| Story32 | RSY | 23,5426 | 0 | 11960,78 | 3024617 |
| Story31 | RSY | 23,7491 | 0 | 12181,72 | 3409580 |
| Story30 | RSY | 66,5507 | 0 | 26502,21 | 9822831 |
| Story29 | RSY | 66,184 | 0 | 28336,76 | 10615435 |
| Story28 | RSY | 34,6328 | 0 | 13335,42 | 3754943 |
| Story27 | RSY | 36,8388 | 0 | 13786,17 | 3534334 |
| Story26 | RSY | 39,2668 | 0 | 14194,87 | 3480964 |
| Story25 | RSY | 41,5951 | 0 | 14532,64 | 3505028 |
| Story24 | RSY | 43,5368 | 0 | 14791,77 | 3611501 |
| Story23 | RSY | 44,8666 | 0 | 14986,24 | 3811424 |
| Story22 | RSY | 45,4588 | 0 | 15146,39 | 4250852 |
| Story21 | RSY | 104,1562 | 0 | 41300,2 | 16775245 |
| Story20 | RSY | 106,7425 | 0 | 52518,26 | 21331121 |
| Story19 | RSY | 45,5344 | 0 | 15953,92 | 3893640 |
| Story18 | RSY | 30,7166 | 0 | 16310,76 | 3279154 |
| Story17 | RSY | 30,2023 | 0 | 16561,66 | 2935520 |
| Story16 | RSY | 23,7249 | 0 | 16873,44 | 2719030 |
| Story15 | RSY | 22,5598 | 0 | 17027,15 | 2566284 |
| Story14 | RSY | 18,9411 | 0 | 17180,79 | 2473943 |
| Story13 | RSY | 17,1663 | 0 | 17236,01 | 2409671 |
| Story12 | RSY | 34,116 | 0 | 17280,03 | 2379266 |
| Story11 | RSY | 32,8718 | 0 | 17369,47 | 2387991 |
| Story10 | RSY | 32,3175 | 0 | 17531,96 | 2439971 |
| Story9 | RSY | 32,6574 | 0 | 17793,03 | 2543287 |
| Story8 | RSY | 33,9265 | 0 | 18153,86 | 2708294 |
| Story7 | RSY | 35,9519 | 0 | 18589,92 | 2949831 |

| | | | | | |
|--------|-----|---------|---|----------|----------|
| Story6 | RSY | 38,4 | 0 | 19057,5 | 3292935 |
| Story5 | RSY | 40,8712 | 0 | 19505,18 | 3785723 |
| Story4 | RSY | 42,9912 | 0 | 19886,18 | 4531628 |
| Story3 | RSY | 44,4796 | 0 | 20168,61 | 5772738 |
| Story2 | RSY | 45,2081 | 0 | 20341,34 | 8615658 |
| Story1 | RSY | 45,3962 | 0 | 20447,46 | 25236840 |
| Base1 | RSY | 45,4677 | 0 | 20512,22 | 48532055 |
| Base2 | RSY | 45,4955 | 0 | 20537,44 | 80888856 |

Πίνακας 3.8 Πίνακας αντιδράσεων βάσης.

| Load Case/Combo | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | kN | kN | kN | kN-m | kN-m | kN-m |
| Dead | 7,43E-06 | 6,10E-07 | 683885 | 10259065 | -1,9E+07 | -8,6052 |
| Live | 9,55E-07 | 0 | 183359,4 | 2750328 | -5127576 | -1,579 |
| RSX Max | 20978,64 | 48,0422 | 0 | 3606,974 | 2321837 | 315588,7 |
| RSY Max | 48,0418 | 20465,84 | 0 | 2237567 | 3981,126 | 605426,3 |
| WX | -17485,3 | 0 | 0 | -15,9066 | -2202162 | 262297 |
| WY | 0 | -33096 | 0 | 4184533 | 60,7122 | -928332 |
| SD | 2,47E-06 | 0 | 158676 | 2355317 | -4612403 | -20,2462 |
| 1,35G+1,5Q | 1,48E-05 | 1,64E-06 | 1412496 | 21154908 | -4E+07 | -41,3178 |
| G | 7,43E-06 | 6,10E-07 | 683885 | 10259065 | -1,9E+07 | -8,6052 |
| G+0,3Q+EX+0,3EY Max | 27272,23 | 62,4548 | 897568,9 | 13444170 | -2,2E+07 | 410236 |
| G+0,3Q+EX+0,3EY Min | -27272,2 | -62,4548 | 897568,9 | 13434792 | -2,8E+07 | -410295 |
| G+0,3Q+EX-0,3EY Max | 20993,05 | 6187,793 | 897568,9 | 14114358 | -2,3E+07 | 497187,2 |
| G+0,3Q+EX-0,3EY Min | -20993,1 | -6187,79 | 897568,9 | 12764604 | -2,8E+07 | -497246 |
| G+0,3Q-EX+0,3EY Max | 20993,05 | 6187,793 | 897568,9 | 14114358 | -2,3E+07 | 497187,2 |
| G+0,3Q-EX+0,3EY Min | -20993,1 | -6187,79 | 897568,9 | 12764604 | -2,8E+07 | -497246 |
| G+0,3Q-EX-0,3EY Max | 20993,05 | 6187,793 | 897568,9 | 14114358 | -2,3E+07 | 497187,2 |
| G+0,3Q-EX-0,3EY Min | -20993,1 | -6187,79 | 897568,9 | 12764604 | -2,8E+07 | -497246 |
| G+0,3Q+EY+0,3EX Max | 6341,633 | 20480,25 | 897568,9 | 15678130 | -2,5E+07 | 700073,5 |
| G+0,3Q+EY+0,3EX Min | -6341,63 | -20480,2 | 897568,9 | 11200832 | -2,6E+07 | -700132 |
| G+0,3Q+EY-0,3EX Max | 6341,633 | 20480,25 | 897568,9 | 15678130 | -2,5E+07 | 700073,5 |
| G+0,3Q+EY-0,3EX Min | -6341,63 | -20480,2 | 897568,9 | 11200832 | -2,6E+07 | -700132 |
| G+0,3Q-EY+0,3EX Max | 6341,633 | 20480,25 | 897568,9 | 15678130 | -2,5E+07 | 700073,5 |
| G+0,3Q-EY+0,3EX Min | -6341,63 | -20480,2 | 897568,9 | 11200832 | -2,6E+07 | -700132 |
| G+0,3Q-EY-0,3EX Max | 6341,633 | 20480,25 | 897568,9 | 15678130 | -2,5E+07 | 700073,5 |
| G+0,3Q-EY-0,3EX Min | -6341,63 | -20480,2 | 897568,9 | 11200832 | -2,6E+07 | -700132 |
| 1,35G+1,5LL+0,75WX | -13114 | 1,61E-06 | 1412496 | 21154896 | -4,2E+07 | 196681,5 |
| 1,35G+1,5LL-0,75WX | 13113,97 | 1,68E-06 | 1412496 | 21154920 | -3,8E+07 | -196764 |
| 1,35G+1,5LL+0,75WY | 1,49E-05 | -24822 | 1412496 | 24293308 | -4E+07 | -696290 |
| 1,35G+1,5LL-0,75WY | 1,47E-05 | 24822 | 1412496 | 18016508 | -4E+07 | 696207,7 |
| 1,35G+1,05LL+1,5WX | -26227,9 | 1,47E-06 | 1329985 | 19917237 | -4,1E+07 | 393405 |
| 1,35G-1,05LL-1,5WX | 26227,95 | 1,15E-06 | 944930 | 14141595 | -2,3E+07 | -393483 |
| 1,35G+1,5WY+1,05LL | 1,45E-05 | -49644 | 1329985 | 26194061 | -3,8E+07 | -1392539 |
| 1,35G-1,5WY-1,05LL | 1,22E-05 | 49644 | 944930 | 7864771 | -2,7E+07 | 1392461 |

3.3 Έλεγχος σύμμικτων πλακών.



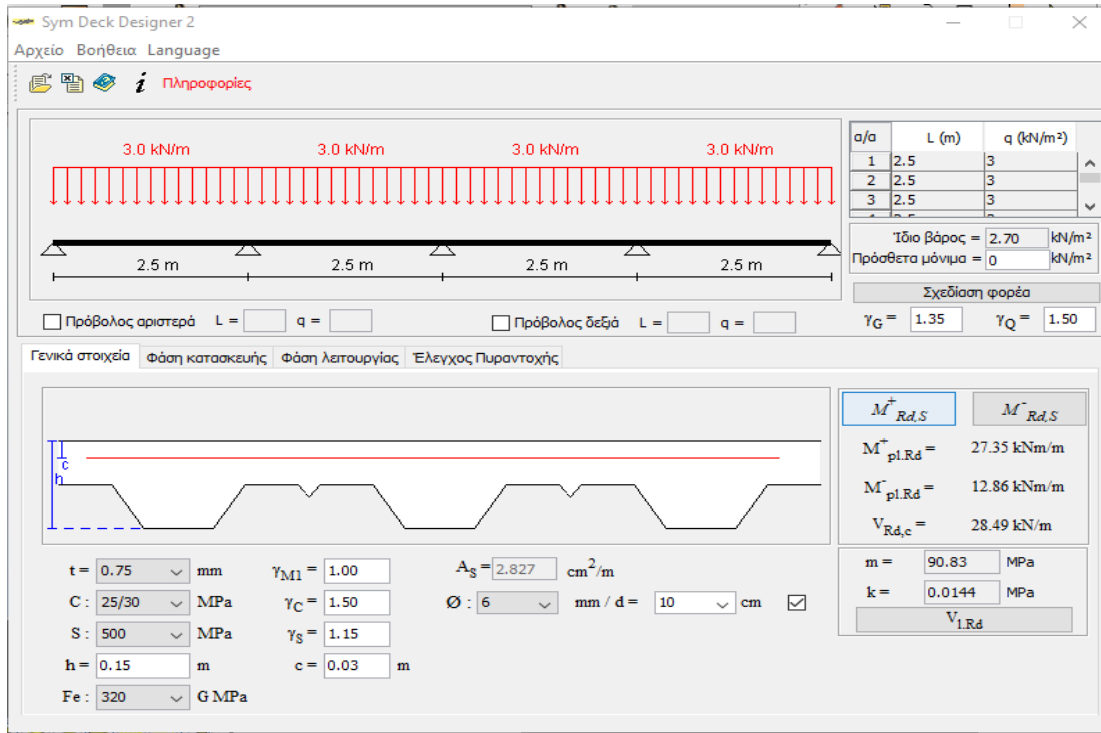
Σχήμα 3.24 Διάταξη, γεωμετρία και προσανατολισμός χαλυβδόφυλλου

Χαλυβδόφυλλα SYMDECK
SYMDECK 73



Σχήμα 3.25 Γεωμετρία χαλυβδόφυλλου

Οι πλάκες επιλύθηκαν χρησιμοποιώντας το SymDeck Designer της εταιρίας elastron



Σχήμα 3.26 Δεδομένα και γεωμετρία εισαγωγής της σύμμικτης πλάκας

Χαρακτηριστικά σύμμικτης πλάκας :

Σχεδιασμός για 1,35G+1,5Q

Q (κινητό φορτίο) = 3 KN\m²

h = 15 cm (συνολικό πάχος πλάκας)

h_{χαλυβδόφυλλου} = 7,3 cm

C =25/30 Mpa (ποιότητα σκυροδέματος)

S500 (ποιότητα χαλυβδόφυλλου)

Fe320 Mpa (ποιότητα χάλυβα σπλισμού)

Οπλισμός Φ6/100

C=0,03 m (επικάλυψη οπλισμού)

Οι τιμές που μπορούμε να δούμε είναι αντίστοιχα:

M⁺_{RD,S} Θετική ροπή αντοχής χαλυβδοφύλλου

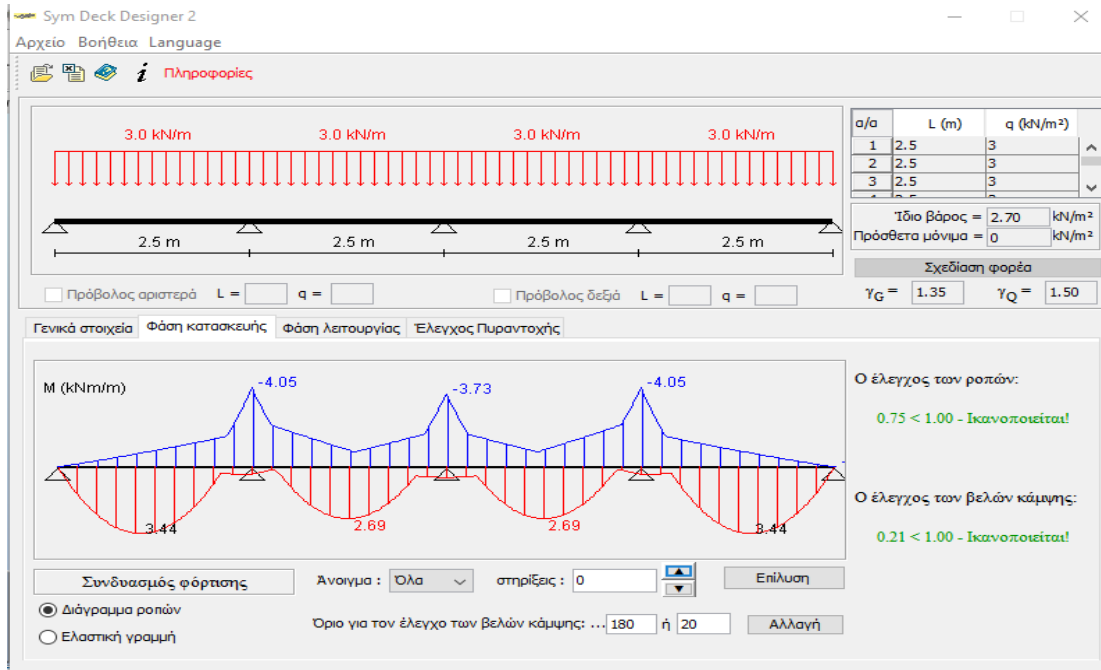
M⁻_{RD,S} Αρνητική ροπή αντοχής χαλυβδοφύλλου

M⁺_{pl,Rd} Θετική ροπή αντοχής σύμμικτης διατομής

M⁻_{pl,Rd} Αρνητική ροπή αντοχής σύμμικτης διατομής

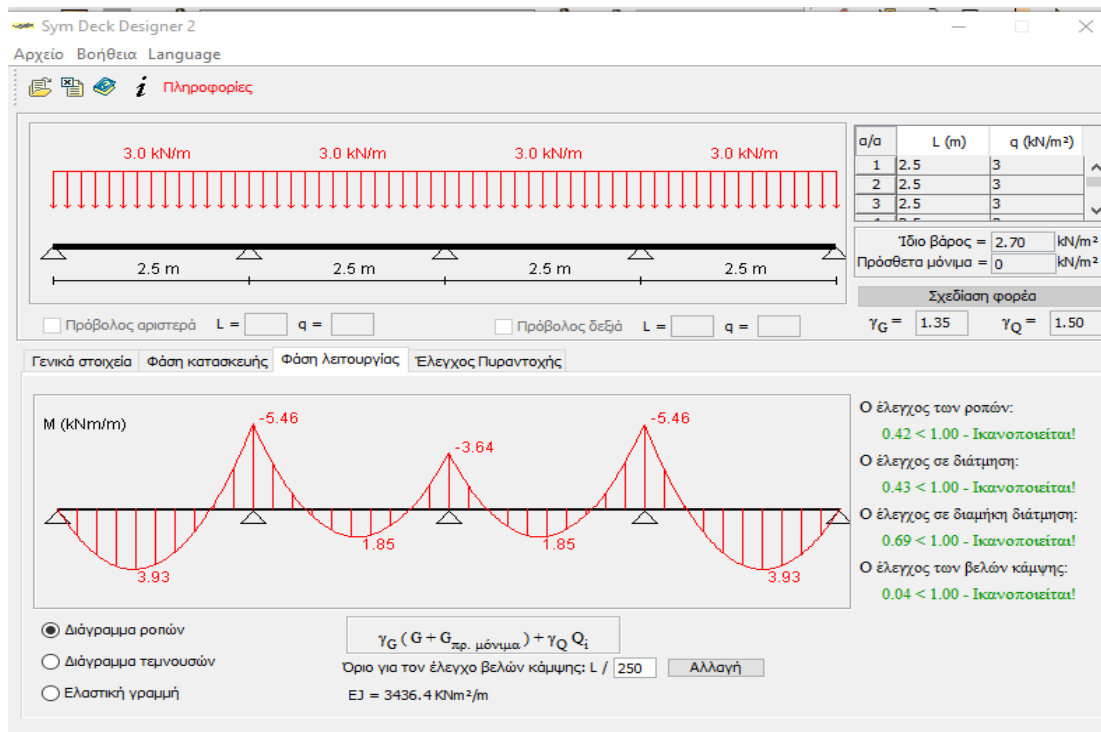
V_{v,Rd} Τέμνουσα αντοχής σύμμικτης διατομής

V_{l,Rd} Αντοχή σε διαμήκη διάτμηση σύμμικτης διατομής



Σχήμα 3.27 Περιβάλλουσες διαγραμμάτων ροπών στη φάση κατασκευής

Στα δεξιά βλέπουμε αν ικανοποιούνται ή όχι οι έλεγχοι των ροπών και των βελών κάμψης καθώς επίσης και τους συντελεστές εκμετάλλευσης της διατομής για τον κάθε έλεγχο. Η εναλλαγή των διαγραμμάτων γίνεται από τα κουμπιά κάτω και αριστερά. Όταν ο έλεγχος δεν ικανοποιείται εμφανίζονται στο διάγραμμα οι μαύρες οριζόντιες γραμμές οι οποίες δείχνουν τις τιμές αντοχής της διατομής. Στο πεδίο «Συνδυασμός φόρτισης» μπορούμε να δούμε τον συνδυασμό με τον οποίο έγινε η κάθε επίλυση.

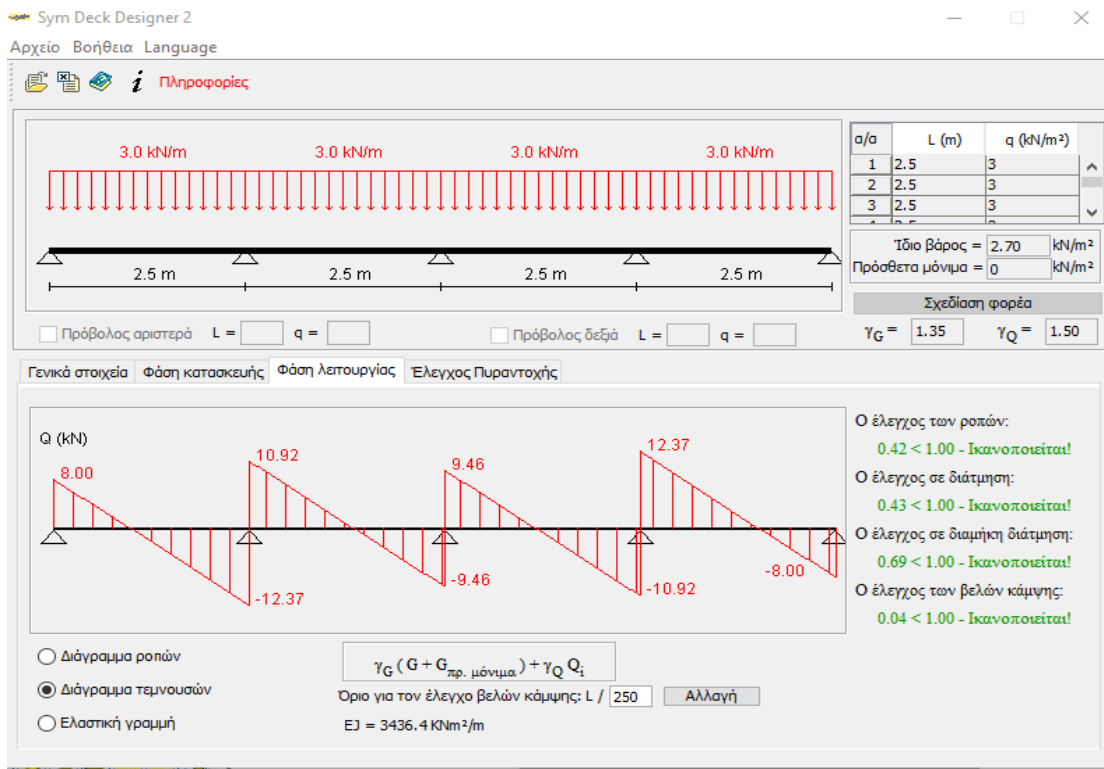


Σχήμα 3.28 Διάγραμμα ροπών στη φάση λειτουργίας

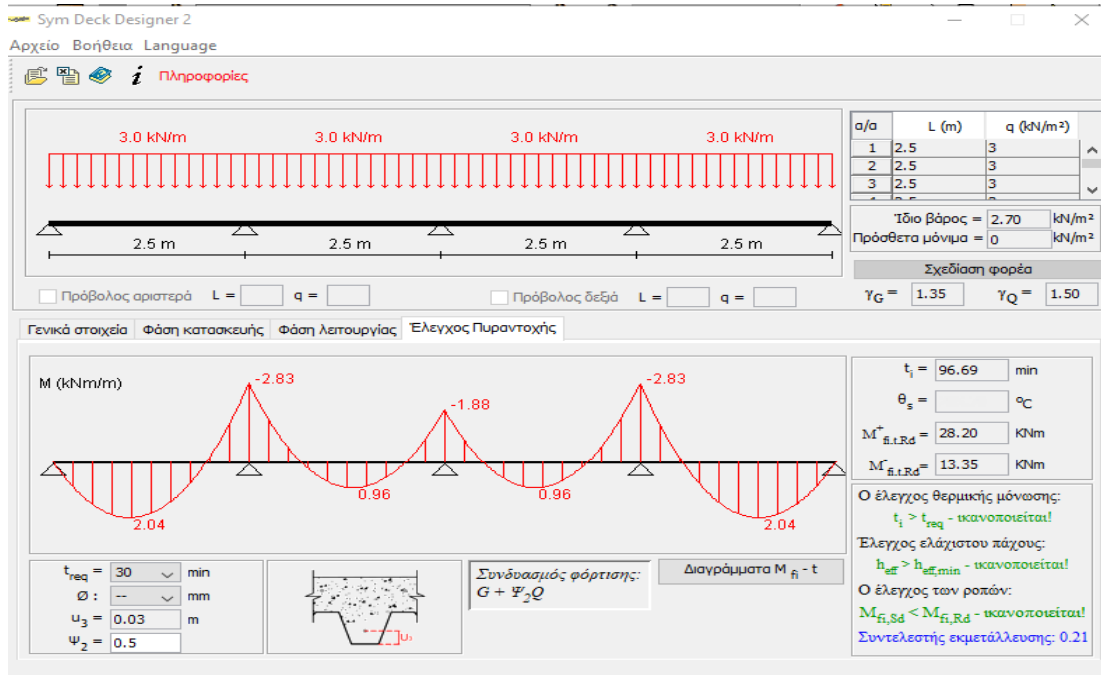
3.3.1 Έλεγχος στη φάση λειτουργίας

Στην φάση λειτουργίας το στατικό σύστημα του φορέα θεωρείται αυτό που προκύπτει μετά την απομάκρυνση των τυχόν ενδιάμεσων υποστυλώσεων. Τα φορτία που δρουν σε αυτή τη φάση επί της σύμμικτης πλάκας είναι τα ίδιο βάρος G καθώς και ωφέλιμο κινητό φορτίο Q . Για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών του σύμμικτου φορέα λόγω των παραπάνω δράσεων, θεωρείται η επιβολή του ωφέλιμου φορτίου Q σε όλη την επιφάνεια του φορέα. Διενεργούνται δύο έλεγχοι: Έλεγχος οριακής κατάστασης λειτουργικότητας.

Γίνεται με βάση την φόρτιση $1.35G + 1.50Q$ από την οποία προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη E_{sd} (αντοχή σε θετικές ροπές M_{sd}^+ , αντοχής σε αρνητικές ροπές M_{sd}^- , αντοχής σε κατακόρυφη διάτμηση $V_{sd,v}$, αντοχή σε διαμήκη διάτμηση $V_{sd,l}$) ενώ με την φόρτιση $G + Q$ προκύπτει η ελαστική γραμμή του φορέα. Έλεγχος οριακής κατάστασης λειτουργικότητας γίνεται με βάση την φόρτιση $1.00G + 1.00Q$ με βάση την οποία υπολογίζεται η ελαστική γραμμή του φορέα.



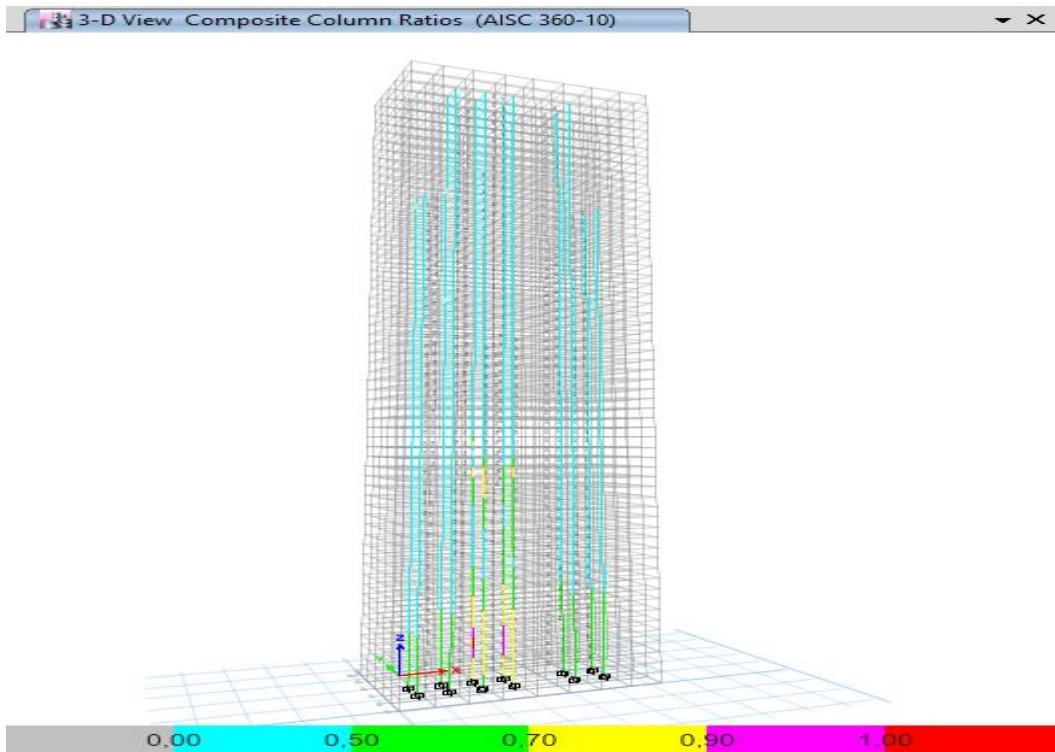
Σχήμα 3.29 Διάγραμμα τεμνουσών στη φάση λειτουργίας



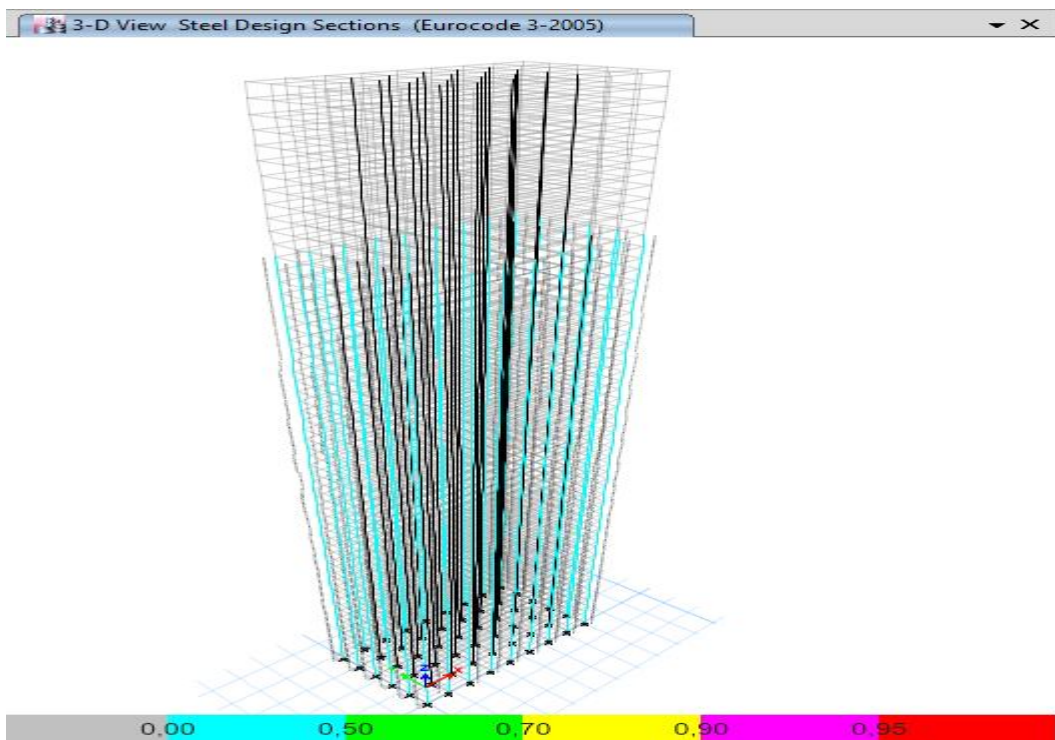
Σχήμα 3.30 Διάγραμμα ροπών για έλεγχο πυραντοχής

Στην καρτέλα έλεγχος πυραντοχής (Σχήμα 12), ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει το χρονικό όριο για το οποίο θα ελεγχθεί η διατομή (t_{req}), καθώς επίσης να εισάγει οπλισμό (\varnothing) στην κάτω παρειά ώστε να αυξήσει την αντοχή της διατομής σε θετική ροπή, κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς ($M^+_{fi,Rd}$). Ο συντελεστής u_3 είναι η απόσταση του οπλισμού από την κάτω παρειά. Το πεδίο εισαγωγής του u_3 ενεργοποιείται μόνο όταν έχει επιλεγεί κάποιος οπλισμός. Ο χρήστης έχει επίσης την δυνατότητα να αλλάξει τον συντελεστή Ψ_2 , ο οποίος ορίζεται στον Ευρωκώδικα 1 ανάλογα με τη χρήση

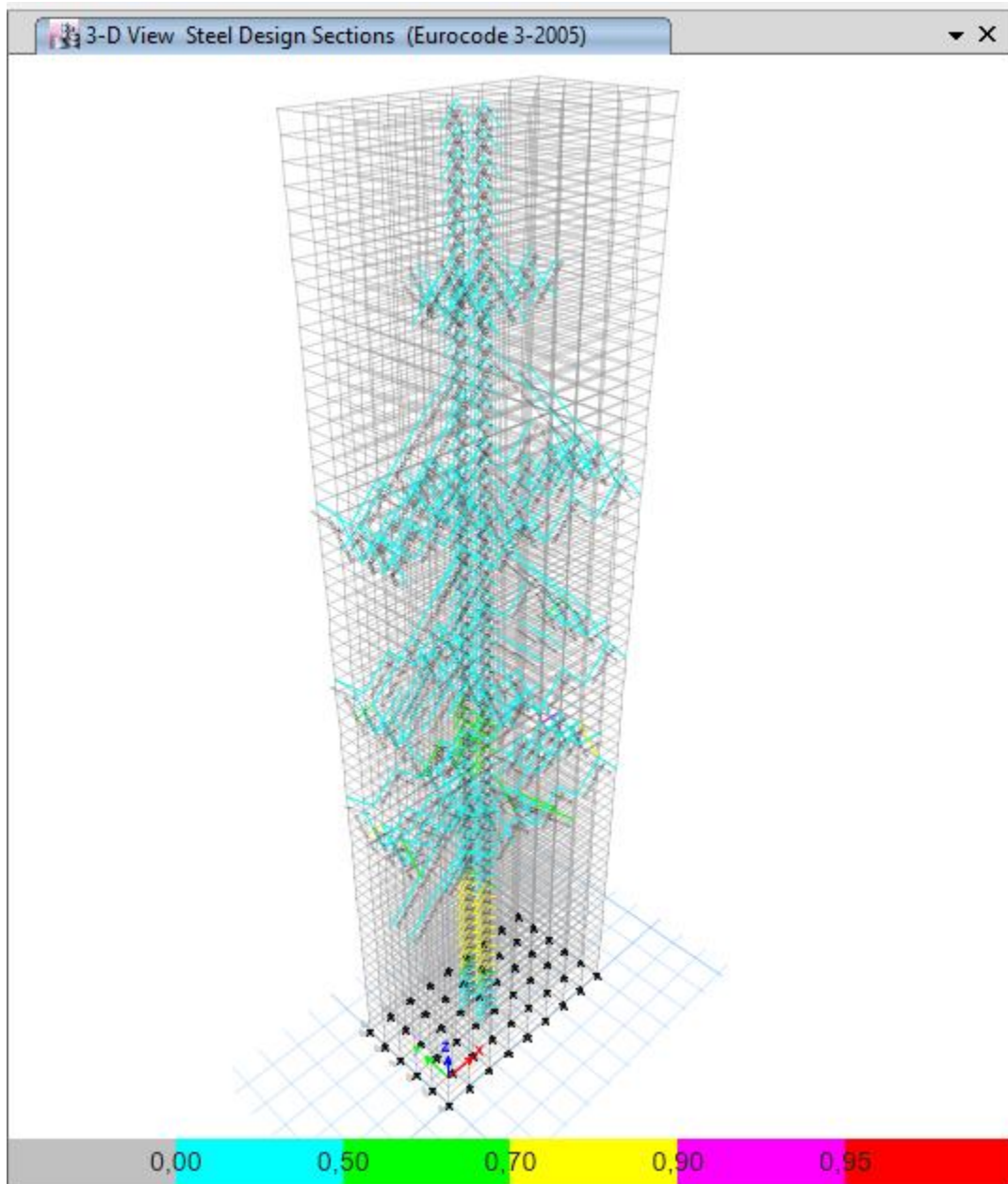
3.4 Απόδοση διατομών του φορέα



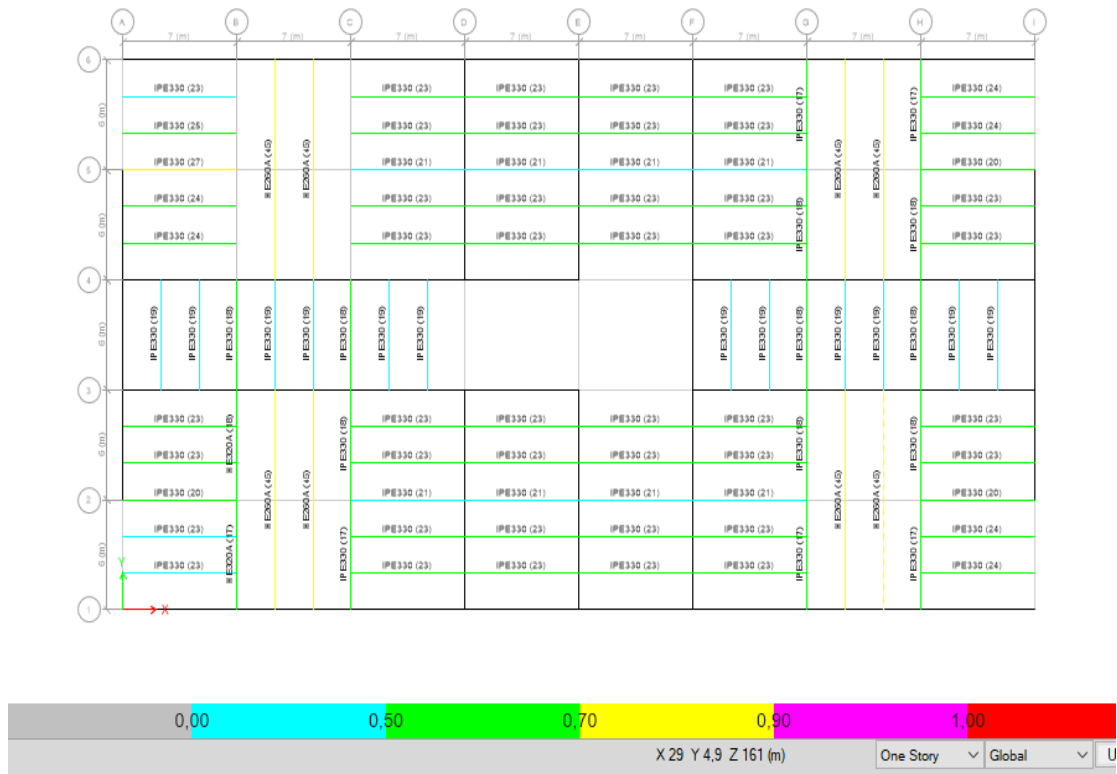
Σχήμα 3.31 Λόγος αντοχής σύμμικτων υποστυλωμάτων



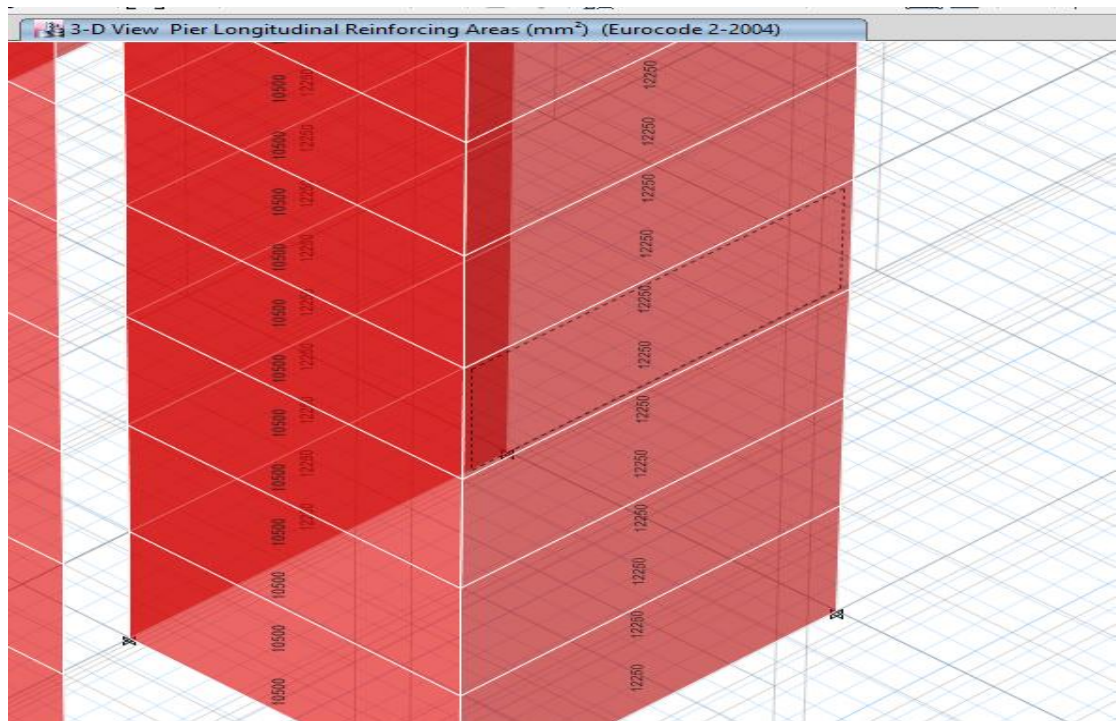
Σχήμα 3.32 Λόγος αντοχής μεταλλικών υποστυλωμάτων



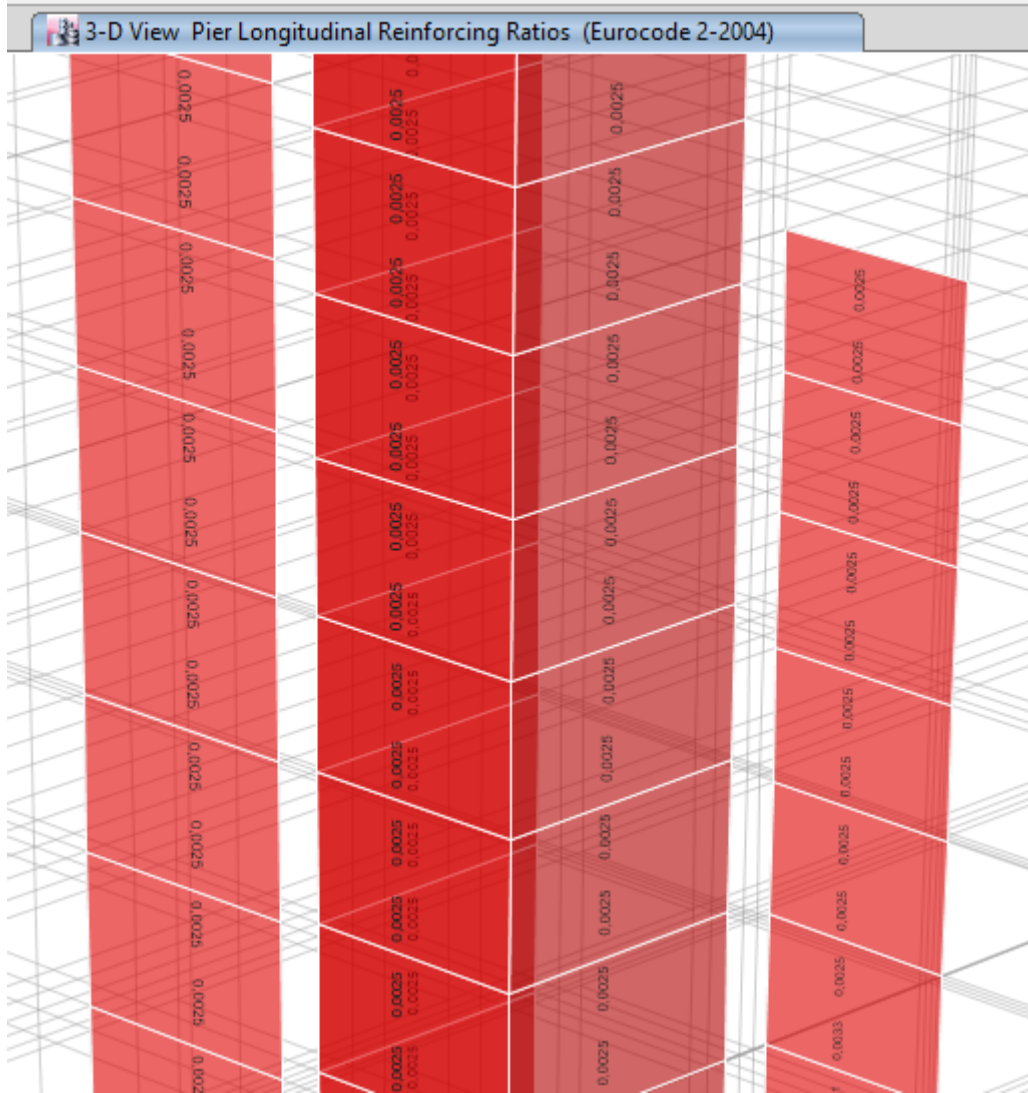
Σχήμα 3.33 Λόγος αντοχής διαγώνιων συνδέσμων δυσκαμψίας



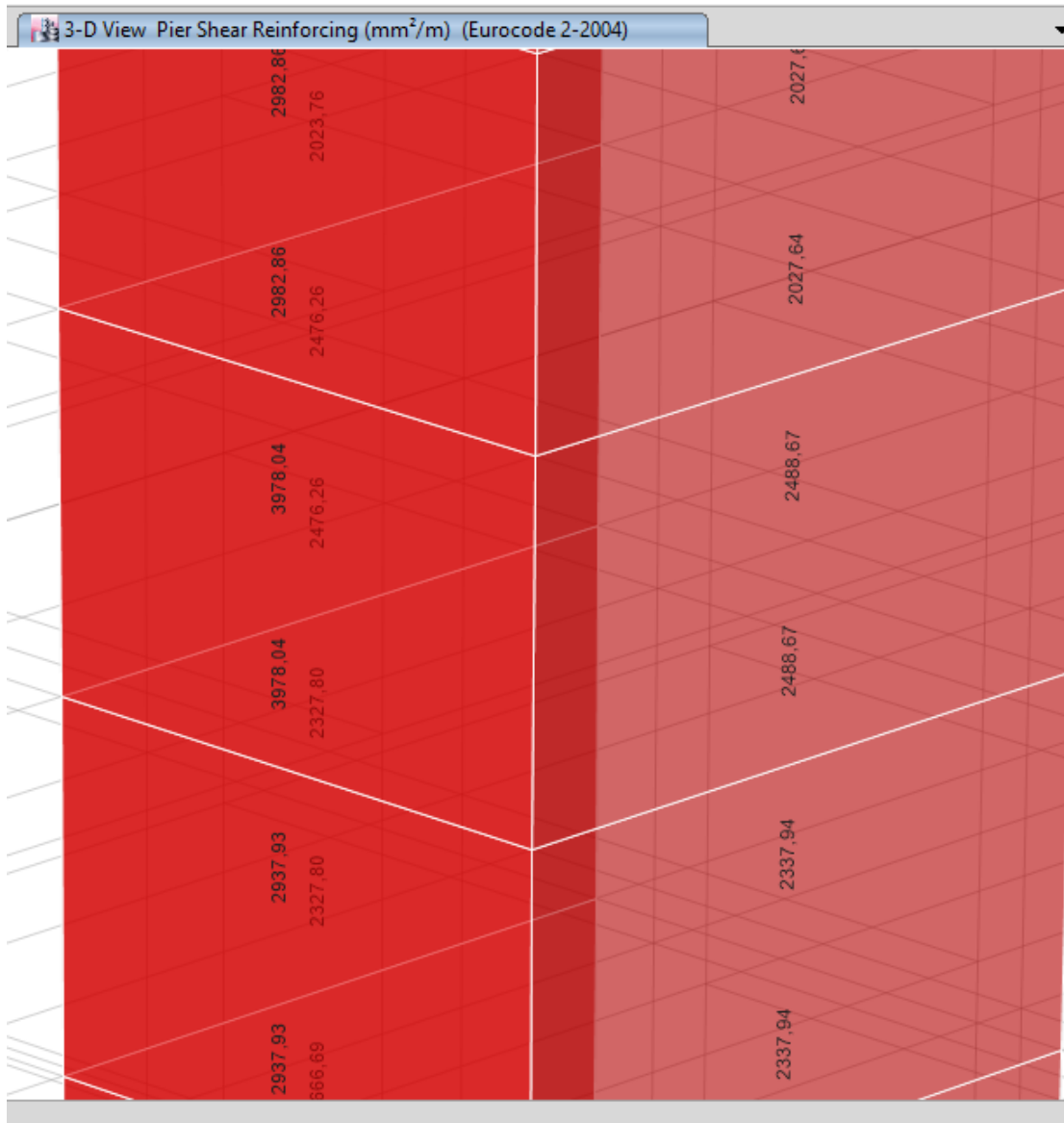
Σχήμα 3.34 Λόγος αντοχής σύμμικτων δοκών



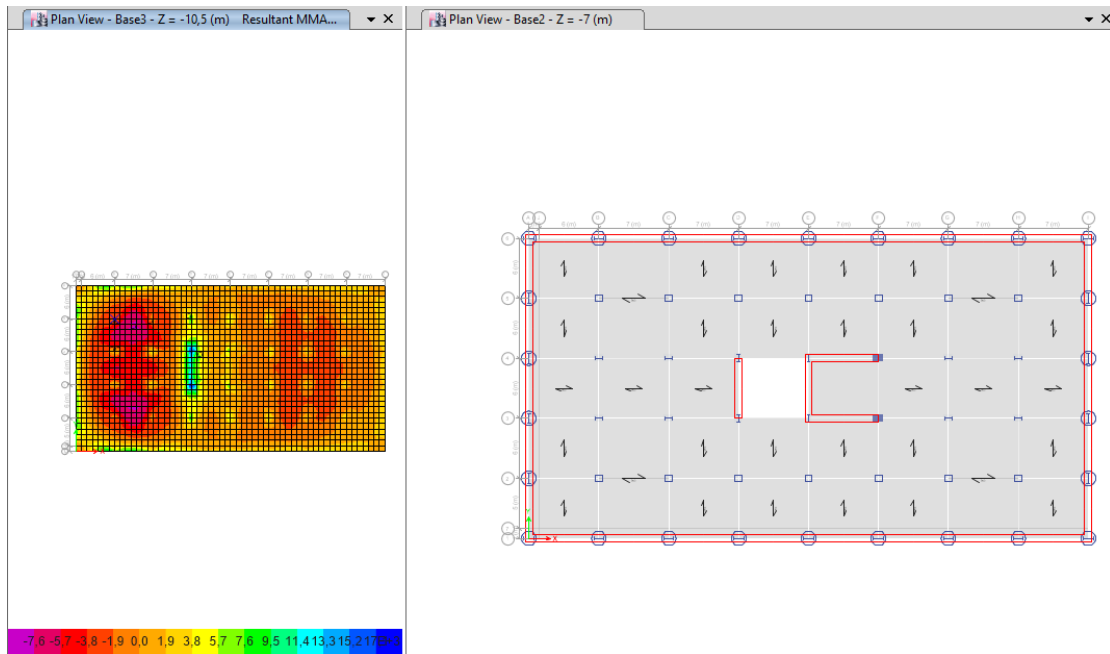
Σχήμα 3.35 Απαιτούμενος κατακόρυφος οπλισμός τοιχείου.



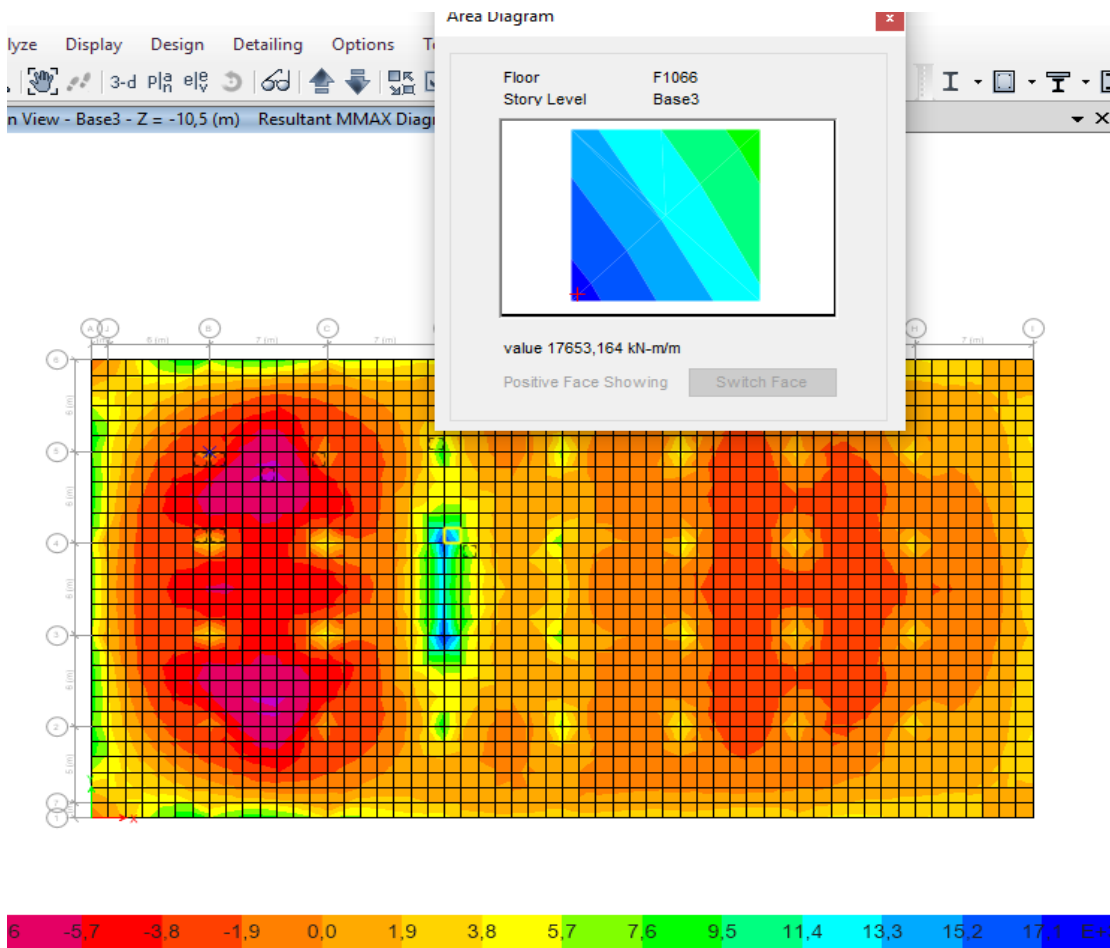
Σχήμα 3.36 Ποσοστό κατακόρυφου σπλισμού τοιχείου.



Σχήμα 3.37 Απαιτούμενος οπλισμός διάτμησης τοιχείου.



Σχήμα 3.38 Πλάκα κοιτόστρωσης πάχους 2m.



Σχήμα 3.39 Ροπές κάμψης πλάκας κοιτόστρωσης πάχους 2m. Οι μεγαλύτερες ροπές κάμψης βρίσκονται την περιοχή του ανεγκυστήρα και είναι θετικές

$$M_{max} = 17654 \text{ KNm}$$

3.5 Ενδεικτικοί αναλυτικοί υπολογισμοί από Etabs

Story: Story47

Beam B97

Length: 7 m Trib. Area: 14 m²

Location: X= 3,5 m Y= 28 m

23 20 mm \varnothing studs

S355

IPE330

Shored

Composite Deck Properties

| | Deck | Cover (mm) | w _c (kN/m ³) | f _{ck} (MPa) | Ribs | b _{eff} (mm) | E _{cm} (S) (MPa) | E _{cm} (D) (MPa) | E _{cm} (V) (MPa) |
|----------------------|-------|---------------|--|--------------------------|------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| At Left, at Right | Deck2 | 90 | 24,9926 | 45 | ⊥ | 875 | 36000 | 36000 | 48600 |

Loading (DCmpS2 combo)

| | Constr. | Dead | SDL | Live NR | Factored |
|-----------------------------|---------|-------|-------|---------|----------|
| Line Load (kN/m) 0 m→7 m | 0,000 | 6,815 | 0,000 | 4,430 | 15,845 |

End Reactions

| | Constr. | Dead | SDL | Live NR | Combo | Factored |
|----------------------|---------|---------|--------|---------|------------|----------|
| I end, J end (kN) | 0,0000 | 23,8527 | 0,0000 | 15,5050 | 1,35G+1,5Q | 55,4587 |

Strength Checks

| | Combo | E _d | R _d | Ratio | Pass |
|-------------------------|--------|----------------|----------------|-------|------|
| Shear at Ends (kN) | DCmpS2 | 55,4587 | 413,5053 | 0,134 | ✓ |
| Positive Bending (kN-m) | DCmpS2 | 97,0527 | 285,4200 | 0,340 | ✓ |

Constructability and Serviceability Checks

| | Actual | Allowable | Ratio | Pass |
|---|----------|-----------|-------|------|
| Dead Load Defl. (mm) | 8,6 | No Limit | N/A | N/A |
| SDL + LL Defl. (mm) | 5,6 | 29,2 | 0,191 | ✓ |
| Live Load Defl. (mm) | 5,6 | 19,4 | 0,287 | ✓ |
| Total Defl. (mm) | 14,2 | 29,2 | 0,486 | ✓ |
| Walking Acceleration a_p/g ($\beta = 0,03 P_o = 289$) | 0,000674 | 0,005 | 0,135 | ✓ |

Section Properties

| | PNA (mm) | I (cm ⁴) | M _{Rd} (kN-m) |
|------------------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| Steel fully braced | 165 | 11770 | 285,42 |
| Vibrations Check ($E_c = 48600$) | 69,7 | 54255,3 | N/A |

Vibration Frequency Parameters

| Element | L (m) | I _{eff} (cm ⁴) | D (cm ⁴ -m) | B (m) | W (kN) | Δ (mm) | f _n (Hz) |
|---------|----------|--|---------------------------|------------|------------------|------------------|------------------------|
| Slab | | 9261,4 | 9261,4/2 | | | | |
| Beam | 7 m | 54255,3 | 54255,3/2 | 2*4,4994 | 1,5*244,807 3 | 2,1 mm | 12,231 |
| Girder | 6 m | 93884,5 | 93884,5/7 | 1,8*7,1553 | 1*311,4191 | 0,7 mm | 20,829 |
| Panel | | | | | 356,7822 | 2,9 mm | 10,547 |

ETABS 2016 Shear Wall Design

Eurocode 2-2004 Pier Design

Pier Details

| Story ID | Pier ID | Centroid X mm | Centroid Y mm | Length mm | Thickness mm | Height _{major} mm | Height _{minor} mm | LLRF |
|----------|---------|------------------|------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------|
| Story2 | P6 | 31500 | 12000 | 7000 | 700 | 3500 | 3500 | 0,4 |

Material Properties

| E _c (MPa) | f _{ck} (MPa) | Lt.Wt Factor (Unitless) | f _{yk} (MPa) | f _{ywk} (MPa) |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| 36000 | C45/55 (45) | C45/55 (1) | Rebar (500) | Rebar (500) |

Design Code Parameters

| Y _c | Y _s | α _{cc} | α _{LCC} | IP _{MAX} | IP _{MIN} | P _{MAX} |
|----------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1,5 | 1,15 | 1 | 0,85 | 0,04 | 0,0025 | 0,8 |

Pier Leg Location, Length and Thickness

| Station Location | ID | Left X ₁ mm | Left Y ₁ mm | Right X ₂ mm | Right Y ₂ mm | Length mm | Thickness mm |
|------------------|-------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|-----------------|
| Top | Leg 1 | 28000 | 12000 | 35000 | 12000 | 7000 | 700 |
| Bottom | Leg 1 | 28000 | 12000 | 35000 | 12000 | 7000 | 700 |

Flexural Design for N_{Ed}, M_{Ed2} and M_{Ed3}

| Station Location | Required Rebar Area (mm ²) | Required Reinf Ratio | Current Reinf Ratio | Flexural Combo | N _{Ed} kN | M _{Ed2} kN-m | M _{Ed3} kN-m | Pier A _g mm ² |
|------------------|--|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Top | 12250 | 0,0025 | 0,0025 | 1,35G-1,5WY-1,05LL | 36374,9895 | -893,4144 | -8487,4976 | 4900000 |
| Bottom | 12250 | 0,0025 | 0,0025 | 1,35G-1,5WY-1,05LL | 36953,6311 | -928,254 | -8622,5139 | 4900000 |

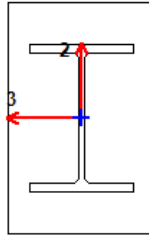
Shear Design

| Station Location | ID | Rebar mm ² /m | Shear Combo | N _{Ed} kN | V _{Ed} kN | V _{Rc} kN | V _{Rd} kN |
|------------------|-------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Top | Leg 1 | 3141,71 | G+0,3Q+EX+0,3EY | 8195,7519 | 6884,444 | 2176,7182 | 6884,444 |
| Bottom | Leg 1 | 3141,71 | G+0,3Q+EX+0,3EY | 8624,3753 | 6884,444 | 2228,153 | 6884,444 |

Boundary Element Check

| Station Location | ID | Edge Length (mm) | Governing Combo | N _{Ed} kN | M _{Ed} kN-m | Normalized Comp. Stress | Normalized Stress Limit | C Depth mm |
|------------------|-------|------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Top-Left | Leg 1 | 1050 | G+0,3Q+EY+0,3EX | 24936,5258 | -3719,8077 | 0,191 | 0,15 | 1642,9 |
| Top-Right | Leg 1 | 1050 | G+0,3Q+EY+0,3EX | 24936,5258 | 5961,0586 | 0,204 | 0,15 | 1642,9 |
| Bottom-Left | Leg 1 | 1050 | G+0,3Q+EY+0,3EX | 25365,1492 | -5470,0473 | 0,204 | 0,15 | 1666,5 |
| Bottom-Right | Leg 1 | 1050 | G+0,3Q+EY+0,3EX | 25365,1492 | 6330,5715 | 0,209 | 0,15 | 1666,5 |

ETABS 2016 Encased Composite Column Design



Element Details

| Level | Element | Unique Name | Location (mm) | Combo | Section | Classification |
|--------|---------|-------------|---------------|--------------------|----------|----------------|
| Story2 | C29 | 2025 | 0 | 1,35G+1,5LL-0,75WX | SYMMIKTI | Class 2 |

LLRF and Demand/Capacity Ratio

| L (mm) | LLRF | Stress Ratio Limit |
|--------|------|--------------------|
| 3500,0 | 0,4 | 0,95 |

Analysis and Design Parameters

| Provision | Analysis | 2nd Order | Reduction |
|-----------|-----------------|-------------------|-------------|
| LRFD | Direct Analysis | General 2nd Order | Tau-b Fixed |

Stiffness Reduction Factors

| $\alpha P_r / P_y$ | $\alpha P_r / P_e$ | τ_b | EA factor | EI factor |
|--------------------|--------------------|----------|-----------|-----------|
| 0,328 | 0,016 | 1 | 0,8 | 0,8 |

Design Code Parameters

| Φ_b | Φ_c | Φ_{TY} | Φ_{TF} | Φ_V | Φ_{V-RI} | Φ_{VT} |
|----------|----------|-------------|-------------|----------|---------------|-------------|
| 1 | 0,75 | 0,9 | 0,75 | 0,9 | 1 | 1 |

Section Properties

| A (cm ²) | J (cm ⁴) | I ₃₃ (cm ⁴) | I ₂₂ (cm ⁴) | A _{v3} (cm ²) | A _{v2} (cm ²) |
|----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1811,9 | 2231056,4 | 1747569,4 | 608195,2 | 1529,9 | 1290,8 |

Design Properties of Embedded Steel Section

| b _f (mm) | h (mm) | t _f (mm) | t _w (mm) | A (cm ²) | I ₃₃ (cm ⁴) | I ₂₂ (cm ⁴) | Z ₃₃ (cm ³) | Z ₂₂ (cm ³) |
|---------------------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 500 | 700 | 40 | 30 | 593,7 | 502756,2 | 83511,4 | 16315,1 | 5156,1 |

Design Properties of Reinforcement and Concrete Section

| b (mm) | h (mm) | A _g (cm ²) | A _c (cm ²) | A _{sr} (cm ²) | A _{sr(maj)} (cm ²) | A _{sr(min)} (cm ²) | I _{sr(maj)} (cm ⁴) | I _{sr(min)} (cm ⁴) |
|--------|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|
| 1100 | 700 | 7700 | 6884,7 | 221,7 | 0 | 0 | 335791,8 | 113330,6 |

Material Properties

| E _c (MPa) | E _s (MPa) | E _r (MPa) | f' _c (MPa) | F _y (MPa) | f _{y,rebar} (MPa) |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|
| 36000 | 210000 | 210000 | 45 | 355 | 500 |

Demand/Capacity (D/C) Ratio

| | |
|--------------------|---|
| D/C Ratio = | $(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$ |
| 0,539 = | 0,501 + 0,038 + 4,027E-04 |

Stress Check forces and Moments

| Location (mm) | P_u (kN) | M_{u33} (kN-m) | M_{u22} (kN-m) | V_{u2} (kN) | V_{u3} (kN) | T_u (kN-m) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 0 | -21073,2274 | -613,5886 | 3,1467 | -154,2523 | 2,8566 | 0 |

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

| | L Factor | K₁ | K₂ | B₁ | B₂ | C_m |
|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Major Bending | 0,874 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,683 |
| Minor Bending | 0,874 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,373 |

Parameters for Lateral Torsion Buckling

| L_{ltb} | K_{ltb} | C_b |
|------------------------|------------------------|----------------------|
| 0,874 | 0 | 1,461 |

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)

| P_u Force (kN) | φP_{nc} Capacity (kN) | φP_{nt} Capacity (kN) |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 21073,2274 | 42097,3189 | 28943,1307 |

Moments and Capacities

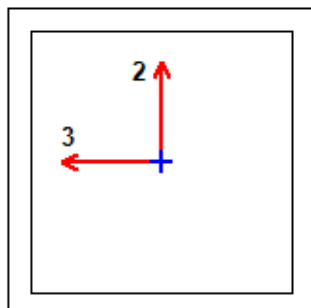
| | M_u Moment (kN-m) | φM_n Capacity (kN-m) | φM_n No L_{TBD} (kN-m) |
|---------------|------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Major Bending | 613,5886 | 14536,3663 | 14536,3663 |
| Minor Bending | 3,1467 | 6945,7688 | |

Shear Design

| | V_u Force (kN) | φV_n Capacity (kN) |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Major Shear | 154,2523 | 4025,7 |
| Minor Shear | 2,8566 | 7668 |

ETABS 2016 Steel Frame Design

Eurocode 3-2005 Steel Section Check (Strength Summary)



Element Details (Part 1 of 2)

| Level | Element | Unique Name | Length (mm) | Location (mm) | Combo | Design Type |
|--------|---------|-------------|-------------|---------------|--------------------|-------------|
| Story3 | C1 | 58 | 3500 | 0 | 1,35G+1,5WY+1,05LL | Column |

Element Details (Part 2 of 2)

| Element Type | Section | Classification | Rolled |
|--------------|------------|----------------|--------|
| DCM MRF | 800X800X60 | Class 1 | No |

Design Parameters

| National Annex | Combination Equation | Analysis Type | Reliability |
|----------------|----------------------|--------------------|-------------|
| CEN Default | Eq. 6.10 | Method 2 (Annex B) | Class 2 |

Design Code Parameters

| γ_{M0} | γ_{M1} | γ_{M2} | A_n / A_g | LLRF | PLLF | Stress ratio Limit |
|---------------|---------------|---------------|-------------|------|------|--------------------|
| 1 | 1 | 1,25 | 1 | 0,4 | 0,75 | 0,95 |

Section Properties

| A (cm ²) | I _{yy} (cm ⁴) | i _{yy} (mm) | W _{el,yy} (cm ³) | A _{v,y} (cm ²) | W _{pl,yy} (cm ³) | I _{yz} (cm ⁴) | I _t (cm ⁴) |
|----------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1776 | 1631552 | 303,1 | 40788,8 | 979,2 | 49392 | 0 | 2431344 |

| I _{zz} (cm ⁴) | i _{zz} (mm) | W _{el,zz} (cm ³) | A _{v,z} (cm ²) | W _{pl,zz} (cm ³) | I _w (cm ⁶) | h (mm) |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| 1631552 | 303,1 | 40788,8 | 960 | 49392 | | 800 |

| A _{eff} (cm ²) | e _{Ny} (mm) | e _{Nz} (mm) | W _{ef,yy} (cm ³) | W _{ef,zz} (cm ³) |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1776 | 0 | 0 | 40788,8 | 40788,8 |

Material Properties

| E (MPa) | f _y (MPa) | f _u (MPa) |
|---------|----------------------|----------------------|
| 210000 | 355 | 510 |

Stress Check Forces and Moments

| Location (mm) | N _{Ed} (kN) | M _{Ed,yy} (kN-m) | M _{Ed,zz} (kN-m) | V _{Ed,z} (kN) | V _{Ed,y} (kN) | T _{Ed} (kN-m) |
|---------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|---------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

| Location (mm) | N _{Ed} (kN) | M _{Ed,yy} (kN-m) | M _{Ed,zz} (kN-m) | V _{Ed,z} (kN) | V _{Ed,y} (kN) | T _{Ed} (kN-m) |
|---------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | -43891,7054 | -89,7652 | 1171,3118 | -18,3827 | 288,8378 | 11,7868 |

Demand/Capacity (D/C) Ratio 6.3.3(4)-6.62

$$\text{D/C Ratio} = N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} [M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1})] + k_{zz} [M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})]$$

$$0,741 = 0,696 + 0,002 + 0,043$$

Basic Factors

| Buckling Mode | K Factor | L Factor | L Length (mm) | L _{cr} / i |
|---------------|----------|----------|---------------|---------------------|
| Major (y-y) | 1 | 0,874 | 3060 | 10,096 |
| Major Braced | 0,996 | 0,874 | 3060 | 10,056 |
| Minor (z-z) | 1 | 0,874 | 3060 | 10,096 |
| Minor Braced | 1 | 0,874 | 3060 | 10,096 |
| LTB | 1 | 0,874 | 3060 | 10,096 |

Axial Force Design

| | N _{Ed} Force kN | N _{c,Rd} Capacity kN | N _{t,Rd} Capacity kN | N _{b,yy,Rd} Major kN | N _{b,zz,Rd} Minor kN |
|-------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Axial | -43891,7054 | 63048 | 63048 | 63048 | 63048 |

| N _{pl,Rd} kN | N _{u,Rd} kN | N _{cr,T} kN | N _{cr,TF} kN | A _n / A _g Unitless |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| 63048 | 65214,72 | 10688196 | 3611412,5849 | 1 |

Design Parameters for Axial Design

| | Curve | α | N _{cr} (kN) | λ | Φ | χ | N _{bd,Rd} (kN) |
|--------------|-------|------|----------------------|-------|-------|---|-------------------------|
| Major (y-y) | c | 0,49 | 3611412,5849 | 0,132 | 0,492 | 1 | 63048 |
| MajorB (y-y) | c | 0,49 | 3639940,3707 | 0,132 | 0,492 | 1 | 63048 |
| Minor (z-z) | c | 0,49 | 3611412,5849 | 0,132 | 0,492 | 1 | 63048 |
| MinorB (z-z) | c | 0,49 | 3611412,5849 | 0,132 | 0,492 | 1 | 63048 |
| Torsional TF | c | 0,49 | 3611412,5849 | 0,132 | 0,492 | 1 | 63048 |

Moment Designs

| | M _{Ed} Moment kN-m | M _{Ed,span} Moment kN-m | M _{c,Rd} Capacity kN-m | M _{v,Rd} kN-m | M _{n,Rd} kN-m | M _{b,Rd} Capacity kN-m |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Major (y-y) | -89,7652 | -89,7652 | 17534,16 | 17534,16 | 6916,4306 | 17534,16 |
| Minor (z-z) | 1171,3118 | 1171,3118 | 17534,16 | 17534,16 | 6916,4306 | |

Moment Designs

| | Section | Flange | Web | ε (Unitless) | α (Unitless) | ψ (Unitless) |
|-------------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|
| Compactness | Class 1 | Class 1 | Class 1 | 0,814 | 1 | 0,392 |

| | Curve | α _{LT} | λ _{LT} | Φ _{LT} | χ _{LT} | C ₁ | M _{cr} (kN-m) |
|-----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------------|
| LTB | d | 0,76 | 0,068 | 0,452 | 1 | 1,432 | 3813074,2185 |

| | C _{my} | C _{mz} | C _{mLT} | k _{yy} | k _{yz} | k _{zy} | k _{zz} |
|---------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Factors | 0,749 | 0,678 | 0,749 | 0,713 | 0,387 | 0,428 | 0,646 |

Shear Design

| | V _{Ed} Force (kN) | V _{c,Rd} Capacity (kN) | T _{Ed} / Torsion (kN-m) | Stress Ratio | Status Check |
|--|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|
|--|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|

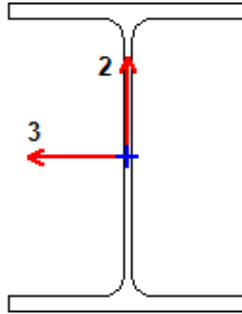
| | V_{Ed} Force (kN) | V_{c,Rd} Capacity (kN) | T_{Ed} /Torsion (kN-m) | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Major (z) | 18,3827 | 20069,6098 | 11,7868 | 0,001 | OK |
| Minor (y) | 288,8378 | 19676,088 | 11,7868 | 0,015 | OK |

Shear Design

| | V_{pl,Rd} (kN) | η (Unitless) | λ_w (Unitless) |
|-----------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Reduction | 20069,6098 | 1,2 | 0,161 |

ETABS 2016 Steel Frame Design

Eurocode 3-2005 Steel Section Check (Strength Summary)



Element Details (Part 1 of 2)

| Level | Element | Unique Name | Length (mm) | Location (mm) | Combo | Design Type | Element Type |
|--------|---------|-------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|--------------|
| Story4 | D2 | 13169 | 4949,7 | 0 | G+0,3Q+EX+0,3EY | Brace | DCM MRF |

Element Details (Part 2 of 2)

| Section | Classification | Rolled |
|---------|----------------|--------|
| HE400A | Class 2 | Yes |

Design Parameters

| National Annex | Combination Equation | Analysis Type | Reliability |
|----------------|----------------------|--------------------|-------------|
| CEN Default | Eq. 6.10 | Method 2 (Annex B) | Class 2 |

Seismic Parameters

| MultiResponse | P-Δ Done? | Ignore Seismic Code? | Ignore Special EQ Load? | D/P Plug Welded? |
|---------------|-----------|----------------------|-------------------------|------------------|
| Envelopes | Yes | No | No | Yes |

Design Code Parameters

| γ_{M0} | γ_{M1} | γ_{M2} | A_n / A_g | LLRF | PLLF | Stress ratio Limit |
|---------------|---------------|---------------|-------------|------|------|--------------------|
| 1 | 1 | 1,25 | 1 | 1 | 0,75 | 0,95 |

Design Code Parameters

| q | Ω | γ_{ov} |
|-----|----------|---------------|
| 1,5 | 1 | 1,1 |

Section Properties

| A (cm ²) | I_{yy} (cm ⁴) | i_{yy} (mm) | $W_{el,yy}$ (cm ³) | $A_{v,y}$ (cm ²) | $W_{pl,yy}$ (cm ³) | I_{yz} (cm ⁴) | I_t (cm ⁴) |
|----------------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 159 | 45070 | 168,4 | 2311,3 | 57,4 | 2562 | 0 | 193 |

| I_{zz} (cm ⁴) | i_{zz} (mm) | $W_{el,zz}$ (cm ³) | $A_{v,z}$ (cm ²) | $W_{pl,zz}$ (cm ³) | I_w (cm ⁶) | h (mm) |
|-----------------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------|
| 8564 | 73,4 | 570,9 | 120,3 | 873 | 2942076,4 | 390 |

| A_{eff} (cm ²) | e_{Ny} (mm) | e_{Nz} (mm) | $W_{ef,yy}$ (cm ³) | $W_{ef,zz}$ (cm ³) |
|------------------------------|---------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 159 | 0 | 0 | 2311,3 | 570,9 |

Material Properties

| E (MPa) | f _y (MPa) | f _u (MPa) |
|---------|----------------------|----------------------|
| 210000 | 355 | 510 |

Stress Check Forces and Moments

| Location (mm) | N _{Ed} (kN) | M _{Ed,yy} (kN-m) | M _{Ed,zz} (kN-m) | V _{Ed,z} (kN) | V _{Ed,y} (kN) | T _{Ed} (kN-m) |
|---------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | -2773,4831 | 0 | 0 | -2,1923 | -0,0002 | 0 |

Demand/Capacity (D/C) Ratio 6.3.3(4)-6.62

$$D/C \text{ Ratio} = N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} [M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1})] + k_{zz} [M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})]$$

$$0,734 = 0,731 + 0,003 + 0$$

Basic Factors

| Buckling Mode | K Factor | L Factor | L Length (mm) | L _{cr} / i |
|---------------|----------|----------|---------------|---------------------|
| Major (y-y) | 1 | 1 | 4949,7 | 29,399 |
| Major Braced | 1 | 1 | 4949,7 | 29,399 |
| Minor (z-z) | 1 | 1 | 4949,7 | 67,444 |
| Minor Braced | 1 | 1 | 4949,7 | 67,444 |
| LTB | 1 | 1 | 4949,7 | 67,444 |

Axial Force Design

| | N _{Ed} Force kN | N _{c,Rd} Capacity kN | N _{t,Rd} Capacity kN | N _{b,y,Rd} Major kN | N _{b,z,Rd} Minor kN |
|-------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Axial | -2773,4831 | 5644,5 | 5644,5 | 5400,3887 | 3794,841 |

| N _{pl,Rd} kN | N _{u,Rd} kN | N _{cr,T} kN | N _{cr,TF} kN | A _n / A _g Unitless |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| 5644,5 | 5838,48 | 11999,6905 | 11999,6856 | 1 |

Design Parameters for Axial Design

| | Curve | α | N _{cr} (kN) | λ | Φ | χ | N _{bd,Rd} (kN) |
|--------------|-------|------|----------------------|-------|-------|-------|-------------------------|
| Major (y-y) | a | 0,21 | 38127,6917 | 0,385 | 0,593 | 0,957 | 5400,3887 |
| MajorB (y-y) | a | 0,21 | 38127,6917 | 0,385 | 0,593 | 0,957 | 5400,3887 |
| Minor (z-z) | b | 0,34 | 7244,8536 | 0,883 | 1,006 | 0,672 | 3794,841 |
| MinorB (z-z) | b | 0,34 | 7244,8536 | 0,883 | 1,006 | 0,672 | 3794,841 |
| Torsional TF | b | 0,34 | 11999,6856 | 0,686 | 0,818 | 0,792 | 4468,4233 |

Moment Designs

| | M _{Ed} Moment kN-m | M _{Ed,span} Moment kN-m | M _{c,Rd} Capacity kN-m | M _{v,Rd} kN-m | M _{n,Rd} kN-m | M _{b,Rd} Capacity kN-m |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Major (y-y) | 0 | 2,6503 | 909,51 | 909,51 | 538,8678 | 796,8127 |
| Minor (z-z) | 0 | 0 | 309,915 | 309,915 | 283,7465 | |

Moment Designs

| | Section | Flange | Web | ε (Unitless) | α (Unitless) | ψ (Unitless) |
|-------------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|
| Compactness | Class 2 | Class 1 | Class 2 | 0,814 | 1 | -0,017 |

| | Curve | α _{LT} | λ _{LT} | Φ _{LT} | χ _{LT} | C ₁ | M _{cr} (kN-m) |
|-----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------------|
| LTB | a | 0,21 | 0,635 | 0,748 | 0,876 | 1,316 | 2253,2412 |

| | C_{my} | C_{mz} | C_{mLT} | k_{yy} | k_{yz} | k_{zy} | k_{zz} |
|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| Factors | 0,95 | 1 | 0,95 | 1,04 | 1,111 | 0,908 | 1,852 |

Shear Design

| | V_{Ed} Force (kN) | $V_{c,Rd}$ Capacity (kN) | T_{Ed} /Torsion (kN-m) | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| Major (z) | 2,1923 | 1175,4413 | 0 | 0,002 | OK |
| Minor (y) | 0,0002 | 2465,2499 | 0 | 0 | OK |

Shear Design

| | $V_{pl,Rd}$ (kN) | η (Unitless) | λ_w (Unitless) |
|-----------|------------------|-------------------|------------------------|
| Reduction | 1175,4413 | 1,2 | 0,455 |

End Reaction Axial Forces

| Left End Reaction (kN) | Load Combo | Right End Reaction (kN) | Load Combo |
|------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| -2773,4831 | G+0,3Q+EX+0,3EY | -2769,1996 | G+0,3Q+EX+0,3EY |

4 Συμπεράσματα

Είδαμε ότι ο σχεδιασμός ενός πολύ υψηλού κτιρίου είναι δυνατός στον Ελλαδικό χώρο. Ο άνεμος για μια περιοχή σαν το Ελληνικό με χαμηλό συντελεστή σεισμού είναι περισσότερο κρίσιμος.

Με την παρούσα τεχνολογία και τα γνωστά υλικά είναι ευκολότερο να χτίσουμε ακόμα ψηλότερα και γρηγορότερα.

Το περιβάλλον είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν στην κατασκευή τέτοιων κτιρίων.

Για να χτίσουμε ψηλότερα η βάση του κτιρίου θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ,να εκτείνεται σε μεγάλη επιφάνεια.

Νέα βελτιωμένα στατικά συστήματα και νέα υλικά μπορούν στο μέλλον να μας επιτρέψουν να κατασκευάσουμε και να σχεδιάσουμε ακόμα πιο ψηλά και σταθερά κτίρια.

Βιβλιογραφία και αναφορές

- (1) Ιωάννης Κ. Βάγιας "Σύμμικτες Κατασκευές από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα 3η έκδοση", Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- (2) Ι.Χ. Ερμόπουλος ,Ι.Κ Βάγιας , Ιωαννίδης Γ. "Σιδηρές κατασκευές ",Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- (3) Ι.Χ.Ερμόπουλος, Κ.Ι Βάγιας, Ιωαννίδης Γ. "Σχεδιασμός Δομικών Έργων από Χάλυβα", Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- (4) Ι.Χ.Ερμόπουλος,"Ευρωκώδικας 1,Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών", Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- (5) Ι. Βάγιας, Χ. Γαντές, Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης "Παραδείγματα εφαρμογής σε ειδικά θέματα μεταλλικών κατασκευών.
- (6) Ι.Χ. Ερμόπουλος "Ευρωκώδικας 1, Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών Ερμηνευτικά σχόλια και παραδείγματα εφαρμογής.
- (7) Ευρωκώδικας 1 - Δράσεις σε κτίρια
- (7) Ευρωκώδικας 3 Μέρος 1 - Γενικοί κανόνες για κτίρια.
- (8) Ευρωκώδικας 8, Αντισεισμικός σχεδιασμός, Γενικοί Κανόνες, Σεισμικές Δράσεις Και Κανόνες Για Κτίρια.
- (9) Bungale S Taranath - Structural analysis and design of tall buildings _ steel and composite construction-CRC_Taylor & Francis (2012)
- (10) Hi Sun Choi - Outrigger Design for High-Rise Buildings-Routledge (2017)