

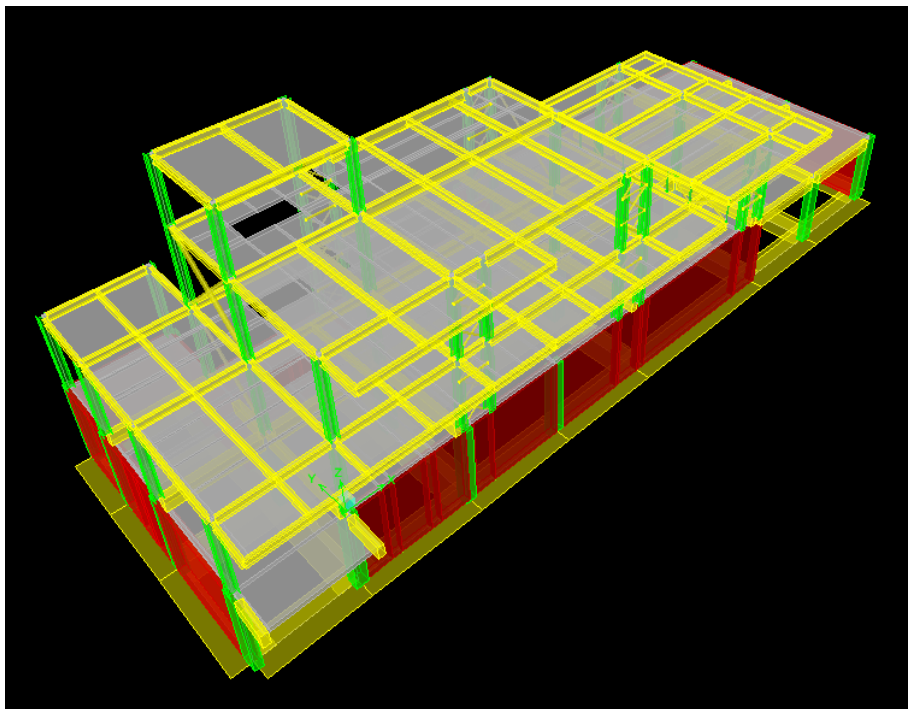


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων στο σχεδιασμό διώροφης κατοικίας με ένα υπόγειο



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τερζίδης Κ. Άγγελος

Επιβλέπων: Βάγιας Ιωάννης

Αθήνα, Δεκέμβριος 2013

ΕΜΚ ΔΕ 2013/85

Τερζίδης Α. Κ. (2013).
Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων στο σχεδιασμό διώροφης κατοικίας με ένα υπόγειο
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2013/85
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Terzidis A. K. (2013).
Comparing alternatives in designing of a two-storey house with one basement level
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2013/85
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Ευχαριστίες	7
1 Γενικά στοιχεία.....	8
1.1 Γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου.....	8
1.2 Υλικά.....	9
1.2.1 Σκυρόδεμα.....	9
1.2.2 Χάλυβας οπλισμών	10
1.2.3 Δομικός χάλυβας.....	10
1.2.4 Διατμητικοί ήλοι κεφαλής.....	10
1.2.5 Κοχλίες.....	10
1.2.6 Χαλυβδόφυλλα συμμείκτων πλακών	11
1.2.7 Ελαστομεταλλικά εφέδρανα	11
2 Δράσεις επί της κατασκευής.....	13
2.1 Μόνιμες δράσεις (DEAD).....	13
2.2 Μεταβλητές δράσεις (LIVE).....	13
2.3 Δράσεις ανέμου (WINDX, WINDY)	13
2.4 Δράσεις χιονιού	14
2.5 Σεισμικές δράσεις (RS)	14
2.6 Συνδυασμοί δράσεων	14
2.6.1 Συντελεστές ψ	14
2.6.2 Οριακή κατάσταση αστοχίας	15
2.6.3 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.....	15
3 Φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	16
3.1 Γενικά.....	16
3.2 Παράμετροι σχεδιασμού	17
3.2.1 Παράμετροι εδάφους θεμελίωσης.....	17
3.2.2 Συντελεστής συμπεριφοράς	17
3.3 Αντισεισμικός έλεγχος	17
3.3.1 Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας	17
3.3.2 Αντισεισμικός αρμός.....	18
3.3.3 Έλεγχος περιορισμού βλαβών.....	19
3.3.4 Επιρροή αποτελεσμάτων 2 ^{ης} τάξεως.....	19
3.3.5 Ικανοτικός έλεγχος.....	20
3.4 Διαστασιολόγηση	22
3.4.1 Πλάκες	22
3.4.2 Δοκοί.....	22
3.4.3 Υποστυλώματα.....	23
3.4.4 Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης	24
3.4.5 Πέλματα πεδילוδοκών	25
3.5 Ευλότυποι και λεπτομέρειες υποστυλωμάτων	25
3.6 Κοστολόγηση	30
4 Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με πλαίσια ροπής και στις δύο διευθύνσεις	32
4.1 Γενικά.....	32
4.2 Παράμετροι σχεδιασμού	33
4.2.1 Έδαφος θεμελίωσης	33

4.2.2	Συντελεστής συμπεριφοράς	33
4.3	Αντισεισμικός έλεγχος	33
4.3.1	Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας.....	33
4.3.2	Αντισεισμικός αρμός.....	34
4.3.3	Έλεγχος περιορισμού βλαβών.....	35
4.3.4	Επιρροή αποτελεσμάτων 2 ^{ας} τάξεως.....	35
4.4	Διαστασιολόγηση	36
4.4.1	Πλάκες.....	36
4.4.2	Δοκοί.....	36
4.4.3	Υποστυλώματα.....	45
4.4.4	Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας.....	50
4.4.5	Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης.....	52
4.4.6	Πέλματα πεδιλοδοκών.....	52
4.5	Συνδέσεις.....	52
4.6	Κοστολόγηση	55
5	Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας.....	59
5.1	Γενικά.....	59
5.2	Παράμετροι σχεδιασμού.....	60
5.2.1	Έδαφος θεμελίωσης.....	60
5.2.2	Συντελεστής συμπεριφοράς.....	60
5.3	Αντισεισμικός έλεγχος.....	60
5.3.1	Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας.....	60
5.3.2	Αντισεισμικός αρμός.....	61
5.3.3	Έλεγχος περιορισμού βλαβών.....	61
5.3.4	Επιρροή αποτελεσμάτων 2 ^{ας} τάξεως.....	62
5.4	Διαστασιολόγηση.....	62
5.4.1	Πλάκες.....	62
5.4.2	Σύνδεσμοι δυσκαμψίας.....	63
5.4.3	Δοκοί.....	66
5.4.4	Υποστυλώματα.....	72
5.4.5	Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας.....	75
5.4.6	Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης.....	76
5.4.7	Πέλματα πεδιλοδοκών.....	76
5.5	Συνδέσεις.....	77
5.5.1	Σύνδεσμοι δυσκαμψίας - Υποστυλώματα.....	77
5.5.2	Δοκοί - Υποστυλώματα.....	78
5.6	Κοστολόγηση.....	79
6	Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με σεισμική μόνωση βάσης από ελαστομεταλλικά εφένδρανα.....	82
6.1	Γενικά.....	82
6.2	Παράμετροι σχεδιασμού.....	83
6.2.1	Έδαφος θεμελίωσης.....	83
6.2.2	Συντελεστής συμπεριφοράς.....	83
6.3	Αντισεισμικός έλεγχος.....	83
6.3.1	Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας.....	83
6.3.2	Αντισεισμικός αρμός.....	84
6.3.3	Έλεγχος περιορισμού βλαβών.....	84
6.3.4	Επιρροή αποτελεσμάτων 2 ^{ας} τάξεως.....	85
6.4	Διαστασιολόγηση.....	85
6.4.1	Πλάκες.....	85
6.4.2	Ελαστομεταλλικά εφένδρανα.....	85
6.4.3	Σύνδεσμοι δυσκαμψίας.....	85
6.4.4	Δοκοί.....	88

6.4.5	Υποστυλώματα.....	94
6.4.6	Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας.....	96
6.4.7	Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης.....	98
6.4.8	Πέλματα πεδילוδοκών.....	98
6.5	Συνδέσεις.....	98
6.5.1	Σύνδεσμοι δυσκαμψίας - Υποστυλώματα.....	98
6.5.2	Δοκοί - Υποστυλώματα.....	99
6.6	Κοστολόγηση.....	100
7	Συμπεράσματα – Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων.....	103
7.1	Φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	103
7.2	Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα.....	103
8	Πηγές.....	105

Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων στο σχεδιασμό διώροφης κατοικίας με ένα υπόγειο

Τερζίδης Α. Κ. (Επιβλέπων: Βάγιας Ι.)

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά το σχεδιασμό και την κοστολόγηση διώροφης κατοικίας με ένα υπόγειο. Εξετάζονται τέσσερις εναλλακτικές λύσεις:

- Φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με πλαίσια ροπής και στις δύο διευθύνσεις:
 - Θεώρηση Α συντελεστή συμπεριφοράς: $q = 1.5$.
 - Θεώρηση Β συντελεστή συμπεριφοράς: $q = 3.2$.
- Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας.
- Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με σεισμική μόνωση βάσης από ελαστομεταλλικά εφέδρανα.

Για την ανάλυση και τη διαστασιολόγηση των στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα StereoSTATIKA v6.10 της pi-SYSTEMS.

Για την ανάλυση και τη διαστασιολόγηση των στοιχείων από δομικό χάλυβα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ETABS v9.7.0 της CSI.

Για την ανάλυση και τη διαστασιολόγηση των σύμμικτων πλακών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SymDeck Designer v1.0 της ΕΛΑΣΤΡΟΝ.

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση έγιναν βάση των κανονισμών που επιβάλλουν οι εξής Ευρωκώδικες και τα Εθνικά Προσαρτήματά τους:

- Ευρωκώδικας 0 – Βάσεις σχεδιασμού.
- Ευρωκώδικας 1 – Δράσεις στους φορείς.
- Ευρωκώδικας 2 – Σχεδιασμός φορέων από σκυρόδεμα.
- Ευρωκώδικας 3 – Σχεδιασμός φορέων από χάλυβα.
- Ευρωκώδικας 4 – Σχεδιασμός συμμείκτων φορέων από χάλυβα και σκυρόδεμα.
- Ευρωκώδικας 8 – Αντισεισμικός σχεδιασμός φορέων.

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2013/85

Comparing alternatives in designing of a two-storey house with one basement level

Terzidis A. K. (supervised by Vayas I.)

Abstract

This diploma thesis concerns the design and economic evaluation of a two-storey house with one basement level. Four alternatives are being examined:

- Bearing structure from reinforced concrete frames.
- Bearing structure from steel moment resisting frames:
 - Scenario A: Behaviour factor $q = 1.5$.
 - Scenario B: Behaviour factor $q = 3.2$.
- Bearing structure from steel frames with diagonal bracings.
- Bearing structure from steel frames with base seismic isolation of elastomeric isolators.

For the analysis and check of reinforced concrete sections, StereoSTATIKA v6.10 program of pi-SYSTEMS was used.

For the analysis and check of steel sections, ETABS v9.7.0 program of CSI was used.

For the analysis and check of deck sections, SymDeck Designer v1.0 program of ELASTRON was used.

The analysis and check comply with the rules enforced by the following Eurocodes and their National Annexes

- Eurocode 0 – Basis of structural design.
- Eurocode 1 – Actions on structures.
- Eurocode 2 – Design of concrete structures.
- Eurocode 3 – Design of steel structures.
- Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures.
- Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Βάγια Ιωάννη, για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής και τον Υποψήφιο Διδάκτορα κ. Σπηλιόπουλο Ανδρέα, για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της.

Θερμές ευχαριστίες στον επιστημονικό συνεργάτη κ. Τσάμη Βασίλειο, για τις συμβουλές και την υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Ε.Μ.Π.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια τον Διπλωματούχο Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π. κ. Βάγια Σπυρίδωνα, που με δέχτηκε στο γραφείο του από το πρώτο έτος σπουδών μου και για τις γνώσεις που αποκόμισα δίπλα του στο επάγγελμα του Πολιτικού Μηχανικού.

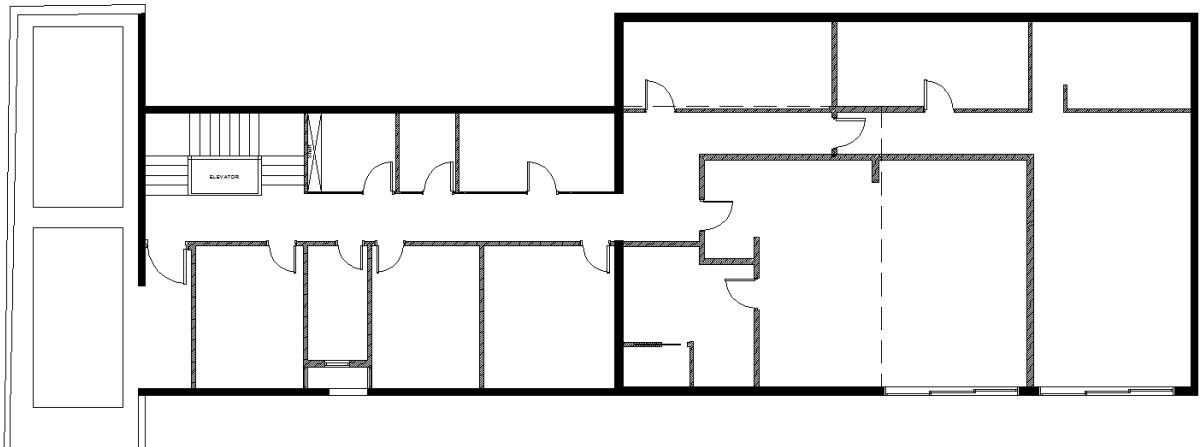
Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ στους γονείς μου Κωνσταντίνο και Παρασκευή και στη συνάδελφο κα. Θαρωνιάτη Κυριακή, για την αμέριστη συμπαράσταση, υποστήριξη και κατανόηση που έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια.

1 Γενικά στοιχεία

1.1 Γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου

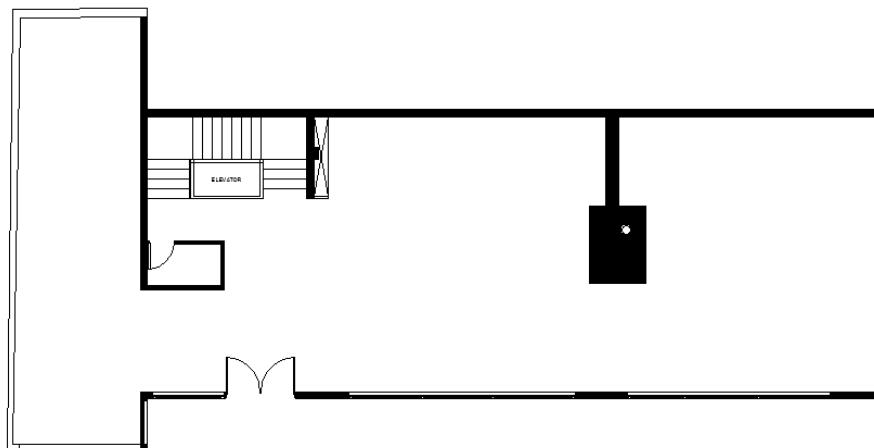
Το υπό εξέταση κτίριο με χρήση κατοικία αποτελείται από ένα υπόγειο, δύο υπέργειους ορόφους και δώμα.

Υπόγειο: Εμβαδόν οροφής: 338 m²
Ύψος: 3.40 m



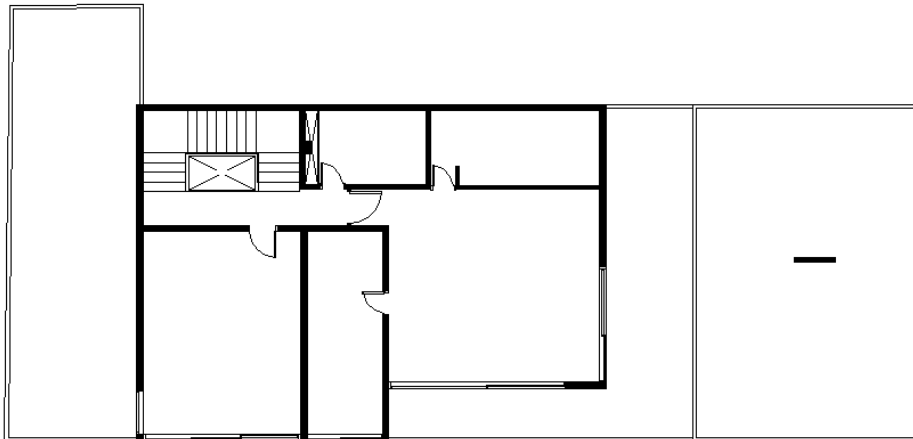
Κάτοψη υπογείου

Ισόγειο: Εμβαδόν οροφής: 268 m²
Ύψος: 3.20 m



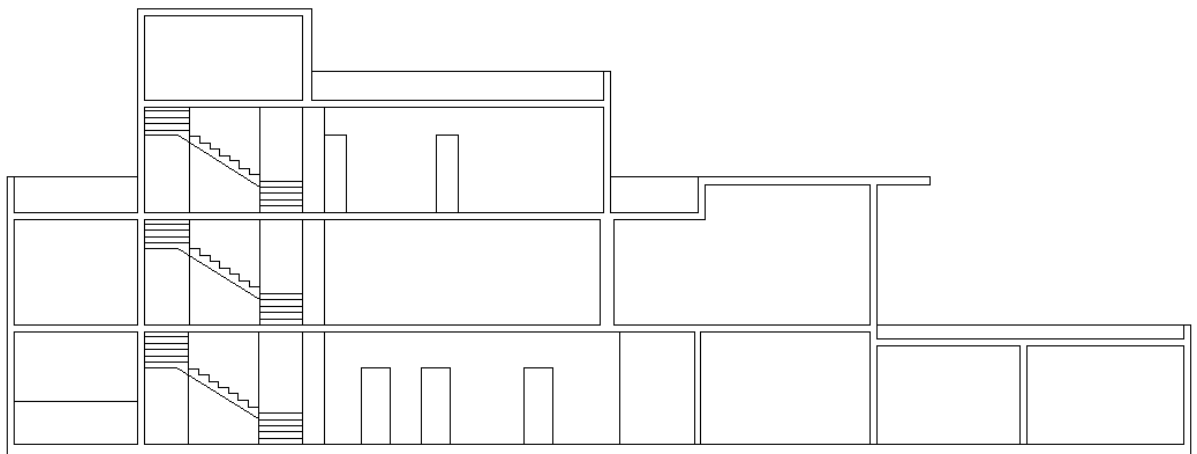
Κάτοψη ισογείου

Α όροφος: Εμβαδόν οροφής: 122 m²
Ύψος: 3.20 m



Κάτοψη Α ορόφου

Δώμα: Εμβαδόν οροφής: 19 m²
Ύψος: 2.60 m



Τομή

1.2 Υλικά

1.2.1 Σκυρόδεμα

Χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα ποιότητας C20/25. Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 (EN 1992-1-1):

Χαρακτηριστική τιμή αντοχής

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

Μέση τιμή επιβατικού μέτρου Ελαστικότητας

$$E_{cm} = 29000 \text{ MPa}$$

Ειδικό βάρος

$$\gamma_c = 25 \text{ KN/m}^3$$

Λόγος Poisson

$$\nu_c = 0.2$$

Τάση σχεδιασμού

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c, \gamma_c = 1.5$$

1.2.2 Χάλυβας οπλισμών

Χρησιμοποιήθηκε χάλυβας οπλισμών ποιότητας B500C. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 10080:

Τάση διαρροής	$f_{ys} = 500 \text{ MPa}$
Μέτρο ελαστικότητας	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
Τάση σχεδιασμού	$f_{sd} = f_{ys} / \gamma_s, \gamma_s = 1.15$

1.2.3 Δομικός χάλυβας

Χρησιμοποιήθηκε δομικός χάλυβας ποιότητας S275. Σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 10025-2 και EN 10210-1:

Τάση διαρροής (πάχος στοιχείου $t \leq 40\text{mm}$)	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Όριο θραύσης (πάχος στοιχείου $t \leq 40\text{mm}$)	$f_{ua} = 430 \text{ MPa}$
Μέτρο ελαστικότητας	$E_a = 210000 \text{ MPa}$
Ειδικό βάρος	$\gamma_c = 78.5 \text{ KN/m}^3$
Λόγος Poisson	$\nu_c = 0.3$
Τάση σχεδιασμού	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M, \gamma_M = 1.00$

1.2.4 Διατμητικοί ήλοι κεφαλής

Η διατμητική σύνδεση μεταξύ σιδηροδοκού και πλάκας σκυροδέματος εξασφαλίζεται με τοποθέτηση διατμητικών ήλων κεφαλής. Χρησιμοποιήθηκαν ήλοι ποιότητας S355, οι οποίοι συγκολλούνται (σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 14555) στο άνω πέλαμα των σιδηροδοκών, 1 ήλος ανά 200 mm κατά τη διαμήκη διεύθυνση.

Διάμετρος:	$d = 22 \text{ mm}$
Ύψος: για σύμμικτη πλάκα πάχους 130mm	$h = 125 \text{ mm}$
για πλάκα σκυροδέματος πάχους 150mm	$h = 125 \text{ mm}$
για πλάκα σκυροδέματος και σύμμικτη πάχους 160mm	$h = 125 \text{ mm}$
για πλάκα σκυροδέματος πάχους 170mm	$h = 150 \text{ mm}$
για πλάκα σκυροδέματος πάχους 190mm	$h = 150 \text{ mm}$
για πλάκα σκυροδέματος πάχους 200mm	$h = 175 \text{ mm}$

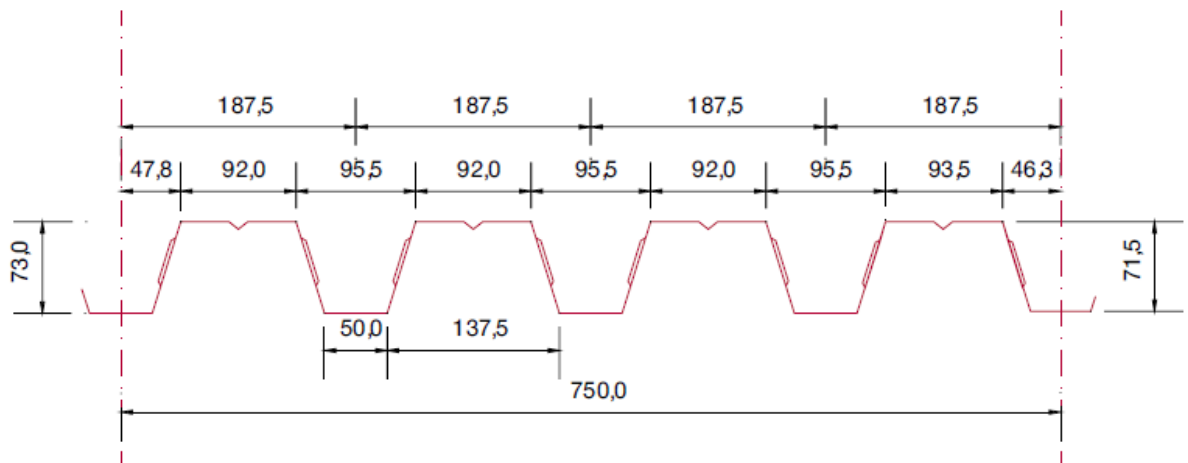
1.2.5 Κοχλίες

Χρησιμοποιήθηκαν προεντεταμένοι κοχλίες M16 και M22 κατηγορίας C (ανθεκτικοί σε ολίσθηση στην οριακή κατάσταση αστοχίας), ποιότητας 10.9 (υψηλής αντοχής).

Τάση διαρροής	$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$
Όριο θραύσης	$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$
Διάμετρος σπειρώματος κοχλία M16	$d = 16 \text{ mm}$
Διάμετρος σπειρώματος κοχλία M22	$d = 22 \text{ mm}$
Εμβαδόν σπειρώματος κοχλία M16	$A_s = 1.57 \text{ cm}^2$
Εμβαδόν σπειρώματος κοχλία M22	$A_s = 3.03 \text{ cm}^2$
Διάμετρος οπής κοχλία M16	$d_0 = 18 \text{ mm}$
Διάμετρος οπής κοχλία M22	$d_0 = 24 \text{ mm}$
Συντελεστής k_s για κανονικές οπές	$k_s = 1.0$
Συντελεστής ολίσθησης για επιφάνεια τριβής B	$\mu = 0.4$
Συντελεστής ολίσθησης για επιφάνεια τριβής A	$\mu = 0.5$
Συντελεστής ασφαλείας γ_{M3}	$\gamma_{M3} = 1.10$

1.2.6 Χαλυβδόφυλλα συμμείκτων πλακών

Στις σύμμικτες πλάκες χρησιμοποιήθηκαν χαλυβδόφυλλα SYMDECK73 της ΕΛΑΣΤΡΟΝ ποιότητας S320.



Χαλυβδόφυλλο SYMDECK73

Τάση διαρροής

Όριο θραύσης

Πάχος χαλυβδόφυλλων δαπέδων μη βατών στεγών

Πάχος χαλυβδόφυλλων υπόλοιπων δαπέδων

$f_{yp} = 320 \text{ MPa}$

$f_{up} = 390 \text{ MPa}$

$t = 1.00 \text{ mm}$

$t = 1.25 \text{ mm}$

1.2.7 Ελαστομεταλλικά εφέδρανα

Για την σεισμική μόνωση, στη στάθμη οροφής του υπογείου, χρησιμοποιήθηκαν ελαστομεταλλικά εφέδρανα υψηλής απόσβεσης SI-S 300/52 της FIP:



Ελαστομεταλλικό εφέδρανο της FIP

Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο
Οριζόντια ενεργός δυσκαμψία
Οριζόντια ενεργός απόσβεση
Κατακόρυφη δυσκαμψία
Διάμετρος ελαστομερούς
Συνολικό πάχος ελαστομερούς
Ύψος χωρίς τις εξωτερικές μεταλλικές πλάκες
Συνολικό ύψος με τις εξωτερικές μεταλλικές πλάκες
Μήκος πλευρών των εξωτερικών μεταλλικών πλακών
Βάρος μονωτήρα χωρίς τα στοιχεία αγκύρωσης

$d = 100 \text{ mm}$
 $V = 490 \text{ kN}$
 $K_e = 540 \text{ kN/m}$
 $C = 54 \text{ kN}\cdot\text{sec/m}$
 $K_v = 584000 \text{ kN/m}$
 $D_g = 300 \text{ mm}$
 $t_e = 52 \text{ mm}$
 $h = 116 \text{ mm}$
 $H = 166 \text{ mm}$
 $Z = 350 \text{ mm}$
 $W = 84 \text{ kg}$



Ελαστομεταλλικό εφέδρανο της FIP

2 Δράσεις επί της κατασκευής

2.1 Μόνιμες δράσεις (DEAD)

Περιλαμβάνονται τα κατακόρυφα φορτία που δρουν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου (κτίρια κατοικιών: 50 χρόνια) και για την οποία η διαφοροποίηση του μεγέθους τους είναι αμελητέα. Αυτά είναι τα ίδια βάρη των φερόντων στοιχείων, οι επικαλύψεις των δαπέδων και τα ίδια βάρη των τοίχων πληρώσεως.

Ίδιο βάρος φερόντων στοιχείων	από πρόγραμμα
Επικαλύψεις δαπέδων	1.50 kN/m ²
Ίδιο βάρος διπλής δρομικής οπτοπλινθοδομής	4.20 kN/m ²
Ίδιο βάρος μονής δρομικής οπτοπλινθοδομής	2.10 kN/m ²
Ίδιο βάρος πάνελ πολυουρεθάνης	αμελητέο (0.12 kN/m ²)
Ίδιο βάρος γυψοσανίδας	αμελητέο (0.10 kN/m ²)

2.2 Μεταβλητές δράσεις (LIVE)

Περιλαμβάνονται τα κατακόρυφα φορτία που προκύπτουν από την χρήση του κτιρίου και προέρχονται από την παρουσία ανθρώπων, επίπλων, κινητού εξοπλισμού, αποθηκευμένων αγαθών, οχημάτων κλπ. Λόγω της φύσεως των φορτίων αυτών δεν είναι επακριβές το βάρος και η θέση τους γι' αυτό προσδιορίζονται στατιστικά. Οι τιμές τους δίνονται από τους κανονισμούς.

Δάπεδα κατοικιών	2.00 kN/m ²
Δάπεδα κλιμάκων	3.50 kN/m ²
Δάπεδα εξωστών	5.00 kN/m ²
Δάπεδα χώρων στάθμευσης	2.00 kN/m ²
Δάπεδα μη βατών στεγών	0.75 kN/m ²

2.3 Δράσεις ανέμου (WINDX, WINDY)

Το μέγεθος των δράσεων ανέμου μεταβάλλεται ανάλογα με την τοποθεσία της κατασκευής, το ύψος της, το είδος του περιβάλλοντος χώρου κλπ.

Ταχύτητα ανέμου	$V_b = 33$ m/s
Κατηγορία εδάφους	II
Συντελεστής αναγλύφου	$C_{0(z)} = 1.0$
Συντελεστής στροβιλισμού	$k_1 = 1.0$
Δομικός συντελεστής κατά X	$c_s c_d = 0.93$
Δομικός συντελεστής κατά Y	$c_s c_d = 0.90$
Συντελεστής εξωτερικής πίεσης προσήνεμης πλευράς κατά X	$c_{pe} = 0.78$
Συντελεστής εξωτερικής πίεσης υπήνεμης πλευράς κατά X	$c_{pe} = 0.45$
Συντελεστής εξωτερικής πίεσης προσήνεμης πλευράς κατά Y	$c_{pe} = 0.72$
Συντελεστής εξωτερικής πίεσης υπήνεμης πλευράς κατά Y	$c_{pe} = 0.33$

2.4 Δράσεις χιονιού

Ο προσδιορισμός των δράσεων χιονιού επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλου χάρτη, που δίνει τις βασικές εντάσεις των δράσεων χιονιού για συγκεκριμένο υψόμετρο και περίοδο αναφοράς. Η επιρροή της μορφής της στέγης λαμβάνεται υπόψη με την χρήση συντελεστών μορφής.

Για την κατασκευή θεωρήθηκε ότι τα κινητά φορτία των στεγών υπερκαλύπτουν το φορτίο χιονιού.

2.5 Σεισμικές δράσεις (RS)

Οι σεισμικές δράσεις κατατάσσονται στις τυχηματικές και δεν συνδυάζονται με άλλες τυχηματικές δράσεις, όπως επίσης δεν συνδυάζονται με τις δράσεις λόγω ανέμου. Προκειμένου να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες στη θέση των μαζών και στη χωρική μεταβολή της σεισμικής κίνησης, το υπολογιζόμενο κέντρο μάζας σε κάθε όροφο θεωρείται μετατοπισμένο από την ονομαστική του θέση, σε κάθε διεύθυνση, κατά την τυχηματική εκκεντρότητα $e_{cc} = \pm 0.05$.

Συντελεστής απόσβεσης για κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα	$\zeta = 5\%$
Συντελεστής απόσβεσης για συγκολλητή και κοχλιωτή μεταλλική κατασκευή	$\zeta = 3\%$
Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	Z3
Επιτάχυνση σχεδιασμού	$a_{gR} = 0.36 g$
Κατηγορία σπουδαιότητας	II
Συντελεστής σπουδαιότητας	$\gamma_i = 1.00$
Κατηγορία εδάφους	B
Περίοδος T_B	$T_B = 0.15 \text{ sec}$
Περίοδος T_C	$T_C = 0.50 \text{ sec}$
Περίοδος T_D	$T_D = 2.50 \text{ sec}$
Συντελεστής εδάφους	$S = 1.20$
Συντελεστής κατώτατου ορίου	$\beta = 0.2$

2.6 Συνδυασμοί δράσεων

2.6.1 Συντελεστές ψ

Συντελεστές ψ για μεταβλητές δράσεις σε κατοικίες:	$\psi_0 = 0.70$	$\psi_2 = 0.30$
Συντελεστές ψ για δράσεις ανέμου	$\psi_0 = 0.60$	$\psi_2 = 0.00$

2.6.2 Οριακή κατάσταση αστοχίας

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τις μόνιμες δράσεις $\gamma_G = 1.35$
Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τις μεταβλητές δράσεις $\gamma_Q = 1.50$

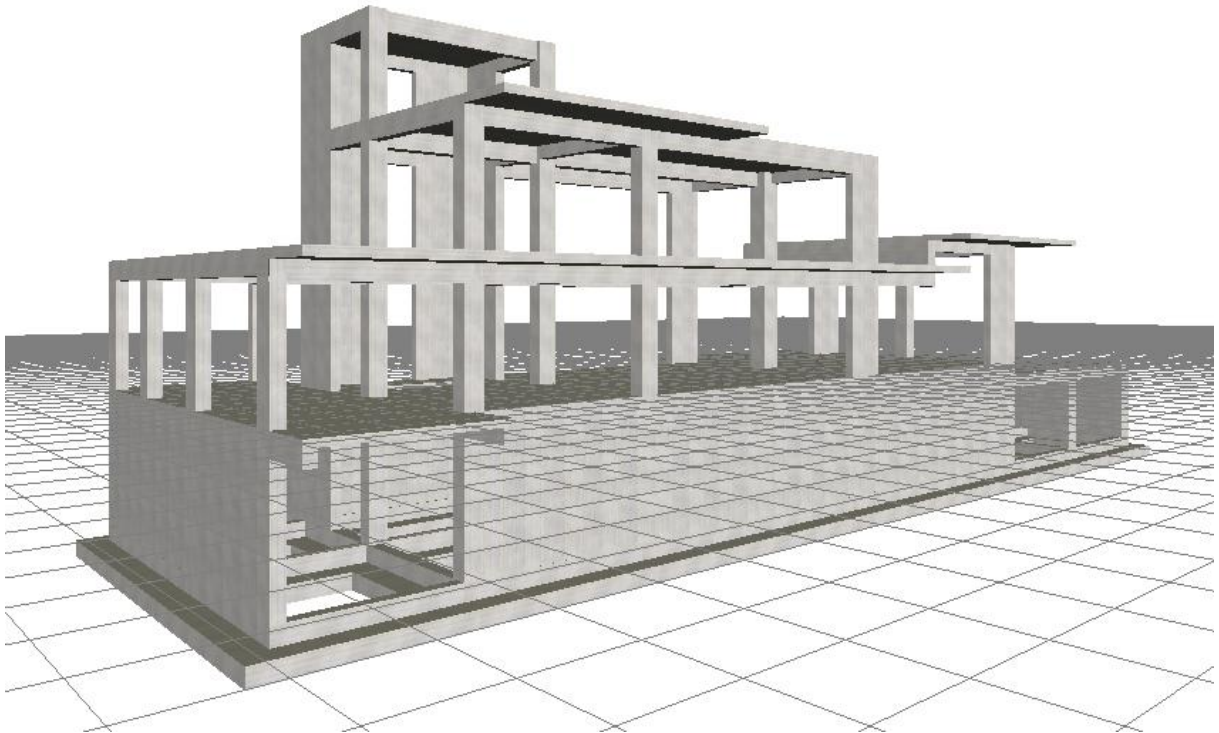
- $SCOMB1 = \gamma_G \cdot DEAD + \gamma_Q \cdot LIVE + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot WINDX + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot WINDY = 1.35 \cdot DEAD + 1.50 \cdot LIVE + 0.90 \cdot WINDX + 0.90 \cdot WINDY$
- $SCOMB2 = \gamma_G \cdot DEAD + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot LIVE + \gamma_Q \cdot WINDX + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot WINDY = 1.35 \cdot DEAD + 1.05 \cdot LIVE + 1.50 \cdot WINDX + 0.90 \cdot WINDY$
- $SCOMB3 = \gamma_G \cdot DEAD + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot LIVE + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot WINDX + \gamma_Q \cdot WINDY = 1.35 \cdot DEAD + 1.05 \cdot LIVE + 0.90 \cdot WINDX + 1.50 \cdot WINDY$
- $SCOMB4 = DEAD + \psi_2 \cdot LIVE + RS = DEAD + 0.30 \cdot LIVE + RS$

2.6.3 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

- $DCOMB1 = DEAD + LIVE + \psi_0 \cdot WINDX + \psi_0 \cdot WINDY = DEAD + LIVE + 0.60 \cdot WINDX + 0.60 \cdot WINDY$
- $DCOMB2 = DEAD + \psi_0 \cdot LIVE + WINDX + \psi_0 \cdot WINDY = DEAD + 0.70 \cdot LIVE + WINDX + 0.60 \cdot WINDY$
- $DCOMB3 = DEAD + \psi_0 \cdot LIVE + \psi_0 \cdot WINDX + WINDY = DEAD + 0.70 \cdot LIVE + 0.60 \cdot WINDX + WINDY$

3 Φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα

3.1 Γενικά



Τρισδιάστατη απεικόνιση μοντέλου στο περιβάλλον εργασίας του StereoSTATIKA

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση έγιναν σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 (EN 1992-1-1) και τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1).

Οι διατομές των φερόντων στοιχείων επιλέχθηκαν με σκοπό τη στατική επάρκεια του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους αρχιτεκτονικούς περιορισμούς. Τα κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία μορφώνονται με μονή και διπλή δρομική οπτοπλινθοδομή. Η θεμελίωση διαμορφώνεται με πεδίλοδοκούς.

3.2 Παράμετροι σχεδιασμού

3.2.1 Παράμετροι εδάφους θεμελίωσης

Για τη μελέτη εκτιμήθηκε έδαφος με τις εξής παραμέτρους:

Επιτρεπόμενη τάση	0.25 MPa
Δείκτης εδάφους	$K = 25000 \text{ kN/m}^3$
Συντελεστής τριβής	0.40
Γωνία εσωτερικής τριβής	$\varphi = 21.8^\circ$
Γωνία τριβής εδάφους – θεμελίου	$\delta = 21.8^\circ$
Ειδικό βάρος εδάφους	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Είδος εδάφους	Συνεκτικό
Συνοχή εδάφους	$c = 10 \text{ kN/m}^2$
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή	$S_u = 25 \text{ kN/m}^2$

3.2.2 Συντελεστής συμπεριφοράς

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα κατατάσσονται σε έναν τύπο στατικού συστήματος ανάλογα με την συμπεριφορά τους υπό οριζόντιες σεισμικές δράσεις. Για το υπό μελέτη κτίριο τα κατακόρυφα φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από ένα χωρικό πλαίσιο και η αντοχή σε οριζόντια φορτία παρέχεται εν μέρει από το πλαισιακό σύστημα και εν μέρει από φέροντα τοιχώματα. Εκτιμήθηκε και στη συνέχεια ελέγχθηκε ότι η διατμητική αντοχή των τοιχωμάτων στην βάση του κτιρίου είναι μεγαλύτερη από το 50% της συνολικής σεισμικής αντοχής του όλου στατικού συστήματος.

Διεύθυνση X : $V_t = 826.29 \text{ kN}$ $V_{ολ} = 996.64 \text{ kN}$ $n_v = 82.9\% > 50\%$

Διεύθυνση Y : $V_t = 705.09 \text{ kN}$ $V_{ολ} = 1283.96 \text{ kN}$ $n_v = 54.9\% > 50\%$

Επομένως το υπό μελέτη κτίριο κατατάσσεται ως διπλό σύστημα ισοδύναμο προς σύστημα τοιχωμάτων. Επίσης το κτίριο είναι κανονικό σε κάτοψη και μη κανονικό σε όψη. Επιλέγεται Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση (ΚΠΜ).

Πολλαπλασιαστικός συντελεστής $\alpha_u/\alpha_1 = 1.20$

Απομείωση λόγω μη κανονικότητας σε όψη κατά 20%

Βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς $q_0 = 0.8 \cdot 3.0 \cdot \alpha_u/\alpha_1 = 2.88$

Συντελεστής $k_w = 1.00$

Συντελεστής συμπεριφοράς $q = q_0 \cdot k_w = 2.88$

3.3 Αντισεισμικός έλεγχος

3.3.1 Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας

Σύμφωνα με την ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης του Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απόκριση όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική απόκριση. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν το άθροισμα των δρώσεων ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας του φορέα.

Ιδιομορφή	M_{xi} (%)	M_{yi} (%)
1	7.63	27.21
2	21.43	15.83
3	8.51	0.49
4	7.17	2.39
5	4.52	6.10
6	1.89	3.68
7	0.00	0.00
8	0.00	0.00
9	0.60	0.09
ΣΥΝΟΛΟ	51.75	55.78

όπου M_{xi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά X .
 M_{yi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά Y .

Το κριτήριο δεν ικανοποιείται, οπότε ελέγχεται αν ο αριθμός ιδιομορφών k που λαμβάνεται υπόψη ικανοποιεί και τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

$$k \geq 3 \cdot n^{1/2} \quad \text{και} \quad T_k \leq 0.20 \text{ sec}$$

όπου k είναι ο αριθμός των ιδιομορφών που συμμετέχουν στην ανάλυση.
 n είναι ο αριθμός των υπέργειων ορόφων συμπεριλαμβανομένου του δώματος.
 T_k είναι η περίοδος της τελευταίας ιδιομορφής.

Διεύθ.	k		$3 \cdot n^{1/2}$	$T_k(\text{sec})$
x	9	\geq	5.20	0.04
y	9	\geq	5.20	0.04

3.3.2 Αντισεισμικός αρμός

Τα κτίρια πρέπει να προστατεύονται από σεισμογενή πρόσκρουση προς παρακείμενους φορείς. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν η απόσταση από τη γραμμή ιδιοκτησίας στα πιθανά σημεία πρόσκρουσης είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του κτιρίου.

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά X

$$S_{x,\max} = 5.33\text{mm}$$

Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά X

$$2.88 \cdot 5.33 = 15.36\text{mm}$$

Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά X

$$2.0\text{cm}$$

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά Y

$$S_{y,\max} = 8.78\text{mm}$$

Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά Y

$$2.88 \cdot 8.78 = 25.29\text{mm}$$

Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά Y

$$3.0\text{cm}$$

3.3.3 Έλεγχος περιορισμού βλαβών

Για κτίρια με μη φέροντα στοιχεία από ψαθυρό υλικό συνδεδεμένα με τον φορέα η απαίτηση περιορισμού βλαβών θεωρείται ότι ικανοποιείται, αν ισχύει, σε όλους τους υπέργειους ορόφους, η σχέση:

$$d_r \cdot v/h \leq 5\%$$

όπου d_r είναι η τιμή σχεδιασμού της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s των δαπέδων του υπό εξέταση ορόφου.
 h είναι το ύψος του ορόφου.
 v είναι συντελεστής μείωσης που λαμβάνει υπόψη τη μικρότερη περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης που συνδέεται με την απαίτηση περιορισμού βλαβών με τιμή $v = 0.50$.

Όροφος	$d_r \cdot v/h$ (%)
Α όροφος	0.70
Ισόγειο	0.71

3.3.4 Επιρροή αποτελεσμάτων 2^{ης} τάξεως

Αποτελέσματα 2^{ης} τάξεως δεν χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη αν ικανοποιείται, σε όλους τους ορόφους, η ακόλουθη συνθήκη:

$$\theta = (P_{tot}/V_{tot}) \cdot q \cdot (d_{max}/h) < 10\%$$

όπου θ είναι ο συντελεστής ευαισθησίας σχετικής μετακίνησης του ορόφου.
 P_{tot} είναι το συνολικό φορτίο βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού του ορόφου που εξετάζεται και των υπερκείμενων ορόφων.
 V_{tot} είναι η συνολική σεισμική τέμνουσα του ορόφου.
 q είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς.
 d_{max} είναι η μέγιστη σχετική ελαστική μετακίνηση του ορόφου.
 h είναι το ύψος του ορόφου.

Όροφος	Διεύθ.	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	q	d_{max} (mm)	h (m)	θ (%)
Α όροφος	x	1467.8	501.8	2.88	2.90	3.20	0.76
	y	1467.8	542.1		4.44		1.08
Ισόγειο	x	4331.7	1015.6		2.39		0.91
	y	4331.7	1224.2		6.04		1.91

3.3.5 Ικανοτικός έλεγχος

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) απαιτείται αποφυγή πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα του Ά ορόφου και του ισογείου. Πρέπει να ικανοποιείται σε όλους τους κόμβους μεταξύ βασικών ή δευτερευουσών σεισμικών δοκών και βασικών σεισμικών υποστυλωμάτων, και για τις δύο φορές (θετική και αρνητική) της δράσης των ροπών δοκών περί τον κόμβο, η σχέση:

$$1.3 \cdot \Sigma MR_b \leq \Sigma MR_c$$

όπου ΣMR_b είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των δοκών που συμβάλλουν στον κόμβο.

ΣMR_c είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων που συμβάλλουν στον κόμβο.

Α όροφος	Διεύθ.	$1.3 \cdot \Sigma MR_b^+$ (kNm)		ΣMR_c^+ (kNm)	$1.3 \cdot \Sigma MR_b^-$ (kNm)		ΣMR_c^- (kNm)
Σ1-2	x	116.4	<	2156.0	131.9	<	2156.0
	y	132.8	<	2138.3	116.4	<	2138.3
Σ3-4	x	272.6	<	2156.7	214.0	<	2156.7
	y	135.8	<	2254.4	172.2	<	2254.4
Κ5	x	344.0	<	568.1	473.0	<	568.1
	y	243.7	<	512.4	321.4	<	512.4
Κ6	x	122.1	<	368.5	96.4	<	368.5
	y	223.5	<	368.5	280.5	<	368.5
Κ7	x	275.9	<	311.3	243.2	<	311.3
	y	96.5	<	311.3	77.2	<	311.3
Κ8	x	122.1	<	180.8	96.4	<	180.8
	y	66.3	<	180.8	76.9	<	180.8
Σ9	x	2.6	<	720.2	145.2	<	720.2
	y	107.5	<	170.2	116.0	<	170.2
Κ10	x	8.2	<	460.4	231.0	<	460.4
	y	329.9	<	460.4	327.8	<	460.4
Σ11	x	118.9	<	715.6	169.7	<	715.6
	y	116.0	<	169.1	109.2	<	169.1

Ισόγειο	Διεύθ.	1.3·ΣMR _b ⁺ (kNm)		ΣMR _c ⁺ (kNm)	1.3·ΣMR _b ⁻ (kNm)		ΣMR _c ⁻ (kNm)
Σ1-2	x	259.9	<	2605.7	235.4	<	2605.7
	y	230.5	<	2746.7	202.2	<	2746.7
Σ3-4	x	314.1	<	2943.2	190.3	<	2943.2
	y	168.0	<	3605.3	191.3	<	3605.3
Κ5	x	385.7	<	642.0	460.4	<	642.0
	y	279.1	<	582.0	376.4	<	582.0
Κ6	x	286.4	<	411.1	262.3	<	411.1
	y	201.6	<	411.1	295.3	<	411.1
Κ7	x	427.3	<	553.9	356.7	<	553.9
	y	115.5	<	553.9	77.3	<	553.9
Κ8	x	335.3	<	397.6	335.0	<	397.6
	y	96.5	<	397.6	77.2	<	397.6
Σ9	x	276.3	<	1548.9	227.2	<	1548.9
	y	176.7	<	373.1	183.8	<	373.1
Κ10	x	427.7	<	996.9	332.4	<	996.9
	y	476.5	<	996.9	473.7	<	996.9
Σ11	x	388.5	<	1612.4	420.7	<	1612.4
	y	187.3	<	394.4	140.7	<	394.4
Σ12	x	12.8	<	924.5	96.7	<	924.5
	y	107.9	<	173.7	116.1	<	173.7
Κ13	x	71.1	<	353.6	89.0	<	353.6
	y	330.4	<	353.6	328.1	<	353.6
Σ14	x	114.3	<	974.6	187.3	<	974.6
	y	127.8	<	184.5	110.2	<	184.5
Κ15	x	58.8	<	96.1	52.4	<	96.1
	y	74.0	<	203.4	66.9	<	203.4
Κ16	x	75.1	<	199.8	66.3	<	199.8
	y	75.1	<	94.1	67.1	<	94.1
Κ17	x	68.1	<	98.3	78.0	<	98.3
	y	143.2	<	207.4	152.8	<	207.4
Κ18	x	123.7	<	176.4	96.3	<	176.4
	y	124.4	<	360.1	139.6	<	360.1
Κ19	x	123.0	<	178.0	95.6	<	178.0
	y	66.3	<	362.5	70.8	<	362.5

3.4 Διαστασιολόγηση

3.4.1 Πλάκες

Οι πλάκες ελέγχθηκαν σε λυγηρότητα και κάμψη. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της πλάκας Π3 της οροφής ισογείου:

Π ₃ , h = 170mm (Τετραέριστη)			L _x = 8650 mm, L _y = 4400 mm, g _o = 4.25 kN/m ² g _e = 1.50kN/m ² , g _{οπτ} = 0.50kN/m ² , q = 2.00kN/m ²				
	b mm	d mm	Οπλισμός	A _{s,req} mm ²	S _{max} mm	Ράβδοι	A _{s,eff} mm ²
x :	1000	125	κύριος	187	200	5Ø10(Ø10/200)	393
y :	1000	135	κύριος	202	200	7Ø10(Ø10/150)	524
	M_{Ed} kNm	M_{Rd} kNm	V_{Ed} kN	V_{Rd1} kN			
x :	2.9	21.0	23.6	67.7			
y :	12.1	29.6	26.3	69.7			

Έλεγχος λυγηρότητας EC2 (EN 1992-1-1) Κεφ. 7.4.2 (Εξισώσεις 7.16.a, 7.16.b):

Διεύθ.	l (m)	d (m)	K	ρ _o (%)	ρ (%)	l/d		lim(l/d)
x	8.650	0.135	1.500	4.472	0.353	64.07	≤	8250.81

3.4.2 Δοκοί

Οι δοκοί ελέγχθηκαν σε λυγηρότητα, κάμψη και διάτμηση. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της δοκού δ12 διατομής 300/600 της οροφής ισογείου:

Διαμήκης οπλ.	A _{s,πάνω} = 2Ø16 A _{s,κάτω} = (3)4Ø16(4)
Συνδετήρες αρ. άκρου	a _{s,req} = 340 [6ΣØ8/100] a _{s,eff} = 1005 (mm ² /m)
Συνδετήρες μέσου	a _{s,req} = 312 [31ΣØ8/195] a _{s,eff} = 515 (mm ² /m)
Συνδετήρες δεξ. άκρου	a _{s,req} = 376 [6ΣØ8/100] a _{s,eff} = 1005 (mm ² /m)

Έλεγχος λυγηρότητας EC2 (EN 1992-1-1) Κεφ. 7.4.2 (Εξισώσεις 7.16.a, 7.16.b):

l (m)	d (m)	K	ρ _o (%)	ρ (%)	ρ' (%)	l/d		lim(l/d)
7.475	0.550	1.300	4.472	4.467	2.233	13.59	≤	23.03

Πίνακας κάμψης:

	Άνοιγμα		Στήριξη Αριστερά		Στήριξη Δεξιά	
	Κάτω	πάνω	κάτω	πάνω	κάτω	πάνω
M_{sd} (kNm)	147.76	-80.01	0.00	-279.05	0.00	-300.08
$A_{s,req}$ (mm ²)	544	335	512	1004	672	1339
$A_{s,eff}$ (mm ²)	804	402	911	1024	804	1344

Πίνακας διάτμησης:

Θέση	V_{Ed} kN	z	$\cot\theta$	$V_{Rd,c}$ kN	$V_{Rd,max}$ kN	$V_{Rd,s}$ kN
αρ. άκρο	182.7	0.46	2.5	73.5	376.9	540.9
μέσο		0.46	2.5	80.5	376.9	277.2
δεξ. άκρο	-202.4	0.46	2.5	80.5	376.9	540.9

3.4.3 Υποστυλώματα

Τα υποστυλώματα ελέγχθηκαν σε κάμψη, διάτμηση και περίσφιγξη. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του υποστυλώματος K10 διατομής 600/600 του ισογείου:

Διαμήκης οπλ.	$A_{s,req} = 3600$ Γωνίες = 4Ø20 Ακμές = 8Ø20 $A_{s,eff} = 3770$ (mm ²)
Συνδετήρες κρίσιμων περ.	$A_{sw,req,x} = 0, A_{sw,req,y} = 0$ [26ΣØ8/100] $A_{sw,eff,x} = 2010, A_{sw,eff,y} = 2010$ (mm ² /m)
Συνδετήρες κόμβου:	[6ΣØ8/100] $A_{sw,eff, x} = 2010 A_{sw,eff, y} = 2010$ (mm ² /m)
Συνδετήρες μέσου:	-

Πίνακας κάμψης:

Θέση	N_d kN	M_{xd} kNm	M_{yd} kNm	M_{xRd} kNm	M_{yRd} kNm	$A_{s,eff}$ mm ²
Πόδας	-486.7	-48.0	-283.9	-501.1	-501.1	3768

Πίνακας διάτμησης:

Διεύθ.	b_w m	h m	τμήσεις	$\cot\theta$	$V_{Rd,c}$ kN	$V_{Rd,max}$ kN	V_{Ed} kN	$a_{sw,eff}$ cm ² /m
x-x	0.60	0.60	4	2.5	240.9	753.8	74.0	5.03
y-y	0.60	0.60	4	2.5	240.9	753.8	211.7	5.03

Πίνακας περίσφιγξης:

b_c m	b_o m	h_c m	h_o m	a_n	a_s	ω_{wd}	$\omega_{wd,lim}$	μ_ϕ	v_d
0.600	0.542	0.600	0.542	0.778	0.824	0.284	0.080	12.95	0.153

3.4.4 Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης

Οι συνδετήριες δοκοί της θεμελίωσης ελέγχθηκαν σε λυγηρότητα, κάμψη και διάτμηση. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της συνδετήριας δοκού Σδ37 διατομής 300/800:

Διαμήκης οπλ.	$A_{s,πάνω} = 4\text{Ø}18$	$A_{s,κάτω} = 4\text{Ø}18$
Συνδετήρες αρ. άκρου:	$a_{s,req} = 215$ [28ΣØ10/139]	$a_{s,eff} = 1128$ (mm ² /m)
Συνδετήρες δεξ. άκρου:	$a_{s,req} = 304$ [28ΣØ10/139]	$a_{s,eff} = 1128$ (mm ² /m)
Οπλισμός πλευράς:	$a_{s,req} = 0$ [2Ø16]	$a_{s,eff} = 402$ (cm ²)

Έλεγχος λυγηρότητας EC2 (EN 1992-1-1) Κεφ. 7.4.2 (Εξισώσεις 7.16.a, 7.16.b):

l (m)	d (m)	K	ρ_o (‰)	ρ (‰)	ρ' (‰)	l/d		lim(l/d)
8.600	0.690	1.500	4.472	4.520	4.520	12.46	≤	

Πίνακας κάμψης:

	Άνοιγμα		Στήριξη Αριστερά		Στήριξη Δεξιά	
	κάτω	πάνω	κάτω	πάνω	κάτω	πάνω
Msd (kNm)	294.19	-42.00	259.83	0.00	437.99	0.00
$A_{s,req}$ (mm ²)	828	828	1017	0	1017	0
$A_{s,eff}$ (mm ²)	1017	1017	2034	2034	2034	2034

Πίνακας διάτμησης:

Θέση	V_{Ed} (kN)	z	cot θ	$V_{Rd,c}$ (kN)	$V_{Rd,max}$ (kN)	$V_{Rd,s}$ (kN)
αρ. άκρο	-140.0	0.53	2.5	103.1	472.8	761.2
δεξ. άκρο	205.4	0.53	2.5	103.1	472.8	761.2

3.4.5 Πέλματα πεδιλοδοκών

Τα πέλματα των πεδιλοδοκών ελέγχθηκαν σε μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, κάμψη και διάτμηση. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της πεδιλοδοκού Πδ37:

Πδ37

$$b = 1.50 \text{ m}, b_w = 0.30 \text{ m}, h = 0.80 \text{ m}, h_w = 0.40 \text{ m}, ecc = 0.00$$

$$N_g = 1281.3 \text{ kN}, N_q = 306.3 \text{ kN}, \sigma_{\max} = 0.131 \text{ MPa}$$

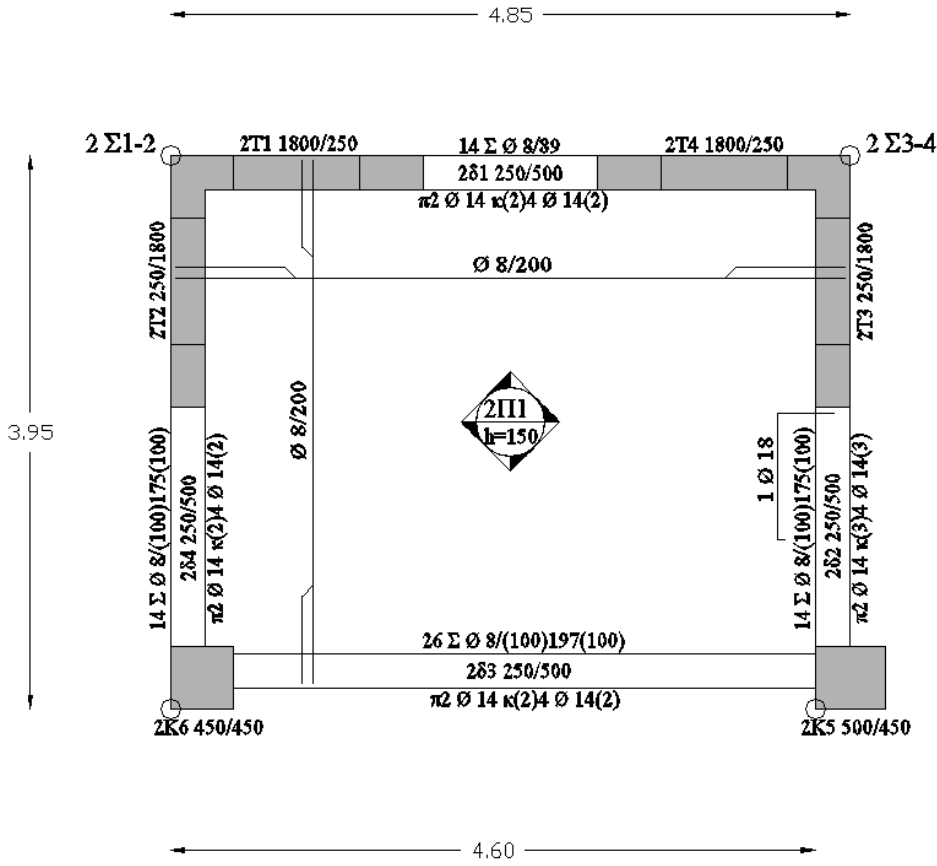
Διεύθ.	M_{Ed} kNm	$A_{s,req}$ cm ²	Οπλισμός	$A_{s,eff}$ cm ²	M_{Rd} kNm	V_{Ed} kN	V_{Rd1} kN
x	-	-	12Ø12(Ø12/15)	7.54	-	-	-
y	23.51	1.44	47Ø12(Ø12/15)	7.54	112.03	78.35	731.64

3.5 Ξυλότυποι και λεπτομέρειες υποστυλωμάτων

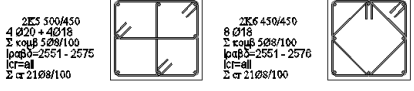
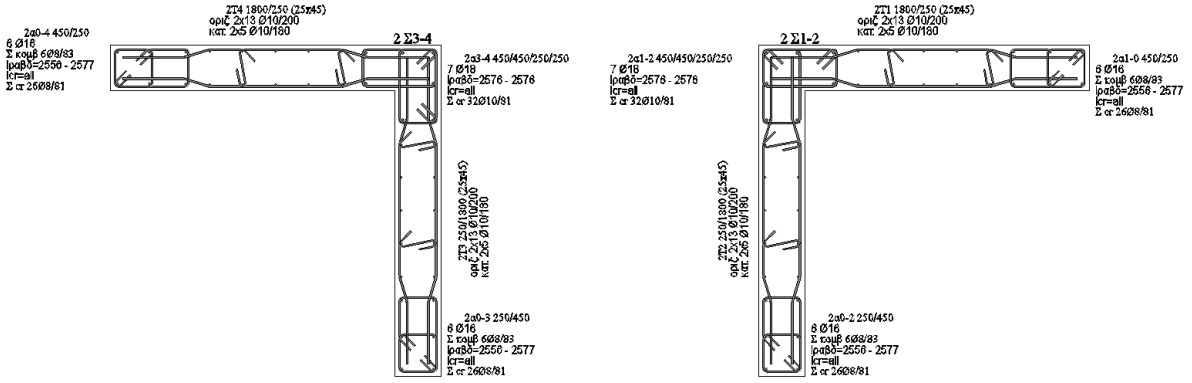
Η επικάλυψη προστασίας των οπλισμών έχει πάχος $c = 20 \text{ mm}$ στις πλάκες και $c = 25 \text{ mm}$ στις δοκούς και στα υποστυλώματα.

Η κάμψη των οπλισμών πραγματοποιείται σε πείρο διαμέτρου $d = 40 \text{ mm}$ για οπλισμό πλακών, $d = 90 \text{ mm}$ (Φ12, Φ14, Φ16, Φ18) και $d = 140 \text{ mm}$ (Φ20) για οπλισμό δοκών, $d = 250 \text{ mm}$ (Φ12, Φ14, Φ16) $d = 300 \text{ mm}$ (Φ18, Φ20) για οπλισμό δοκών σε κόμβους.

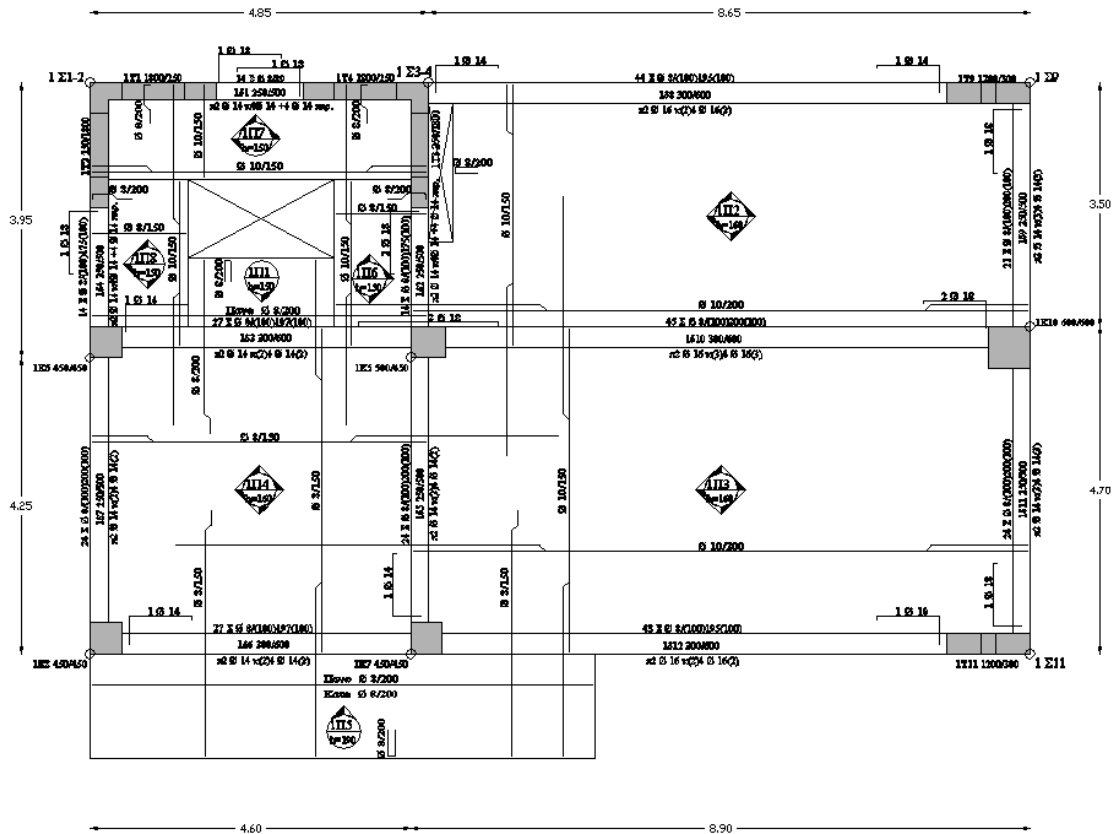
Η κάμψη των συνδετήρων πραγματοποιείται σε πείρο διαμέτρου $d = 32 \text{ mm}$ για συνδετήρες Φ8, $d = 40 \text{ mm}$ για συνδετήρες Φ10 και $d = 48 \text{ mm}$ για συνδετήρες Φ12. Τα άγκιστρα των συνδετήρων κάμπτονται υπό γωνία 135° .



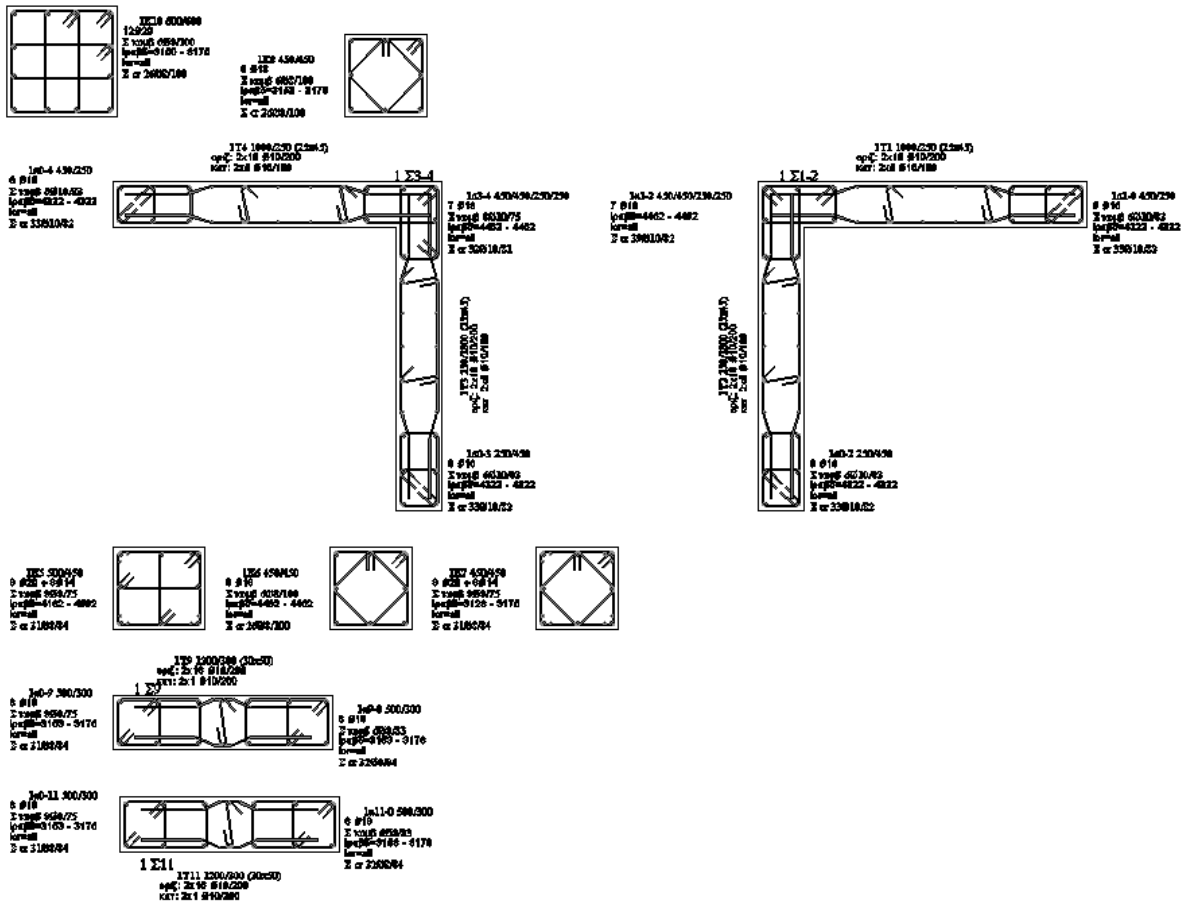
Ευλότυπος οροφής δώματος



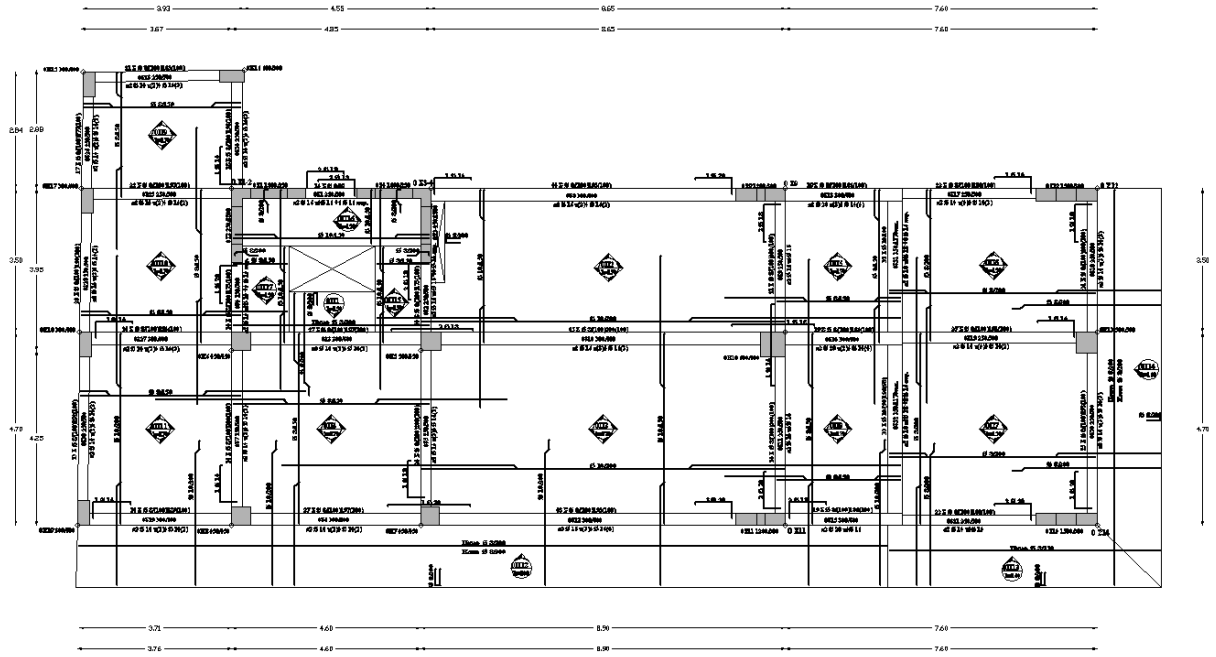
Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων δώματος



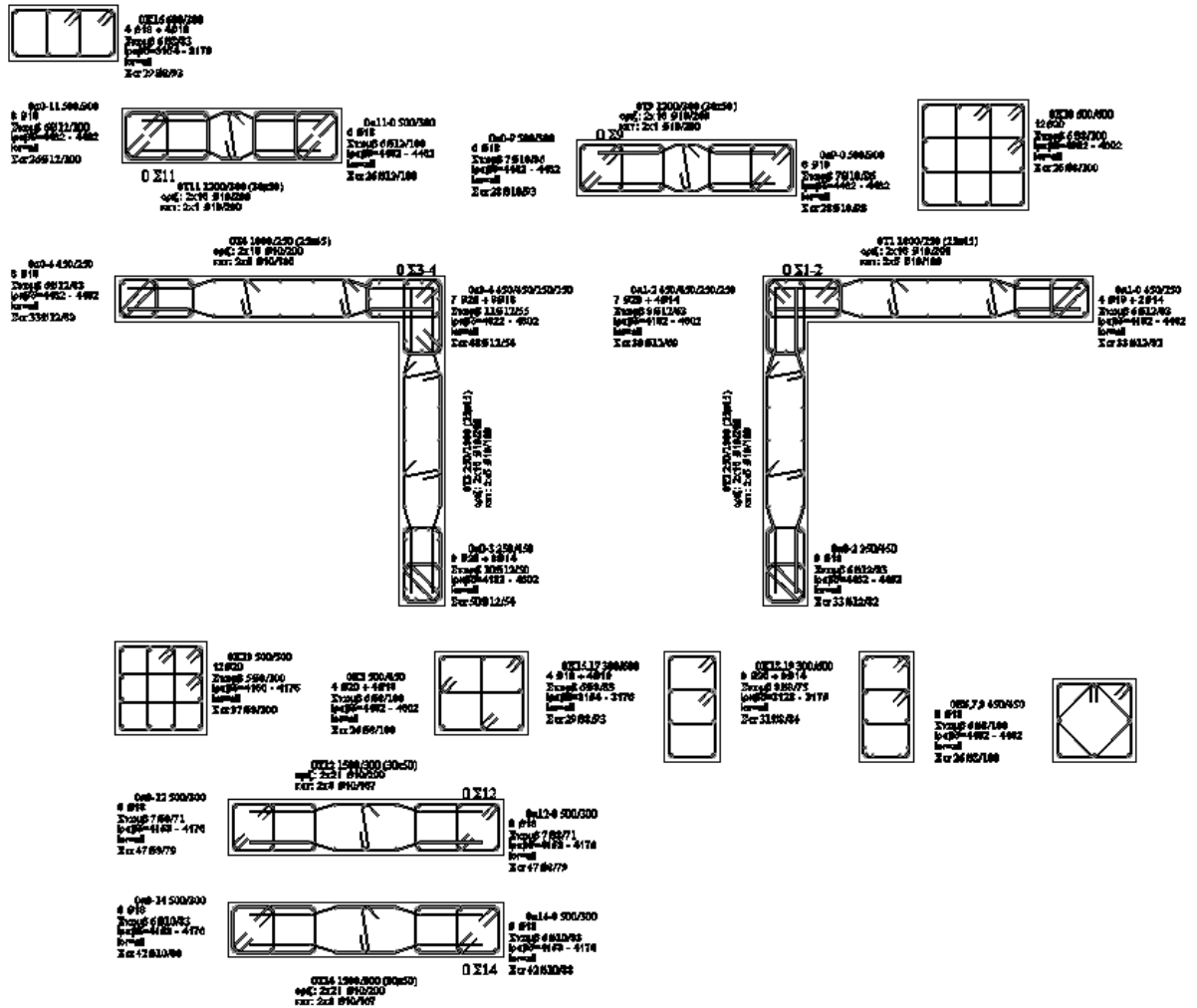
Ευλότυπος οροφής Α ορόφου



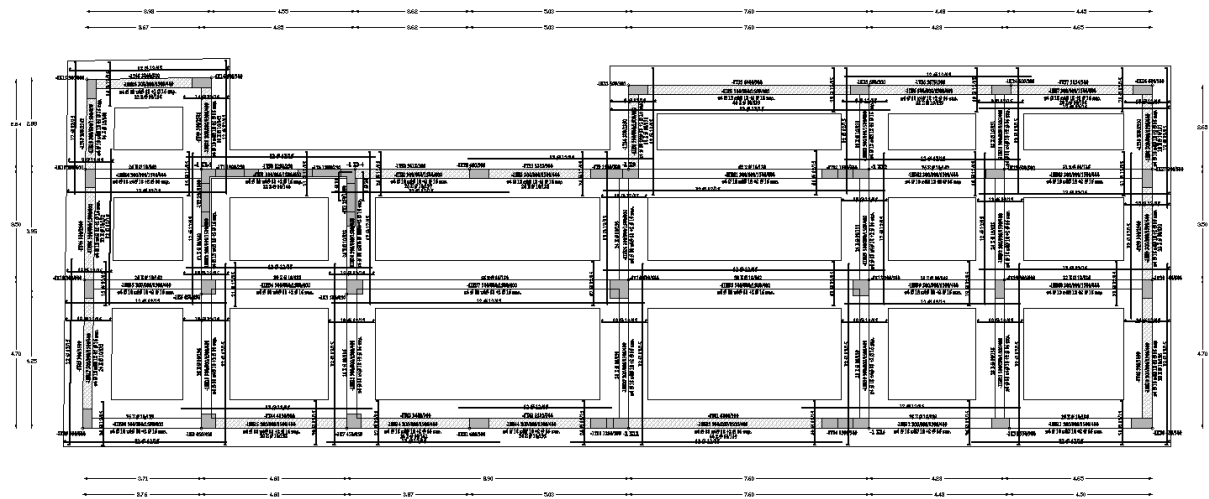
Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων Α ορόφου



Ευλότυπος οροφής ισογείου



Λεπτομέρειες υποστρωμάτων ισογείου



Ευλότυπος θεμελίων

3.6 Κοστολόγηση

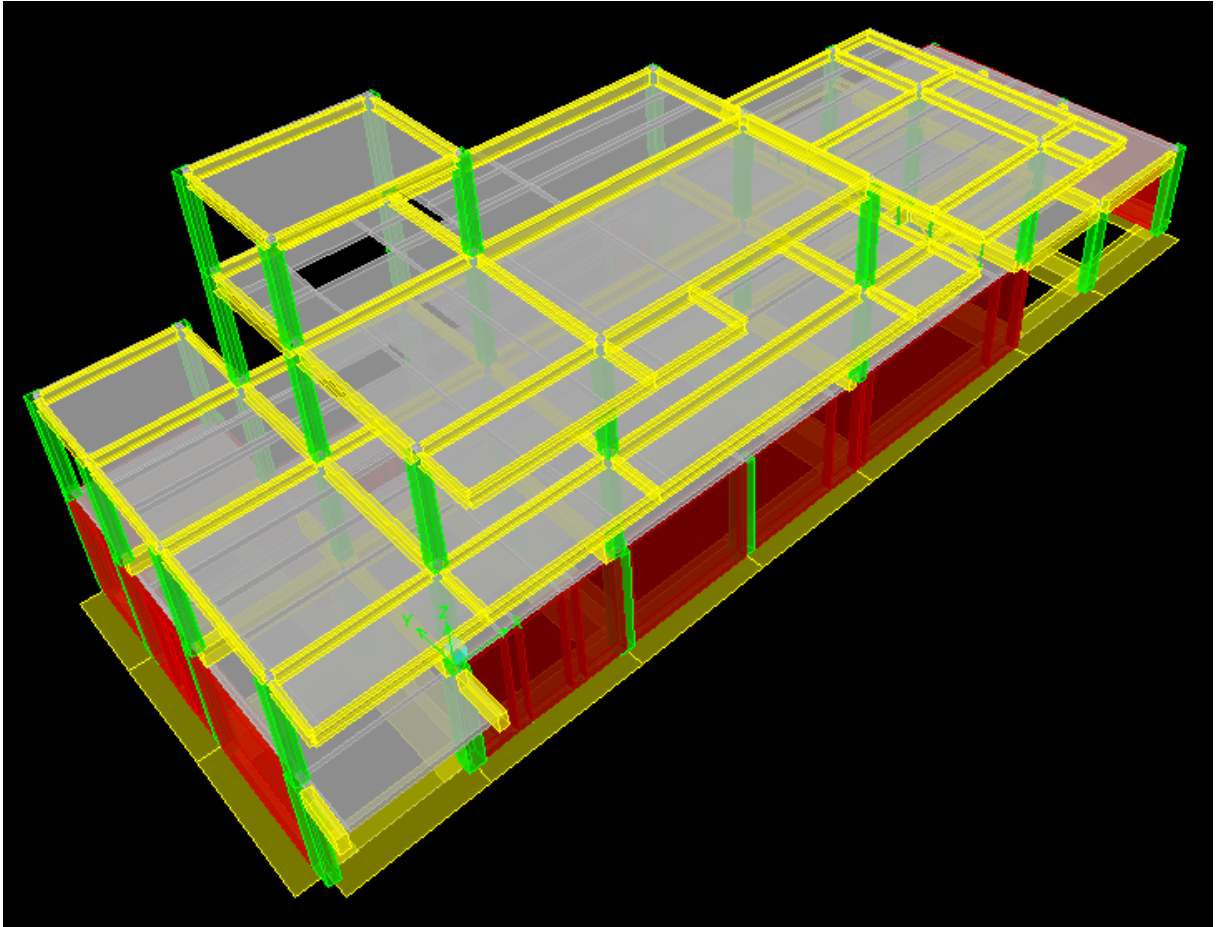
Κοστολογούνται τα φέροντα στοιχεία και τα κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία της κατασκευής, για οικονομική σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων:

ΥΠΟΓΕΙΟ		
Χωματουργικά:	επιφάνεια εκσκαφής εμβαδού 390.30m^2 X 4.20m βάθος εκσκαφής (3.40m ύψος υπογείου + 0.80m βάθος θεμελίωσης) = 1639.30m^3 X $8€/\text{m}^3$	13150 €
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πεδιλοδοκοί:	εμβαδόν διατομής 0.72m^2 X 191.80 τρέχοντα m = 138.10m^3	
Δάπεδα:	επιφάνεια δαπέδων 274.90m^2 X 0.15m πάχος δαπέδων = 41.20m^3	
Τοιχώματα και υποστυλώματα:	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 6.50m^2 X 3.40m ύψος = 22.10m^3	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 1.50m^2 X 3.00m ύψος = 4.50m^3	
Τοιχεία πλήρωσης:	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης 14.30m^2 X 3.40m ύψος = 48.60m^3	
	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης 5.00m^2 X 3.00m ύψος = 15.00m^3	
Δοκοί:	250/500: εμβαδόν διατομής 0.125m^2 X 57.80 τρέχοντα m = 7.20m^3	
	300/600: εμβαδόν διατομής 0.18m^2 X 37.70	

	τρέχοντα m = 6.80m ³	
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών 284.80m ² X 0.16m πάχος πλακών = 45.60m ³	
Σύνολο οπλισμένου σκυροδέματος όγκου 329.10m³ X 250 €/m³ κόστος εργασιών και υλικών		82300 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Μονή δρομική οπτοπλινθοδομή:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 95.20 τρέχοντα m = 276.10m ² X 35€/m ² κόστος επιχρισμένης μονής δρομικής οπτοπλινθοδομής	9700 €
ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ		105150 €
ΑΝΩΔΟΜΗ		
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Τοιχώματα και υποστυλώματα:	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 1.15m ² X 4.20m ύψος = 4.80m ³	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 8.10m ² X 3.20m ύψος = 25.90m ³	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 2.10m ² X 2.60m ύψος = 5.50m ³	
Δοκοί:	250/500: εμβαδόν διατομής 0.125m ² X 78.60 τρέχοντα m = 9.80m ³	
	300/600: εμβαδόν διατομής 0.18m ² X 80.10 τρέχοντα m = 14.40m ³	
	350/1170: εμβαδόν διατομής 0.42m ² X 8.20 τρέχοντα m = 3.40m ³	
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών 324.80m ² X 0.17m πάχος πλακών = 55.20m ³	
Σύνολο οπλισμένου σκυροδέματος όγκου 119.00 m³ X 350 €/m³ κόστος εργασιών και υλικών		41650 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Μονή δρομική οπτοπλινθοδομή:	ύψος τοιχοποιίας 2.70m X 40.90 τρέχοντα m = 110.40m ² X 35€/m ² κόστος επιχρισμένης μονής δρομικής οπτοπλινθοδομής	4550 €
	ύψος τοιχοποιίας 2.10m X 8.80 τρέχοντα m = 18.50m ² X 35€/m ² κόστος επιχρισμένης μονής δρομικής οπτοπλινθοδομής	
Διπλή δρομική οπτοπλινθοδομή:	ύψος τοιχοποιίας 2.70m X 94.20 τρέχοντα m = 254.30m ² X 90€/m ² (κόστος επιχρισμένης διπλής δρομικής οπτοπλινθοδομής 45€/m ² + 45€/m ² κόστος θερμομόνωσης)	22900 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΩΔΟΜΗΣ		69100 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		174250 €

4 Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με πλαίσια ροπής και στις δύο διευθύνσεις

4.1 Γενικά



Τρισδιάστατη απεικόνιση μοντέλου στο περιβάλλον εργασίας του ETABS

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση έγιναν σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 (EN 1993-1-1 και EN 1993-1-8) και τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1).

Οι διατομές των φερόντων στοιχείων επιλέχθηκαν με σκοπό τη στατική επάρκεια του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους αρχιτεκτονικούς περιορισμούς. Τα εξωτερικά κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία μορφώνονται με πάνελ πολυουρεθάνης και τα εσωτερικά με απλή γυψοσανίδα. Η θεμελίωση, τα φέροντα στοιχεία του υπογείου και οι πλάκες των ορόφων διαμορφώνονται όπως στην περίπτωση του φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η σύνδεση μεταξύ στοιχείων από δομικό χάλυβα και στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα πραγματοποιείται με αγκύρια.

Η διατμητική σύνδεση μεταξύ σιδηροδοκού και συμπαγούς πλάκας σκυροδέματος εξασφαλίζεται με τοποθέτηση διατμητικών ήλων κεφαλής, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 1.2.4 της παρούσας διπλωματικής.

Οι συμπαγείς πλάκες σκυροδέματος κατασκευάζονται με χρήση ξυλοτύπων.

4.2 Παράμετροι σχεδιασμού

4.2.1 Έδαφος θεμελίωσης

Η προσομοίωση του εδάφους θεμελίωσης με δείκτη $K = 25000 \text{ kN/m}^3$ πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση γραμμικών ελατηρίων κατά την διαμήκη διεύθυνση των πεδילוδοκών με δείκτη δυσκαμψίας $K_{ελ.} = K \cdot b_{πεδ.} = 37500 \text{ kN/m}^2$ κατά Z. Επίσης δεσμεύτηκαν οι μετακινήσεις κατά X και Y και οι στροφές κατά Z.

4.2.2 Συντελεστής συμπεριφοράς

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) τα κτίρια από δομικό χάλυβα κατατάσσονται σε έναν τύπο στατικού συστήματος ανάλογα με την συμπεριφορά του κυρίως αντισεισμικού τους φορέα υπό οριζόντιες σεισμικές δράσεις. Το υπό μελέτη κτίριο κατατάσσεται ως πλαίσιο παραλαβής ροπών, με πλάστιμα μέλη τις δοκούς.

ΘΕΩΡΗΣΗ Α: Αν το μήκος των δοκών είναι μεγάλο, όπως συχνά συμβαίνει στα μεταλλικά κτίρια, δεν αναμένεται σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα τους. Τότε συνίσταται να μην γίνεται εκμετάλλευση της δυνατότητας απορρόφησης ενέργειας λόγω ανελαστικής συμπεριφοράς και ο αντισεισμικός υπολογισμός να γίνεται με συντελεστή $q = 1.5$, χωρίς εφαρμογή ειδικών αντισεισμικών διατάξεων για τη διαστασιολόγηση των υποστυλωμάτων.

ΘΕΩΡΗΣΗ Β: Το κτίριο είναι κανονικό σε κάτοψη και μη κανονικό σε όψη. Επιλέγεται Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση (ΚΠΜ).

Απομείωση λόγω μη κανονικότητας σε όψη

κατά 20%

Συντελεστής συμπεριφοράς

$q = 0.8 \cdot 4.0 = 3.20$

4.3 Αντισεισμικός έλεγχος

4.3.1 Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας

Σύμφωνα με την ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης του Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απόκριση όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική απόκριση. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν το άθροισμα των δρώσων ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας του φορέα.

ΘΕΩΡΗΣΗ Α			ΘΕΩΡΗΣΗ Β		
Ιδιομορφή	M_{xi} (%)	M_{yi} (%)	Ιδιομορφή	M_{xi} (%)	M_{yi} (%)
1	29.89	2.31	1	29.14	3.25
2	1.98	39.07	2	2.79	37.16
3	0.05	0.04	3	0.08	0.02
4	5.82	0.20	4	5.52	0.12
5	0.07	3.46	5	0.09	3.05
6	0.08	11.58	6	0.07	9.56
7	0.86	0.34	7	0.71	0.04
8	0.27	0.01	8	0.23	0.09
9	0.47	27.52	9	0.65	22.95
10	0.66	3.28	10	0.31	11.33
11	0.35	0.02	11	0.29	0.26
12	0.01	0.01	12	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΟ	40.51	87.85	ΣΥΝΟΛΟ	39.87	87.82

όπου M_{xi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά X .
 M_{yi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά Y .

Το κριτήριο δεν ικανοποιείται, οπότε ελέγχεται αν ο αριθμός ιδιομορφών k που λαμβάνεται υπόψη ικανοποιεί και τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

$$k \geq 3 \cdot n^{1/2} \quad \text{και} \quad T_k \leq 0.20 \text{ sec}$$

όπου k είναι ο αριθμός των ιδιομορφών που συμμετέχουν στην ανάλυση.
 n είναι ο αριθμός των υπέργειων ορόφων συμπεριλαμβανομένου του δώματος.

T_k είναι η περίοδος της τελευταίας ιδιομορφής.

ΘΕΩΡΗΣΗ Α					ΘΕΩΡΗΣΗ Β				
Διεύθ.	k		$3 \cdot n^{1/2}$	$T_k(\text{sec})$	Διεύθ.	k		$3 \cdot n^{1/2}$	$T_k(\text{sec})$
x	12	\geq	5.20	0.05	x	12	\geq	5.20	0.06
y	12	\geq	5.20	0.05	y	12	\geq	5.20	0.06

4.3.2 Αντισεισμικός αρμός

Τα κτίρια πρέπει να προστατεύονται από σεισμογενή πρόσκρουση προς παρακείμενους φορείς. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν η απόσταση από τη γραμμή ιδιοκτησίας στα πιθανά σημεία πρόσκρουσης είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του κτιρίου.

ΘΕΩΡΗΣΗ Α:

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά X	$S_{x,max} = 34.20\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά X	$1.5 \cdot 34.20 = 51.30\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά X	5.5cm
Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά Y	$S_{y,max} = 33.40\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά Y	$1.5 \cdot 33.40 = 50.10\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά Y	5.5cm

ΘΕΩΡΗΣΗ Β:

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά X	$S_{x,max} = 18.10\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά X	$3.2 \cdot 18.10 = 57.92\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά X	6.0cm
Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά Y	$S_{y,max} = 17.60\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά Y	$3.2 \cdot 17.60 = 56.32\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά Y	6.0cm

4.3.3 Έλεγχος περιορισμού βλαβών

Για κτίρια με πλάστιμα μη φέροντα στοιχεία συνδεδεμένα με τον φορέα η απαίτηση περιορισμού βλαβών θεωρείται ότι ικανοποιείται, αν ισχύει, σε όλους τους υπέργειους ορόφους, η σχέση:

$$d_r \cdot v/h \leq 7.5\%$$

όπου d_r είναι η τιμή σχεδιασμού της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s των δαπέδων του υπό εξέταση ορόφου.

h είναι το ύψος του ορόφου.

v είναι συντελεστής μείωσης που λαμβάνει υπόψη τη μικρότερη περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης που συνδέεται με την απαίτηση περιορισμού βλαβών με τιμή $v = 0.50$.

ΘΕΩΡΗΣΗ Α			ΘΕΩΡΗΣΗ Β		
Όροφος	Διευθ.	$d_r \cdot v/h(\%)$	Όροφος	Διευθ.	$d_r \cdot v/h(\%)$
Α όροφος	x	3.85	Α όροφος	x	4.34
	y	3.32		y	3.76
Ισόγειο	x	2.71	Ισόγειο	x	3.14
	y	3.47		y	4.01

4.3.4 Επιρροή αποτελεσμάτων 2^{ας} τάξεως

Αποτελέσματα 2^{ας} τάξεως δεν χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη αν ικανοποιείται, σε όλους τους ορόφους, η ακόλουθη συνθήκη:

$$\theta = (P_{tot}/V_{tot}) \cdot q \cdot (d_{max}/h) < 10\%$$

όπου θ είναι ο συντελεστής ευαισθησίας σχετικής μετακίνησης του ορόφου.

P_{tot} είναι το συνολικό φορτίο βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού του ορόφου που εξετάζεται και των υπερκείμενων ορόφων.

V_{tot} είναι η συνολική σεισμική τέμνουσα του ορόφου.

q είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς.
 d_{\max} είναι η μέγιστη σχετική ελαστική μετακίνηση του ορόφου.
 h είναι το ύψος του ορόφου.

ΘΕΩΡΗΣΗ Α							
Όροφος	Διεύθ.	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	q	d_{\max} (mm)	h (m)	θ (%)
Α όροφος	x	1317.6	1066.9	1.5	16.42	3.20	0.95
	y	1317.6	1185.2		14.15		0.74
Ισόγειο	x	2801.5	1667.7		11.58		0.91
	y	2801.5	1958.5		14.82		0.99
ΘΕΩΡΗΣΗ Β							
Όροφος	Διεύθ.	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	q	d_{\max} (mm)	h (m)	θ (%)
Α όροφος	x	1304.2	501.6	3.2	8.68	3.20	2.26
	y	1304.2	548.8		7.51		1.78
Ισόγειο	x	2770.9	782.6		6.28		2.22
	y	2770.9	905.6		8.02		2.45

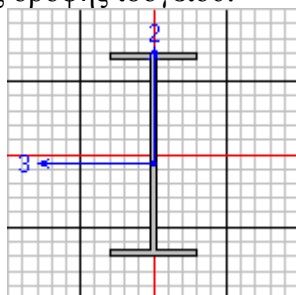
4.4 Διαστασιολόγηση

4.4.1 Πλάκες

Οι πλάκες ελέγχθηκαν σε λυγηρότητα και κάμψη, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.1 της παρούσας διπλωματικής.

4.4.2 Δοκοί

Χρησιμοποιήθηκαν δοκοί διατομής IPE450 και IPE300. Οι δοκοί ελέγχθηκαν σε κάμψη, διάτμηση, συνδυασμένη καταπόνηση κάμψης-διάτμησης και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της δοκού B21 διατομής IPE450 της οροφής ισόγειου:



B21

$$L = 8.65 \text{ m}, A = 98.82 \text{ cm}^2, A_v = 50.85 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 33740 \text{ cm}^4, W_{pl,y} = 1702 \text{ cm}^3, i_y = 18.48 \text{ cm}$$

$$I_z = 1676 \text{ cm}^4, W_{pl,z} = 276.4 \text{ cm}^3, i_z = 4.12 \text{ cm}$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

ΘΕΩΡΗΣΗ Α:

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
33.97	-319.14	-1.34	135.16	-2.97

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	2717.00	-	-	1.0	2717.00
z	2717.00	b	2.330	0.159	432.07
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	468.05	734.05	0.004	<	468.05
z	75.90	671.60	0.201	<	75.90

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.
 $V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
-	-	1.0	0.520	0.266	0.444	0.971

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 χ_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 $k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
0.013 + 0.355 + 0.005 = 0.373	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
0.079 + 0.662 + 0.008 = 0.749	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62) στη φάση κατασκευής:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
4.83	-175.02	0.00	108.06	-0.03

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	2717.00	a	0.519	0.918	2494.74
z	2717.00	b	2.330	0.159	432.07
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{v,Rd}$ kNm
y	468.05	734.05	0.000	<	468.05
z	75.90	671.60	0.161	<	75.90

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	x_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
b	0.987	0.605	0.525	0.589	0.981	0.996

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
0.002 + 0.324 + 0.000 = 0.326	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
0.011 + 0.616 + 0.000 = 0.627	<	1.0

Έλεγχος βελών κάμψης:

βέλος κάμψης mm		L/240 mm
6.65	<	36.04

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων δοκών:

Όροφος	Δοκός	Διατομή	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
				$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	B45	IPE300	$0,508 = 0,015 + 0,473 + 0,019$	0,145	0,005
Δώμα	B56	IPE300	$0,427 = 0,017 + 0,392 + 0,017$	0,146	0,003
Δώμα	B59	IPE300	$0,444 = 0,013 + 0,407 + 0,024$	0,154	0,005
Δώμα	B71	IPE300	$0,538 = 0,018 + 0,499 + 0,021$	0,151	0,004
Ά όροφος	B2	IPE300	$0,126 = 0,001 + 0,124 + 0,000$	0,051	0,001
Ά όροφος	B3	IPE300	$0,038 = 0,002 + 0,035 + 0,000$	0,025	0,002
Ά όροφος	B6	IPE300	$0,114 = 0,005 + 0,104 + 0,005$	0,029	0,001
Ά όροφος	B7	IPE300	$0,114 = 0,004 + 0,104 + 0,006$	0,037	0,001
Ά όροφος	B9	IPE300	$0,193 = 0,002 + 0,190 + 0,001$	0,074	0,005
Ά όροφος	B11	IPE300	$0,327 = 0,000 + 0,325 + 0,002$	0,143	0,005
Ά όροφος	B12	IPE300	$0,127 = 0,004 + 0,120 + 0,003$	0,043	0,003
Ά όροφος	B15	IPE300	$0,058 = 0,003 + 0,053 + 0,001$	0,020	0,001
Ά όροφος	B16	IPE300	$0,255 = 0,008 + 0,231 + 0,016$	0,091	0,004
Ά όροφος	B17	IPE300	$0,121 = 0,004 + 0,111 + 0,006$	0,040	0,001
Ά όροφος	B19	IPE300	$0,692 = 0,014 + 0,667 + 0,011$	0,231	0,004
Ά όροφος	B21	IPE450	$0,583 = 0,031 + 0,524 + 0,028$	0,177	0,010
Ά όροφος	B24	IPE300	$0,505 = 0,019 + 0,478 + 0,008$	0,193	0,001
Ά όροφος	B25	IPE300	$0,291 = 0,015 + 0,261 + 0,015$	0,099	0,003
Ά όροφος	B31	IPE450	$0,514 = 0,013 + 0,489 + 0,012$	0,172	0,005
Ά όροφος	B32	IPE300	$0,606 = 0,005 + 0,591 + 0,010$	0,208	0,004
Ά όροφος	B35	IPE450	$0,517 = 0,021 + 0,471 + 0,024$	0,170	0,008
Ά όροφος	B37	IPE300	$0,081 = 0,063 + 0,004 + 0,014$	0,032	0,001
Ά όροφος	B39	IPE300	$0,607 = 0,007 + 0,582 + 0,017$	0,196	0,005
Ά όροφος	B40	IPE300	$0,121 = 0,004 + 0,111 + 0,005$	0,032	0,001
Ά όροφος	B45	IPE300	$0,690 = 0,010 + 0,666 + 0,014$	0,221	0,004
Ά όροφος	B46	IPE450	$0,694 = 0,011 + 0,659 + 0,023$	0,270	0,013
Ά όροφος	B49	IPE300	$0,625 = 0,007 + 0,606 + 0,011$	0,234	0,002
Ά όροφος	B50	IPE300	$0,205 = 0,002 + 0,201 + 0,002$	0,081	0,004
Ά όροφος	B57	IPE450	$0,534 = 0,023 + 0,484 + 0,027$	0,214	0,008
Ά όροφος	B58	IPE300	$0,558 = 0,009 + 0,515 + 0,034$	0,205	0,008
Ά όροφος	B61	IPE450	$0,543 = 0,024 + 0,487 + 0,033$	0,208	0,010
Ά όροφος	B63	IPE300	$0,072 = 0,061 + 0,005 + 0,006$	0,018	0,001
Ά όροφος	B65	IPE300	$0,640 = 0,017 + 0,612 + 0,010$	0,234	0,006
Ά όροφος	B66	IPE300	$0,049 = 0,001 + 0,047 + 0,001$	0,023	0,001
Ά όροφος	B71	IPE300	$0,604 = 0,026 + 0,550 + 0,028$	0,162	0,006
Ά όροφος	B73	IPE450	$0,601 = 0,291 + 0,019 + 0,291$	0,111	0,029

Α όροφος	B77	IPE300	$0,383 = 0,104 + 0,009 + 0,270$	0,077	0,002
Α όροφος	B78	IPE300	$0,104 = 0,016 + 0,067 + 0,022$	0,037	0,005
Ισόγειο	B1	IPE300	$0,098 = 0,000 + 0,098 + 0,000$	0,049	0,003
Ισόγειο	B2	IPE300	$0,127 = 0,001 + 0,126 + 0,000$	0,047	0,000
Ισόγειο	B4	IPE300	$0,298 = 0,125 + 0,004 + 0,169$	0,092	0,001
Ισόγειο	B5	IPE300	$0,256 = 0,005 + 0,250 + 0,001$	0,076	0,001
Ισόγειο	B8	IPE300	$0,180 = 0,002 + 0,174 + 0,003$	0,071	0,008
Ισόγειο	B10	IPE300	$0,389 = 0,001 + 0,387 + 0,001$	0,168	0,004
Ισόγειο	B11	IPE300	$0,467 = 0,001 + 0,465 + 0,001$	0,196	0,005
Ισόγειο	B13	IPE300	$0,618 = 0,001 + 0,614 + 0,003$	0,246	0,006
Ισόγειο	B14	IPE300	$0,127 = 0,016 + 0,076 + 0,034$	0,044	0,007
Ισόγειο	B18	IPE300	$0,721 = 0,023 + 0,668 + 0,030$	0,266	0,056
Ισόγειο	B19	IPE300	$0,729 = 0,011 + 0,703 + 0,015$	0,231	0,004
Ισόγειο	B23	IPE450	$0,672 = 0,245 + 0,069 + 0,358$	0,225	0,005
Ισόγειο	B29	IPE300	$0,455 = 0,012 + 0,428 + 0,016$	0,125	0,008
Ισόγειο	B30	IPE450	$0,624 = 0,006 + 0,602 + 0,017$	0,228	0,006
Ισόγειο	B33	IPE300	$0,715 = 0,007 + 0,691 + 0,017$	0,235	0,005
Ισόγειο	B34	IPE450	$0,788 = 0,007 + 0,758 + 0,022$	0,278	0,008
Ισόγειο	B36	IPE300	$0,113 = 0,009 + 0,100 + 0,005$	0,054	0,004
Ισόγειο	B38	IPE300	$0,545 = 0,104 + 0,026 + 0,415$	0,123	0,001
Ισόγειο	B44	IPE300	$0,716 = 0,028 + 0,630 + 0,058$	0,239	0,070
Ισόγειο	B45	IPE300	$0,640 = 0,011 + 0,611 + 0,018$	0,203	0,004
Ισόγειο	B46	IPE450	$0,717 = 0,010 + 0,690 + 0,017$	0,246	0,018
Ισόγειο	B47	IPE300	$0,610 = 0,008 + 0,585 + 0,018$	0,159	0,003
Ισόγειο	B55	IPE300	$0,446 = 0,015 + 0,414 + 0,017$	0,143	0,005
Ισόγειο	B56	IPE450	$0,546 = 0,017 + 0,510 + 0,020$	0,246	0,006
Ισόγειο	B59	IPE300	$0,661 = 0,016 + 0,613 + 0,033$	0,238	0,009
Ισόγειο	B60	IPE450	$0,821 = 0,011 + 0,780 + 0,029$	0,356	0,008
Ισόγειο	B62	IPE300	$0,116 = 0,044 + 0,048 + 0,024$	0,036	0,008
Ισόγειο	B64	IPE300	$0,717 = 0,199 + 0,033 + 0,485$	0,185	0,001
Ισόγειο	B70	IPE300	$0,776 = 0,029 + 0,622 + 0,125$	0,221	0,003
Ισόγειο	B71	IPE300	$0,573 = 0,043 + 0,501 + 0,030$	0,145	0,007
Ισόγειο	B73	IPE450	$0,534 = 0,207 + 0,026 + 0,301$	0,105	0,037
Ισόγειο	B76	IPE450	$0,592 = 0,214 + 0,064 + 0,314$	0,153	0,008
Ισόγειο	B87	IPE300	$0,502 = 0,021 + 0,458 + 0,023$	0,204	0,005
Ισόγειο	B88	IPE300	$0,553 = 0,028 + 0,498 + 0,027$	0,213	0,005
Ισόγειο	B92	IPE300	$0,527 = 0,027 + 0,481 + 0,020$	0,168	0,005

ΘΕΩΡΗΣΗ Β:

Ελέγχθηκε ότι στις θέσεις που αναμένεται ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων ικανοποιούνται οι παρακάτω ανισότητες του EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.6.2 (Εξισώσεις 6.2, 6.3, 6.4):

$$M_{Ed}/M_{pl,Rd} \leq 1.0$$

$$N_{Ed}/N_{pl,Rd} \leq 0.15$$

$$V_{Ed}/V_{pl,Rd} \leq 0.5$$

όπου $V_{Ed} = V_{Ed,G} + V_{Ed,M}$

$V_{Ed,G}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας η οποία οφείλεται σε μη σεισμικές δράσεις,

$V_{Ed,M}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας η οποία οφείλεται στην εφαρμογή των πλαστικών ροπών $M_{pl,Rd,A}$ και $M_{pl,Rd,B}$ με αντίθετα πρόσημα στις διατομές των άκρων Α και Β της δοκού.

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
8.02	-275.25	-0.03	167.29	-0.04

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού		λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	2717.00	-		-	1.0	2717.00
z	2717.00	b		2.335	0.158	430.18
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$			$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	468.05	734.05	0.000	<	0.5	468.05
z	75.90	671.60	0.249	<	0.5	75.90

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.
 $V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	x_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
-	-	1.0	0.521	0.300	0.500	0.993

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.

x_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.

$k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.003 + 0.306 + 0.000 = 0.309$	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.019 + 0.584 + 0.000 = 0.603$	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62) στη φάση κατασκευής:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
4.64	-178.01	0.00	108.75	-0.02

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN	
y	2717.00	a	0.520	0.918	2493.65	
z	2717.00	b	2.335	0.158	430.18	
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{v,Rd}$ kNm	
y	468.05	734.05	0.000	<	0.5	468.05
z	75.90	671.60	0.162	<	0.5	75.90

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	x_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
b	0.994	0.601	0.522	0.584	0.973	0.996

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.002 + 0.330 + 0.000 = 0.332$	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.011 + 0.630 + 0.000 = 0.641$	<	1.0

Έλεγχος βελών κάμψης:

βέλος κάμψης mm		L/240 mm
6.82	<	36.04

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων δοκών:

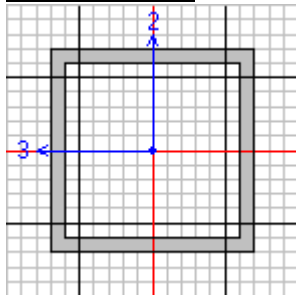
Όροφος	Δοκός	Διατομή	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
				$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	B45	IPE300	$0,277 = 0,008 + 0,260 + 0,009$	0,094	0,002
Δώμα	B56	IPE300	$0,234 = 0,010 + 0,216 + 0,009$	0,090	0,002
Δώμα	B59	IPE300	$0,239 = 0,008 + 0,220 + 0,012$	0,093	0,002
Δώμα	B71	IPE300	$0,303 = 0,010 + 0,284 + 0,009$	0,099	0,002
Ά όροφος	B2	IPE300	$0,125 = 0,001 + 0,124 + 0,000$	0,051	0,000
Ά όροφος	B3	IPE300	$0,037 = 0,002 + 0,035 + 0,000$	0,025	0,001
Ά όροφος	B6	IPE300	$0,071 = 0,003 + 0,067 + 0,000$	0,029	0,000
Ά όροφος	B7	IPE300	$0,061 = 0,002 + 0,056 + 0,003$	0,022	0,000
Ά όροφος	B9	IPE300	$0,195 = 0,002 + 0,192 + 0,002$	0,074	0,003
Ά όροφος	B11	IPE300	$0,330 = 0,000 + 0,328 + 0,002$	0,143	0,002
Ά όροφος	B12	IPE300	$0,127 = 0,004 + 0,120 + 0,003$	0,043	0,001
Ά όροφος	B15	IPE300	$0,058 = 0,003 + 0,053 + 0,001$	0,020	0,000
Ά όροφος	B16	IPE300	$0,202 = 0,001 + 0,198 + 0,003$	0,083	0,002
Ά όροφος	B17	IPE300	$0,074 = 0,002 + 0,070 + 0,003$	0,027	0,000
Ά όροφος	B19	IPE300	$0,444 = 0,008 + 0,431 + 0,005$	0,202	0,002
Ά όροφος	B21	IPE450	$0,369 = 0,009 + 0,351 + 0,008$	0,177	0,004
Ά όροφος	B24	IPE300	$0,409 = 0,004 + 0,404 + 0,001$	0,191	0,000
Ά όροφος	B25	IPE300	$0,249 = 0,003 + 0,244 + 0,002$	0,098	0,002
Ά όροφος	B31	IPE450	$0,261 = 0,006 + 0,248 + 0,006$	0,092	0,003
Ά όροφος	B32	IPE300	$0,384 = 0,002 + 0,376 + 0,005$	0,182	0,002
Ά όροφος	B35	IPE450	$0,250 = 0,010 + 0,228 + 0,012$	0,092	0,004
Ά όροφος	B37	IPE300	$0,081 = 0,063 + 0,004 + 0,015$	0,032	0,001
Ά όροφος	B39	IPE300	$0,368 = 0,003 + 0,355 + 0,009$	0,138	0,002
Ά όροφος	B40	IPE300	$0,075 = 0,002 + 0,070 + 0,003$	0,032	0,000
Ά όροφος	B45	IPE300	$0,456 = 0,006 + 0,443 + 0,007$	0,199	0,002
Ά όροφος	B46	IPE450	$0,555 = 0,009 + 0,545 + 0,001$	0,268	0,006
Ά όροφος	B49	IPE300	$0,546 = 0,004 + 0,540 + 0,001$	0,233	0,001
Ά όροφος	B50	IPE300	$0,206 = 0,001 + 0,202 + 0,002$	0,081	0,002
Ά όροφος	B57	IPE450	$0,255 = 0,011 + 0,230 + 0,013$	0,108	0,004
Ά όροφος	B58	IPE300	$0,304 = 0,006 + 0,280 + 0,017$	0,129	0,004
Ά όροφος	B61	IPE450	$0,256 = 0,011 + 0,229 + 0,015$	0,102	0,005
Ά όροφος	B63	IPE300	$0,071 = 0,061 + 0,005 + 0,006$	0,018	0,001
Ά όροφος	B65	IPE300	$0,357 = 0,009 + 0,344 + 0,005$	0,144	0,003
Ά όροφος	B66	IPE300	$0,049 = 0,001 + 0,047 + 0,001$	0,023	0,000
Ά όροφος	B71	IPE300	$0,343 = 0,012 + 0,316 + 0,015$	0,103	0,003
Ά όροφος	B73	IPE450	$0,367 = 0,164 + 0,009 + 0,194$	0,089	0,017

Α όροφος	B77	IPE300	$0,239 = 0,020 + 0,212 + 0,006$	0,077	0,001
Α όροφος	B78	IPE300	$0,103 = 0,004 + 0,097 + 0,002$	0,037	0,002
Ισόγειο	B1	IPE300	$0,098 = 0,000 + 0,098 + 0,000$	0,049	0,001
Ισόγειο	B2	IPE300	$0,127 = 0,001 + 0,125 + 0,000$	0,047	0,000
Ισόγειο	B4	IPE300	$0,263 = 0,049 + 0,001 + 0,213$	0,092	0,000
Ισόγειο	B5	IPE300	$0,256 = 0,005 + 0,250 + 0,001$	0,076	0,000
Ισόγειο	B8	IPE300	$0,181 = 0,002 + 0,176 + 0,003$	0,071	0,004
Ισόγειο	B10	IPE300	$0,392 = 0,001 + 0,390 + 0,001$	0,168	0,002
Ισόγειο	B11	IPE300	$0,471 = 0,001 + 0,469 + 0,001$	0,196	0,002
Ισόγειο	B13	IPE300	$0,623 = 0,001 + 0,618 + 0,003$	0,246	0,003
Ισόγειο	B14	IPE300	$0,112 = 0,007 + 0,099 + 0,005$	0,044	0,003
Ισόγειο	B18	IPE300	$0,410 = 0,012 + 0,386 + 0,013$	0,178	0,024
Ισόγειο	B19	IPE300	$0,466 = 0,005 + 0,454 + 0,007$	0,195	0,002
Ισόγειο	B23	IPE450	$0,455 = 0,008 + 0,437 + 0,010$	0,227	0,002
Ισόγειο	B29	IPE300	$0,266 = 0,005 + 0,254 + 0,007$	0,081	0,004
Ισόγειο	B30	IPE450	$0,341 = 0,003 + 0,330 + 0,008$	0,138	0,003
Ισόγειο	B33	IPE300	$0,457 = 0,003 + 0,446 + 0,008$	0,188	0,003
Ισόγειο	B34	IPE450	$0,432 = 0,004 + 0,418 + 0,010$	0,164	0,004
Ισόγειο	B36	IPE300	$0,114 = 0,009 + 0,100 + 0,004$	0,054	0,002
Ισόγειο	B38	IPE300	$0,307 = 0,067 + 0,016 + 0,224$	0,066	0,001
Ισόγειο	B44	IPE300	$0,408 = 0,014 + 0,368 + 0,026$	0,161	0,031
Ισόγειο	B45	IPE300	$0,410 = 0,006 + 0,395 + 0,008$	0,176	0,002
Ισόγειο	B46	IPE450	$0,585 = 0,010 + 0,575 + 0,001$	0,246	0,008
Ισόγειο	B47	IPE300	$0,481 = 0,006 + 0,475 + 0,001$	0,158	0,001
Ισόγειο	B55	IPE300	$0,240 = 0,007 + 0,224 + 0,008$	0,082	0,003
Ισόγειο	B56	IPE450	$0,271 = 0,005 + 0,258 + 0,008$	0,135	0,003
Ισόγειο	B59	IPE300	$0,365 = 0,008 + 0,341 + 0,016$	0,150	0,004
Ισόγειο	B60	IPE450	$0,409 = 0,006 + 0,390 + 0,013$	0,189	0,004
Ισόγειο	B62	IPE300	$0,102 = 0,035 + 0,062 + 0,005$	0,036	0,005
Ισόγειο	B64	IPE300	$0,361 = 0,084 + 0,018 + 0,259$	0,098	0,001
Ισόγειο	B70	IPE300	$0,435 = 0,015 + 0,365 + 0,054$	0,149	0,001
Ισόγειο	B71	IPE300	$0,318 = 0,021 + 0,283 + 0,015$	0,092	0,003
Ισόγειο	B73	IPE450	$0,308 = 0,011 + 0,286 + 0,012$	0,087	0,019
Ισόγειο	B76	IPE450	$0,346 = 0,020 + 0,311 + 0,016$	0,129	0,004
Ισόγειο	B87	IPE300	$0,257 = 0,007 + 0,246 + 0,005$	0,114	0,002
Ισόγειο	B88	IPE300	$0,291 = 0,013 + 0,266 + 0,012$	0,118	0,002
Ισόγειο	B92	IPE300	$0,282 = 0,013 + 0,261 + 0,009$	0,100	0,002

4.4.3 Υποστυλώματα

Χρησιμοποιήθηκαν υποστυλώματα διατομής SHS320X320X22.2 (ΘΕΩΡΗΣΗ Α) και SHS300X300X20 (ΘΕΩΡΗΣΗ Β). Τα υποστυλώματα ελέγχθηκαν σε αξονική κάμψη, διάτμηση, συνδυασμένη καταπόνηση αξονικής-κάμψης-διάτμησης, καμπτικό λυγισμό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του υποστυλώματος C17 του ισογείου:

ΘΕΩΡΗΣΗ Α:



C17

$$L = 3.20 \text{ m}, A = 264.40 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 39300 \text{ cm}^4, W_{pl,y} = 2959 \text{ cm}^3, i_y = 12.19 \text{ cm}$$

$$I_z = 39300 \text{ cm}^4, W_{pl,z} = 2959 \text{ cm}^3, i_z = 12.19 \text{ cm}$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
-424.08	267.48	-453.34	124.57	-266.17

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού		λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	7271.00	a		0.500	0.924	6719.84
z	7271.00	a		0.421	0.947	6886.16
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$			$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	813.73	2256.14	0.118	<	0.5	813.73
z	813.73	2256.14	0.055	<	0.5	813.73

όπου

$N_{t,Rd}$

λ

x

$N_{b,Rd}$

$M_{c,Rd}$

$V_{c,Rd}$

είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.

είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.

είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.

είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.

είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.

είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.

$M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος συνδυασμένης καταπόνησης αξονικής-κάμψης-διάτμησης EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.9.1 (Εξίσωση 6.41):

α	β	$(M_{Ed,y}/M_{V,N,Rd,y})^\alpha + (M_{Ed,z}/M_{V,N,Rd,z})^\beta$		
1.67	1.67	$0.156 + 0.376 = 0.532$	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
d	0.093	1.0	0.484	0.251	0.419	0.989

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 χ_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 $k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.063 + 0.159 + 0.140 = 0.362$	<	1.0
$N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.062 + 0.325 + 0.233 = 0.620$	<	1.0

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων υποστυλωμάτων:

Όροφος	Υποσύλωμα	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
			$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	C15	$0,184 = 0,010 + 0,047 + 0,126$	0,015	0,030
Δώμα	C16	$0,196 = 0,011 + 0,108 + 0,078$	0,024	0,021
Δώμα	C25	$0,169 = 0,010 + 0,090 + 0,069$	0,013	0,017
Δώμα	C26	$0,186 = 0,010 + 0,094 + 0,082$	0,028	0,020
Ά όροφος	C3	$0,410 = 0,023 + 0,165 + 0,222$	0,036	0,056
Ά όροφος	C4	$0,409 = 0,027 + 0,296 + 0,086$	0,078	0,019
Ά όροφος	C6	$0,494 = 0,023 + 0,289 + 0,182$	0,069	0,053
Ά όροφος	C8-1	$0,267 = 0,021 + 0,220 + 0,027$	0,080	0,037
Ά όροφος	C15	$0,539 = 0,026 + 0,160 + 0,353$	0,036	0,087
Ά όροφος	C16	$0,455 = 0,038 + 0,298 + 0,119$	0,075	0,033
Ά όροφος	C17	$0,705 = 0,024 + 0,307 + 0,374$	0,079	0,094
Ά όροφος	C19-1	$0,253 = 0,019 + 0,082 + 0,152$	0,028	0,093
Ά όροφος	C25	$0,448 = 0,032 + 0,164 + 0,252$	0,034	0,060
Ά όροφος	C26	$0,355 = 0,026 + 0,245 + 0,084$	0,060	0,022

Ά όροφος	C28	0,478 = 0,025 + 0,250 + 0,203	0,059	0,057
Ά όροφος	C30-1	0,247 = 0,015 + 0,195 + 0,037	0,078	0,037
Ισόγειο	C2	0,493 = 0,016 + 0,237 + 0,239	0,044	0,036
Ισόγειο	C3	0,654 = 0,056 + 0,339 + 0,258	0,054	0,045
Ισόγειο	C4	0,704 = 0,061 + 0,373 + 0,271	0,065	0,040
Ισόγειο	C6	0,810 = 0,077 + 0,364 + 0,369	0,066	0,072
Ισόγειο	C8	0,705 = 0,032 + 0,367 + 0,305	0,080	0,050
Ισόγειο	C14	0,593 = 0,014 + 0,289 + 0,290	0,048	0,051
Ισόγειο	C15	0,662 = 0,043 + 0,289 + 0,330	0,044	0,068
Ισόγειο	C16	0,717 = 0,064 + 0,336 + 0,317	0,059	0,055
Ισόγειο	C19	0,653 = 0,023 + 0,242 + 0,388	0,030	0,067
Ισόγειο	C24	0,569 = 0,013 + 0,257 + 0,300	0,043	0,055
Ισόγειο	C25	0,587 = 0,050 + 0,255 + 0,282	0,039	0,054
Ισόγειο	C26	0,550 = 0,043 + 0,275 + 0,232	0,045	0,037
Ισόγειο	C28	0,767 = 0,068 + 0,309 + 0,390	0,058	0,080
Ισόγειο	C30	0,688 = 0,028 + 0,303 + 0,356	0,064	0,058
Ισόγειο	C37	0,495 = 0,015 + 0,238 + 0,242	0,040	0,039
Ισόγειο	C38	0,504 = 0,012 + 0,254 + 0,238	0,041	0,040

ΘΕΩΡΗΣΗ Β:

Τα εντατικά μεγέθη υπολογίστηκαν στους ελέγχους ως εξής, EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.6.3 (Εξισώσεις 6.6):

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} = N_{Ed,G} + 2.22 \cdot N_{Ed,E}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E} = M_{Ed,G} + 2.22 \cdot M_{Ed,E}$$

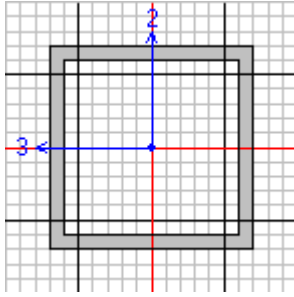
$$V_{Ed} = V_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E} = V_{Ed,G} + 2.22 \cdot V_{Ed,E}$$

όπου $N_{Ed,G}$ ($M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$) είναι η θλιπτική δύναμη (αντίστοιχα η ροπή κάμψης και η τέμνουσα) στο υποστύλωμα, οφειλόμενη στις μη-σεισμικές δράσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

γ_{ov} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής ίσος με 1.25.

Ω είναι η ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = M_{pl,Rd,i}/M_{Ed,i}$ για όλες τις δοκούς στις οποίες υπάρχουν πλαστικές ζώνες. $M_{Ed,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της ροπής κάμψης στη δοκό i στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και $M_{pl,Rd,i}$ είναι η αντίστοιχη πλαστική ροπή.

$N_{Ed,E}$ ($M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$) είναι η θλιπτική δύναμη (αντίστοιχα η ροπή κάμψης και η τέμνουσα) στο υποστύλωμα, οφειλόμενη στη σεισμική δράση σχεδιασμού.



C17

$$L = 3.20 \text{ m}, A = 224.00 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 29420 \text{ cm}^4, W_{pl,y} = 2356 \text{ cm}^3, i_y = 11.46 \text{ cm}$$

$$I_z = 29420 \text{ cm}^4, W_{pl,z} = 2356 \text{ cm}^3, i_z = 11.46 \text{ cm}$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
-424.95	258.52	-442.05	128.41	-267.36

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	6160.00	a	0.499	0.925	5695.41
z	6160.00	a	0.428	0.945	5822.33
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	647.90	1905.26	0.140	< 0.5	647.90
z	647.90	1905.26	0.067	< 0.5	647.90

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.
 $V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος συνδυασμένης καταπόνησης αξονικής-κάμψης-διάτμησης EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.9.1 (Εξίσωση 6.41):

α	β	$(M_{Ed,y}/M_{V,N,Rd,y})^\alpha + (M_{Ed,z}/M_{V,N,Rd,z})^\beta$		
1.67	1.67	0.216 + 0.528 = 0.744	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
d	0.094	1.0	0.456	0.253	0.422	0.985

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 χ_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 $k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.075 + 0.182 + 0.173 = 0.430$	<	1.0
$N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.073 + 0.393 + 0.288 = 0.754$	<	1.0

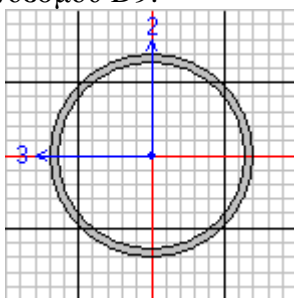
Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων υποστυλωμάτων:

Όροφος	Υποστώλωμα	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
			$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	C15	$0,252 = 0,012 + 0,071 + 0,168$	0,019	0,038
Δώμα	C16	$0,274 = 0,013 + 0,143 + 0,117$	0,030	0,029
Δώμα	C25	$0,213 = 0,012 + 0,113 + 0,088$	0,018	0,024
Δώμα	C26	$0,241 = 0,013 + 0,122 + 0,106$	0,035	0,027
Α όροφος	C3	$0,517 = 0,028 + 0,208 + 0,282$	0,044	0,068
Α όροφος	C4	$0,531 = 0,033 + 0,383 + 0,116$	0,094	0,024
Α όροφος	C6	$0,633 = 0,027 + 0,367 + 0,239$	0,083	0,064
Α όροφος	C8-1	$0,349 = 0,025 + 0,278 + 0,045$	0,101	0,044
Α όροφος	C15	$0,678 = 0,031 + 0,201 + 0,447$	0,044	0,104
Α όροφος	C16	$0,593 = 0,045 + 0,358 + 0,190$	0,091	0,043
Α όροφος	C17	$0,878 = 0,029 + 0,388 + 0,462$	0,094	0,113
Α όροφος	C19-1	$0,333 = 0,023 + 0,111 + 0,200$	0,032	0,120
Α όροφος	C25	$0,563 = 0,038 + 0,202 + 0,322$	0,042	0,073
Α όροφος	C26	$0,453 = 0,030 + 0,287 + 0,135$	0,073	0,028
Α όροφος	C28	$0,613 = 0,030 + 0,317 + 0,267$	0,072	0,070
Α όροφος	C30-1	$0,330 = 0,018 + 0,258 + 0,055$	0,101	0,045
Ισόγειο	C2	$0,616 = 0,020 + 0,308 + 0,288$	0,056	0,043
Ισόγειο	C3	$0,805 = 0,067 + 0,415 + 0,323$	0,066	0,056
Ισόγειο	C4	$0,855 = 0,073 + 0,455 + 0,328$	0,079	0,048
Ισόγειο	C6	$1,014 = 0,092 + 0,453 + 0,469$	0,082	0,089
Ισόγειο	C8	$0,887 = 0,039 + 0,460 + 0,388$	0,096	0,063

Ισόγειο	C14	$0,720 = 0,018 + 0,351 + 0,351$	0,058	0,061
Ισόγειο	C15	$0,810 = 0,050 + 0,351 + 0,409$	0,054	0,083
Ισόγειο	C16	$0,871 = 0,077 + 0,409 + 0,385$	0,072	0,065
Ισόγειο	C19	$0,789 = 0,027 + 0,283 + 0,479$	0,035	0,082
Ισόγειο	C24	$0,696 = 0,016 + 0,316 + 0,364$	0,052	0,066
Ισόγειο	C25	$0,730 = 0,059 + 0,317 + 0,354$	0,050	0,067
Ισόγειο	C26	$0,682 = 0,052 + 0,340 + 0,290$	0,056	0,046
Ισόγειο	C28	$0,959 = 0,081 + 0,384 + 0,495$	0,072	0,098
Ισόγειο	C30	$0,855 = 0,035 + 0,377 + 0,443$	0,077	0,072
Ισόγειο	C37	$0,610 = 0,019 + 0,295 + 0,296$	0,048	0,048
Ισόγειο	C38	$0,621 = 0,015 + 0,311 + 0,296$	0,050	0,048

4.4.4 Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας

Για τη μόρφωση της ανισοσταθμίας των πλακών της οροφής ισόγειου χρησιμοποιήθηκαν σύνδεσμοι διατομής CHS76.1X3.2. Οι σύνδεσμοι ελέγχθηκαν σε αξονική και καμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του συνδέσμου D9:



D9

$$L = 1.54 \text{ m}, A = 7.33 \text{ cm}^2$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

ΘΕΩΡΗΣΗ Α:

Πίνακας εντατικών μεγεθών και αντοχών:

Διευθ.	N_{Ed} kN	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	χ	$N_{b,Rd}$ kN
y	95.72	201.55	a	0.686	0.854	172.16
z	95.72	201.55	a	0.686	0.854	172.16

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων συνδέσμων:

Σύνδεσμος	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
		$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
C1-1	0,030 = 0,030 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C11-1	0,031 = 0,031 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C12-1	0,008 = 0,008 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C13-1	0,010 = 0,010 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C18-1	0,206 = 0,206 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C22-1	0,036 = 0,036 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C23-1	0,049 = 0,049 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C29-1	0,393 = 0,393 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C7-1	0,233 = 0,233 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
D1	0,057 = 0,052 + 0,005 + 0,000	0,001	0,000
D2	0,095 = 0,091 + 0,000 + 0,004	0,001	0,000
D3	0,448 = 0,445 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
D4	0,368 = 0,366 + 0,002 + 0,000	0,001	0,000
D5	0,356 = 0,353 + 0,000 + 0,002	0,001	0,000
D6	0,237 = 0,235 + 0,002 + 0,000	0,001	0,000
D7	0,310 = 0,307 + 0,003 + 0,000	0,001	0,000
D8	0,458 = 0,455 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000

ΘΕΩΡΗΣΗ Β:

Οι αξονικές δυνάμεις υπολογίστηκαν στους ελέγχους ως εξής, EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.6.3 (Εξίσωση 6.6):

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} = N_{Ed,G} + 2.22 \cdot N_{Ed,E}$$

όπου $N_{Ed,G}$ είναι η αξονική δύναμη στον σύνδεσμο, οφειλόμενη στις μη-σεισμικές δράσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

γ_{ov} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής ίσος με 1.25.

Ω είναι η ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = M_{pl,Rd,i} / M_{Ed,i}$ για όλες τις δοκούς στις οποίες υπάρχουν πλαστικές ζώνες. $M_{Ed,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της ροπής κάμψης στη δοκό i στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και $M_{pl,Rd,i}$ είναι η αντίστοιχη πλαστική ροπή.

$N_{Ed,E}$ είναι η αξονική δύναμη στον σύνδεσμο, οφειλόμενη στη σεισμική δράση σχεδιασμού.

Πίνακας εντατικών μεγεθών και αντοχών:

Διευθ.	N_{Ed} kN	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λογισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	95.26	201.55	a	0.686	0.854	172.16
z	95.26	201.55	a	0.686	0.854	172.16

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων συνδέσμων:

Σύνδεσμος	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
		$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
C1-1	$0,031 = 0,031 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C11-1	$0,032 = 0,032 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C12-1	$0,008 = 0,008 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C13-1	$0,010 = 0,010 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C18-1	$0,209 = 0,209 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C22-1	$0,036 = 0,036 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C23-1	$0,049 = 0,049 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C29-1	$0,393 = 0,393 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C7-1	$0,235 = 0,235 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
D1	$0,079 = 0,074 + 0,000 + 0,004$	0,001	0,000
D2	$0,099 = 0,095 + 0,000 + 0,004$	0,001	0,000
D3	$0,457 = 0,454 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
D4	$0,376 = 0,374 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
D5	$0,365 = 0,363 + 0,000 + 0,002$	0,001	0,000
D6	$0,246 = 0,243 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
D7	$0,315 = 0,312 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
D8	$0,464 = 0,461 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

4.4.5 Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης

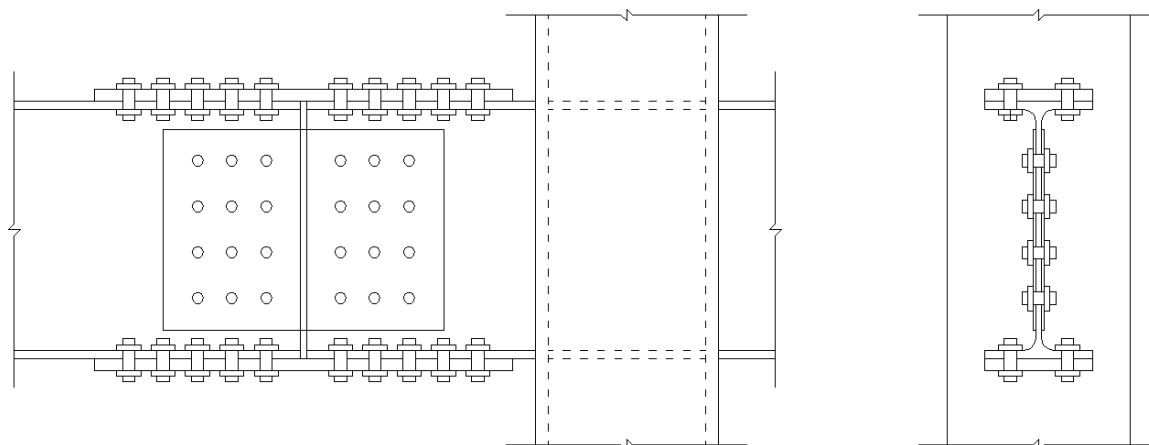
Οι συνδετήριες δοκοί της θεμελίωσης ελέγχθηκαν σε λυγρότητα, κάμψη και διάτμηση, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.4 της παρούσας διπλωματικής.

4.4.6 Πέλματα πεδιλοδοκών

Τα πέλματα των πεδιλοδοκών ελέγχθηκαν σε μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, κάμψη και διάτμηση, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.5 της παρούσας διπλωματικής.

4.5 Συνδέσεις

Η σύνδεση των στοιχείων από δομικό χάλυβα πραγματοποιείται με κοχλίωση. Οι κόμβοι των υποστυλωμάτων κοίλης ορθογωνικής διατομής διαμορφώνονται εργοστασιακά με συγκόλληση των απαιτούμενων νευρώσεων. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η σύνδεση μεταξύ της δοκού B21 διατομής IPE450 και του υποστυλώματος C6 διατομής SHS320X320X22.2 (ΘΕΩΡΗΣΗ Α) και SHS300X300X20 (ΘΕΩΡΗΣΗ Β) στη στάθμη οροφής ισογείου:



Σύνδεση B21-C6

ΘΕΩΡΗΣΗ Α:

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

$W_{pl,w}$ cm ³	$W_{pl,f}$ cm ³	$M_{pl,Rd}$ kNcm	$M_{Ed,w}$ kNcm	$M_{Ed,f}$ kNcm	V_{Ed} kN	$I_{p,w}$ cm ²
416.12	1285.88	46805	11443.30	35361.70	165.91	1248
$F_{V,Ed,f}$ kN	$F_{V,Ed,w,x}$ kN	$F_{V,Ed,w,y}$ kN	$F_{V,Ed,w}$ kN			
752.38	110.03	68.84	129.79			

Έλεγχος κοχλίωσης πελμάτων:

Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M22 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας B και 1 έλασμα 190X730X20 σε κάθε πέλμα.

$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$10 \cdot F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd}$ kN	$F_{net,Rd}$ kN
212.10	77.13	771.27	2301.93	781.00
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm
29	125	53	58	175
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm	
60	45	60	100	

Έλεγχος κοχλίωσης κορμού:

Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M22 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας B και 2 ελάσματα 350X430X5.

$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd,x}$ kN	$F_{b,Rd,y}$ kN	$F_{net,Rd,x}$ kN	$F_{net,Rd,y}$ kN
212.10	154.25	148.21	135.86	698.50	462.00
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm	
29	125	53	58	132	
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm		
60	55	60	80		

ΘΕΩΡΗΣΗ Β:

Για κοχλιωτές συνδέσεις τέμνουσας, η διατμητική αντοχή σχεδιασμού των κοχλιών πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,2 φορές τη φέρουσα αντοχή σχεδιασμού.

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

$W_{pl,w}$ cm ³	$W_{pl,f}$ cm ³	$1.2 \cdot M_{pl,Rd}$ kNcm	$M_{Ed,w}$ kNcm	$M_{Ed,f}$ kNcm	V_{Ed} kN	$I_{p,w}$ cm ²
416.12	1285.88	56166	13731.96	42434.04	166.87	1248
$F_{V,Ed,f}$ kN	$F_{V,Ed,w,x}$ kN	$F_{V,Ed,w,y}$ kN	$F_{V,Ed,w}$ kN			
895.23	132.04	79.92	154.34			

Έλεγχος κοχλίωσης πελμάτων:

Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M22 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας A και 1 έλασμα 190X730X24 σε κάθε πέλμα.

$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$10 \cdot F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd}$ kN	$F_{net,Rd}$ kN
212.10	96.41	964.09	2301.93	910.80
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm
29	125	53	58	175
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm	
60	45	60	100	

Έλεγχος κοιλίωσης κορμού:

Χρησιμοποιήθηκαν κοιλίες M22 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας A και 2 ελάσματα 350X430X5.

$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd,x}$ kN	$F_{b,Rd,y}$ kN	$F_{net,Rd,x}$ kN	$F_{net,Rd,y}$ kN
212.10	192.82	148.21	135.86	698.50	462.00
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm	
29	125	53	58	132	
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm		
60	55	60	80		

4.6 Κοστολόγηση

Κοστολογούνται τα φέροντα στοιχεία και τα κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία της κατασκευής, για οικονομική σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων:

ΘΕΩΡΗΣΗ Α:

ΥΠΟΓΕΙΟ		
Χωματοργικά:	επιφάνεια εκσκαφής εμβαδού $390.30m^2 \times 4.20m$ βάθος εκσκαφής (3.40m ύψος υπογείου + 0.80m βάθος θεμελίωσης) = $1639.30m^3 \times 8€/m^3$	13150 €
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πεδιλοδοκοί:	εμβαδόν διατομής $0.72m^2 \times 191.80$ τρέχοντα m = $138.10m^3$	
Δάπεδα:	επιφάνεια δαπέδων $274.90m^2 \times 0.15m$ πάχος δαπέδων = $41.20m^3$	
Τοιχώματα και υποστυλώματα:	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων $6.50m^2 \times 3.40m$ ύψος = $22.10m^3$	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων $1.50m^2 \times 3.00m$ ύψος = $4.50m^3$	
Τοιχεία πλήρωσης:	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης $14.30m^2 \times 3.40m$ ύψος = $48.60m^3$	
	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης $5.00m^2 \times 3.00m$ ύψος = $15.00m^3$	
Δοκοί:	250/500: εμβαδόν διατομής $0.125m^2 \times 57.80$ τρέχοντα m = $7.20m^3$	
	300/600: εμβαδόν διατομής $0.18m^2 \times 37.70$	

	τρέχοντα m = 6.80m ³	
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών 284.80m ² X 0.16m πάχος πλακών = 45.60m ³	
Σύνολο οπλισμένου σκυροδέματος όγκου 329.10m ³ X 250 €/m ³ κόστος εργασιών και υλικών		82300 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 95.20 τρέχοντα m = 276.10m ² X 20€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	5550 €
ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ		101000 €
ΑΝΩΔΟΜΗ		
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών 324.80m ² X 0.17m πάχος πλακών = 55.20m ³ X 300 €/m ³ κόστος εργασιών και υλικών	16600 €
Δομικός χάλυβας		
Υποστρώματα:	96.60 τρέχοντα m X 207.6kg/m = 20050kg	
Δοκοί:	IPE300: 202.30 τρέχοντα m X 42.2kg/m = 8537kg	
	IPE450: 98.60 τρέχοντα m X 77.6kg/m = 7651kg	
Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας:	14.80 τρέχοντα m X 5.8kg/m = 86kg	
Σύνολο δομικού χάλυβα βάρους 36324kg X 2 €/kg κόστος εργασιών και υλικών		72650 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Θερμομονωτικά πάνελ πολουρεθάνης:	ύψος πάνελ 2.90m X 94.20 τρέχοντα m = 273.20m ² X 25€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	7350 €
	ύψος πάνελ 2.30m X 8.80 τρέχοντα m = 20.20m ² X 25€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	
Απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 40.90 τρέχοντα m = 118.60m ² X 20€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	2400 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΩΔΟΜΗΣ		99000 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		200000 €

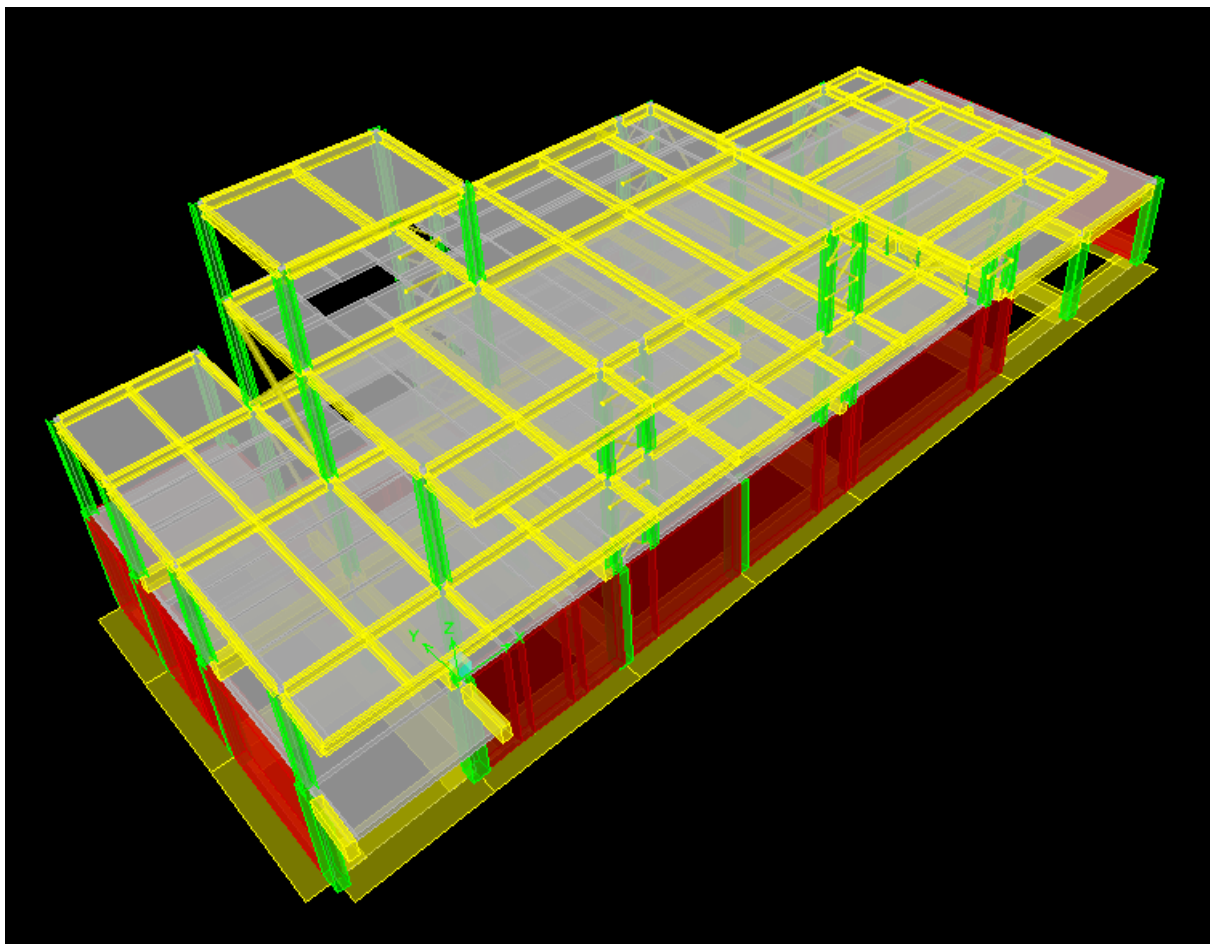
ΘΕΩΡΗΣΗ Β:

ΥΠΟΓΕΙΟ		
Χωματουργικά:	επιφάνεια εκσκαφής εμβαδού $390.30\text{m}^2 \times 4.20\text{m}$ βάθος εκσκαφής (3.40m ύψος υπογείου + 0.80m βάθος θεμελίωσης) = $1639.30\text{m}^3 \times 8€/\text{m}^3$	13150 €
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πεδιλοδοκοί:	εμβαδόν διατομής $0.72\text{m}^2 \times 191.80$ τρέχοντα m = 138.10m^3	
Δάπεδα:	επιφάνεια δαπέδων $274.90\text{m}^2 \times 0.15\text{m}$ πάχος δαπέδων = 41.20m^3	
Τοιχώματα και υποστυλώματα:	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων $6.50\text{m}^2 \times 3.40\text{m}$ ύψος = 22.10m^3	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων $1.50\text{m}^2 \times 3.00\text{m}$ ύψος = 4.50m^3	
Τοιχεία πλήρωσης:	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης $14.30\text{m}^2 \times 3.40\text{m}$ ύψος = 48.60m^3	
	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης $5.00\text{m}^2 \times 3.00\text{m}$ ύψος = 15.00m^3	
Δοκοί:	250/500: εμβαδόν διατομής $0.125\text{m}^2 \times 57.80$ τρέχοντα m = 7.20m^3	
	300/600: εμβαδόν διατομής $0.18\text{m}^2 \times 37.70$ τρέχοντα m = 6.80m^3	
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών $284.80\text{m}^2 \times 0.16\text{m}$ πάχος πλακών = 45.60m^3	
Σύνολο οπλισμένου σκυροδέματος όγκου $329.10\text{m}^3 \times 250 €/\text{m}^3$ κόστος εργασιών και υλικών		82300 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας $2.90\text{m} \times 95.20$ τρέχοντα m = $276.10\text{m}^2 \times 20€/\text{m}^2$ κόστος εργασιών και υλικών	5550 €
ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ		101000 €
ΑΝΩΔΟΜΗ		
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών $324.80\text{m}^2 \times 0.17\text{m}$ πάχος πλακών = $55.20\text{m}^3 \times 300 €/\text{m}^3$ κόστος εργασιών και υλικών	16600 €
Δομικός χάλυβας		
Υποστυλώματα:	96.60 τρέχοντα m $\times 175.8\text{kg}/\text{m} = 16982\text{kg}$	

Δοκοί:	IPE300: 202.30 τρέχοντα m X 42.2kg/m = 8537kg	
	IPE450: 98.60 τρέχοντα m X 77.6kg/m = 7651kg	
Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας:	14.80 τρέχοντα m X 5.8kg/m = 86kg	
Σύνολο δομικού χάλυβα βάρους 33256kg X 2 €/kg κόστος εργασιών και υλικών		66550 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης:	ύψος πάνελ 2.90m X 94.20 τρέχοντα m = 273.20m ² X 25€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	7350 €
	ύψος πάνελ 2.30m X 8.80 τρέχοντα m = 20.20m ² X 25€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	
Απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 40.90 τρέχοντα m = 118.60m ² X 20€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	2400 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΩΔΟΜΗΣ		92900 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		193900 €

5 Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας

5.1 Γενικά



Τρισδιάστατη απεικόνιση μοντέλου στο περιβάλλον εργασίας του ETABS

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση έγιναν σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 (EN 1993-1-1 και EN 1993-1-8) και τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1).

Οι διατομές των φερόντων στοιχείων επιλέχθηκαν με σκοπό τη στατική επάρκεια του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους αρχιτεκτονικούς περιορισμούς. Τα εξωτερικά κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία μορφώνονται με πάνελ πολυουρεθάνης και τα εσωτερικά με απλή γυψοσανίδα. Η θεμελίωση και τα φέροντα στοιχεία του υπογείου διαμορφώνονται όπως στην περίπτωση του φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η σύνδεση μεταξύ στοιχείων από δομικό χάλυβα και στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα πραγματοποιείται με αγκύρια.

Η διατμητική σύνδεση μεταξύ σιδηροδοκού και σύμμικτης πλάκας εξασφαλίζεται με τοποθέτηση διατμητικών ήλων κεφαλής, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 1.2.4 της παρούσας διπλωματικής.

5.2 Παράμετροι σχεδιασμού

5.2.1 Έδαφος θεμελίωσης

Η προσομοίωση του εδάφους θεμελίωσης με δείκτη $K = 25000 \text{ kN/m}^3$ πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση γραμμικών ελατηρίων κατά την διαμήκη διεύθυνση των πεδιλοδοκών με δείκτη δυσκαμψίας $K_{ελ.} = K \cdot b_{πεδ.} = 37500 \text{ kN/m}^2$ κατά Z. Επίσης δεσμεύτηκαν οι μετακινήσεις κατά X και Y και οι στροφές κατά Z.

5.2.2 Συντελεστής συμπεριφοράς

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) τα κτίρια από δομικό χάλυβα κατατάσσονται σε έναν τύπο στατικού συστήματος ανάλογα με την συμπεριφορά του κυρίως αντισεισμικού τους φορέα υπό οριζόντιες σεισμικές δράσεις. Το υπό μελέτη κτίριο κατατάσσεται ως πλαίσιο με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα, με πλάστιμα μέλη τους συνδέσμους δυσκαμψίας.

Το κτίριο είναι κανονικό σε κάτοψη και μη κανονικό σε όψη. Επιλέγεται Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση (ΚΠΜ).

Απομείωση λόγω μη κανονικότητας σε όψη
Συντελεστής συμπεριφοράς

κατά 20%
 $q = 0.8 \cdot 4.0 = 3.20$

5.3 Αντισεισμικός έλεγχος

5.3.1 Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας

Σύμφωνα με την ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης του Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απόκριση όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική απόκριση. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν το άθροισμα των δρώσων ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας του φορέα.

Ιδιομορφή	$M_{xi}(\%)$	$M_{yi}(\%)$
1	0.01	26.55
2	25.56	0.05
3	0.09	8.23
4	0.14	1.97
5	5.65	0.44
6	1.21	2.22
7	0.22	2.27
8	1.77	2.14
9	0.20	1.49
10	0.00	9.78
11	0.26	31.57
12	0.38	0.55
ΣΥΝΟΛΟ	35.49	87.28

όπου M_{xi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά X .
 M_{yi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά Y .

Το κριτήριο δεν ικανοποιείται, οπότε ελέγχεται αν ο αριθμός ιδιομορφών k που λαμβάνεται υπόψη ικανοποιεί και τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

$$k \geq 3 \cdot n^{1/2} \quad \text{και} \quad T_k \leq 0.20 \text{ sec}$$

όπου k είναι ο αριθμός των ιδιομορφών που συμμετέχουν στην ανάλυση.
 n είναι ο αριθμός των υπέργειων ορόφων συμπεριλαμβανομένου του δώματος.
 T_k είναι η περίοδος της τελευταίας ιδιομορφής.

Διεύθ.	k		$3 \cdot n^{1/2}$	$T_k(\text{sec})$
x	12	\geq	5.20	0.07
y	12	\geq	5.20	0.07

5.3.2 Αντισεισμικός αρμός

Τα κτίρια πρέπει να προστατεύονται από σεισμογενή πρόσκρουση προς παρακείμενους φορείς. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν η απόσταση από τη γραμμή ιδιοκτησίας στα πιθανά σημεία πρόσκρουσης είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του κτιρίου.

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά X	$S_{x,\max} = 31.60\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά X	$3.2 \cdot 31.60 = 101.10\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά X	10.5cm
Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά Y	$S_{y,\max} = 46.20\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά Y	$3.2 \cdot 46.20 = 147.80\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά Y	15.0cm

5.3.3 Έλεγχος περιορισμού βλαβών

Για κτίρια με πλάστιμα μη φέροντα στοιχεία συνδεδεμένα με τον φορέα η απαίτηση περιορισμού βλαβών θεωρείται ότι ικανοποιείται, αν ισχύει, σε όλους τους υπέργειους ορόφους, η σχέση:

$$d_r \cdot v/h \leq 7.5\%$$

όπου d_r είναι η τιμή σχεδιασμού της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s των δαπέδων του υπό εξέταση ορόφου.

h είναι το ύψος του ορόφου.

v είναι συντελεστής μείωσης που λαμβάνει υπόψη τη μικρότερη περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης που συνδέεται με την απαίτηση περιορισμού βλαβών με τιμή $v = 0.50$.

Όροφος	Διευθ.	$d_r \cdot v/h(\%)$
Ά όροφος	x	4.36
	y	4.30
Ισόγειο	x	3.06
	y	4.20

5.3.4 Επιρροή αποτελεσμάτων 2^{ας} τάξεως

Αποτελέσματα 2^{ας} τάξεως δεν χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη αν ικανοποιείται, σε όλους τους ορόφους, η ακόλουθη συνθήκη:

$$\theta = (P_{tot}/V_{tot}) \cdot q \cdot (d_{max}/h) < 10\%$$

όπου θ είναι ο συντελεστής ευαισθησίας σχετικής μετακίνησης του ορόφου.
 P_{tot} είναι το συνολικό φορτίο βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού του ορόφου που εξετάζεται και των υπερκείμενων ορόφων.
 V_{tot} είναι η συνολική σεισμική τέμνουσα του ορόφου.
 q είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς.
 d_{max} είναι η μέγιστη σχετική ελαστική μετακίνηση του ορόφου.
 h είναι το ύψος του ορόφου.

Όροφος	Διεύθ.	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	q	d_{max} (mm)	h (m)	θ (%)
Ά όροφος	x	1083.3	389.1	3.2	8.72	3.20	2.43
	y	1083.3	370.6		8.60		2.51
Ισόγειο	x	2303.8	595.6		6.11		2.36
	y	2303.8	605.9		8.41		3.20

5.4 Διαστασιολόγηση

5.4.1 Πλάκες

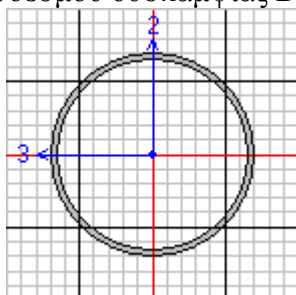
Οι σύμμικτες πλάκες ελέγχθηκαν στη φάση κατασκευής σε κάμψη και βέλος κάμψης, και στη φάση λειτουργίας σε κάμψη, διάτμηση, διαμήκη διάτμηση και βέλος κάμψης. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του δυσμενέστερου ανοίγματος της οροφής ισόγειου:

$t_{\text{χαλ/φυλλου}}$ mm	h_t mm	h_c mm	οπλισμός κατά X	οπλισμός κατά Y			
1.25	160	87	Φ8/200	Φ8/200			
$M_{Rd,constr}^+$ kNm	$M_{Rd,constr}^-$ kNm	$M_{+pl,Rd}$ kNm	$M_{-pl,Rd}$ kNm	$V_{V,Rd}$ kN	m Mpa	k Mpa	$V_{I,Rd}$ kN
10.72	10.00	41.95	13.41	29.69	90.83	0.014	29.84
$M_{Ed,constr}^+$ kNm	$M_{Ed,constr}^-$ kNm	βέλος κάμψης mm		L/180 mm			
4.01	4.21	2.80	<	14.78			
M_{Ed}^+ kNm	M_{Ed}^- kNm	V_{VEd} kN	V_{IEd} kN	βέλος κάμψης mm		L/250 mm	
8.15	8.45	21.24	21.24	0.76	<	10.64	

5.4.2 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Οι σύνδεσμοι σχεδιάστηκαν έτσι ώστε η διαρροή τους να πραγματοποιείται πριν από την αστοχία των συνδέσεων και πριν από την διαρροή ή τον λυγισμό των δοκών ή των υποστυλωμάτων. Στην ανάλυση λήφθηκαν υπόψη μόνο οι εφελκόμενοι σύνδεσμοι κατά απαίτηση του EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.7.2. Προκειμένου να ικανοποιείται μια ομοιογενής πλαστική συμπεριφορά των διαγωνίων, ελέγχθηκε ότι η μέγιστη υπεραντοχή Ω_i δεν διαφέρει από την ελάχιστη τιμή Ω κατά περισσότερο από 25%.

Χρησιμοποιήθηκαν σύνδεσμοι δυσκαμψίας διατομής CHS76.1X3.2, CHS108X3.6, CHS114.3X3.6, CHS127X4 και CHS152.4X4. Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας ελέγχθηκαν σε αξονική και καμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του συνδέσμου δυσκαμψίας D28 διατομής CHS127X4 του ισογείου:



D28

$$L = 4.74 \text{ m}, A = 15.46 \text{ cm}^2$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών και αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Ed}$ kN	$N_{c,Ed}$ kN	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	302.02	-151.01	425.15	a	0.628	0.879	373.76
z	302.02	-151.01	425.15	a	1.256	0.496	210.84

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων συνδέσμων:

Όροφος	Σύνδεσμος δυσκαμψίας	Διατομή	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
				$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Ά όροφος	B24	76.1X3.2	$0,033 = 0,030 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B25	76.1X3.2	$0,043 = 0,041 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B30	76.1X3.2	$0,043 = 0,041 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B31	76.1X3.2	$0,019 = 0,016 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B102	76.1X3.2	$0,088 = 0,087 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B103	76.1X3.2	$0,023 = 0,020 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B108	76.1X3.2	$0,021 = 0,019 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	B109	76.1X3.2	$0,013 = 0,011 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	D3	76.1X3.2	$0,317 = 0,314 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D4	76.1X3.2	$0,348 = 0,345 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D5	76.1X3.2	$0,329 = 0,326 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D6	76.1X3.2	$0,348 = 0,345 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D7	76.1X3.2	$0,336 = 0,333 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D8	76.1X3.2	$0,363 = 0,360 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D9	76.1X3.2	$0,342 = 0,339 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D10	76.1X3.2	$0,311 = 0,308 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D11	76.1X3.2	$0,341 = 0,338 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D12	76.1X3.2	$0,333 = 0,330 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D13	76.1X3.2	$0,355 = 0,352 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D14	76.1X3.2	$0,307 = 0,304 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D18	76.1X3.2	$0,142 = 0,140 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D19	76.1X3.2	$0,171 = 0,168 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D28	152.4X4	$0,595 = 0,576 + 0,018 + 0,005$	0,002	0,001
Ά όροφος	D29	152.4X4	$0,585 = 0,562 + 0,022 + 0,006$	0,002	0,001
Ά όροφος	D30	114.3X3.6	$0,799 = 0,786 + 0,012 + 0,005$	0,002	0,000
Ά όροφος	D31	114.3X3.6	$0,811 = 0,785 + 0,027 + 0,003$	0,001	0,001
Ά όροφος	D34	76.1X3.2	$0,414 = 0,411 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D35	76.1X3.2	$0,310 = 0,307 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D36	76.1X3.2	$0,296 = 0,293 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D37	76.1X3.2	$0,379 = 0,376 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

Ά όροφος	D38	76.1X3.2	$0,306 = 0,303 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D39	76.1X3.2	$0,281 = 0,279 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D40	76.1X3.2	$0,351 = 0,348 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D41	76.1X3.2	$0,309 = 0,306 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D42	76.1X3.2	$0,340 = 0,337 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D43	76.1X3.2	$0,325 = 0,322 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D44	76.1X3.2	$0,359 = 0,356 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D45	76.1X3.2	$0,291 = 0,289 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D49	76.1X3.2	$0,119 = 0,116 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D50	76.1X3.2	$0,128 = 0,125 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	B24	76.1X3.2	$0,005 = 0,003 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B25	76.1X3.2	$0,029 = 0,026 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B30	76.1X3.2	$0,025 = 0,022 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B31	76.1X3.2	$0,025 = 0,022 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B36	76.1X3.2	$0,016 = 0,013 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B37	76.1X3.2	$0,019 = 0,016 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B102	76.1X3.2	$0,006 = 0,004 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B103	76.1X3.2	$0,013 = 0,011 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B108	76.1X3.2	$0,016 = 0,014 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B109	76.1X3.2	$0,020 = 0,018 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B115	76.1X3.2	$0,032 = 0,029 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B116	76.1X3.2	$0,004 = 0,002 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	D3	76.1X3.2	$0,203 = 0,200 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D4	76.1X3.2	$0,330 = 0,327 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D5	76.1X3.2	$0,325 = 0,322 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D6	76.1X3.2	$0,206 = 0,203 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D7	76.1X3.2	$0,322 = 0,319 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D8	76.1X3.2	$0,353 = 0,350 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D9	76.1X3.2	$0,348 = 0,345 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D10	76.1X3.2	$0,306 = 0,304 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D11	76.1X3.2	$0,205 = 0,202 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D12	76.1X3.2	$0,320 = 0,317 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D13	76.1X3.2	$0,333 = 0,331 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D14	76.1X3.2	$0,191 = 0,188 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D15	76.1X3.2	$0,228 = 0,225 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D16	76.1X3.2	$0,386 = 0,383 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D17	76.1X3.2	$0,318 = 0,315 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D20	76.1X3.2	$0,336 = 0,333 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D21	76.1X3.2	$0,357 = 0,354 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D22	76.1X3.2	$0,243 = 0,240 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

Ισόγειο	D29	127X4	0,725 = 0,709 + 0,013 + 0,010	0,002	0,000
Ισόγειο	D30	108X3.6	0,867 = 0,853 + 0,011 + 0,008	0,002	0,000
Ισόγειο	D31	108X3.6	0,844 = 0,830 + 0,014 + 0,004	0,002	0,000
Ισόγειο	D34	76.1X3.2	0,289 = 0,287 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D35	76.1X3.2	0,269 = 0,266 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D36	76.1X3.2	0,173 = 0,170 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D37	76.1X3.2	0,279 = 0,276 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D38	76.1X3.2	0,278 = 0,275 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D39	76.1X3.2	0,169 = 0,166 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D40	76.1X3.2	0,307 = 0,304 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D41	76.1X3.2	0,260 = 0,257 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D42	76.1X3.2	0,171 = 0,168 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D43	76.1X3.2	0,274 = 0,271 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D44	76.1X3.2	0,281 = 0,278 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D45	76.1X3.2	0,160 = 0,157 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D46	76.1X3.2	0,188 = 0,185 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D47	76.1X3.2	0,334 = 0,331 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D48	76.1X3.2	0,264 = 0,261 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D51	76.1X3.2	0,295 = 0,292 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D52	76.1X3.2	0,294 = 0,291 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
Ισόγειο	D53	76.1X3.2	0,204 = 0,202 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000

5.4.3 Δοκοί

Οι αξονικές δυνάμεις υπολογίστηκαν στους ελέγχους ως εξής, EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.7.4 (Εξίσωση 6.12):

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} = N_{Ed,G} + 1.87 \cdot N_{Ed,E}$$

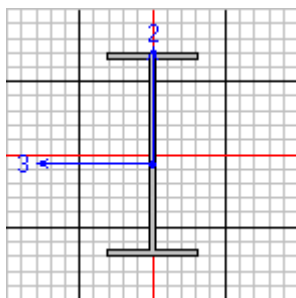
όπου $N_{Ed,G}$ είναι η αξονική δύναμη, οφειλόμενη στις μη-σεισμικές δράσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

γ_{ov} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής ίσος με 1.25.

Ω είναι η ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$ για όλες τις διαγώνιους του πλαισιακού συστήματος συνδέσμων. $N_{Ed,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης στην ίδια διαγώνιο i στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και $N_{pl,Rd,i}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού της διαγωνίου i .

$N_{Ed,E}$ είναι η αξονική δύναμη, οφειλόμενη στη σεισμική δράση σχεδιασμού.

Χρησιμοποιήθηκαν δοκοί διατομής IPE400 και IPE270. Οι δοκοί ελέγχθηκαν σε κάμψη, διάτμηση, συνδυασμένη καταπόνηση κάμψης-διάτμησης και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της δοκού B28 διατομής IPE400 της οροφής ισόγειου:



B28

$L = 6.25 \text{ m}$, $A = 84.50 \text{ cm}^2$, $A_v = 42.69 \text{ cm}^2$
 $I_y = 23130 \text{ cm}^4$, $W_{pl,y} = 1307 \text{ cm}^3$, $i_y = 16.55 \text{ cm}$
 $I_z = 1318 \text{ cm}^4$, $W_{pl,z} = 229 \text{ cm}^3$, $i_z = 3.95 \text{ cm}$
 κατηγορία διατομής 1
 $\gamma_{M0} = 1.00$, $\gamma_{M1} = 1.00$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
0.84	212.85	-0.02	43.74	-0.07

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	2323.75	-	-	1.0	2323.75
z	2323.75	b	0.592	0.841	1954.20
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	359.43	643.02	0.000	< 0.5	359.43
z	62.98	546.17	0.080	< 0.5	62.98

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.
 $V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
-	-	1.0	1.000	0.600	1.000	1.000

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 x_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 $k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.592 + 0.000 = 0.592$	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.592 + 0.000 = 0.592$	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62) στη φάση κατασκευής:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
0.51	123.21	-0.02	25.20	-0.06

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN	
y	2323.75	a	0.416	0.949	2204.36	
z	2323.75	b	0.592	0.841	1954.20	
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{v,Rd}$ kNm	
y	359.43	643.02	0.000	<	0.5	359.43
z	62.98	546.17	0.046	<	0.5	62.98

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	x_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
b	0.505	0.882	1.000	0.600	1.000	1.000

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.389 + 0.000 = 0.389$	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.389 + 0.000 = 0.389$	<	1.0

Έλεγχος βελών κάμψης:

βέλος κάμψης Mm		L/240 mm
11.33	<	26.04

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων δοκών:

Όροφος	Δοκός	Διατομή	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
				$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	B67	IPE270	$0,223 = 0,004 + 0,218 + 0,001$	0,068	0,001
Δώμα	B80	IPE270	$0,066 = 0,001 + 0,064 + 0,000$	0,032	0,001
Δώμα	B82	IPE270	$0,143 = 0,000 + 0,142 + 0,000$	0,062	0,000
Δώμα	B84	IPE270	$0,132 = 0,067 + 0,065 + 0,000$	0,032	0,001
Δώμα	B101	IPE270	$0,221 = 0,002 + 0,218 + 0,001$	0,068	0,001
Ά όροφος	B2	IPE270	$0,151 = 0,002 + 0,149 + 0,001$	0,065	0,001
Ά όροφος	B3	IPE270	$0,060 = 0,008 + 0,051 + 0,001$	0,042	0,001
Ά όροφος	B6	IPE270	$0,098 = 0,007 + 0,090 + 0,001$	0,052	0,001
Ά όροφος	B7	IPE270	$0,099 = 0,004 + 0,094 + 0,001$	0,036	0,001
Ά όροφος	B10	IPE270	$0,255 = 0,002 + 0,250 + 0,003$	0,100	0,002
Ά όροφος	B12	IPE270	$0,105 = 0,002 + 0,103 + 0,000$	0,065	0,001
Ά όροφος	B13	IPE270	$0,453 = 0,002 + 0,450 + 0,001$	0,177	0,002
Ά όροφος	B14	IPE270	$0,190 = 0,003 + 0,186 + 0,002$	0,075	0,002
Ά όροφος	B19	IPE270	$0,848 = 0,008 + 0,836 + 0,005$	0,259	0,001
Ά όροφος	B20	IPE270	$0,343 = 0,001 + 0,338 + 0,003$	0,123	0,002
Ά όροφος	B21	IPE270	$0,041 = 0,005 + 0,032 + 0,004$	0,016	0,001
Ά όροφος	B23	IPE270	$0,679 = 0,002 + 0,676 + 0,000$	0,205	0,001
Ά όροφος	B26	IPE270	$0,028 = 0,019 + 0,007 + 0,003$	0,030	0,002
Ά όροφος	B32	IPE270	$0,041 = 0,031 + 0,004 + 0,006$	0,014	0,001
Ά όροφος	B35	IPE270	$0,353 = 0,006 + 0,345 + 0,002$	0,120	0,001
Ά όροφος	B39	IPE270	$0,135 = 0,015 + 0,119 + 0,001$	0,055	0,001
Ά όροφος	B46	IPE270	$0,236 = 0,005 + 0,225 + 0,006$	0,085	0,001
Ά όροφος	B47	IPE270	$0,297 = 0,000 + 0,296 + 0,001$	0,129	0,001
Ά όροφος	B48	IPE270	$0,366 = 0,008 + 0,356 + 0,001$	0,161	0,001
Ά όροφος	B50	IPE270	$0,273 = 0,000 + 0,272 + 0,000$	0,146	0,000
Ά όροφος	B51	IPE270	$0,322 = 0,000 + 0,321 + 0,000$	0,115	0,001
Ά όροφος	B52	IPE270	$0,315 = 0,001 + 0,314 + 0,000$	0,110	0,001
Ά όροφος	B54	IPE270	$0,302 = 0,151 + 0,151 + 0,000$	0,058	0,001
Ά όροφος	B56	IPE270	$0,850 = 0,028 + 0,821 + 0,001$	0,338	0,005
Ά όροφος	B57	IPE270	$0,223 = 0,002 + 0,219 + 0,003$	0,120	0,001
Ά όροφος	B59	IPE270	$0,376 = 0,006 + 0,367 + 0,003$	0,174	0,002
Ά όροφος	B60	IPE270	$0,216 = 0,002 + 0,214 + 0,001$	0,077	0,000
Ά όροφος	B61	IPE270	$0,042 = 0,006 + 0,032 + 0,004$	0,022	0,001
Ά όροφος	B66	IPE270	$0,605 = 0,003 + 0,602 + 0,001$	0,199	0,001
Ά όροφος	B68	IPE270	$0,604 = 0,002 + 0,602 + 0,001$	0,192	0,001
Ά όροφος	B72	IPE270	$0,277 = 0,004 + 0,272 + 0,001$	0,130	0,001

Α όροφος	B73	IPE270	$0,156 = 0,001 + 0,153 + 0,002$	0,066	0,001
Α όροφος	B81	IPE270	$0,305 = 0,134 + 0,170 + 0,001$	0,081	0,004
Α όροφος	B83	IPE270	$0,237 = 0,002 + 0,234 + 0,000$	0,119	0,002
Α όροφος	B85	IPE270	$0,224 = 0,001 + 0,223 + 0,000$	0,098	0,002
Α όροφος	B86	IPE270	$0,202 = 0,001 + 0,200 + 0,000$	0,090	0,002
Α όροφος	B87	IPE270	$0,196 = 0,000 + 0,194 + 0,001$	0,085	0,003
Α όροφος	B89	IPE270	$0,176 = 0,146 + 0,009 + 0,021$	0,045	0,003
Α όροφος	B91	IPE270	$0,054 = 0,032 + 0,020 + 0,002$	0,028	0,001
Α όροφος	B93	IPE270	$0,290 = 0,014 + 0,276 + 0,001$	0,139	0,001
Α όροφος	B94	IPE270	$0,028 = 0,005 + 0,021 + 0,003$	0,019	0,001
Α όροφος	B98	IPE270	$0,182 = 0,001 + 0,180 + 0,002$	0,100	0,001
Α όροφος	B99	IPE270	$0,176 = 0,001 + 0,175 + 0,001$	0,066	0,000
Α όροφος	B101	IPE270	$0,270 = 0,006 + 0,264 + 0,000$	0,100	0,001
Α όροφος	B104	IPE270	$0,190 = 0,123 + 0,003 + 0,064$	0,019	0,022
Α όροφος	B110	IPE270	$0,054 = 0,038 + 0,004 + 0,012$	0,012	0,002
Α όροφος	B114	IPE270	$0,158 = 0,068 + 0,087 + 0,003$	0,058	0,002
Α όροφος	B118	IPE270	$0,050 = 0,010 + 0,034 + 0,005$	0,021	0,001
Α όροφος	B28	IPE400	$0,338 = 0,004 + 0,333 + 0,001$	0,172	0,001
Α όροφος	B69	IPE400	$0,549 = 0,018 + 0,530 + 0,001$	0,254	0,006
Α όροφος	B106	IPE400	$0,237 = 0,006 + 0,231 + 0,001$	0,102	0,002
Ισόγειο	B1	IPE270	$0,081 = 0,004 + 0,077 + 0,001$	0,044	0,002
Ισόγειο	B2	IPE270	$0,150 = 0,001 + 0,149 + 0,001$	0,060	0,000
Ισόγειο	B4	IPE270	$0,224 = 0,014 + 0,210 + 0,001$	0,064	0,001
Ισόγειο	B5	IPE270	$0,224 = 0,013 + 0,210 + 0,001$	0,073	0,001
Ισόγειο	B8	IPE270	$0,185 = 0,002 + 0,182 + 0,002$	0,070	0,002
Ισόγειο	B9	IPE270	$0,178 = 0,001 + 0,177 + 0,000$	0,090	0,000
Ισόγειο	B11	IPE270	$0,432 = 0,001 + 0,430 + 0,001$	0,177	0,002
Ισόγειο	B12	IPE270	$0,130 = 0,001 + 0,129 + 0,000$	0,072	0,000
Ισόγειο	B13	IPE270	$0,470 = 0,001 + 0,468 + 0,001$	0,182	0,002
Ισόγειο	B14	IPE270	$0,333 = 0,001 + 0,331 + 0,000$	0,137	0,000
Ισόγειο	B15	IPE270	$0,125 = 0,001 + 0,124 + 0,000$	0,078	0,000
Ισόγειο	B16	IPE270	$0,332 = 0,001 + 0,331 + 0,001$	0,131	0,000
Ισόγειο	B17	IPE270	$0,555 = 0,001 + 0,553 + 0,001$	0,215	0,002
Ισόγειο	B18	IPE270	$0,118 = 0,021 + 0,072 + 0,025$	0,048	0,004
Ισόγειο	B22	IPE270	$0,547 = 0,001 + 0,546 + 0,000$	0,193	0,020
Ισόγειο	B23	IPE270	$0,698 = 0,000 + 0,698 + 0,000$	0,207	0,001
Ισόγειο	B26	IPE270	$0,017 = 0,008 + 0,007 + 0,003$	0,028	0,002
Ισόγειο	B32	IPE270	$0,026 = 0,016 + 0,006 + 0,004$	0,024	0,001
Ισόγειο	B38	IPE270	$0,785 = 0,785 + 0,000 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B43	IPE270	$0,228 = 0,010 + 0,213 + 0,005$	0,069	0,001

Ισόγειο	B44	IPE270	$0,239 = 0,000 + 0,238 + 0,000$	0,135	0,001
Ισόγειο	B45	IPE270	$0,339 = 0,001 + 0,337 + 0,001$	0,157	0,002
Ισόγειο	B47	IPE270	$0,299 = 0,001 + 0,298 + 0,000$	0,138	0,001
Ισόγειο	B49	IPE270	$0,373 = 0,005 + 0,367 + 0,001$	0,169	0,002
Ισόγειο	B50	IPE270	$0,331 = 0,001 + 0,330 + 0,000$	0,168	0,000
Ισόγειο	B51	IPE270	$0,273 = 0,002 + 0,271 + 0,000$	0,135	0,000
Ισόγειο	B52	IPE270	$0,332 = 0,001 + 0,331 + 0,001$	0,152	0,000
Ισόγειο	B53	IPE270	$0,404 = 0,010 + 0,392 + 0,002$	0,174	0,002
Ισόγειο	B55	IPE270	$0,123 = 0,019 + 0,092 + 0,012$	0,072	0,003
Ισόγειο	B58	IPE270	$0,260 = 0,074 + 0,185 + 0,001$	0,043	0,000
Ισόγειο	B65	IPE270	$0,446 = 0,001 + 0,445 + 0,000$	0,158	0,039
Ισόγειο	B67	IPE270	$0,574 = 0,000 + 0,574 + 0,000$	0,192	0,000
Ισόγειο	B78	IPE270	$0,075 = 0,000 + 0,074 + 0,001$	0,034	0,004
Ισόγειο	B79	IPE270	$0,191 = 0,000 + 0,191 + 0,000$	0,085	0,002
Ισόγειο	B80	IPE270	$0,252 = 0,001 + 0,251 + 0,000$	0,121	0,002
Ισόγειο	B84	IPE270	$0,235 = 0,002 + 0,232 + 0,000$	0,118	0,002
Ισόγειο	B85	IPE270	$0,226 = 0,001 + 0,224 + 0,000$	0,098	0,002
Ισόγειο	B86	IPE270	$0,204 = 0,002 + 0,201 + 0,001$	0,090	0,002
Ισόγειο	B87	IPE270	$0,198 = 0,001 + 0,196 + 0,001$	0,086	0,003
Ισόγειο	B88	IPE270	$0,195 = 0,001 + 0,194 + 0,001$	0,093	0,005
Ισόγειο	B90	IPE270	$0,112 = 0,043 + 0,068 + 0,001$	0,033	0,006
Ισόγειο	B92	IPE270	$0,221 = 0,017 + 0,202 + 0,001$	0,060	0,000
Ισόγειο	B100	IPE270	$0,385 = 0,001 + 0,384 + 0,000$	0,158	0,007
Ισόγειο	B101	IPE270	$0,256 = 0,001 + 0,254 + 0,001$	0,098	0,001
Ισόγειο	B104	IPE270	$0,086 = 0,042 + 0,003 + 0,041$	0,019	0,014
Ισόγειο	B110	IPE270	$0,042 = 0,028 + 0,004 + 0,010$	0,012	0,002
Ισόγειο	B117	IPE270	$0,539 = 0,539 + 0,000 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B127	IPE270	$0,039 = 0,000 + 0,038 + 0,000$	0,020	0,001
Ισόγειο	B128	IPE270	$0,113 = 0,001 + 0,112 + 0,000$	0,059	0,000
Ισόγειο	B129	IPE270	$0,051 = 0,002 + 0,049 + 0,000$	0,029	0,000
Ισόγειο	B133	IPE270	$0,164 = 0,001 + 0,162 + 0,001$	0,069	0,001
Ισόγειο	B33	IPE400	$0,516 = 0,005 + 0,501 + 0,010$	0,166	0,002
Ισόγειο	B69	IPE400	$0,664 = 0,012 + 0,651 + 0,001$	0,250	0,005
Ισόγειο	B70	IPE400	$0,514 = 0,006 + 0,506 + 0,002$	0,165	0,003
Ισόγειο	B106	IPE400	$0,232 = 0,001 + 0,230 + 0,001$	0,102	0,002
Ισόγειο	B111	IPE400	$0,411 = 0,115 + 0,292 + 0,004$	0,094	0,002

5.4.4 Υποστυλώματα

Οι αξονικές δυνάμεις υπολογίστηκαν στους ελέγχους ως εξής, EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.7.4 (Εξίσωση 6.12):

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} = N_{Ed,G} + 1.87 \cdot N_{Ed,E}$$

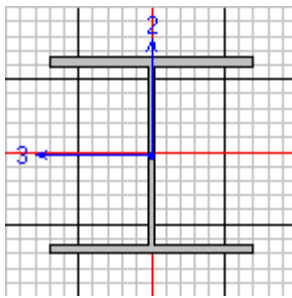
όπου $N_{Ed,G}$ είναι η αξονική δύναμη, οφειλόμενη στις μη-σεισμικές δράσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

γ_{ov} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής ίσος με 1.25.

Ω είναι η ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$ για όλες τις διαγώνιους του πλαισιακού συστήματος συνδέσμων. $N_{Ed,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης στην ίδια διαγώνιο i στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και $N_{pl,Rd,i}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού της διαγώνιου i .

$N_{Ed,E}$ είναι η αξονική δύναμη, οφειλόμενη στη σεισμική δράση σχεδιασμού.

Χρησιμοποιήθηκαν υποστυλώματα διατομής HEA280. Τα υποστυλώματα ελέγχθηκαν σε αξονική, κάμψη, διάτμηση, συνδυασμένη καταπόνηση αξονικής-κάμψης-διάτμησης, καμπτικό λυγισμό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του υποστυλώματος C20 του ισογείου:



$L = 3.20 \text{ m}, A = 97.30 \text{ cm}^2$

$I_y = 13670 \text{ cm}^4, W_{el,y} = 1012.6 \text{ cm}^3, i_y = 11.85 \text{ cm}$

$I_z = 4763 \text{ cm}^4, W_{el,z} = 340.2 \text{ cm}^3, i_z = 7.00 \text{ cm}$

κατηγορία διατομής 3

$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$

C20

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
-639.16	52.59	-19.13	-29.25	7.88

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού		λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	2675.75	b		0.409	0.923	2468.40
z	2675.75	c		1.274	0.400	1069.77
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$			$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	278.46	963.21	0.008	<	0.5	236.41
z	93.56	342.95	0.085	<	0.5	93.56

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.
 $V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος συνδυασμένης καταπόνησης αξονικής-κάμψης-διάτμησης EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.9.1 (Εξίσωση 6.41):

α	β	$(M_{Ed,y}/M_{V,N,Rd,y})^\alpha + (M_{Ed,z}/M_{V,N,Rd,z})^\beta$		
2.00	1.19	$0.049 + 0.151 = 0.200$	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	x_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
a	0.697	0.849	0.475	0.663	0.663	0.895

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 x_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 $k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(x_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.259 + 0.124 + 0.160 = 0.543$	<	1.0
$N_{Ed}/(x_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(x_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.597 + 0.235 + 0.160 = 0.992$	<	1.0

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων υποστυλωμάτων:

Όροφος	Υποστύλωμα	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
			$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	C18	$0,853 = 0,008 + 0,217 + 0,628$	0,065	0,024
Δώμα	C19	$0,775 = 0,008 + 0,354 + 0,413$	0,108	0,015
Δώμα	C28	$0,897 = 0,008 + 0,281 + 0,608$	0,085	0,022
Δώμα	C29	$0,826 = 0,008 + 0,361 + 0,457$	0,114	0,018
Α όροφος	C3	$0,246 = 0,020 + 0,023 + 0,197$	0,018	0,012
Α όροφος	C4	$0,298 = 0,158 + 0,061 + 0,079$	0,036	0,006
Α όροφος	C5	$0,304 = 0,156 + 0,040 + 0,108$	0,010	0,012
Α όροφος	C7	$0,303 = 0,145 + 0,044 + 0,114$	0,012	0,011
Α όροφος	C8	$0,409 = 0,284 + 0,102 + 0,023$	0,014	0,008
Α όροφος	C10-1	$0,342 = 0,036 + 0,006 + 0,300$	0,019	0,038
Α όροφος	C11-1	$0,305 = 0,043 + 0,065 + 0,198$	0,061	0,035
Α όροφος	C18	$0,861 = 0,109 + 0,216 + 0,536$	0,071	0,024
Α όροφος	C19	$0,761 = 0,071 + 0,340 + 0,351$	0,238	0,017
Α όροφος	C20	$0,640 = 0,090 + 0,546 + 0,004$	0,235	0,002
Α όροφος	C22-1	$0,355 = 0,035 + 0,105 + 0,214$	0,138	0,010
Α όροφος	C28	$0,919 = 0,101 + 0,261 + 0,557$	0,083	0,026
Α όροφος	C29	$0,682 = 0,047 + 0,311 + 0,324$	0,109	0,037
Α όροφος	C30	$0,265 = 0,148 + 0,043 + 0,074$	0,013	0,008
Α όροφος	C32	$0,274 = 0,139 + 0,044 + 0,091$	0,011	0,007
Α όροφος	C33	$0,279 = 0,134 + 0,049 + 0,096$	0,013	0,008
Α όροφος	C35-1	$0,153 = 0,021 + 0,000 + 0,132$	0,014	0,014
Α όροφος	C36-1	$0,246 = 0,030 + 0,103 + 0,112$	0,073	0,018
Ισόγειο	C2	$0,519 = 0,023 + 0,141 + 0,355$	0,041	0,018
Ισόγειο	C3	$0,535 = 0,071 + 0,164 + 0,300$	0,045	0,015
Ισόγειο	C4	$0,788 = 0,322 + 0,193 + 0,273$	0,065	0,020
Ισόγειο	C5	$0,756 = 0,323 + 0,162 + 0,271$	0,048	0,020
Ισόγειο	C7	$0,717 = 0,306 + 0,150 + 0,261$	0,045	0,018
Ισόγειο	C8	$0,808 = 0,316 + 0,204 + 0,288$	0,073	0,021
Ισόγειο	C10	$0,594 = 0,170 + 0,107 + 0,317$	0,023	0,025
Ισόγειο	C11	$0,659 = 0,166 + 0,200 + 0,293$	0,077	0,022
Ισόγειο	C17	$0,409 = 0,019 + 0,143 + 0,248$	0,041	0,008
Ισόγειο	C18	$0,730 = 0,291 + 0,147 + 0,292$	0,045	0,015
Ισόγειο	C19	$0,636 = 0,129 + 0,248 + 0,258$	0,119	0,012
Ισόγειο	C22	$0,491 = 0,040 + 0,212 + 0,240$	0,093	0,011
Ισόγειο	C27	$0,392 = 0,013 + 0,137 + 0,243$	0,036	0,007
Ισόγειο	C28	$0,730 = 0,276 + 0,155 + 0,299$	0,050	0,015

Ισόγειο	C29	0,681 = 0,269 + 0,184 + 0,228	0,071	0,016
Ισόγειο	C30	0,668 = 0,277 + 0,155 + 0,236	0,048	0,017
Ισόγειο	C32	0,634 = 0,265 + 0,142 + 0,227	0,045	0,016
Ισόγειο	C33	0,685 = 0,289 + 0,156 + 0,240	0,052	0,017
Ισόγειο	C35	0,530 = 0,135 + 0,085 + 0,310	0,018	0,025
Ισόγειο	C36	0,591 = 0,140 + 0,193 + 0,258	0,080	0,021
Ισόγειο	C43	0,381 = 0,007 + 0,137 + 0,237	0,037	0,007
Ισόγειο	C44	0,355 = 0,007 + 0,142 + 0,206	0,038	0,007

5.4.5 Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας

Οι αξονικές δυνάμεις υπολογίστηκαν στους ελέγχους ως εξής, EC8 (EN 1998-1) Κεφ. 6.7.4 (Εξίσωση 6.12):

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1.1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} = N_{Ed,G} + 1.87 \cdot N_{Ed,E}$$

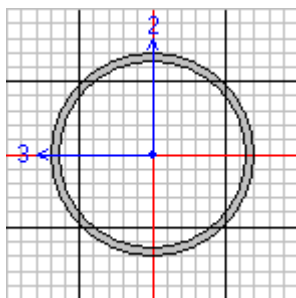
όπου $N_{Ed,G}$ είναι η αξονική δύναμη, οφειλόμενη στις μη-σεισμικές δράσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

γ_{ov} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής ίσος με 1.25.

Ω είναι η ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$ για όλες τις διαγώνιους του πλαισιακού συστήματος συνδέσμων. $N_{Ed,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης στην ίδια διαγώνιο i στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και $N_{pl,Rd,i}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού της διαγωνίου i .

$N_{Ed,E}$ είναι η αξονική δύναμη, οφειλόμενη στη σεισμική δράση σχεδιασμού.

Για τη μόρφωση της ανισοσταθμίας των πλακών της οροφής ισογείου χρησιμοποιήθηκαν σύνδεσμοι διατομής CHS76.1X3.2. Οι σύνδεσμοι ελέγχθηκαν σε αξονική και καμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του συνδέσμου D33:



D33

$$L = 1.54 \text{ m}, A = 7.33 \text{ cm}^2$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών και αντοχών:

Διευθ.	N_{Ed} kN	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	67.72	201.55	a	0.686	0.854	172.16
z	67.72	201.55	a	0.686	0.854	172.16

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων συνδέσμων:

Σύνδεσμος	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
		$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
C1-1	$0,193 = 0,193 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C9-1	$0,767 = 0,767 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C14-1	$0,173 = 0,173 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C15-1	$0,042 = 0,042 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C16-1	$0,031 = 0,031 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C21-1	$0,133 = 0,133 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C25-1	$0,043 = 0,043 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C26-1	$0,090 = 0,090 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
C34-1	$0,251 = 0,251 + 0,000 + 0,000$	0,000	0,000
D1	$0,187 = 0,180 + 0,007 + 0,000$	0,001	0,000
D2	$0,341 = 0,334 + 0,000 + 0,007$	0,001	0,000
D23	$0,217 = 0,215 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
D24	$0,222 = 0,219 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
D25	$0,172 = 0,170 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
D26	$0,223 = 0,221 + 0,000 + 0,002$	0,001	0,000
D27	$0,192 = 0,190 + 0,000 + 0,002$	0,001	0,000
D32	$0,288 = 0,285 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

5.4.6 Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης

Οι συνδετήριες δοκοί της θεμελίωσης ελέγχθηκαν σε λυγηρότητα, κάμψη και διάτμηση, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.4 της παρούσας διπλωματικής.

5.4.7 Πέλματα πεδιλοδοκών

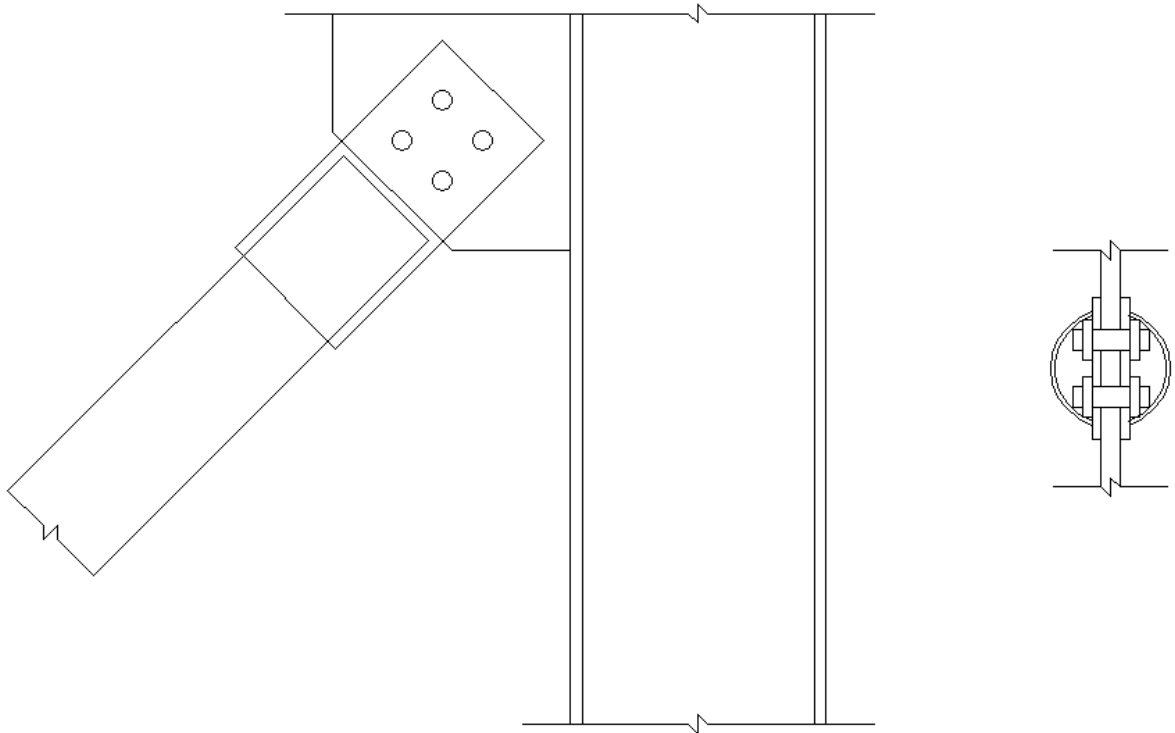
Τα πέλματα των πεδιλοδοκών ελέγχθηκαν σε μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, κάμψη και διάτμηση, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.5 της παρούσας διπλωματικής.

5.5 Συνδέσεις

Η σύνδεση των στοιχείων από δομικό χάλυβα πραγματοποιείται με κοχλίωση. Οι κόμβοι των υποστυλωμάτων διαμορφώνονται εργοστασιακά με συγκόλληση των απαιτούμενων νευρώσεων.

5.5.1 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας - Υποστυλώματα

Για κοχλιωτές συνδέσεις τέμνουσας σε ζώνες απόδοσης ενέργειας, η διατμητική αντοχή σχεδιασμού των κοχλιών πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1,2 φορές τη φέρουσα αντοχή σχεδιασμού. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η σύνδεση μεταξύ του συνδέσμου δυσκαμψίας D28 διατομής CHS127X4 και της κορυφής του υποστυλώματος C28 διατομής HEA280 του ισογείου:



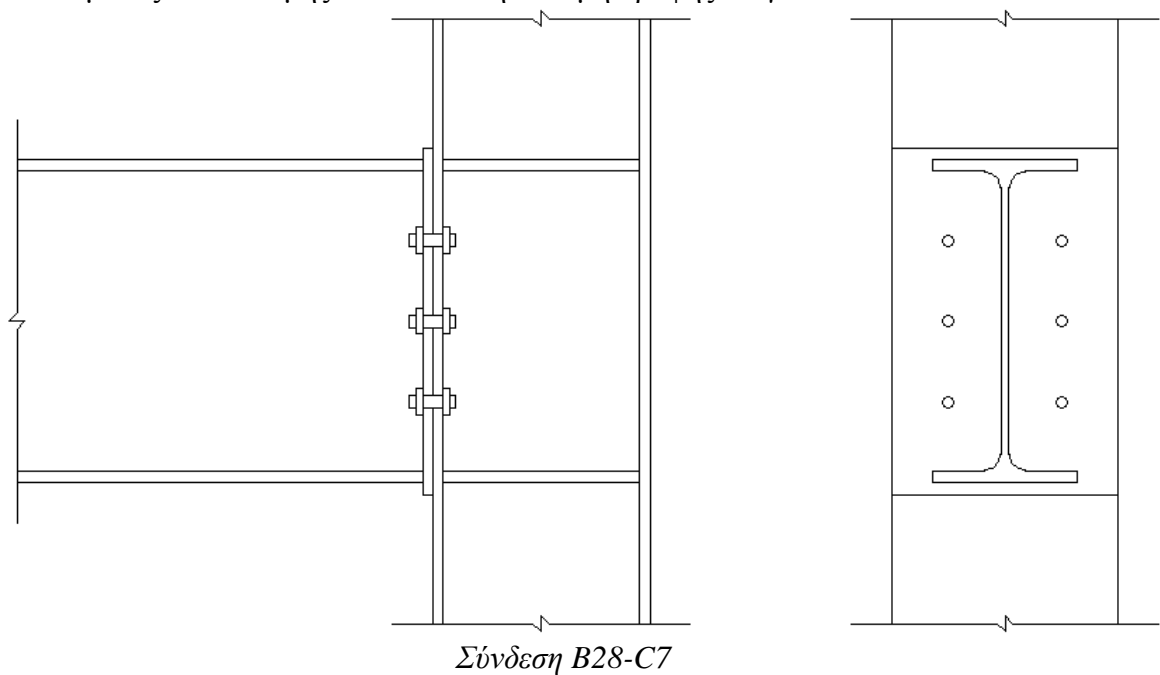
Σύνδεση D28-κορυφή C28

Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M22 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας B και 2 ελάσματα 150X310X10 (πάχος ελάσματος κόμβου 20mm).

$1.2 \cdot N_{pl,Rd}$ kN	$F_{V,Ed}$ kN			
510.18	510.18			
$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$4 \cdot F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd}$ kN	$F_{net,Rd}$ kN
212.10	154.25	617.02	946.00	561.00
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm
29	160	53	58	175
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm	
45	45	60	60	

5.5.2 Δοκοί - Υποστυλώματα

Ενδεικτικά παρουσιάζεται η σύνδεση μεταξύ της δοκού B28 διατομής IPE400 και του υποστυλώματος C7 διατομής HEA280 στη στάθμη οροφής ισογείου:



Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M16 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας B και 1 έλασμα 280X430X12 συγκολλημένο στη δοκό.

V_{Ed} kN	F_{V,Ed} kN			
153.42	153.42			
F_{p,C} kN	F_{s,Rd} kN	6·F_{s,Rd} kN	F_{b,Rd} kN	F_{net,Rd} kN
109.90	39.96	239.78	990.72	805.20
e_{1,2,min} mm	e_{1,2,max} mm	p_{1,min} mm	p_{2,min} mm	p_{1,2,max} mm
22	125	40	44	168
e₁ mm	e₂ mm	p₁ mm	p₂ mm	
115	70	100	140	

5.6 Κοστολόγηση

Κοστολογούνται τα φέροντα στοιχεία και τα κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία της κατασκευής, για οικονομική σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων:

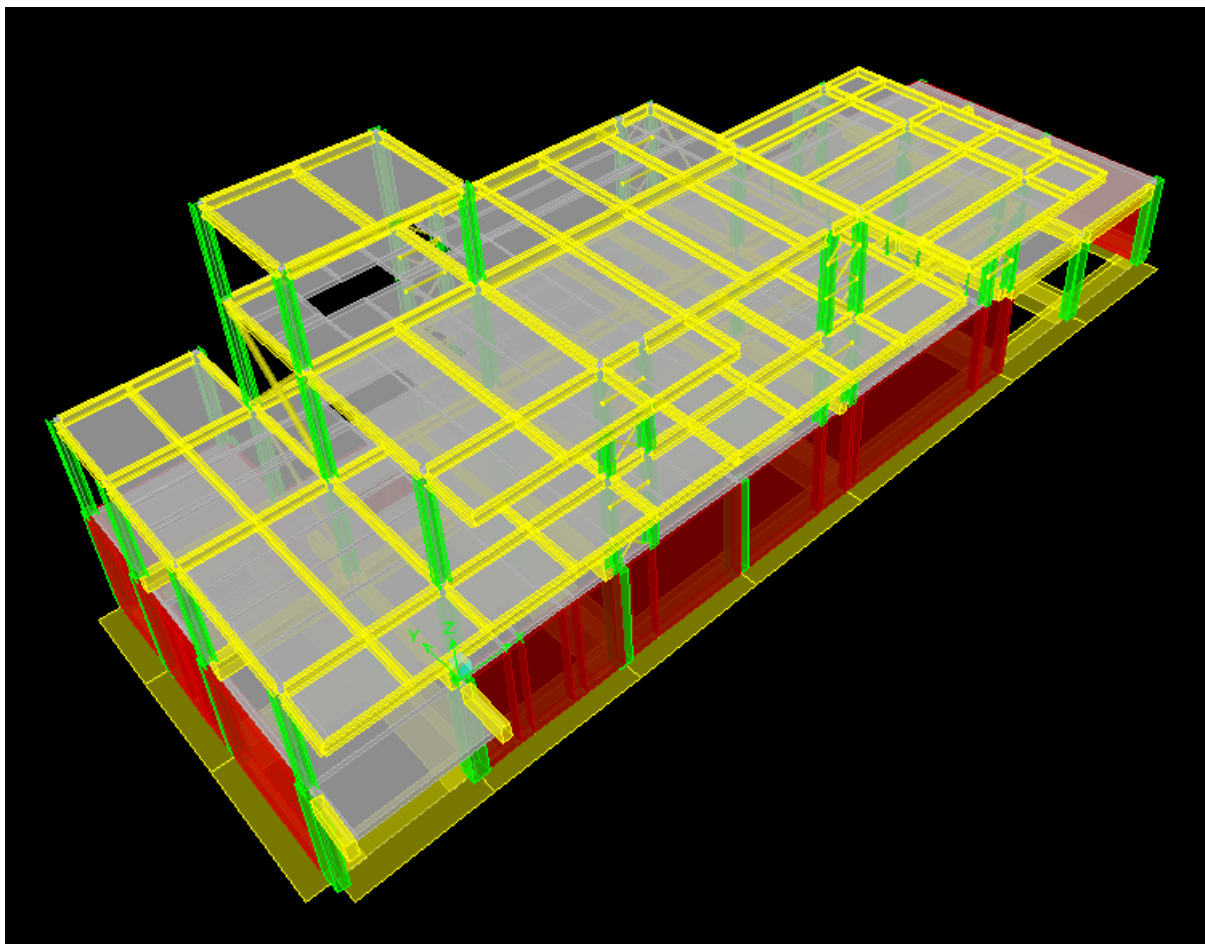
ΥΠΟΓΕΙΟ		
Χωματοουργικά:	επιφάνεια εκσκαφής εμβαδού 390.30m ² X 4.20m βάθος εκσκαφής (3.40m ύψος υπογείου + 0.80m βάθος θεμελίωσης) = 1639.30m ³ X 8€/m ³	13150 €
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πεδιλοδοκοί:	εμβαδόν διατομής 0.72m ² X 191.80 τρέχοντα m = 138.10m ³	
Δάπεδα:	επιφάνεια δαπέδων 274.90m ² X 0.15m πάχος δαπέδων = 41.20m ³	
Τοιχώματα και υποστυλώματα:	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 6.50m ² X 3.40m ύψος = 22.10m ³	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων 1.50m ² X 3.00m ύψος = 4.50m ³	
Τοιχεία πλήρωσης:	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης 14.30m ² X 3.40m ύψος = 48.60m ³	
	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης 5.00m ² X 3.00m ύψος = 15.00m ³	
Δοκοί:	250/500: εμβαδόν διατομής 0.125m ² X 57.80 τρέχοντα m = 7.20m ³	

	300/600: εμβαδόν διατομής $0.18\text{m}^2 \times 37.70$ τρέχοντα $\text{m} = 6.80\text{m}^3$	
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών $284.80\text{m}^2 \times 0.16\text{m}$ πάχος πλακών = 45.60m^3	
Σύνολο οπλισμένου σκυροδέματος όγκου $329.10\text{m}^3 \times 250 \text{ €/m}^3$ κόστος εργασιών και υλικών		82300 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας $2.90\text{m} \times 95.20$ τρέχοντα $\text{m} =$ $276.10\text{m}^2 \times 20\text{€/m}^2$ κόστος εργασιών και υλικών	5550 €
ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ		101000 €
ΑΝΩΔΟΜΗ		
Σύμμικτες πλάκες		
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών $324.80\text{m}^2 \times 15 \text{ €/m}^2$ κόστος εργασιών και υλικών	4900 €
Δομικός χάλυβας		
Υποστυλώματα:	130.60 τρέχοντα $\text{m} \times 76.4\text{kg/m} = 9978\text{kg}$	
Δοκοί:	IPE270: 324.70 τρέχοντα $\text{m} \times 36.1\text{kg/m} =$ 11722kg	
	IPE400: 69.70 τρέχοντα $\text{m} \times 66.3\text{kg/m} = 4621\text{kg}$	
Σύνδεσμοι δυσκαμψίας:	76.1×3.2 : 126.60 τρέχοντα $\text{m} \times 5.8\text{kg/m} =$ 734kg	
	108×3.6 : 9.50 τρέχοντα $\text{m} \times 9.3\text{kg/m} = 88\text{kg}$	
	114×3.6 : 9.50 τρέχοντα $\text{m} \times 9.8\text{kg/m} = 93\text{kg}$	
	127×4 : 9.50 τρέχοντα $\text{m} \times 12.1\text{kg/m} = 115\text{kg}$	
	152.4×4 : 9.50 τρέχοντα $\text{m} \times 14.6\text{kg/m} = 139\text{kg}$	
Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας:	14.80 τρέχοντα $\text{m} \times 5.8\text{kg/m} = 86\text{kg}$	
Σύνολο δομικού χάλυβα βάρους $27576\text{kg} \times 2 \text{ €/kg}$ κόστος εργασιών και υλικών		55200 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης:	ύψος πάνελ $2.90\text{m} \times 94.20$ τρέχοντα $\text{m} =$ $273.20\text{m}^2 \times 25\text{€/m}^2$ κόστος εργασιών και υλικών	7350 €
	ύψος πάνελ $2.30\text{m} \times 8.80$ τρέχοντα $\text{m} = 20.20\text{m}^2$ $\times 25\text{€/m}^2$ κόστος εργασιών και υλικών	

Απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 40.90 τρέχοντα m = 118.60m ² X 20€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	2400 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΩΔΟΜΗΣ		69850 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		170850 €

6 Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με σεισμική μόνωση βάσης από ελαστομεταλλικά εφέδρανα

6.1 Γενικά



Τριδιάστατη απεικόνιση μοντέλου στο περιβάλλον εργασίας του ETABS

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση έγιναν σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 (EN 1993-1-1 και EN 1993-1-8) και τον Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1).

Οι διατομές των φερόντων στοιχείων επιλέχθηκαν με σκοπό τη στατική επάρκεια του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους αρχιτεκτονικούς περιορισμούς. Τα εξωτερικά κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία μορφώνονται με πάνελ πολυουρεθάνης και τα εσωτερικά με απλή γυψοσανίδα. Η θεμελίωση και τα φέροντα στοιχεία του υπογείου διαμορφώνονται όπως στην περίπτωση του φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η σύνδεση μεταξύ στοιχείων από δομικό χάλυβα και στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα πραγματοποιείται με αγκύρια.

Η διατμητική σύνδεση μεταξύ σιδηροδοκού και σύμμικτης πλάκας εξασφαλίζεται με τοποθέτηση διατμητικών ήλων κεφαλής, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 1.2.4 της παρούσας διπλωματικής.

6.2 Παράμετροι σχεδιασμού

6.2.1 Έδαφος θεμελίωσης

Η προσομοίωση του εδάφους θεμελίωσης με δείκτη $K = 25000 \text{ kN/m}^3$ πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση γραμμικών ελατηρίων κατά την διαμήκη διεύθυνση των πεδιλοδοκών με δείκτη δυσκαμψίας $K_{ελ.} = K \cdot b_{πεδ.} = 37500 \text{ kN/m}^2$ κατά Z. Επίσης δεσμεύτηκαν οι μετακινήσεις κατά X και Y και οι στροφές κατά Z.

6.2.2 Συντελεστής συμπεριφοράς

Λόγω της σεισμικής μόνωσης βάσης συνίσταται να μην γίνεται εκμετάλλευση της δυνατότητας απορρόφησης ενέργειας λόγω ανελαστικής συμπεριφοράς και ο αντισεισμικός υπολογισμός να γίνεται με συντελεστή $q = 1.5$, χωρίς εφαρμογή ειδικών αντισεισμικών διατάξεων για τη διαστασιολόγηση των στοιχείων.

6.3 Αντισεισμικός έλεγχος

6.3.1 Συγκέντρωση του 90% της συνολικής μάζας

Σύμφωνα με την ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης του Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απόκριση όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική απόκριση. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν το άθροισμα των δρώσων ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας του φορέα.

Ιδιομορφή	$M_{xi}(\%)$	$M_{yi}(\%)$
1	6.47	56.41
2	65.08	8.52
3	2.19	9.29
4	0.02	0.17
5	0.37	0.00
6	0.01	0.24
7	0.02	0.04
8	0.03	0.00
9	0.00	0.00
10	0.00	0.00
11	0.00	0.00
12	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΟ	74.20	74.67

όπου M_{xi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά X.
 M_{yi} είναι η δρώσα ιδιομορφική μάζα της i ιδιομορφής κατά Y.

Το κριτήριο δεν ικανοποιείται, οπότε ελέγχεται αν ο αριθμός ιδιομορφών k που λαμβάνεται υπόψη ικανοποιεί και τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

$k \geq 3 \cdot n^{1/2}$ και $T_k \leq 0.20 \text{ sec}$
 όπου k είναι ο αριθμός των ιδιομορφών που συμμετέχουν στην ανάλυση.
 n είναι ο αριθμός των υπέργειων ορόφων συμπεριλαμβανομένου του δώματος.
 T_k είναι η περίοδος της τελευταίας ιδιομορφής.

Διεύθ.	k		$3 \cdot n^{1/2}$	$T_k(\text{sec})$
x	12	\geq	5.20	0.12
y	12	\geq	5.20	0.12

6.3.2 Αντισεισμικός αρμός

Τα κτίρια πρέπει να προστατεύονται από σεισμογενή πρόσκρουση προς παρακείμενους φορείς. Η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται αν η απόσταση από τη γραμμή ιδιοκτησίας στα πιθανά σημεία πρόσκρουσης είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του κτιρίου.

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά X	$s_{x,\max} = 70.70\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά X	$1.5 \cdot 70.70 = 106.05\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά X	11.0cm
Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά Y	$s_{y,\max} = 86.00\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά Y	$1.5 \cdot 86.00 = 129.00\text{mm}$
Επιλέγεται αντισεισμικός αρμός κατά Y	13.0cm

6.3.3 Έλεγχος περιορισμού βλαβών

Για κτίρια με πλάστιμα μη φέροντα στοιχεία συνδεδεμένα με τον φορέα η απαίτηση περιορισμού βλαβών θεωρείται ότι ικανοποιείται, αν ισχύει, σε όλους τους υπέργειους ορόφους, η σχέση:

$$d_r \cdot v/h \leq 7.5\%$$

όπου d_r είναι η τιμή σχεδιασμού της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s των δαπέδων του υπό εξέταση ορόφου.

h είναι το ύψος του ορόφου.

v είναι συντελεστής μείωσης που λαμβάνει υπόψη τη μικρότερη περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης που συνδέεται με την απαίτηση περιορισμού βλαβών με τιμή $v = 0.50$.

Όροφος	Διευθ.	$d_r \cdot v/h(\%)$
Ά όροφος	x	1.46
	y	2.09
Ισόγειο	x	1.25
	y	1.67

6.3.4 Επιρροή αποτελεσμάτων 2^{ας} τάξεως

Αποτελέσματα 2^{ας} τάξεως δεν χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη αν ικανοποιείται, σε όλους τους ορόφους, η ακόλουθη συνθήκη:

$$\theta = (P_{tot}/V_{tot}) \cdot q \cdot (d_{max}/h) < 10\%$$

όπου θ είναι ο συντελεστής ευαισθησίας σχετικής μετακίνησης του ορόφου.
 P_{tot} είναι το συνολικό φορτίο βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού του ορόφου που εξετάζεται και των υπερκείμενων ορόφων.
 V_{tot} είναι η συνολική σεισμική τέμνουσα του ορόφου.
 q είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς.
 d_{max} είναι η μέγιστη σχετική ελαστική μετακίνηση του ορόφου.
 h είναι το ύψος του ορόφου.

Όροφος	Διεύθ.	P_{tot} (kN)	V_{tot} (kN)	q	d_{max} (mm)	h (m)	θ (%)
Α όροφος	x	1068.0	197.0	1.5	9.36	3.20	2.38
	y	1068.0	190.3		13.35		3.51
Ισόγειο	x	2269.1	399.1		7.99		2.13
	y	2269.1	390.8		10.68		2.91

6.4 Διαστασιολόγηση

6.4.1 Πλάκες

Οι σύμμικτες πλάκες ελέγχθηκαν στη φάση κατασκευής σε κάμψη και βέλος κάμψης, και στη φάση λειτουργίας σε κάμψη, διάτμηση, διαμήκη διάτμηση και βέλος κάμψης, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 5.4.1 της παρούσας διπλωματικής.

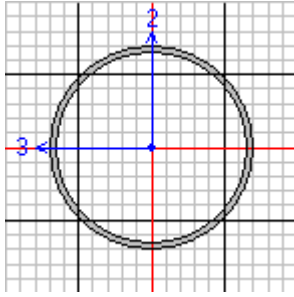
6.4.2 Ελαστομεταλλικά εφέδρανα

Τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα ελέγχθηκαν σε μέγιστη οριζόντια μετακίνηση και μέγιστο κατακόρυφο φορτίο.

Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά X	$d_{x,max} = 50.10\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά X	$1.5 \cdot 50.10 = 75.15\text{mm} < 100\text{mm}$
Μέγιστη ελαστική μετακίνηση κατά Y	$d_{y,max} = 59.30\text{mm}$
Μέγιστη πραγματική μετακίνηση κατά Y	$1.5 \cdot 59.30 = 88.95\text{mm} < 100\text{mm}$
Μέγιστη κατακόρυφο φορτίο	$V_{max} = 378.95\text{kN} < 490\text{kN}$

6.4.3 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Χρησιμοποιήθηκαν σύνδεσμοι δυσκαμψίας διατομής CHS76.1X3.2 και CHS108X3.6. Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας ελέγχθηκαν σε αξονική και καμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του συνδέσμου δυσκαμψίας D28 διατομής CHS108X3.6 του ισογείου:



D28

$$L = 4.74 \text{ m}, A = 11.81 \text{ cm}^2$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών και αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Ed}$ kN	$N_{c,Ed}$ kN	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	200.63	-100.32	324.78	a	0.740	0.828	269.04
z	200.63	-100.32	324.78	a	1.479	0.381	123.88

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων συνδέσμων:

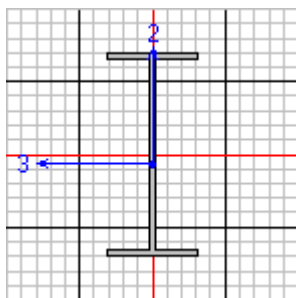
Όροφος	Σύνδεσμος	Διατομή	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
	δυσκαμψίας			$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Α όροφος	B24	76.1X3.2	$0,012 = 0,009 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B25	76.1X3.2	$0,039 = 0,036 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B32	76.1X3.2	$0,032 = 0,029 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B33	76.1X3.2	$0,006 = 0,003 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B103	76.1X3.2	$0,041 = 0,039 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B104	76.1X3.2	$0,021 = 0,019 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B111	76.1X3.2	$0,016 = 0,014 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	B112	76.1X3.2	$0,005 = 0,003 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Α όροφος	D3	76.1X3.2	$0,150 = 0,147 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D4	76.1X3.2	$0,171 = 0,168 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D5	76.1X3.2	$0,142 = 0,139 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D6	76.1X3.2	$0,186 = 0,183 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D7	76.1X3.2	$0,146 = 0,144 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D8	76.1X3.2	$0,179 = 0,176 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D9	76.1X3.2	$0,150 = 0,147 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D10	76.1X3.2	$0,141 = 0,138 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D11	76.1X3.2	$0,167 = 0,164 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D12	76.1X3.2	$0,152 = 0,149 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Α όροφος	D13	76.1X3.2	$0,160 = 0,157 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

Ά όροφος	D14	76.1X3.2	$0,158 = 0,156 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D18	76.1X3.2	$0,080 = 0,076 + 0,004 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	D19	76.1X3.2	$0,116 = 0,113 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D28	108X3.6	$0,578 = 0,567 + 0,010 + 0,003$	0,002	0,000
Ά όροφος	D29	108X3.6	$0,543 = 0,531 + 0,011 + 0,005$	0,002	0,000
Ά όροφος	D30	108X3.6	$0,462 = 0,453 + 0,008 + 0,005$	0,002	0,000
Ά όροφος	D31	108X3.6	$0,472 = 0,447 + 0,025 + 0,003$	0,001	0,001
Ά όροφος	D34	76.1X3.2	$0,200 = 0,197 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D35	76.1X3.2	$0,128 = 0,125 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D36	76.1X3.2	$0,164 = 0,161 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D37	76.1X3.2	$0,165 = 0,162 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	D38	76.1X3.2	$0,151 = 0,148 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D39	76.1X3.2	$0,137 = 0,134 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D40	76.1X3.2	$0,159 = 0,157 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D41	76.1X3.2	$0,138 = 0,135 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	D42	76.1X3.2	$0,172 = 0,169 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D43	76.1X3.2	$0,143 = 0,140 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D44	76.1X3.2	$0,167 = 0,164 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D45	76.1X3.2	$0,152 = 0,150 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ά όροφος	D49	76.1X3.2	$0,066 = 0,063 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ά όροφος	D50	76.1X3.2	$0,072 = 0,068 + 0,004 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B24	76.1X3.2	$0,024 = 0,021 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B25	76.1X3.2	$0,047 = 0,045 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B32	76.1X3.2	$0,045 = 0,043 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B33	76.1X3.2	$0,006 = 0,003 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B38	76.1X3.2	$0,031 = 0,029 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B39	76.1X3.2	$0,022 = 0,019 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B103	76.1X3.2	$0,010 = 0,007 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B104	76.1X3.2	$0,027 = 0,024 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B111	76.1X3.2	$0,040 = 0,038 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B112	76.1X3.2	$0,010 = 0,008 + 0,002 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B119	76.1X3.2	$0,031 = 0,029 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B120	76.1X3.2	$0,008 = 0,005 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	D3	76.1X3.2	$0,152 = 0,149 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D4	76.1X3.2	$0,246 = 0,243 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D5	76.1X3.2	$0,208 = 0,205 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D6	76.1X3.2	$0,168 = 0,165 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D7	76.1X3.2	$0,216 = 0,213 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D8	76.1X3.2	$0,249 = 0,246 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D9	76.1X3.2	$0,221 = 0,218 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

Ισόγειο	D10	76.1X3.2	$0,237 = 0,235 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D11	76.1X3.2	$0,145 = 0,142 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D12	76.1X3.2	$0,237 = 0,234 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D13	76.1X3.2	$0,216 = 0,213 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D14	76.1X3.2	$0,154 = 0,152 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D15	76.1X3.2	$0,163 = 0,160 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D16	76.1X3.2	$0,301 = 0,298 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D17	76.1X3.2	$0,217 = 0,214 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D20	76.1X3.2	$0,269 = 0,266 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D21	76.1X3.2	$0,248 = 0,245 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	D22	76.1X3.2	$0,204 = 0,201 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D29	108X3.6	$0,815 = 0,802 + 0,009 + 0,008$	0,002	0,000
Ισόγειο	D30	108X3.6	$0,900 = 0,887 + 0,010 + 0,010$	0,002	0,000
Ισόγειο	D31	108X3.6	$0,797 = 0,783 + 0,014 + 0,003$	0,002	0,000
Ισόγειο	D34	76.1X3.2	$0,208 = 0,206 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D35	76.1X3.2	$0,198 = 0,196 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D36	76.1X3.2	$0,142 = 0,139 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D37	76.1X3.2	$0,193 = 0,190 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D38	76.1X3.2	$0,213 = 0,210 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D39	76.1X3.2	$0,136 = 0,133 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D40	76.1X3.2	$0,193 = 0,191 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D41	76.1X3.2	$0,230 = 0,227 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D42	76.1X3.2	$0,118 = 0,116 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D43	76.1X3.2	$0,227 = 0,224 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D44	76.1X3.2	$0,181 = 0,179 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D45	76.1X3.2	$0,147 = 0,145 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D46	76.1X3.2	$0,146 = 0,143 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	D47	76.1X3.2	$0,265 = 0,263 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D48	76.1X3.2	$0,190 = 0,187 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	D51	76.1X3.2	$0,240 = 0,237 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000
Ισόγειο	D52	76.1X3.2	$0,224 = 0,221 + 0,003 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	D53	76.1X3.2	$0,174 = 0,171 + 0,000 + 0,003$	0,001	0,000

6.4.4 Δοκοί

Χρησιμοποιήθηκαν δοκοί διατομής IPE400 και IPE270. Οι δοκοί ελέγχθηκαν σε κάμψη, διάτμηση, συνδυασμένη καταπόνηση κάμψης-διάτμησης και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση της δοκού B29 διατομής IPE400 της οροφής ισογείου:



B29

$$L = 6.25 \text{ m}, A = 84.50 \text{ cm}^2, A_v = 42.69 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 23130 \text{ cm}^4, W_{pl,y} = 1307 \text{ cm}^3, i_y = 16.55 \text{ cm}$$

$$I_z = 1318 \text{ cm}^4, W_{pl,z} = 229 \text{ cm}^3, i_z = 3.95 \text{ cm}$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
-0.74	220.48	-0.02	43.93	-0.08

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	2323.75	-	-	1.0	2323.75
z	2323.75	b	0.592	0.841	1954.20
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{V,N,Rd}$ kNm
y	359.43	643.02	0.000	< 0.5	359.43
z	62.98	546.17	0.080	< 0.5	62.98

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.
 $V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
-	-	1.0	1.000	0.600	1.000	1.000

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 χ_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.
 $k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.613 + 0.000 = 0.613$	<	1.0
$N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.613 + 0.000 = 0.613$	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62) στη φάση κατασκευής:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
0.46	127.16	-0.02	25.26	-0.06

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN	
y	2323.75	a	0.421	0.947	2201.30	
z	2323.75	b	0.592	0.841	1954.20	
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{V,Rd}$ kNm	
y	359.43	643.02	0.000	<	0.5	359.43
z	62.98	546.17	0.046	<	0.5	62.98

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
b	0.505	0.882	1.000	0.600	1.000	1.000

$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.401 + 0.000 = 0.401$	<	1.0
$N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
$0.000 + 0.401 + 0.000 = 0.401$	<	1.0

Έλεγχος βελών κάμψης:

βέλος κάμψης Mm		L/240 mm
12.03	<	26.04

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων δοκών:

Όροφος	Δοκός	Διατομή	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	V _{Ed,z}	V _{Ed,y}
				V _{c,Rd,z}	V _{c,Rd,y}
Δώμα	B69	IPE270	0,227 = 0,003 + 0,222 + 0,001	0,068	0,000
Δώμα	B80	IPE270	0,068 = 0,001 + 0,067 + 0,000	0,032	0,000
Δώμα	B82	IPE270	0,143 = 0,000 + 0,142 + 0,000	0,062	0,000
Δώμα	B84	IPE270	0,069 = 0,002 + 0,067 + 0,000	0,032	0,000
Δώμα	B102	IPE270	0,225 = 0,002 + 0,222 + 0,001	0,068	0,000
Ά όροφος	B2	IPE270	0,161 = 0,002 + 0,158 + 0,001	0,063	0,000
Ά όροφος	B3	IPE270	0,066 = 0,001 + 0,064 + 0,001	0,039	0,001
Ά όροφος	B6	IPE270	0,101 = 0,001 + 0,099 + 0,001	0,052	0,001
Ά όροφος	B7	IPE270	0,101 = 0,001 + 0,099 + 0,001	0,037	0,000
Ά όροφος	B10	IPE270	0,268 = 0,002 + 0,263 + 0,002	0,102	0,001
Ά όροφος	B12	IPE270	0,108 = 0,001 + 0,107 + 0,000	0,067	0,000
Ά όροφος	B13	IPE270	0,444 = 0,001 + 0,442 + 0,001	0,171	0,001
Ά όροφος	B14	IPE270	0,206 = 0,003 + 0,201 + 0,002	0,079	0,001
Ά όροφος	B19	IPE270	0,848 = 0,007 + 0,836 + 0,005	0,259	0,001
Ά όροφος	B20	IPE270	0,356 = 0,002 + 0,352 + 0,003	0,125	0,001
Ά όροφος	B21	IPE270	0,032 = 0,002 + 0,029 + 0,001	0,017	0,000
Ά όροφος	B23	IPE270	0,695 = 0,002 + 0,693 + 0,000	0,207	0,000
Ά όροφος	B26	IPE270	0,019 = 0,003 + 0,016 + 0,000	0,032	0,000
Ά όροφος	B34	IPE270	0,015 = 0,008 + 0,005 + 0,002	0,014	0,000
Ά όροφος	B37	IPE270	0,366 = 0,006 + 0,358 + 0,002	0,122	0,001
Ά όροφος	B41	IPE270	0,133 = 0,007 + 0,125 + 0,001	0,055	0,000
Ά όροφος	B47	IPE270	0,235 = 0,001 + 0,233 + 0,002	0,089	0,001
Ά όροφος	B48	IPE270	0,295 = 0,000 + 0,294 + 0,001	0,129	0,000
Ά όροφος	B49	IPE270	0,396 = 0,001 + 0,394 + 0,001	0,165	0,001
Ά όροφος	B51	IPE270	0,266 = 0,000 + 0,266 + 0,000	0,147	0,000
Ά όροφος	B52	IPE270	0,322 = 0,000 + 0,321 + 0,000	0,115	0,000
Ά όροφος	B53	IPE270	0,315 = 0,001 + 0,314 + 0,001	0,110	0,000
Ά όροφος	B55	IPE270	0,158 = 0,003 + 0,154 + 0,000	0,058	0,000
Ά όροφος	B57	IPE270	0,849 = 0,027 + 0,821 + 0,001	0,338	0,005
Ά όροφος	B58	IPE270	0,226 = 0,002 + 0,222 + 0,003	0,120	0,001
Ά όροφος	B60	IPE270	0,406 = 0,003 + 0,400 + 0,002	0,179	0,001

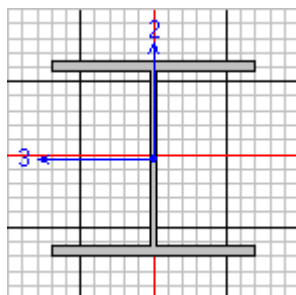
Α όροφος	B61	IPE270	$0,212 = 0,002 + 0,209 + 0,001$	0,076	0,000
Α όροφος	B62	IPE270	$0,038 = 0,002 + 0,034 + 0,002$	0,022	0,001
Α όροφος	B68	IPE270	$0,615 = 0,002 + 0,612 + 0,001$	0,198	0,001
Α όροφος	B70	IPE270	$0,614 = 0,002 + 0,612 + 0,001$	0,189	0,000
Α όροφος	B74	IPE270	$0,247 = 0,002 + 0,243 + 0,002$	0,127	0,001
Α όροφος	B75	IPE270	$0,166 = 0,001 + 0,164 + 0,002$	0,068	0,001
Α όροφος	B81	IPE270	$0,180 = 0,003 + 0,175 + 0,001$	0,082	0,001
Α όροφος	B83	IPE270	$0,244 = 0,002 + 0,241 + 0,001$	0,119	0,001
Α όροφος	B85	IPE270	$0,224 = 0,001 + 0,223 + 0,000$	0,098	0,001
Α όροφος	B86	IPE270	$0,201 = 0,001 + 0,200 + 0,000$	0,090	0,001
Α όροφος	B87	IPE270	$0,196 = 0,000 + 0,194 + 0,001$	0,085	0,001
Α όροφος	B89	IPE270	$0,099 = 0,005 + 0,093 + 0,001$	0,045	0,002
Α όροφος	B91	IPE270	$0,046 = 0,023 + 0,020 + 0,002$	0,029	0,001
Α όροφος	B93	IPE270	$0,266 = 0,006 + 0,260 + 0,000$	0,131	0,001
Α όροφος	B94	IPE270	$0,028 = 0,003 + 0,023 + 0,003$	0,018	0,001
Α όροφος	B99	IPE270	$0,187 = 0,001 + 0,184 + 0,002$	0,100	0,000
Α όροφος	B100	IPE270	$0,170 = 0,001 + 0,168 + 0,001$	0,065	0,000
Α όροφος	B102	IPE270	$0,276 = 0,005 + 0,271 + 0,000$	0,100	0,000
Α όροφος	B105	IPE270	$0,055 = 0,028 + 0,004 + 0,022$	0,019	0,007
Α όροφος	B113	IPE270	$0,019 = 0,009 + 0,004 + 0,005$	0,013	0,001
Α όροφος	B118	IPE270	$0,108 = 0,008 + 0,099 + 0,001$	0,037	0,001
Α όροφος	B122	IPE270	$0,052 = 0,006 + 0,042 + 0,004$	0,022	0,001
Α όροφος	B29	IPE400	$0,348 = 0,003 + 0,344 + 0,001$	0,175	0,001
Α όροφος	B71	IPE400	$0,578 = 0,004 + 0,574 + 0,000$	0,255	0,002
Α όροφος	B108	IPE400	$0,242 = 0,005 + 0,236 + 0,001$	0,103	0,001
Ισόγειο	B1	IPE270	$0,077 = 0,001 + 0,076 + 0,001$	0,043	0,001
Ισόγειο	B2	IPE270	$0,147 = 0,001 + 0,146 + 0,001$	0,059	0,000
Ισόγειο	B4	IPE270	$0,182 = 0,005 + 0,176 + 0,001$	0,062	0,000
Ισόγειο	B5	IPE270	$0,183 = 0,006 + 0,176 + 0,001$	0,067	0,000
Ισόγειο	B8	IPE270	$0,188 = 0,002 + 0,185 + 0,002$	0,070	0,001
Ισόγειο	B9	IPE270	$0,182 = 0,001 + 0,182 + 0,000$	0,091	0,000
Ισόγειο	B11	IPE270	$0,440 = 0,001 + 0,438 + 0,000$	0,176	0,001
Ισόγειο	B12	IPE270	$0,139 = 0,001 + 0,138 + 0,000$	0,075	0,000
Ισόγειο	B13	IPE270	$0,473 = 0,002 + 0,470 + 0,001$	0,179	0,001
Ισόγειο	B14	IPE270	$0,348 = 0,001 + 0,347 + 0,000$	0,141	0,000
Ισόγειο	B15	IPE270	$0,129 = 0,001 + 0,127 + 0,000$	0,079	0,000
Ισόγειο	B16	IPE270	$0,359 = 0,001 + 0,357 + 0,001$	0,139	0,000
Ισόγειο	B17	IPE270	$0,518 = 0,001 + 0,516 + 0,001$	0,200	0,001
Ισόγειο	B18	IPE270	$0,106 = 0,008 + 0,085 + 0,012$	0,047	0,003
Ισόγειο	B22	IPE270	$0,563 = 0,001 + 0,561 + 0,000$	0,194	0,008

Ισόγειο	B23	IPE270	$0,719 = 0,001 + 0,719 + 0,000$	0,209	0,000
Ισόγειο	B26	IPE270	$0,018 = 0,002 + 0,015 + 0,000$	0,030	0,001
Ισόγειο	B34	IPE270	$0,016 = 0,001 + 0,014 + 0,000$	0,025	0,000
Ισόγειο	B40	IPE270	$0,240 = 0,240 + 0,000 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B44	IPE270	$0,190 = 0,001 + 0,187 + 0,002$	0,071	0,001
Ισόγειο	B45	IPE270	$0,238 = 0,001 + 0,237 + 0,000$	0,135	0,000
Ισόγειο	B46	IPE270	$0,386 = 0,001 + 0,384 + 0,000$	0,162	0,001
Ισόγειο	B48	IPE270	$0,297 = 0,001 + 0,296 + 0,000$	0,139	0,000
Ισόγειο	B50	IPE270	$0,444 = 0,003 + 0,440 + 0,001$	0,177	0,001
Ισόγειο	B51	IPE270	$0,347 = 0,001 + 0,346 + 0,000$	0,170	0,000
Ισόγειο	B52	IPE270	$0,271 = 0,002 + 0,269 + 0,000$	0,135	0,000
Ισόγειο	B53	IPE270	$0,359 = 0,001 + 0,357 + 0,001$	0,155	0,000
Ισόγειο	B54	IPE270	$0,489 = 0,000 + 0,487 + 0,002$	0,185	0,001
Ισόγειο	B56	IPE270	$0,110 = 0,012 + 0,089 + 0,009$	0,070	0,002
Ισόγειο	B59	IPE270	$0,174 = 0,005 + 0,168 + 0,001$	0,037	0,000
Ισόγειο	B67	IPE270	$0,451 = 0,002 + 0,449 + 0,000$	0,159	0,018
Ισόγειο	B69	IPE270	$0,584 = 0,001 + 0,584 + 0,000$	0,191	0,000
Ισόγειο	B78	IPE270	$0,078 = 0,001 + 0,076 + 0,001$	0,034	0,004
Ισόγειο	B79	IPE270	$0,191 = 0,000 + 0,191 + 0,000$	0,085	0,001
Ισόγειο	B80	IPE270	$0,259 = 0,001 + 0,258 + 0,000$	0,121	0,001
Ισόγειο	B84	IPE270	$0,242 = 0,003 + 0,239 + 0,000$	0,118	0,001
Ισόγειο	B85	IPE270	$0,226 = 0,001 + 0,224 + 0,000$	0,098	0,002
Ισόγειο	B86	IPE270	$0,203 = 0,001 + 0,201 + 0,001$	0,090	0,001
Ισόγειο	B87	IPE270	$0,198 = 0,001 + 0,196 + 0,001$	0,086	0,002
Ισόγειο	B88	IPE270	$0,201 = 0,001 + 0,199 + 0,001$	0,094	0,003
Ισόγειο	B90	IPE270	$0,097 = 0,027 + 0,068 + 0,002$	0,033	0,006
Ισόγειο	B92	IPE270	$0,166 = 0,011 + 0,154 + 0,001$	0,044	0,000
Ισόγειο	B101	IPE270	$0,390 = 0,002 + 0,388 + 0,000$	0,159	0,003
Ισόγειο	B102	IPE270	$0,262 = 0,002 + 0,260 + 0,001$	0,098	0,000
Ισόγειο	B105	IPE270	$0,033 = 0,008 + 0,004 + 0,021$	0,019	0,006
Ισόγειο	B113	IPE270	$0,022 = 0,012 + 0,004 + 0,006$	0,012	0,001
Ισόγειο	B121	IPE270	$0,190 = 0,190 + 0,000 + 0,000$	0,001	0,000
Ισόγειο	B132	IPE270	$0,040 = 0,001 + 0,040 + 0,000$	0,020	0,000
Ισόγειο	B133	IPE270	$0,113 = 0,001 + 0,112 + 0,000$	0,059	0,000
Ισόγειο	B134	IPE270	$0,053 = 0,002 + 0,051 + 0,000$	0,030	0,000
Ισόγειο	B138	IPE270	$0,168 = 0,001 + 0,166 + 0,001$	0,070	0,000
Ισόγειο	B35	IPE400	$0,530 = 0,005 + 0,516 + 0,009$	0,168	0,001
Ισόγειο	B71	IPE400	$0,692 = 0,009 + 0,680 + 0,002$	0,256	0,003
Ισόγειο	B72	IPE400	$0,518 = 0,004 + 0,510 + 0,003$	0,164	0,002
Ισόγειο	B108	IPE400	$0,238 = 0,001 + 0,236 + 0,001$	0,102	0,001

Ισόγειο	B115	IPE400	0,316 = 0,012 + 0,300 + 0,003	0,095	0,002
---------	------	--------	-------------------------------	-------	-------

6.4.5 Υποστυλώματα

Χρησιμοποιήθηκαν υποστυλώματα διατομής HEA220. Τα υποστυλώματα ελέγχθηκαν σε αξονική, κάμψη, διάτμηση, συνδυασμένη καταπόνηση αξονικής-κάμψης-διάτμησης, καμπτικό λυγισμό και στρεπτοκαμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του υποστυλώματος C20 του ισόγειου:



C20	$L = 3.20 \text{ m}, A = 64.30 \text{ cm}^2$
	$I_y = 5410 \text{ cm}^4, W_{el,y} = 515.2 \text{ cm}^3, i_y = 9.17 \text{ cm}$
	$I_z = 1955 \text{ cm}^4, W_{el,z} = 177.7 \text{ cm}^3, i_z = 5.51 \text{ cm}$
	κατηγορία διατομής 3
	$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$

Πίνακας εντατικών μεγεθών:

N_{Ed} kN	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	$V_{Ed,z}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN
-378.95	28.38	10.26	16.64	4.63

Πίνακας αντοχών:

Διευθ.	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN	
y	1768.25	b	0.378	0.935	1652.59	
z	1768.25	c	1.176	0.445	787.61	
Διευθ.	$M_{c,Rd}$ kNm	$V_{c,Rd}$ kN	V_{Ed} $V_{c,Rd}$		$M_{V,N,Rd}$ kNm	
y	141.69	640.38	0.007	<	0.5	141.69
z	48.88	233.39	0.071	<	0.5	48.88

όπου $N_{t,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε αξονική.
 λ είναι η ανηγμένη λυγηρότητα καμπτικού λυγισμού.
 x είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού.
 $N_{b,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε θλίψη λόγω επίδρασης του καμπτικού λυγισμού.
 $M_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη.

$V_{c,Rd}$ είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση.
 $M_{V,N,Rd}$ είναι η απομειωμένη αντοχή σχεδιασμού σε κάμψη λόγω επίδρασης της διάτμησης και της αξονικής.

Έλεγχος συνδυασμένης καταπόνησης αξονικής-κάμψης-διάτμησης EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.9.1 (Εξίσωση 6.41):

α	β	$(M_{Ed,y}/M_{V,N,Rd,y})^\alpha + (M_{Ed,z}/M_{V,N,Rd,z})^\beta$		
2.00	1.07	0.040 + 0.188 = 0.228	<	1.0

Έλεγχος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.3.3 (Εξισώσεις 6.61, 6.62):

καμπύλη λυγισμού	λ_{LT}	χ_{LT}	k_{yy}	k_{yz}	k_{zz}	k_{zy}
a	0.622	0.881	0.419	0.636	0.636	0.840

όπου λ_{LT} είναι η ανηγμένη λυγηρότητα στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.

χ_{LT} είναι ο μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού.

$k_{i,j}$ είναι οι συντελεστές αλληλεπίδρασης.

$N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
0.229 + 0.095 + 0.152 = 0.476	<	1.0
$N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{Ed,y}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{Ed,z}/(\chi_{LT} \cdot M_{Rk,z}/\gamma_{M1})$		
0.481 + 0.191 + 0.152 = 0.824	<	1.0

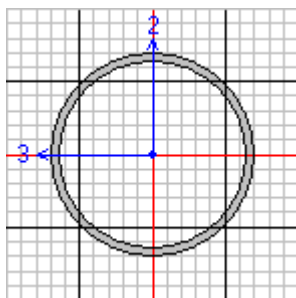
Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων υποστυλωμάτων:

Όροφος	Υποστώλωμα	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
			$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
Δώμα	C18	0,557 = 0,011 + 0,168 + 0,378	0,036	0,012
Δώμα	C19	0,552 = 0,011 + 0,314 + 0,227	0,069	0,007
Δώμα	C28	0,534 = 0,011 + 0,179 + 0,343	0,038	0,009
Δώμα	C29	0,555 = 0,011 + 0,220 + 0,323	0,053	0,011
Α όροφος	C3	0,292 = 0,064 + 0,062 + 0,166	0,019	0,009
Α όροφος	C4	0,210 = 0,089 + 0,069 + 0,052	0,030	0,007
Α όροφος	C5	0,205 = 0,087 + 0,042 + 0,076	0,037	0,002
Α όροφος	C7	0,213 = 0,073 + 0,050 + 0,090	0,036	0,002
Α όροφος	C8	0,222 = 0,170 + 0,025 + 0,027	0,017	0,001
Α όροφος	C10-3	0,342 = 0,129 + 0,041 + 0,172	0,123	0,004
Α όροφος	C11-3	0,326 = 0,055 + 0,055 + 0,216	0,064	0,032
Α όροφος	C18	0,551 = 0,062 + 0,185 + 0,304	0,060	0,011
Α όροφος	C19	1,013 = 0,156 + 0,733 + 0,124	0,297	0,009

Ά όροφος	C20	$0,927 = 0,100 + 0,821 + 0,006$	0,283	0,002
Ά όροφος	C22-3	$0,443 = 0,116 + 0,290 + 0,037$	0,143	0,010
Ά όροφος	C28	$0,552 = 0,047 + 0,172 + 0,332$	0,047	0,013
Ά όροφος	C29	$0,408 = 0,035 + 0,174 + 0,199$	0,053	0,021
Ά όροφος	C30	$0,163 = 0,075 + 0,024 + 0,064$	0,019	0,003
Ά όροφος	C32	$0,170 = 0,065 + 0,038 + 0,067$	0,020	0,002
Ά όροφος	C33	$0,165 = 0,055 + 0,027 + 0,083$	0,013	0,002
Ά όροφος	C35-3	$0,079 = 0,010 + 0,068 + 0,002$	0,025	0,001
Ά όροφος	C36-3	$0,237 = 0,021 + 0,129 + 0,088$	0,082	0,016
Ισόγειο	C2	$0,471 = 0,030 + 0,157 + 0,284$	0,037	0,012
Ισόγειο	C3	$0,534 = 0,098 + 0,135 + 0,301$	0,030	0,012
Ισόγειο	C4	$0,647 = 0,201 + 0,251 + 0,195$	0,073	0,012
Ισόγειο	C5	$1,030 = 0,533 + 0,373 + 0,124$	0,064	0,009
Ισόγειο	C7	$1,029 = 0,497 + 0,416 + 0,115$	0,057	0,010
Ισόγειο	C8	$0,737 = 0,185 + 0,156 + 0,396$	0,065	0,016
Ισόγειο	C10	$0,792 = 0,385 + 0,238 + 0,169$	0,093	0,005
Ισόγειο	C11	$0,598 = 0,124 + 0,260 + 0,215$	0,083	0,014
Ισόγειο	C17	$0,327 = 0,024 + 0,140 + 0,163$	0,034	0,004
Ισόγειο	C18	$0,613 = 0,403 + 0,110 + 0,101$	0,034	0,008
Ισόγειο	C19	$0,911 = 0,636 + 0,070 + 0,205$	0,139	0,009
Ισόγειο	C22	$0,563 = 0,086 + 0,276 + 0,201$	0,083	0,010
Ισόγειο	C27	$0,301 = 0,019 + 0,120 + 0,162$	0,025	0,004
Ισόγειο	C28	$0,545 = 0,331 + 0,097 + 0,116$	0,039	0,008
Ισόγειο	C29	$0,515 = 0,146 + 0,186 + 0,183$	0,056	0,012
Ισόγειο	C30	$0,793 = 0,416 + 0,264 + 0,112$	0,056	0,007
Ισόγειο	C32	$0,761 = 0,402 + 0,250 + 0,108$	0,055	0,007
Ισόγειο	C33	$0,586 = 0,347 + 0,104 + 0,135$	0,073	0,007
Ισόγειο	C35	$0,534 = 0,255 + 0,114 + 0,164$	0,090	0,002
Ισόγειο	C36	$0,483 = 0,098 + 0,206 + 0,180$	0,068	0,012
Ισόγειο	C43	$0,288 = 0,010 + 0,113 + 0,166$	0,024	0,004
Ισόγειο	C44	$0,286 = 0,010 + 0,114 + 0,163$	0,024	0,004

6.4.6 Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας

Για τη μόρφωση της ανισοσταθμίας των πλακών της οροφής ισόγειου χρησιμοποιήθηκαν σύνδεσμοι διατομής CHS76.1X3.2. Οι σύνδεσμοι ελέγχθηκαν σε αξονική και καμπτικό λυγισμό. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η διαστασιολόγηση του συνδέσμου D33:



D33

$$L = 1.54 \text{ m}, A = 7.33 \text{ cm}^2$$

κατηγορία διατομής 1

$$\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$$

Πίνακας εντατικών μεγεθών και αντοχών:

Διευθ.	N_{Ed} kN	$N_{t,Rd}$ kN	καμπύλη λυγισμού	λ	x	$N_{b,Rd}$ kN
y	69.11	201.55	a	0.686	0.854	172.16
z	69.11	201.55	a	0.686	0.854	172.16

Παρουσιάζεται ο συνοπτικός έλεγχος των υπόλοιπων συνδέσμων:

Σύνδεσμος	EC3 (EN 1993-1-1) Κεφ. 6.2.1 (Εξίσωση 6.2)	$V_{Ed,z}$	$V_{Ed,y}$
		$V_{c,Rd,z}$	$V_{c,Rd,y}$
C1-1	0,196 = 0,196 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C9-1	0,771 = 0,771 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C14-1	0,171 = 0,171 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C15-1	0,042 = 0,042 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C16-1	0,031 = 0,031 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C21-1	0,138 = 0,138 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C25-1	0,043 = 0,043 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C26-1	0,091 = 0,091 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
C34-1	0,256 = 0,256 + 0,000 + 0,000	0,000	0,000
D1	0,180 = 0,173 + 0,007 + 0,000	0,001	0,000
D2	0,331 = 0,324 + 0,000 + 0,007	0,001	0,000
D23	0,152 = 0,149 + 0,003 + 0,000	0,001	0,000
D24	0,161 = 0,158 + 0,003 + 0,000	0,001	0,000
D25	0,049 = 0,046 + 0,002 + 0,000	0,001	0,000
D26	0,109 = 0,106 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000
D27	0,040 = 0,037 + 0,003 + 0,000	0,001	0,000
D32	0,209 = 0,206 + 0,000 + 0,003	0,001	0,000

6.4.7 Συνδετήριες δοκοί θεμελίωσης

Οι συνδετήριες δοκοί της θεμελίωσης ελέγχθηκαν σε λυγηρότητα, κάμψη και διάτμηση, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.4 της παρούσας διπλωματικής.

6.4.8 Πέλματα πεδιλοδοκών

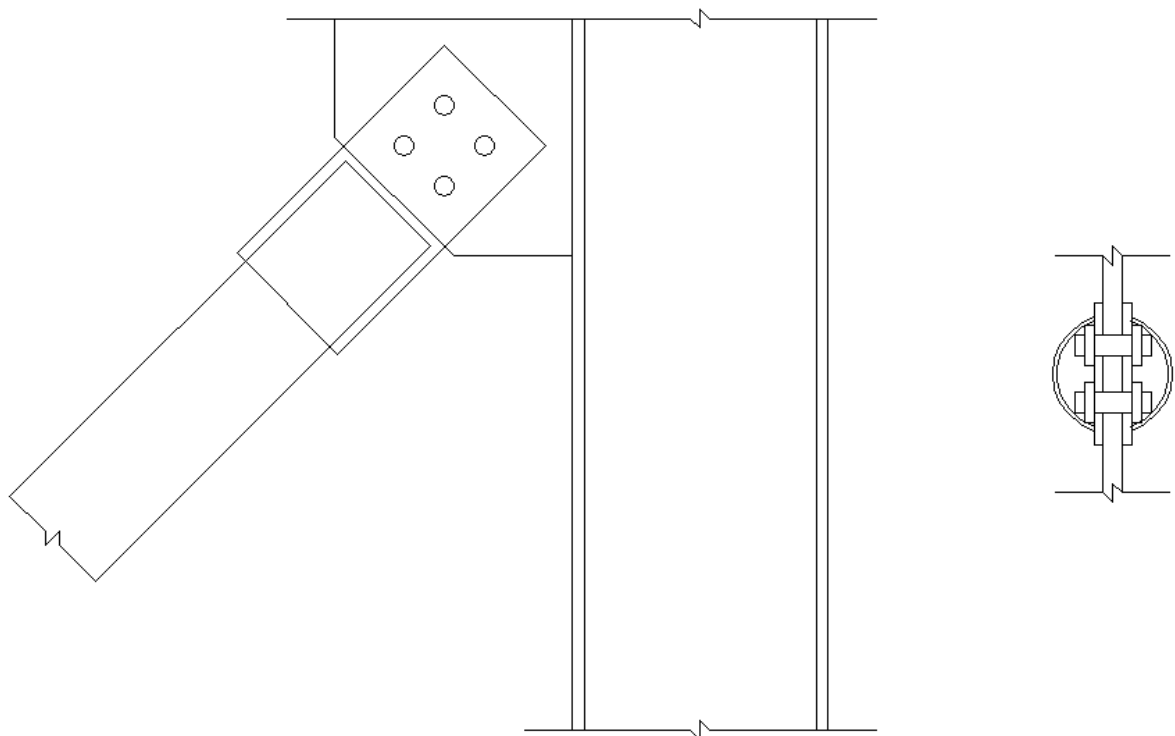
Τα πέλματα των πεδιλοδοκών ελέγχθηκαν σε μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, κάμψη και διάτμηση, όπως αναφέρεται πιο συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.4.5 της παρούσας διπλωματικής.

6.5 Συνδέσεις

Η σύνδεση των στοιχείων από δομικό χάλυβα πραγματοποιείται με κοχλίωση. Οι κόμβοι των υποστυλωμάτων διαμορφώνονται εργοστασιακά με συγκόλληση των απαιτούμενων νευρώσεων.

6.5.1 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας - Υποστυλώματα

Ενδεικτικά παρουσιάζεται η σύνδεση μεταξύ του συνδέσμου δυσκαμψίας D28 διατομής CHS108X3.6 και της κορυφής του υποστυλώματος C28 διατομής HEA220 του ισογείου:



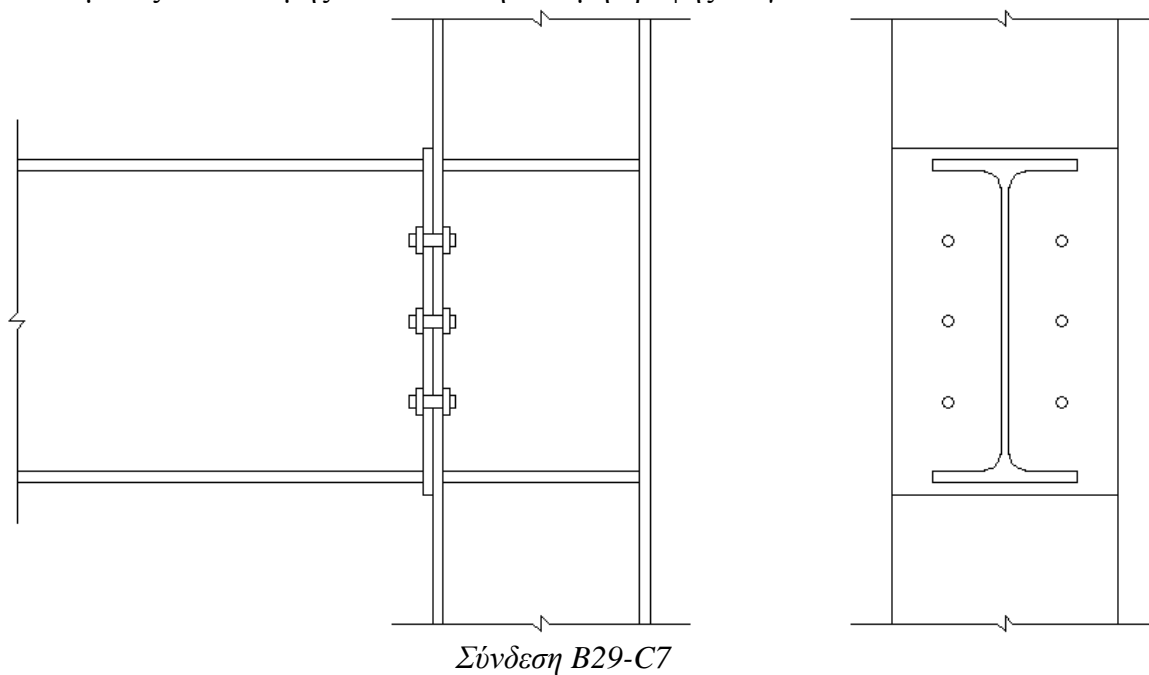
Σύνδεση D28-κορυφή C28

Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M22 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας B και 2 ελάσματα 130X270X8 (πάχος ελάσματος κόμβου 16mm).

$N_{pl,Rd}$ kN	$F_{V,Ed}$ kN			
324.78	324.78			
$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$4 \cdot F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd}$ kN	$F_{net,Rd}$ kN
212.10	154.25	617.02	588.62	360.80
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm
29	128	53	58	175
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm	
35	35	60	60	

6.5.2 Δοκοί - Υποστυλώματα

Ενδεικτικά παρουσιάζεται η σύνδεση μεταξύ της δοκού B29 διατομής IPE400 και του υποστυλώματος C7 διατομής HEA220 στη στάθμη οροφής ισογείου:



Χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες M16 με επιφάνεια τριβής κατηγορίας B και 1 έλασμα 220X430X12 συγκολλημένο στη δοκό.

V_{Ed} kN	$F_{V,Ed}$ kN			
156.86	156.86			
$F_{p,C}$ kN	$F_{s,Rd}$ kN	$6 \cdot F_{s,Rd}$ kN	$F_{b,Rd}$ kN	$F_{net,Rd}$ kN
109.90	39.96	239.78	908.16	607.20
$e_{1,2,min}$ mm	$e_{1,2,max}$ mm	$p_{1,min}$ mm	$p_{2,min}$ mm	$p_{1,2,max}$ mm
22	125	40	44	154
e_1 mm	e_2 mm	p_1 mm	p_2 mm	
115	60	100	100	

6.6 Κοστολόγηση

Κοστολογούνται τα φέροντα στοιχεία και τα κατακόρυφα, μη φέροντα, διαχωριστικά στοιχεία της κατασκευής, για οικονομική σύγκριση των εναλλακτικών λύσεων:

ΥΠΟΓΕΙΟ		
Χωματουργικά:	επιφάνεια εκσκαφής εμβαδού $390.30m^2$ X $4.20m$ βάθος εκσκαφής ($3.40m$ ύψος υπογείου + $0.80m$ βάθος θεμελίωσης) = $1639.30m^3$ X $8€/m^3$	13150 €
Οπλισμένο σκυρόδεμα		
Πεδιλοδοκοί:	εμβαδόν διατομής $0.72m^2$ X 191.80 τρέχοντα $m = 138.10m^3$	
Δάπεδα:	επιφάνεια δαπέδων $274.90m^2$ X $0.15m$ πάχος δαπέδων = $41.20m^3$	
Τοιχώματα και υποστυλώματα:	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων $6.50m^2$ X $3.40m$ ύψος = $22.10m^3$	
	επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων $1.50m^2$ X $3.00m$ ύψος = $4.50m^3$	
Τοιχεία πλήρωσης:	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης $14.30m^2$ X $3.40m$ ύψος = $48.60m^3$	
	επιφάνεια τοιχείων πλήρωσης $5.00m^2$ X $3.00m$ ύψος = $15.00m^3$	
Δοκοί:	250/500: εμβαδόν διατομής $0.125m^2$ X 57.80	

	τρέχοντα m = 7.20m ³	
	300/600: εμβαδόν διατομής 0.18m ² X 37.70 τρέχοντα m = 6.80m ³	
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών 284.80m ² X 0.16m πάχος πλακών = 45.60m ³	
Σύνολο οπλισμένου σκυροδέματος όγκου 329.10m ³ X 250 €/m ³ κόστος εργασιών και υλικών		82300 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 95.20 τρέχοντα m = 276.10m ² X 20€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	5550 €
Σεισμική μόνωση βάσης		
Ελαστομεταλλικά εφέδρανα	τεμάχια 35 X 2500€/τεμ. κόστος εργασιών και υλικών	87500 €
ΣΥΝΟΛΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ		188500 €
ΑΝΩΔΟΜΗ		
Σύμμικτες πλάκες		
Πλάκες:	επιφάνεια πλακών 324.80m ² X 15 €/m ² κόστος εργασιών και υλικών	4900 €
Δομικός χάλυβας		
Υποστλώματα:	130.60 τρέχοντα m X 50.5kg/m = 6595kg	
Δοκοί:	IPE270: 324.70 τρέχοντα m X 36.1kg/m = 11722kg	
	IPE400: 69.70 τρέχοντα m X 66.3kg/m = 4621kg	
Σύνδεσμοι δυσκαμψίας:	76.1X3.2: 126.60 τρέχοντα m X 5.8kg/m = 734kg	
	108X3.6: 38.00 τρέχοντα m X 9.3kg/m = 353kg	
Σύνδεσμοι ανισοσταθμίας:	14.80 τρέχοντα m X 5.8kg/m = 86kg	
Σύνολο δομικού χάλυβα βάρους 24111kg X 2 €/kg κόστος εργασιών και υλικών		48250 €
Κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία		
Θερμομονωτικά πάνελ πολυουρεθάνης:	ύψος πάνελ 2.90m X 94.20 τρέχοντα m = 273.20m ² X 25€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	7350 €
	ύψος πάνελ 2.30m X 8.80 τρέχοντα m = 20.20m ² X 25€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	

Απλή γυψοσανίδα:	ύψος τοιχοποιίας 2.90m X 40.90 τρέχοντα m = 118.60m ² X 20€/m ² κόστος εργασιών και υλικών	2400 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΩΔΟΜΗΣ		62900 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ		251400 €

7 Συμπεράσματα – Σύγκριση εναλλακτικών λύσεων

Λαμβάνοντας υπόψη τις κάτωθι αναφερόμενες τεχνικο-οικονομικές παραμέτρους, με σημαντικότερες την πολύ καλή αντισεισμική συμπεριφορά και την οικονομικότητα, ως πιο δόκιμη λύση θεωρείται ο φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας.

7.1 Φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα

Κυριότερα πλεονεκτήματα:

- Μονολιθικές συνδέσεις μελών.
- Μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε πυρκαγιά.
- Αποφυγή ρηγματώσεων στα σημεία επαφής φερόντων στοιχείων και κατακόρυφων διαχωριστικών στοιχείων, λόγω μικρότερων σχετικών μετακινήσεων.
- Ευκολότερη μόρφωση ανισοσταθμίας.

Κυριότερα μειονεκτήματα:

- Μεγάλο ίδιο βάρος.
- Απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο κατασκευής.
- Κίνδυνος κατασκευαστικών ελαττωμάτων (επιτόπου κατασκευή).
- Απαιτούνται μεγάλες διατομές στα φέροντα στοιχεία οι οποίες επηρεάζουν την αρχιτεκτονική και αισθητική των εσωτερικών χώρων.
- Δαπανηρές και δύσκολες στην εφαρμογή επισκευές.
- Οι αρχιτεκτονικές απαιτήσεις οδήγησαν στην ύπαρξη μικρών στροφικών παραμορφώσεων στην 1^η και 2^η ιδιομορφή.

7.2 Φέρων οργανισμός από δομικό χάλυβα

Κυριότερα πλεονεκτήματα:

- Μικρό ίδιο βάρος.
- Απαιτεί μικρό χρόνο κατασκευής.
- Διασφάλιση ποιότητας (εργοστασιακή κατασκευή πρότυπων διατομών).
- Καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά, χωρίς την ύπαρξη στροφικών παραμορφώσεων στην 1^η και 2^η ιδιομορφή.

Κυριότερα μειονεκτήματα:

- Δυσκολία στις συνδέσεις μελών.
- Μικρότερη ανθεκτικότητα σε πυρκαγιά.
- Τυχόν ρηγματώσεις στα σημεία επαφής φερόντων στοιχείων και κατακόρυφων διαχωριστικών στοιχείων, λόγω μικρότερων σχετικών μετακινήσεων.
- Δυσκολότερη και πιο δαπανηρή μόρφωση ανισοσταθμίας.

Στον φέροντα οργανισμό από δομικό χάλυβα με πλαίσια ροπής και στις δύο διευθύνσεις απαιτήθηκαν μεγάλες διατομές στα υποστυλώματα και στις δοκούς. Η αλλαγή του συντελεστή συμπεριφοράς δεν έδωσε σημαντική απομείωση του τελικού κόστους κατασκευής.

Στον φέροντα οργανισμό από δομικό χάλυβα με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας απαιτήθηκαν μικρότερες διατομές στα υποστυλώματα και στις δοκούς. Η αποκατάσταση

τυχόν ζημιών γίνεται εύκολα και οικονομικά, αφού πλάστιμα μέλη είναι οι χιαστί σύνδεσμοι.

Στον φέροντα οργανισμό από δομικό χάλυβα με σεισμική μόνωση βάσης από ελαστομεταλλικά εφέδρανα απαιτήθηκαν ακόμα μικρότερες διατομές στα υποστυλώματα. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα μιας σεισμικά μονωμένης κατασκευής είναι:

- Αποφυγή πλαστικών παραμορφώσεων στα φέροντα στοιχεία. Κατ' αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται ή και αποφεύγονται επισκευές του φέροντος οργανισμού.
- Προστασία των μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής (κατακόρυφα διαχωριστικά στοιχεία, υαλοπίνακες, κλπ.). Τα μη φέροντα στοιχεία ενός κτιρίου αντιπροσωπεύουν μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής. Η προστασία τους ισοδυναμεί με σημαντική μείωση τυχόν δαπάνης για την επισκευή της κατασκευής.
- Μετασεισμική ασφάλεια της κατασκευής. Η αντοχή και η σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής δεν επηρεάζονται ακόμα και μετά από έναν ισχυρό σεισμό. Η κατασκευή είναι ικανή να αντισταθεί με ασφάλεια σε επάλληλες μετασεισμικές δονήσεις.
- Προστασία της θεμελίωσης. Ελαττώνεται σημαντικά η δυναμική καταπόνηση του εδάφους θεμελίωσης (ελαχιστοποίηση ή και αποφυγή καθιζήσεων).
- Υψηλό επίπεδο ποιότητας ζωής των χρηστών του έργου με την δημιουργία αισθήματος ασφάλειας.

8 Πηγές

1. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2008). «Σιδηρές κατασκευές, παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Τόμος Ι». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
2. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2008). «Σιδηρές κατασκευές, παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Τόμος ΙΙ». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
3. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2009). «Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα, με βάση τα τελικά κείμενα των Ευρωκωδίκων». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
4. Βάγιας Ι. (2010). «Σύμμικτες κατασκευές, από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
5. Ευρωκώδικας 1 - Μέρος 1-1 (EN1991-1-1). «Δράσεις ,γενικές δράσεις - πυκνότητες, ίδιο βάρος, επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια». Απρίλιος 2002.
6. Ευρωκώδικας 1 - Μέρος 1-3 (EN1991-1-3). «Δράσεις, δράσεις χιονιού». Ιούλιος 2003.
7. Ευρωκώδικας 1 - Μέρος 1-4 (EN1991-1-4). «Δράσεις, δράσεις ανέμου». Δεκέμβριος 2003.
8. Ευρωκώδικας 2 - Μέρος 1-1 (EN1992-1-1). «Σχεδιασμός φορέων από σκυρόδεμα, γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια». Οκτώβριος 2004.
9. Ευρωκώδικας 3 - Μέρος 1-1 (EN1993-1-1). «Σχεδιασμός φορέων από χάλυβα, γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια». Ιούνιος 2004.
10. Ευρωκώδικας 3 - Μέρος 1-8 (EN1993-1-8). «Σχεδιασμός φορέων από χάλυβα, σχεδιασμός κόμβων». Μάιος 2003.
11. Ευρωκώδικας 8 - Μέρος 1 (EN1998-1). «Αντισεισμικός σχεδιασμός, γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια». Ιούνιος 2004
12. Anil K. Chopra. (2010). «Δυναμική των κατασκευών, θεωρία και εφαρμογές στη σεισμική μηχανική». Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, Αθήνα
13. Trevor E. Kelly. (2001). «Base isolation of structures, design guidelines». Holmes Consulting Group Ltd, Wellington, New Zealand.
14. <http://www.elastron.gr> (Χαλυβδόφυλλα συμμεικτων πλακών).
15. <http://www.elemka.gr> (Ελαστομεταλλικά εφέντρανα).
16. <http://www.corus-kalpinis-simos.gr> (Πάνελ πολυουρεθάνης).
17. Εκπαιδευτικό σεμινάριο «Εκτίμηση κόστους και σύνταξη προσφορών, για οικοδομικές εργασίες σε κτίρια».
18. Εκπαιδευτικό σεμινάριο «Μελέτη μεταλλικών κατασκευών με ETABS».