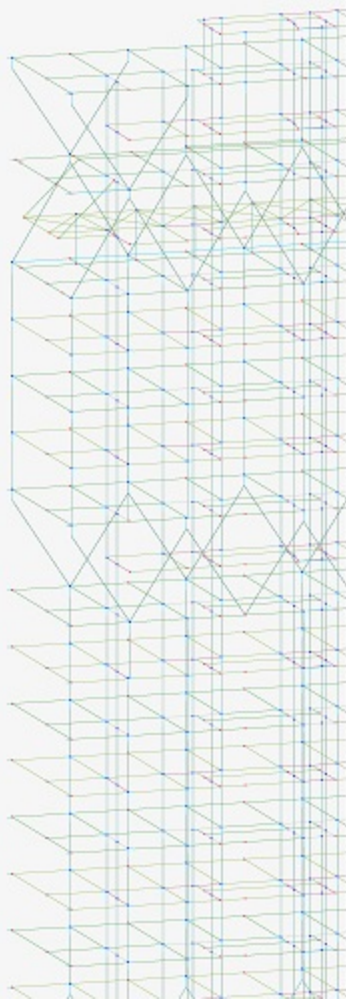


Σχεδιασμός κτηρίου Labs Tower, Λευκωσία

Μελετητές: D&K E.P.S L.L.C (E.P.S.)
Structural & Civil Engineering Consultants,
Νίκος Καλαθάς Πολ. Μηχ ΕΜΠ, MSc

Παρουσίαση στο 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ ΕΙΚΟΣΙ ΤΡΙΩΝ ΥΠΕΡΓΕΙΩΝ ΟΡΟΦΩΝ ΜΕ ΚΑΤΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ ΚΑΘ΄ ΥΨΟΣ



Νίκος Καλαθάς
1^η Νοεμβρίου 2025

Αρχιτεκτονικά Δεδομένα Κτηρίου

Από τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις του έργου προέκυψαν τα πιο κάτω δεδομένα/χαρακτηριστικά για το κτήριο:

- Ύψος 23ών ορόφων, 100m πάνω από την επιφάνεια εδάφους.
- Τρία υπόγεια που με την θεμελίωση φτάνουν στο -12m.
- Λόγος πλευρών κάτοψης ορόφων, περίπου 1 : 2,5.
- Λόγος υπέργειου ύψους προς πλάτος κτηρίου 1 : 7,2.
- Χρήση κτηρίου οικιστική και γραφειακή.
- Διάρκεια ζωής έργου 50 χρόνια.
- Κατασκευή κτηρίου 2017÷2019.

Αρχιτεκτονική Μελέτη:

Ηρακλής Παπαχρίστου Αρχιτέκτονες

Κύριοι Παράμετροι Φορτίων Σχεδιασμού

Κατακόρυφα φορτία:

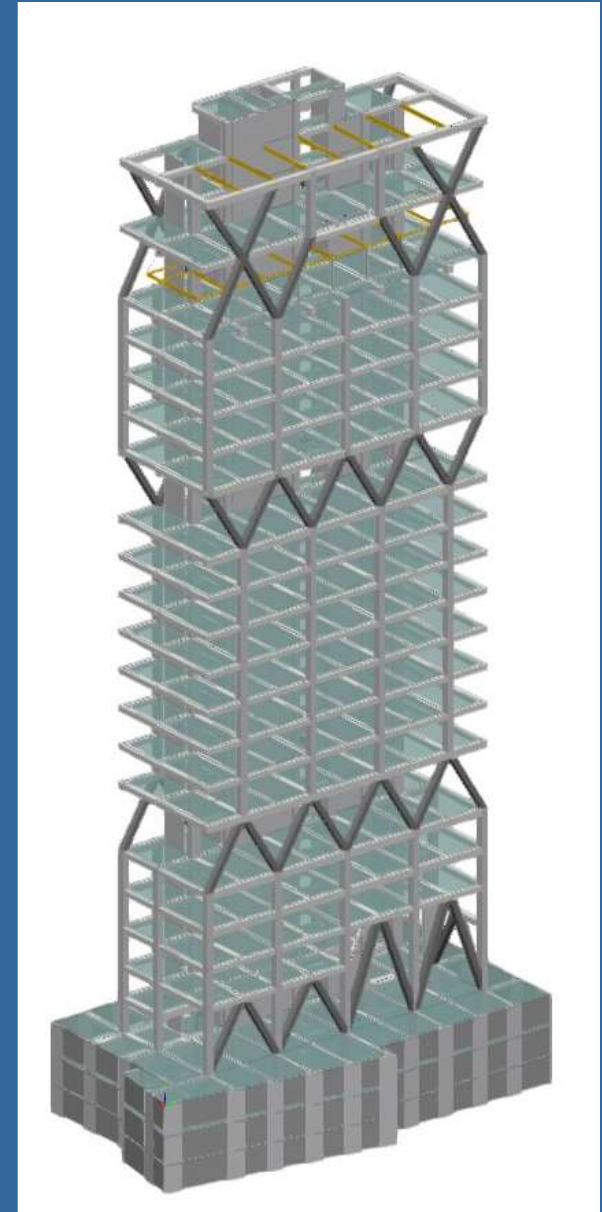
- Μόνιμα φορτία 1.5KN/m^2
- Κινητά φορτία σε διαμερίσματα 2.5KN/m^2
- Κινητά φορτία σε γραφεία 3.0KN/m^2

Σεισμικοί παράμετροι:

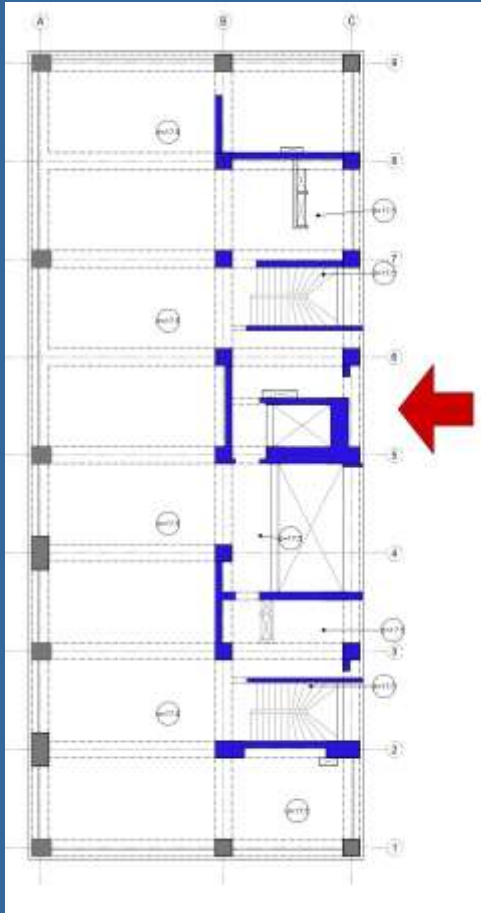
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $0.20g$
- Σπουδαιότητα κτιρίου III 1.2
- Εδαφικός Τύπος C $S=1.15$

Φορτία Ανέμου:

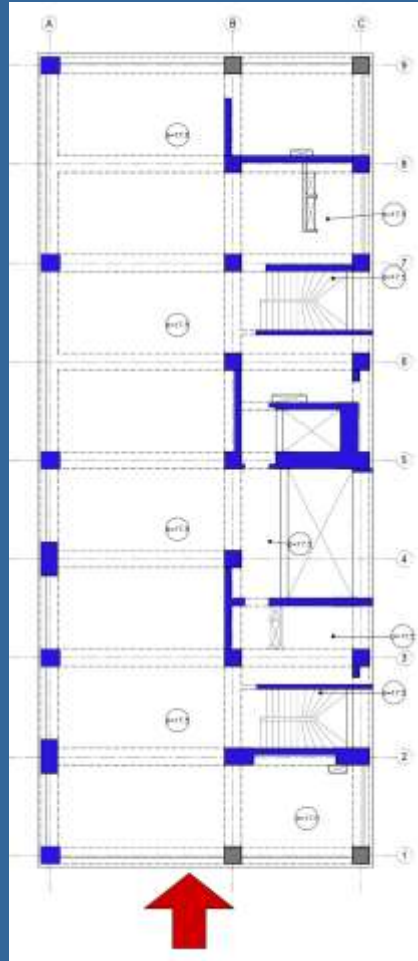
- Βασική ταχύτητα ανέμου 24m/s
- Κατηγορία ανάγλυφου II



Βασικός Φέρων Οργανισμός για οριζόντιες φορτίσεις



Οριζ. Διεύθυνση:
Ο πυρήνας



Κάθετη Διεύθυνση:
Ο πυρήνας και το
πλαίσιο αξ. Α

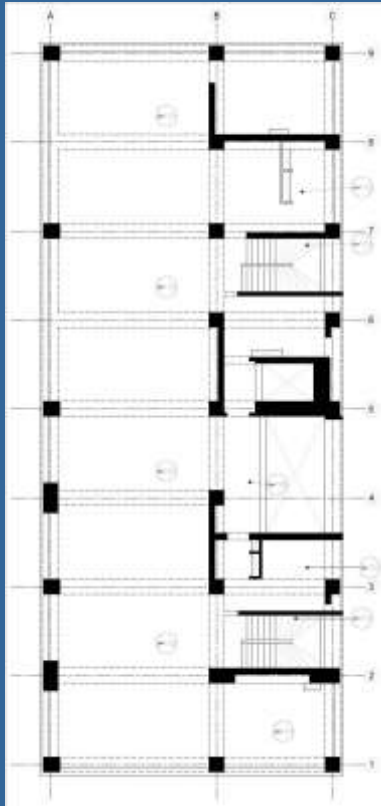
Διαστάσεις κυριότερων
φερόντων στοιχείων:

- Υπέργεια Υποστυλώματα 75x75cm (χωρίς μείωση καθ' ύψος – μεταβάλλεται η αντοχή σκυροδέματος)
- Υπόγειων Υποστυλωμάτων 75x130cm ή 75x150cm
- Δοκών 75x60cm
- Ελάχιστη διάσταση τοιχωμάτων 30cm, μερικά έφταναν τα 75cm.

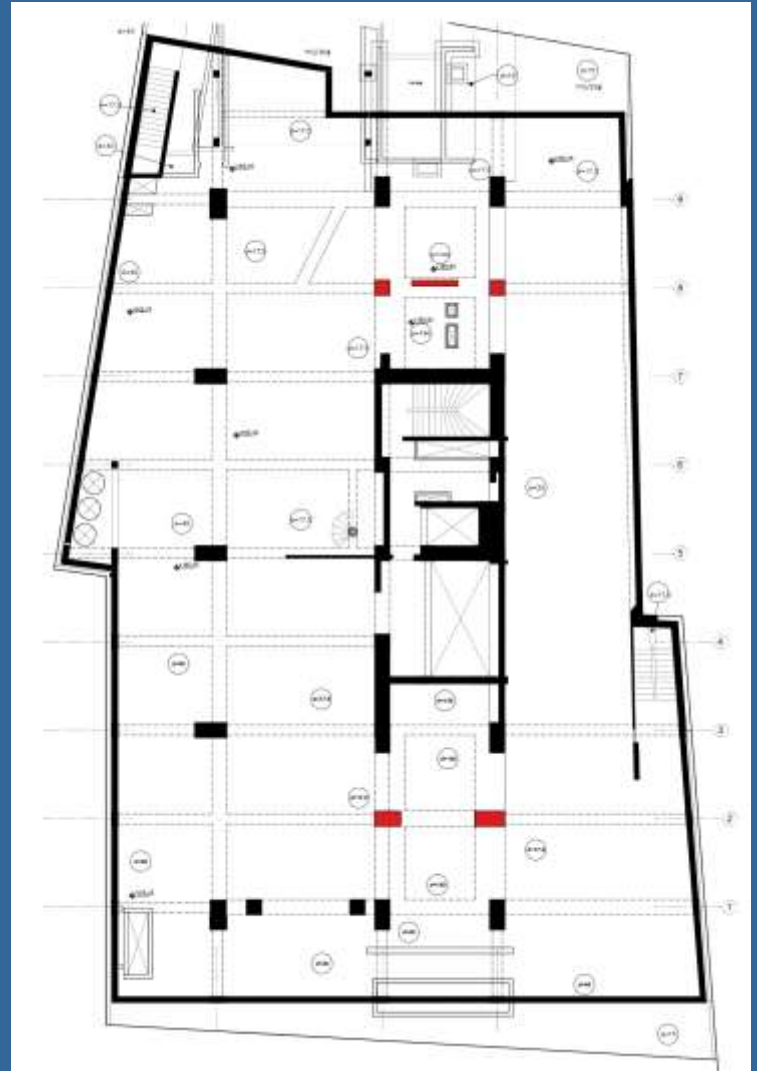
Αρχιτεκτονικό δώρο

Λόγω της ράμπας για πρόσβαση στους υπόγειους χώρους στάθμευσης, τα υποστυλώματα στους άξονες 2 και 8 δεν μπορούν να συνεχίσουν στο υπόγειο - δημιουργούνται φυτευτά υποστυλώματα 23^{ων} ορόφων!

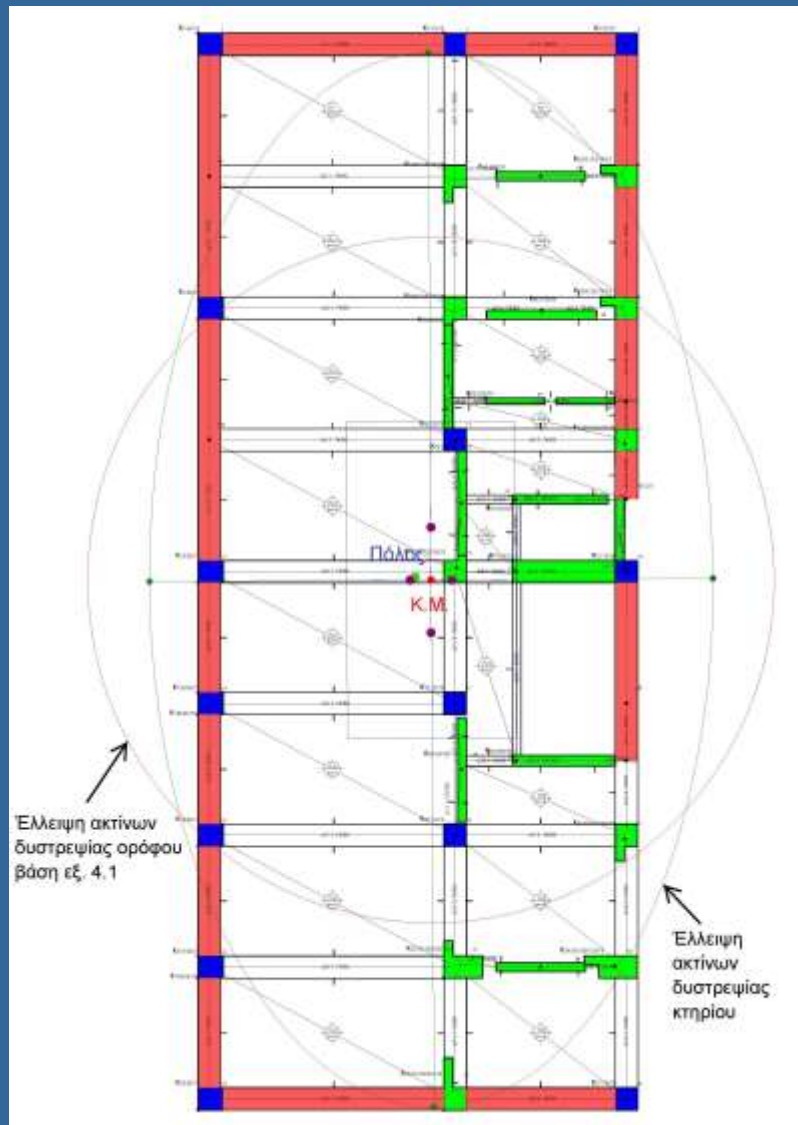
Τυπικός Όροφος



Οροφή Υπογείου



Έλεγχος Δυστροπίας



Ο πόλος περιστροφής σχεδόν συμπίπτει με το κέντρο μάζας.

Οι κύριοι άξονες του πόλου περιστροφής είναι σχεδόν ίδιοι με τους άξονες του κτηρίου (περιστροφή $< 1^\circ$).

Λόγοι ακτίνας δυστροπίας προς ακτίνα αδρανείας r/I_s :

- Οριζόντια $\approx 0,85 < 1,0$
- κάθετα $\approx 1,50 > 1,0$

 εύστρεπτο κτήριο

Για τις τέσσερις μεταθέσεις μάζας έγιναν τέσσερις ξεχωριστές Δυναμικές αναλύσεις.

Ιδιοπερίοδοι - Ιδιομορφές - Ιδιομορφικές μάζες

A/A	Ιδιοπερίοδος (sec)	Μάζα X %	Μάζα Z %	Μορφολογία
1	3.00	70	0	Μεταφορική
2	1.95	1	2÷5	Στροφική
3	1.70	0	71	Μεταφορική
4	0.73	18	0	Μεταφορική
5	0.56	0 ÷ 0.5	0 ÷ 0.5	Στροφική
6	0.48	0	15	Μεταφορική
7	0.34	3 ÷ 5	0	Μεταφορική
8	0.33	0 ÷ 3	0	Στροφική
9	0.28	0	3 ÷ 4	Μεταφορική
Σύνολο Μάζας		94%	93%	

Προσπαθήσαμε να απαλλαγούμε από τη στροφική 2^η ιδιομορφή αλλά το μόνο που πετύχαμε ήταν η μείωση της μάζας της.



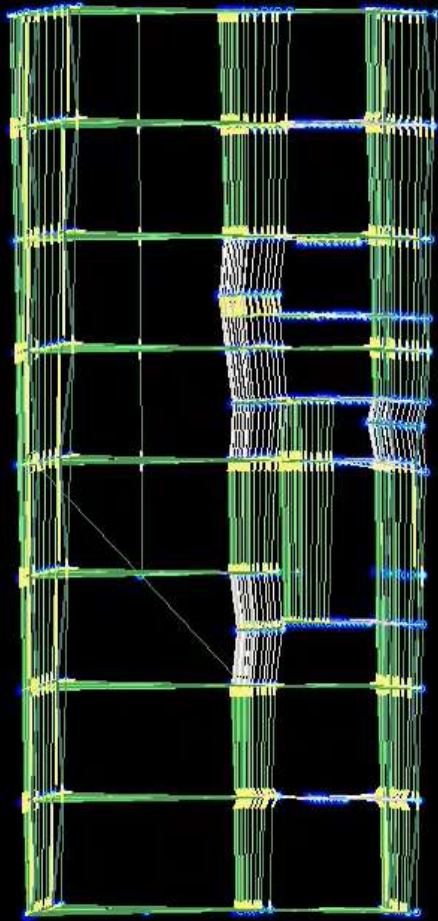
Στον πίνακα παρουσιάζονται οι 'μέσες' τιμές των ιδιοπεριόδων και των ιδιομορφικών μαζών τους για τις τέσσερις δυναμικές αναλύσεις.

Οι δυο κύριες ιδιοπερίοδοι είναι περίπου 3.0sec και 1.7sec.

Στην 9^η ιδιομορφή ξεπερνάτε το 90% της μάζας και στις δυο διευθύνσεις. Μέχρι την 12^η ιδιομορφή οι μάζες είναι 96% και 94% αντίστοιχα.

Διαφορά στη συμπεριφορά του φορέα λόγω της μετάθεσης μαζών

Σύγκριση της 4^{ης} ιδιομορφής (η 2^η κατά την οριζόντια διεύθυνση) με μετάθεση της μάζας του φορέα προς τα πάνω και κάτω.

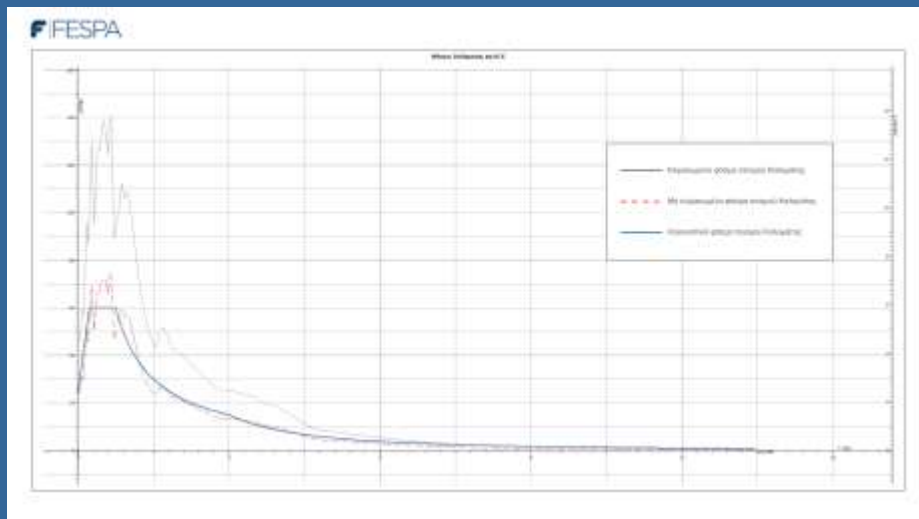


Ανάλυση κτηρίου

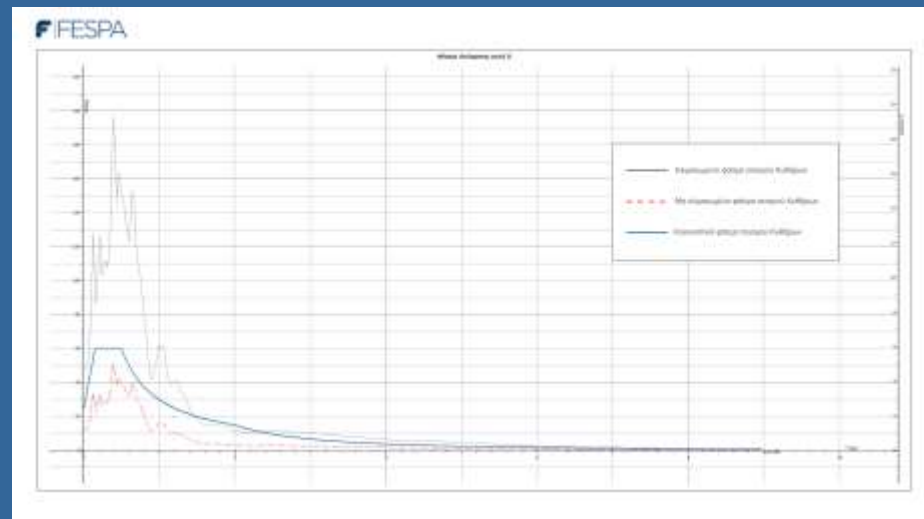
Για την ανάλυση του κτηρίου, πέραν της ανάλυσης με βάση του φάσμα της Λευκωσίας, έγινε και ανάλυση με ελαστική χρονοϊστορία με επιταχυνσιογραφήματα, τρία από φυσικούς σεισμούς στην Ελλάδα και τέσσερα τεχνητά. Βάλαμε και δυο από την Αμερική.

Τα φυσικά επιταχυνσιογραφήματα ήταν αυτά της Καλαμάτας, Κυθήρων και Αργοστόλι.

Το 2016, δεν ήταν διαθέσιμο το φάσμα από τον σεισμό 6.5R στην Πάφο.

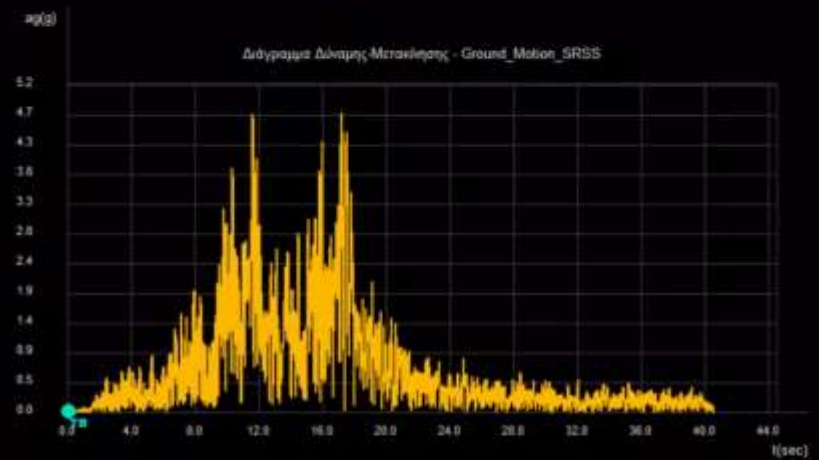
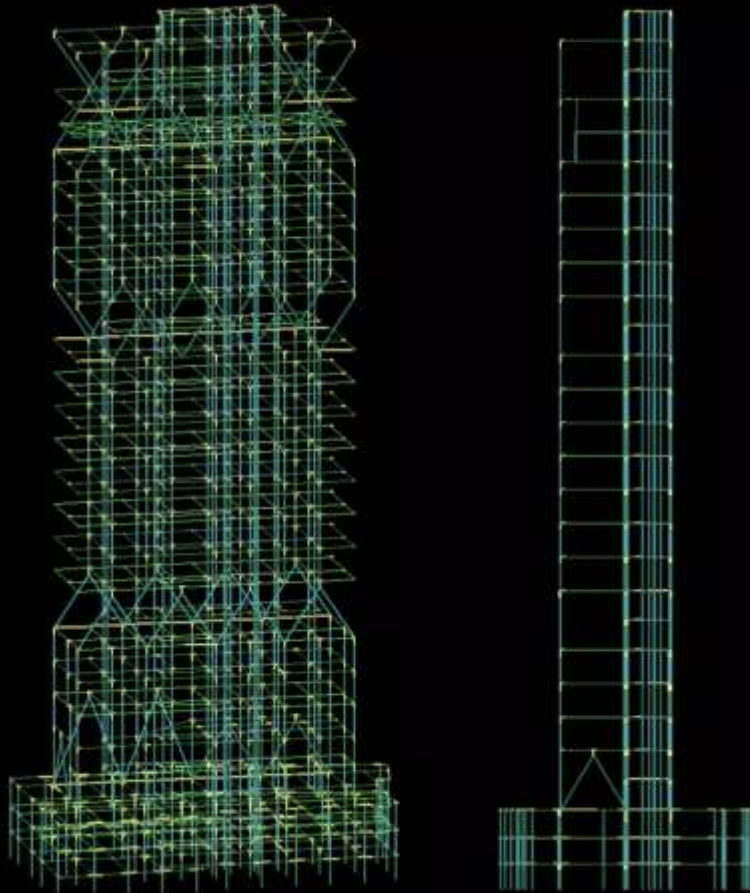


Κλιμακωμένο Φάσμα Καλαμάτας



Κλιμακωμένο Φάσμα Κυθήρων

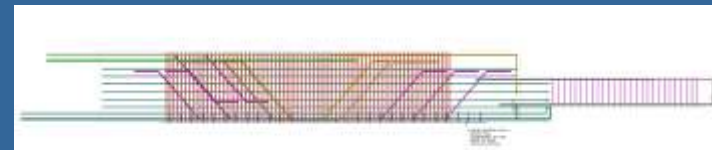
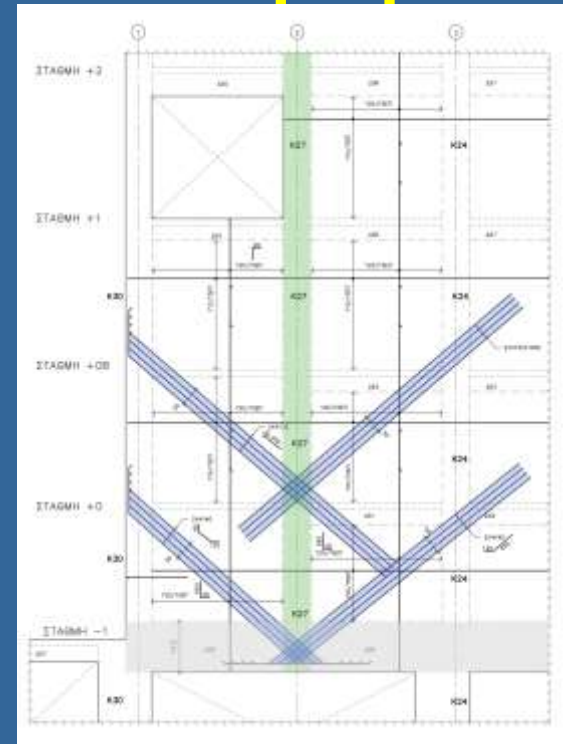
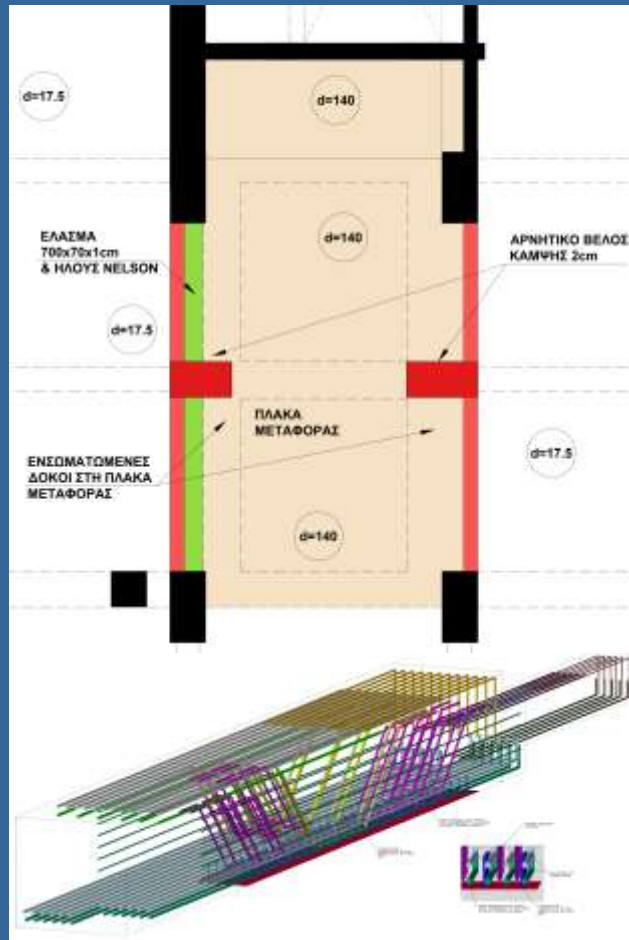
Ταλάντωση του κτηρίου στο σεισμό των Κυθήρων (διάρκειας 40s)



Κλίμακας κλίμακας - K14(22)
Οριζόντιας, 0.00
Εύρος 11.5cm/0.00m
α_gmax=4.74

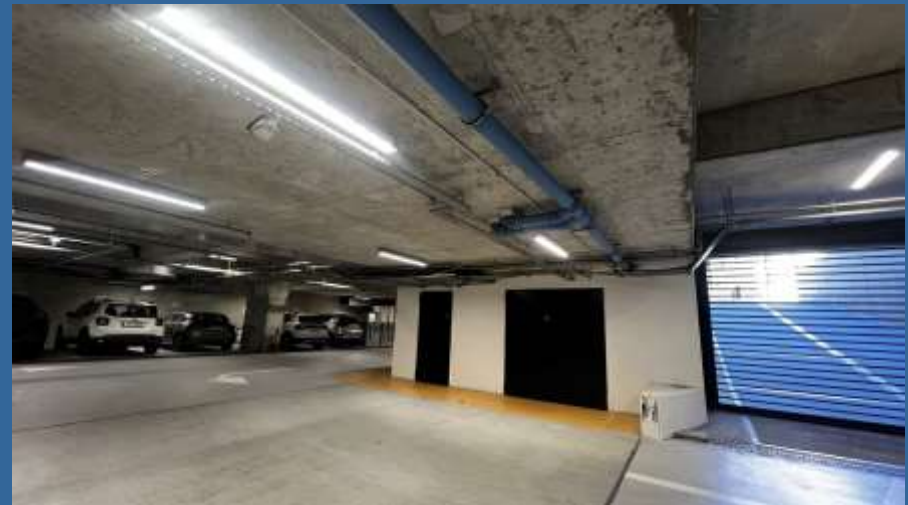
Σημαντικότερα στατικά θέματα

Φυτευτά υποστυλώματα 23^{ων} ορόφων

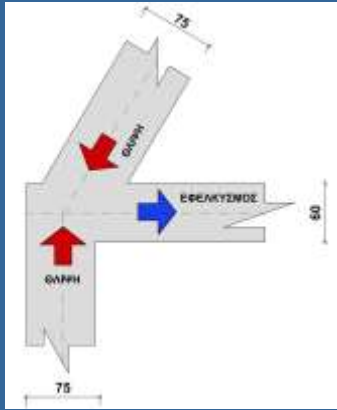


- Δημιουργία πλάκας μεταφοράς (transfer slab) στην οροφή υπογείου πάχους 140cm με ενσωματωμένα δοκάρια διαστάσεων 150x140cm.
- Προσθήκη κατακόρυφου υψίκορμου δίσκου 30cm και ύψους 2 (3) ορόφων.
- Διαστασιολόγηση πλάκας μεταφοράς – ενσωματωμένων δοκών – δίσκου και ελκυστήρων με εντατικά μεγέθη (κυρίως αξονικών δυνάμεων) με $q=1.0$

Φωτογραφίες της πλάκας μεταφοράς



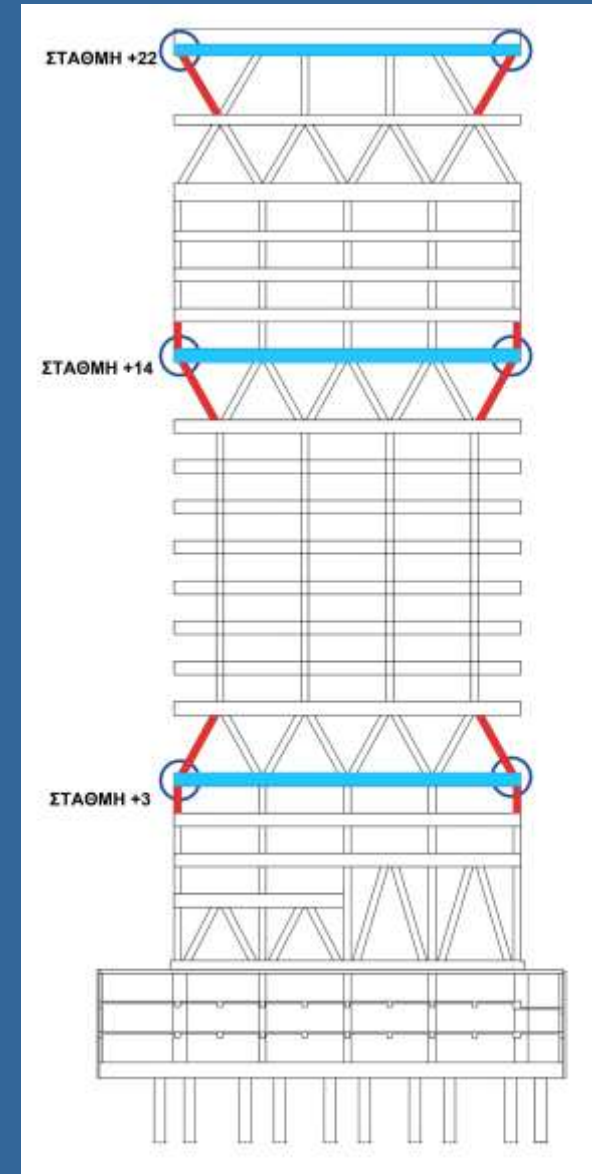
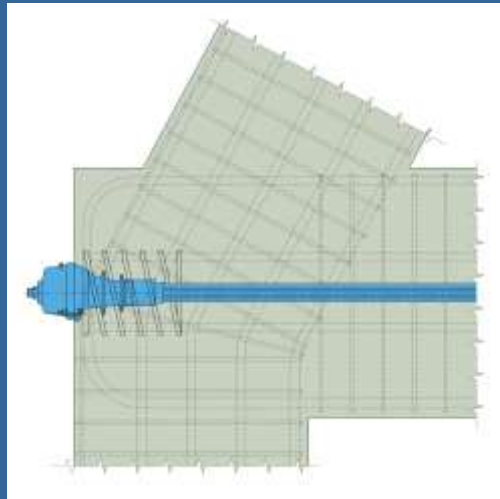
Παραλαβή των αξονικών δυνάμεων στους γωνιακούς κόμβους



Λόγω της κρισιμότητας της ισορροπίας των ακραίων κόμβων στα υποστυλώματα Λ και Ν, έπρεπε να εξασφαλιστεί η παραλαβή της εφελκυστικής δύναμης στα δοκάρια της στάθμης 3 (πρώτιστα), 14 και 22.

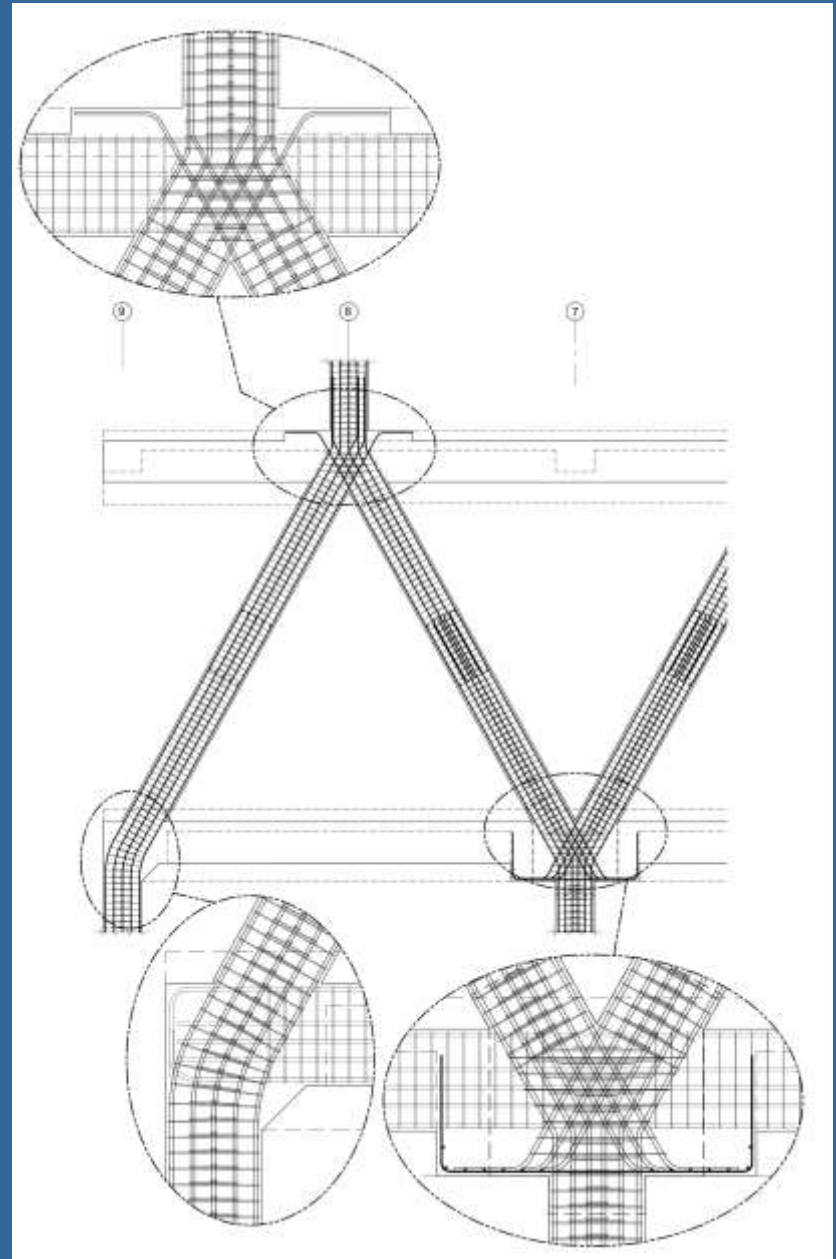
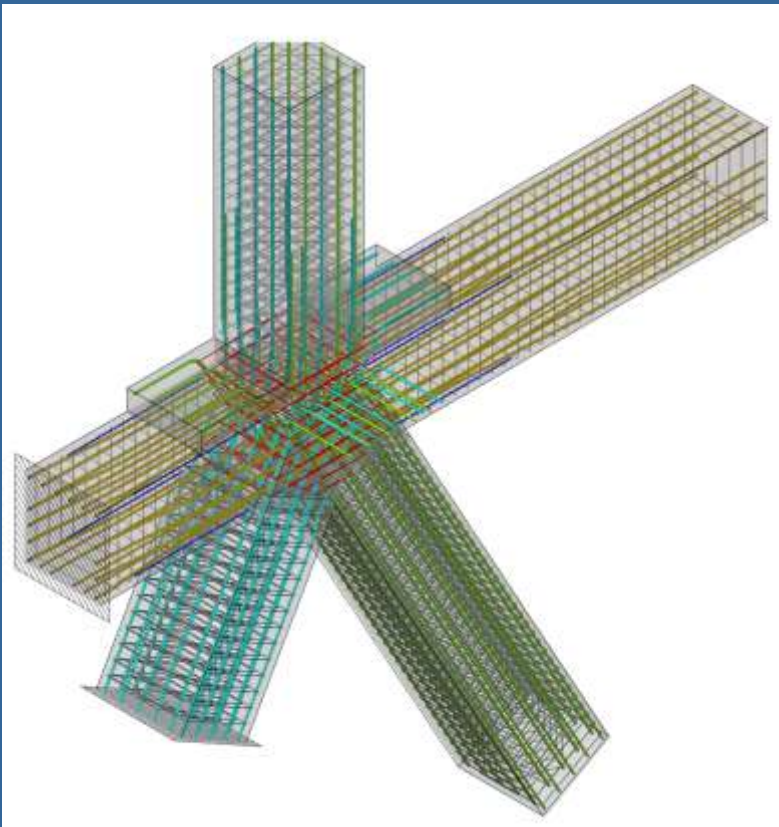
Πέραν των οπλισμών για παραλαβή ροπών της δοκού, χρειάζονταν οπλισμός και για την εφελκυστική δύναμη.

Για άμβλυνση του προβλήματος τοποθετήθηκε προένταση.



Κατασκευή κόμβων Υ

Υπήρχε σοβαρός προβληματισμός για την κατασκευή των κόμβων στην κορυφή και βάση των υποστυλωμάτων Υ και V. Για τη σωστή αγκύρωση χρειάστηκε να δημιουργηθεί τοπική προέκταση 25cm στο πάνω ή κάτω μέρος του κόμβου



Διαφοροποίηση ακαμψίας σε διάφορες στάθμες

Μαλακοί όροφοι με διπλές στάθμες υπήρχαν στο ισόγειο και σε δύο ενδιάμεσες στάθμες (στάθμη 3 και 14).

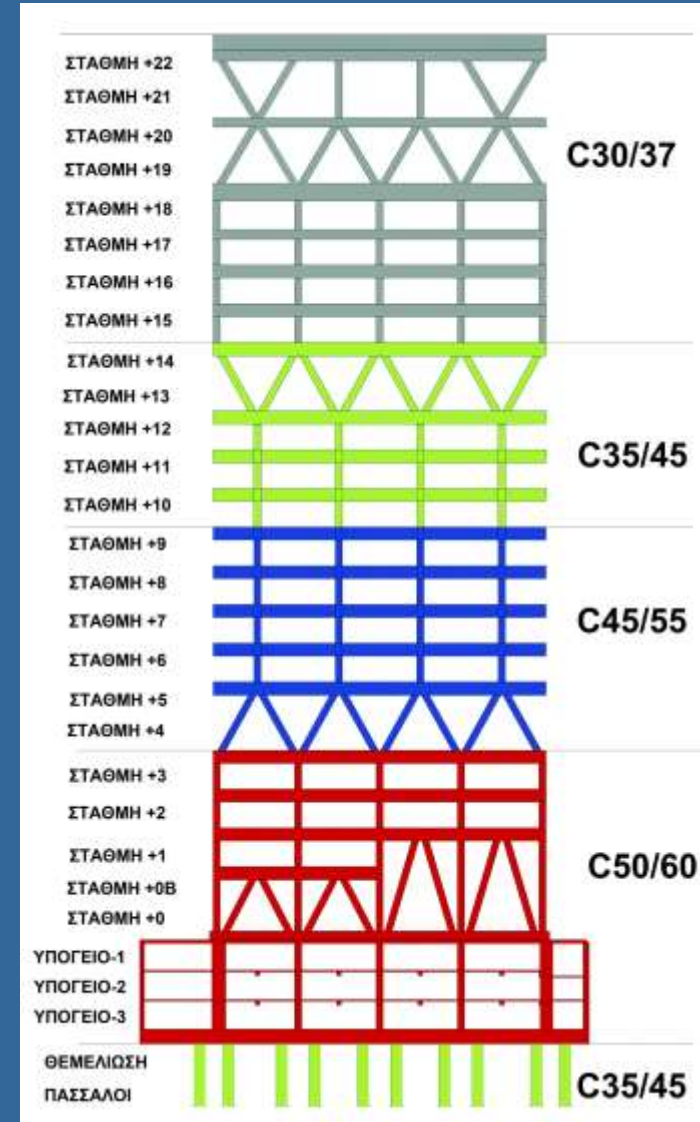
Σε συνεργασία με τον Αρχιτέκτονα προστέθηκαν υποστυλώματα Λ και στο ισόγειο που αύξησαν και ομοιομόρφησαν την ακαμψία στο ισόγειο.

Στους ψηλότερους ορόφους, τα υποστυλώματα Λ και V λειτουργούν σαν κατακόρυφοι σύνδεσμοι και αντισταθμίζουν την ακαμψία.



Φαινόμενα δευτέρας τάξεως – Αντοχές Σκυροδέματος

	θ	δx (cm)	δz (cm)	
ΣΤΑΘΜΗ +22	0.037	46.0	21.5	
	0.033	42.7	20.5	
ΣΤΑΘΜΗ +20	0.044	40.8	20.2	
	0.044	40.1	19.2	
	0.057	38.2	19.2	
	0.067	35.9	18.2	
	0.076	33.6	17.1	
ΣΤΑΘΜΗ +14	0.085	31.3	16.0	
	0.095	29.0	14.9	
	0.080	26.0	14.2	
	0.103	24.1	13.9	
ΣΤΑΘΜΗ +12	0.107	21.9	12.6	
	0.109	19.7	11.4	
	0.109	17.5	10.1	
	0.107	15.4	8.1	
	0.104	13.3	7.5	
	0.098	11.3	6.3	
	0.091	9.5	5.1	
	0.063	7.9	4.7	
	0.076	6.7	4.4	
	0.071	5.3	3.4	
ΣΤΑΘΜΗ +5	0.064	3.8	2.3	
	0.046	2.3	1.3	
	0.035	1.2	0.7	

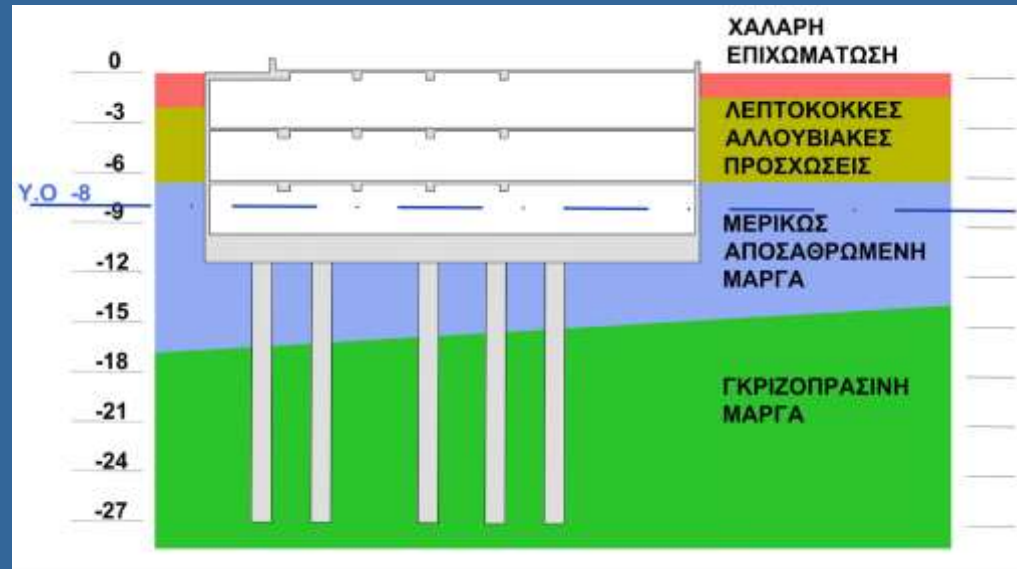


Γεωτεχνικά δεδομένα – Αντιστήριξη Πρανών

Κύρια γεωτεχνικά δεδομένα:

- $\phi' = 29^\circ$, $c > 50\text{kPa}$
- $LL = 65\%$, $PI = 40\%$
- Περιεκτικότητα Μοντοριλλονίτη $\approx 14\%$
- Κατάταξη Casagrande : Έδαφος CH
- Δοκιμή Ανεμπόδιστης θλίψης:
 $550 \div 1000\text{kPa}$
- Τριαξονική αντοχή $350 \div 605\text{kPa}$
- $\sigma_{\text{επ}} = 400\text{kPa}$ στα -12m (βάση κοιτόστρωσης)
- Δείκτης εδάφους 70000kN/m^3
- Πολύ μικρή υδροπερατότητα:
 $0,06\text{cm/ημέρα}$

Αντιστήριξη πρανών 12m με τοίχο τύπου Berlin με διπλά UPN270 @ 2m και δυο ενδιάμεσες αγκυρώσεις 8m και 11m . Δεν υπήρξαν ιδιαίτερα προβλήματα.

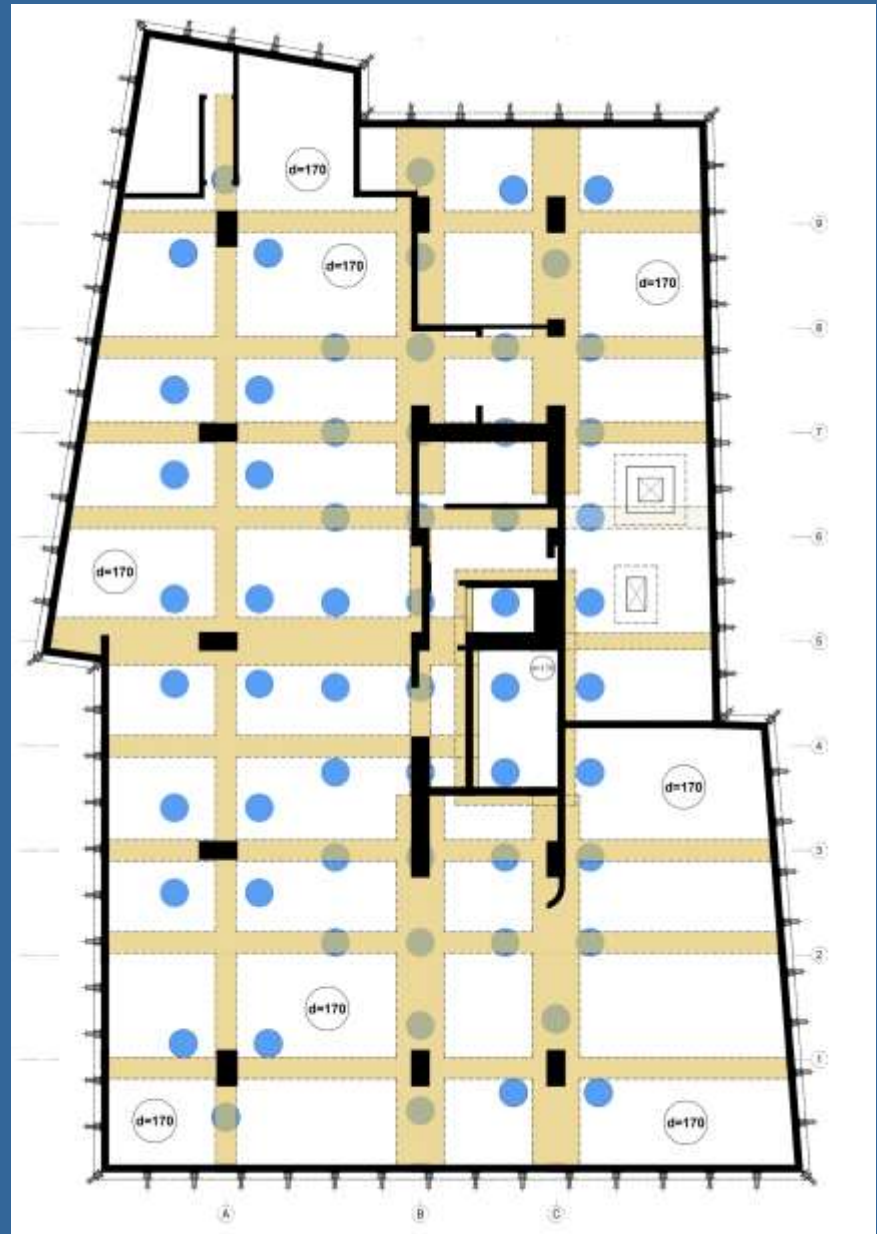


Θεμελίωση

Θεμελίωση με γενική
κοιτόστρωση 170cm και
θεμελιοδοκούς πλάτους
90÷200cm.

Μοντελοποίηση κοιτόστρωσης ως
εσχάρας δοκών επί ελαστικού
εδάφους.

60 έγχυτοι πάσσαλοι αιχμής
διαμέτρου 120cm, μήκους 15m
Απαιτούμενη αντοχή πασσάλου
2500kN. Στη δοκιμαστική φόρτιση
πήγε 5000kN χωρίς αστοχία.

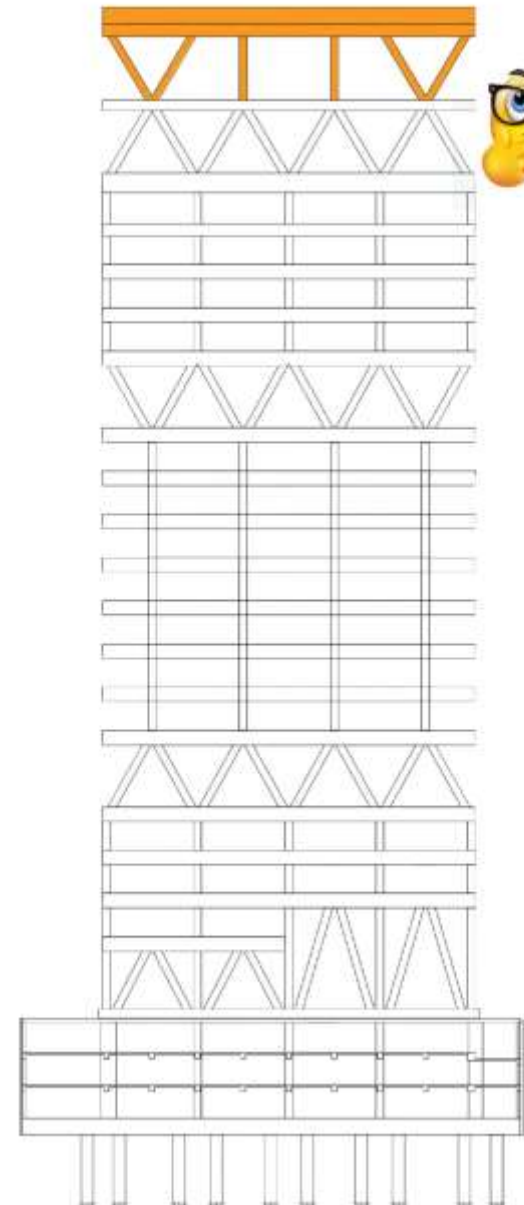
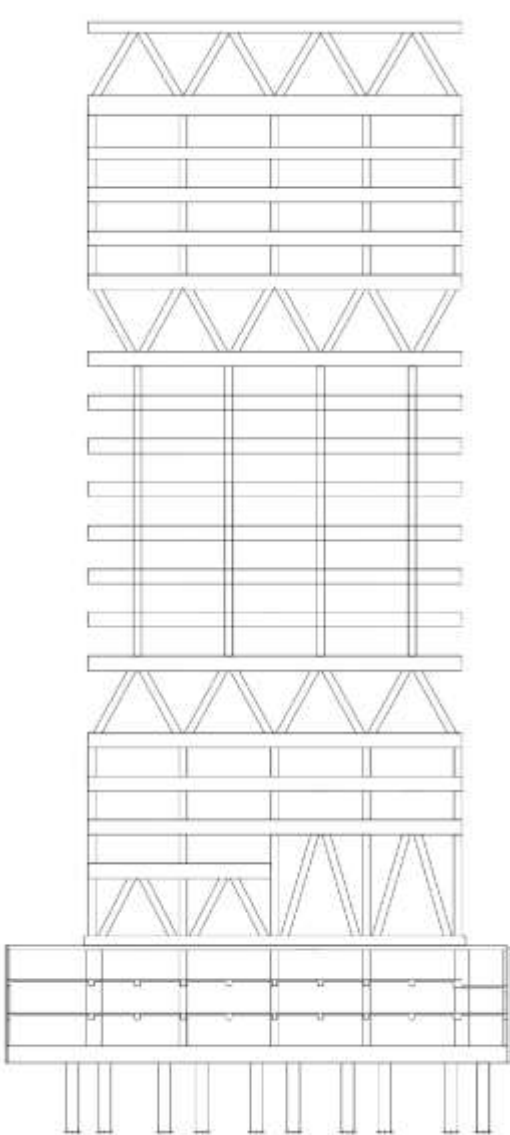


Δεύτερο Αρχιτεκτονικό δώρο!

Όταν η κατασκευή έφτασε στην 14η στάθμη, μας ζητήθηκε να προστεθούν 2 ακόμα όροφοι.

Γενικά οι σπλισμοί ήταν επαρκείς. Το βασικότερο πρόβλημα ήταν η ανηγμένη αξονική δύναμη N_d και η περίσφιξη στα υποστυλώματα των ενδιάμεσων ορόφων. Επίσης, ο άνεμος έγινε πιο κρίσιμος στις εντάσεις από τον σεισμό.

Έτσι, πριν τελειώσει ο φορέας, χρειάστηκαν ενισχυτικοί μανδύες.



Συμπεριφορά κτηρίου μέχρι τώρα

- Στους σφοδρούς ανέμους το 2024 στη Λευκωσία, δεν αναφέρθηκαν παράπονα με ταλαντώσεις. Υπήρχαν κάποια θέματα με τα αλουμίνια και υαλοστάσια στους ψηλούς ορόφους.
- Στους σεισμούς που προκλήθηκαν από το Κυπριακό τόξο στα νότια του νησιού, δεν αναφέρθηκε οτιδήποτε. Αλλά, δεν είχε μεγάλο σεισμό και η διάρκεια ήταν από μικρή έως μέτρια.
- Στο σεισμό της Τουρκίας, βόρεια της Αντιόχειας 800km μακριά, το κτήριο ταλαντώθηκε όπως και άλλα ψηλά κτήρια στη Λευκωσία.

