

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ

ΠΑΠΑΛΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Π.Π., elevpara@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει στόχο τη διερεύνηση της επιρροής του Ικανοτικού Σχεδιασμού σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος χωρίς τοιχοπληρώσεις, με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο και σε τύπου Pilotis. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιρροή της μη τήρησης της συνθήκης του Ικανοτικού Σχεδιασμού για τον ενιαίο δείκτη συμπεριφοράς q της κατασκευής και τους δείκτες ανεπάρκειας λ των δομικών στοιχείων. Επιπλέον, εφαρμόζεται στις κατασκευές η Ιαπωνική Μέθοδος Αποτίμησης, η Τροποποιημένη κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ και η Τροποποιημένη Νεοζηλανδική Πρόταση με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Τέλος, παρατίθενται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων και διεξάγονται τα συμπεράσματα της παρούσας διερεύνησης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια της εργασίας με τίτλο «Διερεύνηση της επιρροής των Ματίσεων σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με ή χωρίς τη συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων». Συγκεκριμένα, γίνεται σύγκριση των τριών αναλύσεων (κατασκευή χωρίς συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων, κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο και κατασκευή τύπου Pilotis) με επαρκείς ματίσεις στην οποία πληρείται η Συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού με τις αντίστοιχες αναλύσεις στις οποίες πλέον δεν πληρείται η Συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού.

Η εξασφάλιση της βασικής απαίτησης να αποφεύγεται ο σχηματισμός μηχανισμού ορόφου απαιτεί το σύνολο της αντοχής των υποστυλωμάτων στους κόμβους να είναι μεγαλύτερο από το σύνολο της αντοχής των δοκών. Εφαρμόζεται στα πλαίσια συστήματα, καθώς και σε συστήματα ισοδύναμης πλαισιακής λειτουργίας.

Συγκεκριμένα, απαιτείται κατά το σχεδιασμό έναντι κάμψεως των υποστυλωμάτων και ανεξαρτήτως των ροπών σχεδιασμού που προκύπτουν από τους συνδυασμούς δράσεων, να ληφθεί υπόψη ότι πρέπει να ισχύει η ακόλουθη συνθήκη σε όλους τους κόμβους:

$$\Sigma M_{Rc} \geq 1.3 \Sigma M_{Rb}, \text{όπου:}$$

ΣM_{Rc} είναι το άθροισμα των σχεδιαστικών ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων που συντρέχουν στον κόμβο κατά την εξεταζόμενη φορά της σεισμικής δράσης. Χρησιμοποιείται η μικρότερη τιμή των ροπών αντοχής λαμβάνοντας υπόψη τη δυσμενέστερη από τις αξονικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στα εξεταζόμενα υποστυλώματα.

ΣM_{Rb} είναι το άθροισμα των σχεδιαστικών ροπών αντοχής των δοκών που συντρέχουν στον κόμβο κατά την εξεταζόμενη φορά της σεισμικής δράσης.

Η εφαρμογή της σχέσης πρέπει να ικανοποιείται κατά τους δύο άξονες ανάλυσης x και y και κατά τις δύο διευθύνσεις (θετική και αρνητική) σε κάθε άξονα. Η εν λόγω συνθήκη δεν εφαρμόζεται στο δώμα πολυώροφων συστημάτων [1],[5].

Οι διαστάσεις και οι οπλισμοί των υποστυλωμάτων δεν αλλάζουν στις δύο στάθμες.

Έπειτα από υπολογισμούς στις τρεις πρώτες αναλύσεις αποδείχθηκε ότι η Συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού ικανοποιείται κατά τους δύο άξονες ανάλυσης x και y και κατά τις δύο σεισμικές δράσεις (θετική και αρνητική) στους κόμβους του ισογείου της κατασκευής (η εν λόγω συνθήκη δεν εφαρμόζεται στο δώμα πολυώροφων κατασκευών). Με σκοπό τη σύγκριση των τριών αρχικών αναλύσεων με τρεις νέες που δεν πληρείται ο Ικανοτικός Σχεδιασμός έγινε μείωση της διαμέτρου των διαμήκων οπλισμών των υποστυλωμάτων όπως

παρουσιάζεται στον Πίνακα 1, ενώ οι οπλισμοί των δοκαριών παρέμειναν ίδιοι (δημιουργία ισχυρών δοκαριών – ασθενών υποστυλωμάτων).

Πίνακας 1: Νέοι οπλισμοί υποστυλωμάτων των τριών κατασκευών που δεν πληρείται η Συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού

Διαστάσεις (cm)	Υποστυλώματα	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες (cm)
35x35	K1, K2, K3, K4, K6, K7, K9, K11	Γωνιακά: 4Ø12 Ενδιάμεσα: 4Ø12	Ø10 /15
40x40	K8, K10	Γωνιακά: 4Ø12 Ενδιάμεσα: 8Ø12	Ø10 /15
50x50	K5	Γωνιακά: 4Ø14 Ενδιάμεσα: 8Ø12	Ø10 /15

Έπειτα από στατική ανάλυση για τα κατακόρυφα φορτία της κατασκευής για το συνδυασμό $G+0.3Q$ με το SAP2000 [2] παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 οι ιδιοπερίοδοι των τριών κατασκευών στις οποίες πληρείται η συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού στους κόμβους του ισογείου συγκριτικά με τις τρεις κατασκευές που δεν πληρείται η Συνθήκη.

Πίνακας 2: Ιδιοπερίοδοι κατασκευής εξαγόμενες από ιδιομορφική ανάλυση (SAP2000)

	Ιδιοπερίοδος Κατασκευής (sec)		
	Κατασκευή		
	Χωρίς Τοιχοπληρώσεις	Τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο	Τύπου Pilotis
ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	0.713	0.429	0.641
ΜΗ ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	0.713	0.429	0.641

Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάλυση Pushover στη διεύθυνση +X με το πρόγραμμα SAP2000 για τις έξι κατασκευές. Από το πρόγραμμα εξάγονται διαγράμματα τέμνουσας βάσης και μετατόπισης του κόμβου ελέγχου της κατασκευής, τα οποία διγραμμοποιούνται με τη χρήση του προγράμματος BILIN [3], εξαγόμενα του οποίου είναι η παραμόρφωση διαρροής (δ_u) και αστοχίας (δ_y) της κατασκευής με τις αντίστοιχες τέμνουσες διαρροής (V_u) και αστοχίας (V_y).

Στον Πίνακα 4 ελέγχεται η επάρκεια των έξι κατασκευών για Στάθμη Επιτελεστικότητας B. Συγκεκριμένα, αν η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t εντοπίζεται πριν από το όριο αποδοχής για Στάθμη Επιτελεστικότητας B τότε η κατασκευή επαρκεί για Στάθμη B, ενώ αντίθετα αν η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t εντοπίζεται μετά το όριο αποδοχής για Στάθμη Επιτελεστικότητας B τότε η κατασκευή δεν επαρκεί για Στάθμη B.

Πίνακας 3: Παραμορφώσεις διαρροής και αστοχίας με τις αντίστοιχες τέμνουσες

Παραμορφώσεις διαρροής και αστοχίας με τις αντίστοιχες τέμνουσες				
	Κατασκευή			
	Αποτελέσματα από το BILIN	Χωρίς Τοιχοπληρώσεις	Τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο	Τύπου Pilotis
ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	δy (mm)	65.992	12.2	45.883
	V_y (KN)	611.2	1168.97	646.98
	δu (mm)	250.903	115.256	172.981
	V_u (KN)	1056.02	1228.36	1111.35
ΜΗ ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	δy (mm)	76.194	17.53	25.043
	V_y (KN)	608.26	1078.92	379.05
	δu (mm)	163.441	42.65	106.804
	V_u (KN)	608.26	1226.9	678.62

Πίνακας 4: Έλεγχος Επάρκειας κατασκευής για Σ.Ε.Β

Έλεγχος Επάρκειας κατασκευής για Σ.Ε.Β						
		Όρια αποδοχής δ (mm)			δt (mm)	Επάρκεια για Σ.Ε.Β
		A	B	Γ		
ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	X.T. ⁽¹⁾	65.815	105.751	167.191	107.54	OXI
	O.T. ⁽²⁾	12.317	42.525	76.932	44.32	OXI
	PIL. ⁽³⁾	45.76	72.896	115.295	82.29	OXI
ΜΗ ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	X.T. ⁽¹⁾	76.096	79.833	108.913	122.737	OXI
	O.T. ⁽²⁾	17.56	20.122	28.314	42.65	OXI
	PIL. ⁽³⁾	25.173	43.861	71.23	76.38	OXI

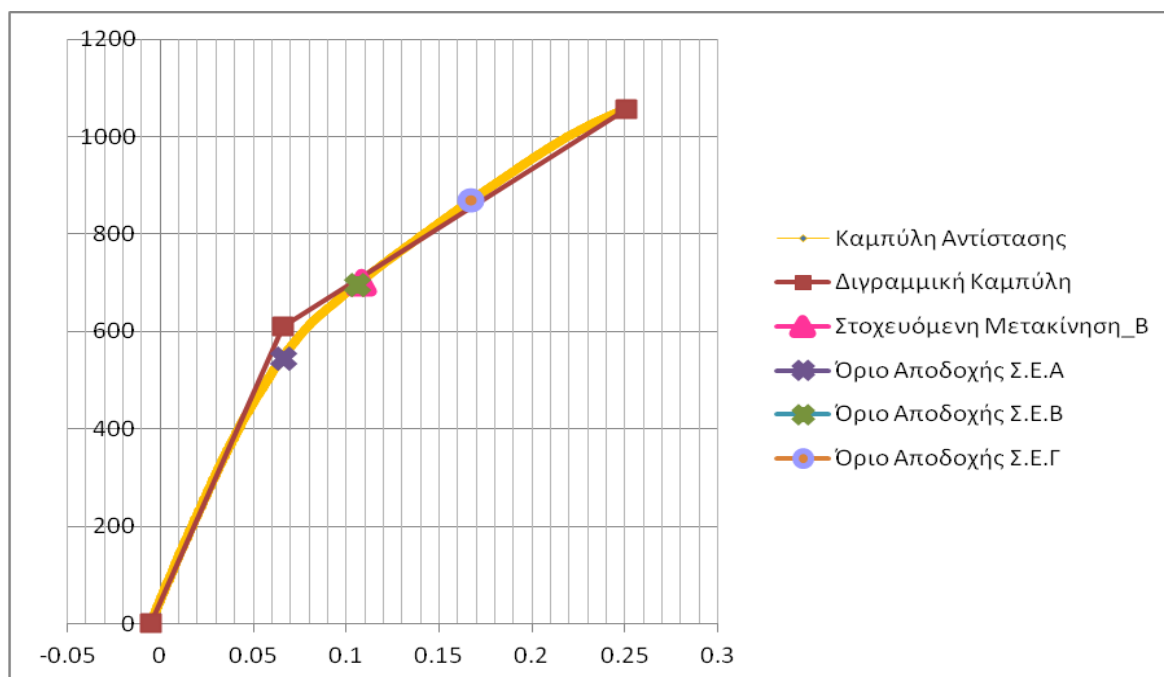
(1)X.T.: Κατασκευή χωρίς συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων

(2)O.T.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο

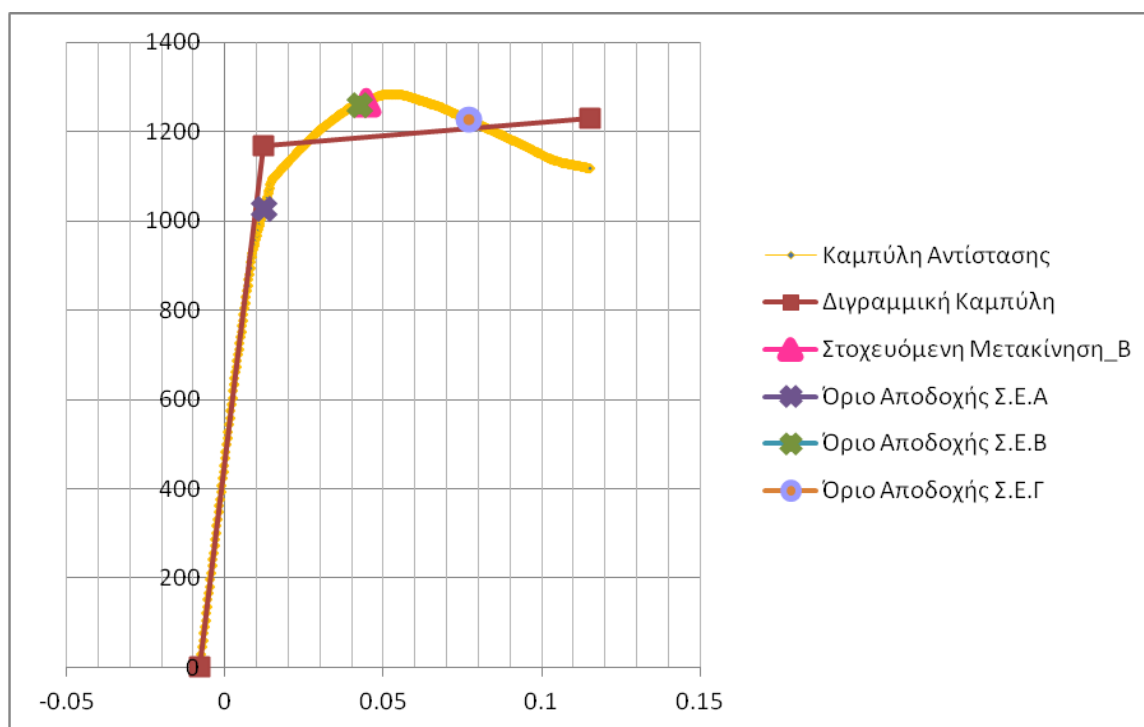
(3)PIL.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε όροφο (τύπου Pilotis)

Στα Σχήματα 1, 2 και 3 που αφορούν κατασκευές στις οποίες πληρείται η συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού παρουσιάζονται η Διγραμμική Καμπύλη και η Εξιδανικευμένη Καμπύλη Αντίστασης της κατασκευής πάνω στην οποία είναι τοποθετημένα τα Όρια Αποδοχής των τριών Σταθμών Επιτελεστικότητας καθώς και η στοχευόμενη μετακίνηση για Στάθμη Επιτελεστικότητας B, με απώτερο σκοπό το σχηματικό έλεγχο επάρκειας της κατασκευής για Στάθμη Επιτελεστικότητας B.

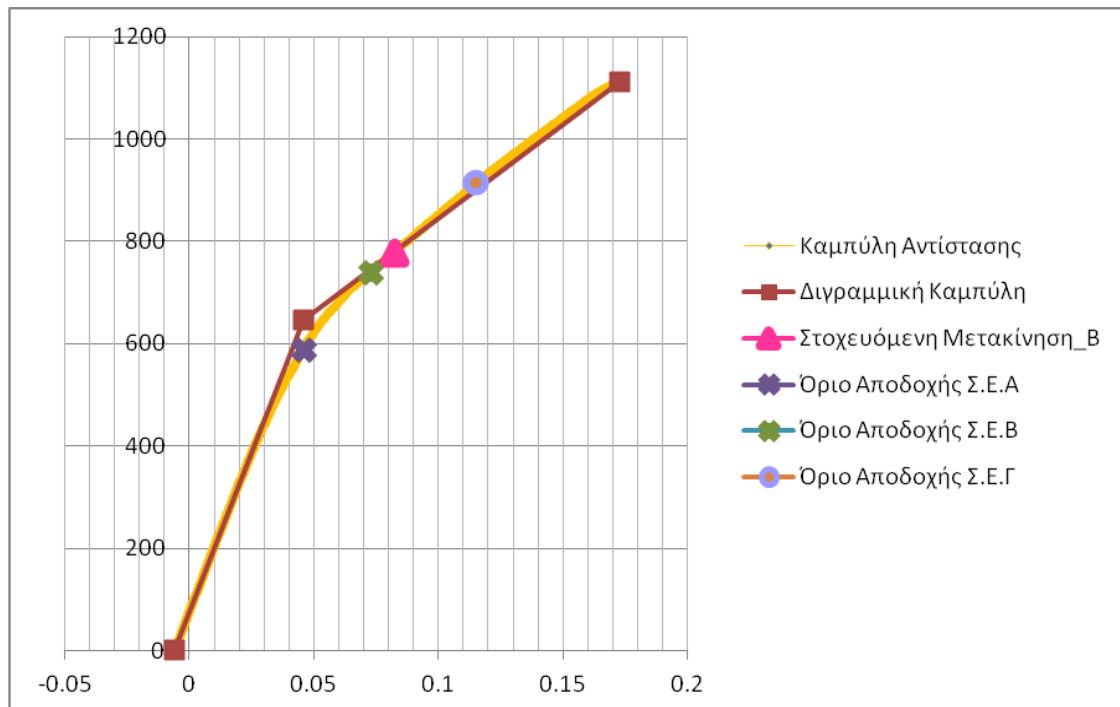
Στα Σχήματα 4, 5 και 6 παρουσιάζονται τα ίδια στοιχεία με τους ανωτέρω πίνακες για τις κατασκευές με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού



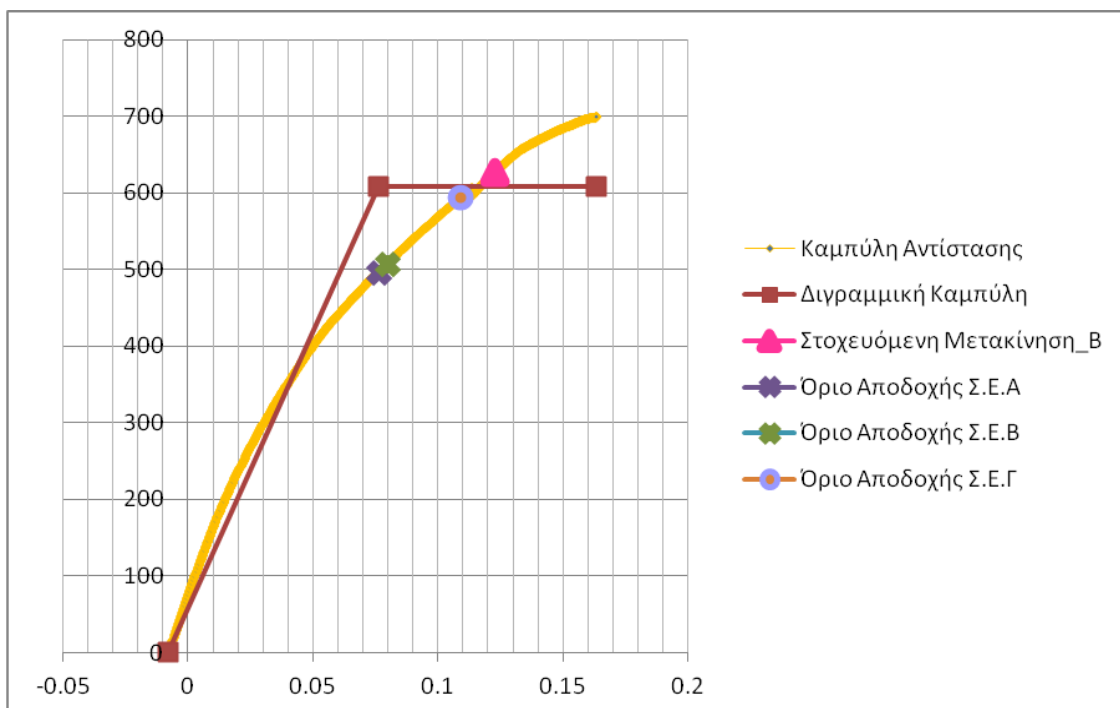
Σχήμα 1: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή χωρίς τοιχοπληρώσεις με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού



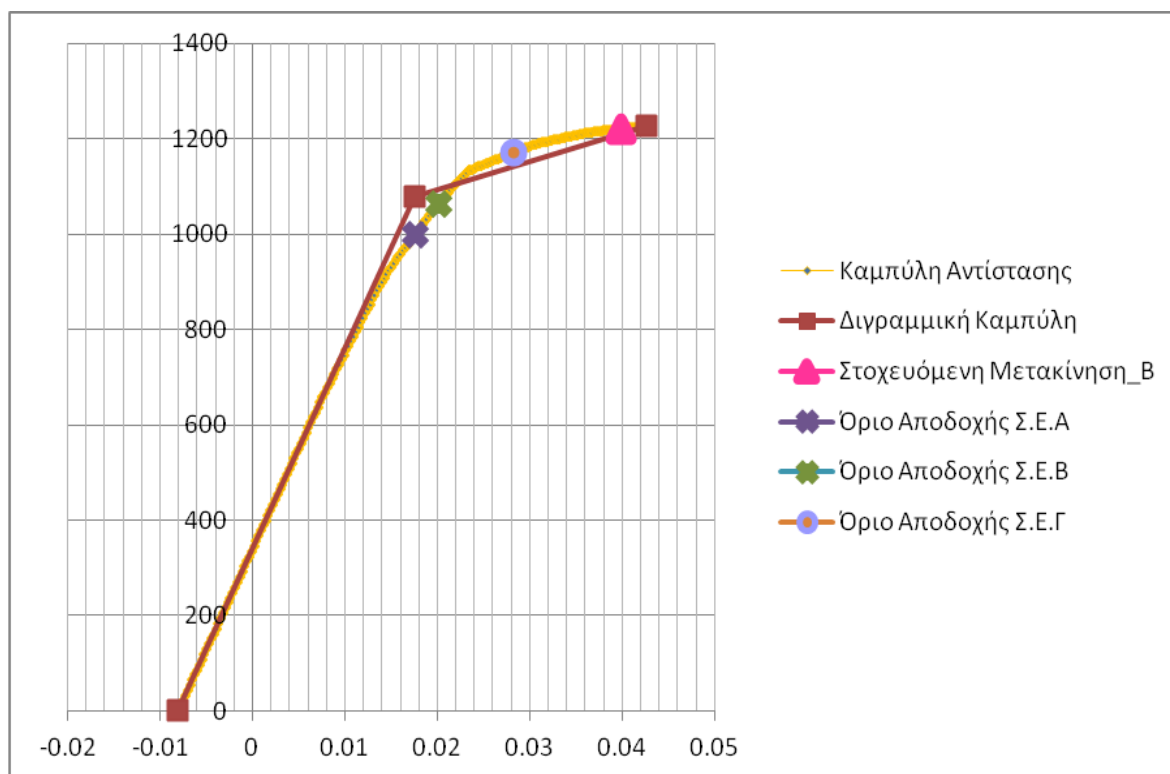
Σχήμα 2: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού



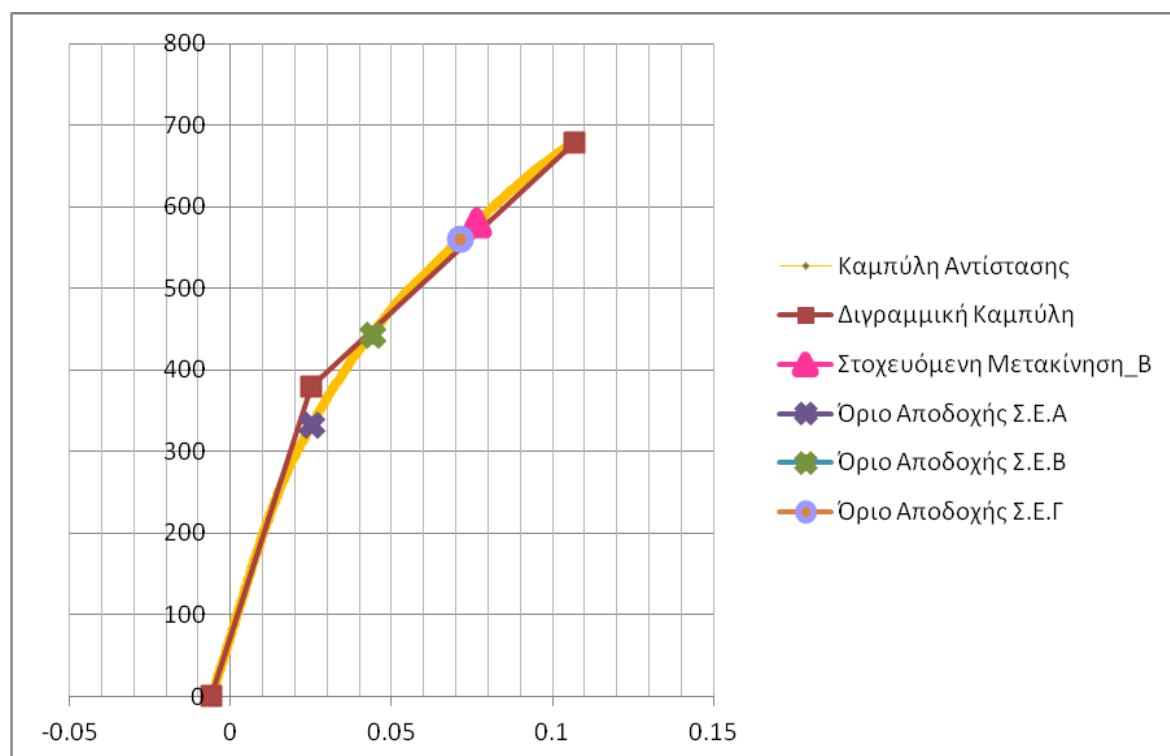
Σχήμα 3: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε όροφο (τύπου pilotis) με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού



Σχήμα 4: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή χωρίς τοιχοπληρώσεις με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού



Σχήμα 5: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού



Σχήμα 6: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε όροφο (τύπου pilotis) με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι ενιαίοι δείκτες συμπεριφοράς των έξι κατασκευών. Η σχέση που συνδέει τους ενιαίους δείκτες συμπεριφοράς των Σταθμών Επιτελεστικότητας είναι: $q_A < q_B < q_G$.

Πίνακας 5: Δείκτης Συμπεριφοράς q για τις τρεις Στάθμες Επιτελεστικότητας

Δείκτης Συμπεριφοράς q				
	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	Σ.Ε.Α	Σ.Ε.Β	Σ.Ε.Γ
ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	Χ.Τ. ⁽¹⁾	1.426	2.292	3.623
	Ο.Τ. ⁽²⁾	1.389	4.003	6.982
	PIL. ⁽³⁾	1.426	2.272	3.593
ΜΗ ΤΗΡΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	Χ.Τ. ⁽¹⁾	0.999	1.048	1.429
	Ο.Τ. ⁽²⁾	1.002	1.148	1.615
	PIL. ⁽³⁾	1.005	1.105	1.589

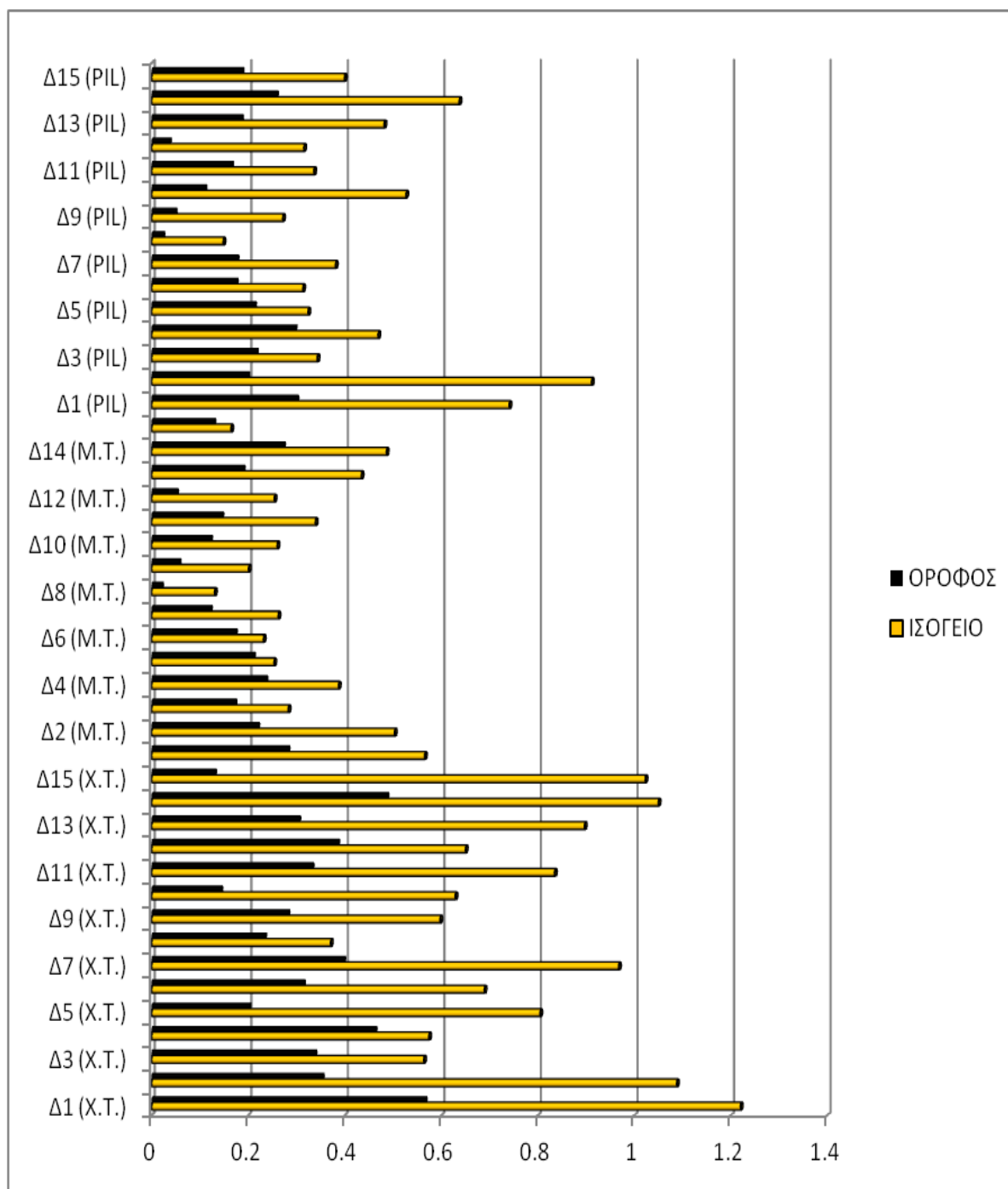
(1)Χ.Τ.: Κατασκευή χωρίς συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων

(2)Ο.Τ.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο

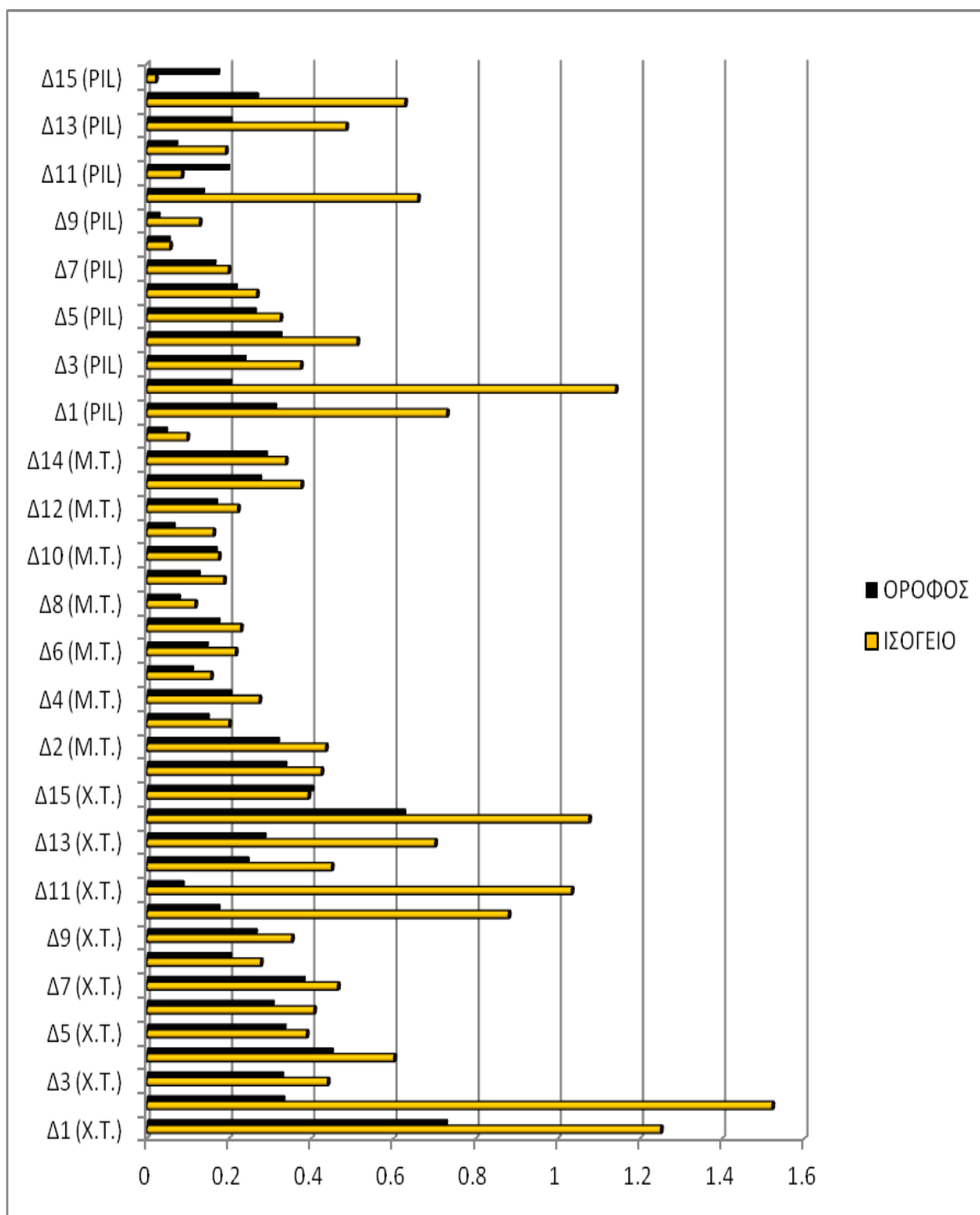
(3)PIL.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε όροφο (τύπου Pilotis)

Οι τιμές των δεικτών ανεπάρκειας λ όλων των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις αναλύσεις με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού και τις τρεις αναλύσεις με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού παρατίθενται στα Σχήματα 7 και 8 αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές των δεικτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 6 και 7.

Οι τιμές των δεικτών ανεπάρκειας λ όλων των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις αναλύσεις με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού και τις τρεις αναλύσεις με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού παρατίθενται στα Σχήματα 9 και 10 αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές των δεικτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 8 και 9.



Σχήμα 7: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β



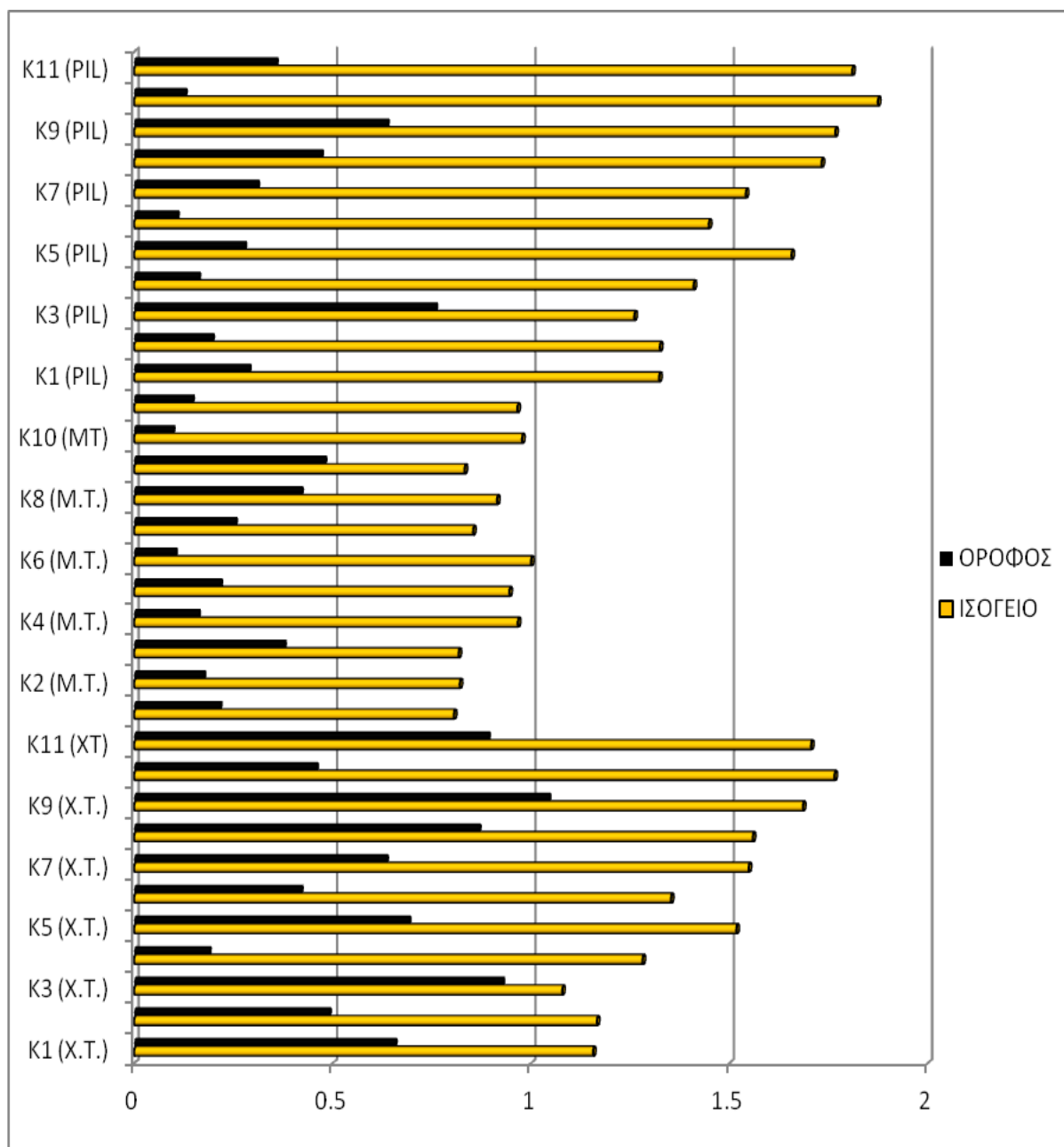
Σχήμα 8: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β

Πίνακας 6: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β

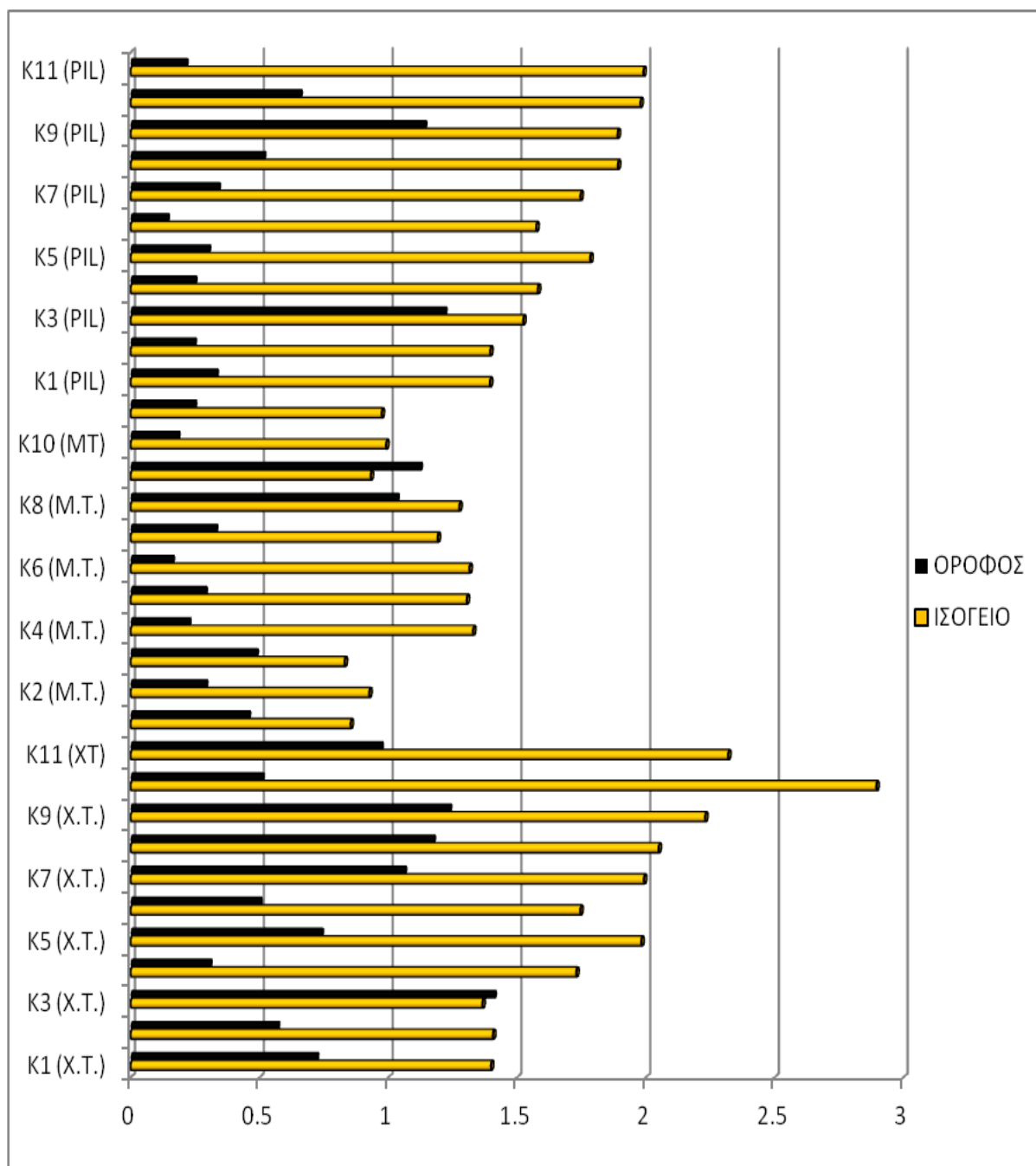
ΔΟΚΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΟΛΟ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ PILOTIS	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
Δ1	1.22115702	0.56859504	0.5666116	0.28429752	0.74181818	0.30280992
Δ2	1.08886277	0.35527029	0.5044296	0.22170494	0.91258362	0.20068704
Δ3	0.5649833	0.34008042	0.2841955	0.17447012	0.34416956	0.21876917
Δ4	0.57547258	0.46466151	0.3883043	0.23838346	0.47024863	0.29891051
Δ5	0.80589841	0.20354004	0.2546128	0.21255289	0.32521343	0.2148061
Δ6	0.69030274	0.31636296	0.2327837	0.17520688	0.31450564	0.1770642
Δ7	0.96865339	0.39986896	0.2635081	0.12346185	0.38205606	0.17874327
Δ8	0.37181793	0.23584135	0.1315183	0.02229124	0.14935132	0.02496619
Δ9	0.59868986	0.2840421	0.20189	0.05852663	0.27276632	0.05047251
Δ10	0.6300922	0.14516445	0.261296	0.12397829	0.52808474	0.1122082
Δ11	0.83588678	0.33419891	0.3404311	0.14723448	0.33731498	0.16748896
Δ12	0.6513334	0.38723109	0.2551799	0.05353425	0.31644691	0.03866363
Δ13	0.89795122	0.30673171	0.4355122	0.19141463	0.48292683	0.18790244
Δ14	1.05088475	0.48931288	0.487606	0.27481177	0.63838261	0.26058755
Δ15	1.02391516	0.1324532	0.1655665	0.13050536	0.400606	0.18894059

Πίνακας 7: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β

ΔΟΚΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΟΛΟ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ PILOTIS	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
Δ1	1.25157025	0.7292562	0.42578512	0.3385124	0.73123967	0.3133884
Δ2	1.52278069	0.3335744	0.4366299	0.32069246	1.14174652	0.204755
Δ3	0.44094596	0.33053909	0.20104955	0.14993526	0.37551966	0.2392149
Δ4	0.60247695	0.45162492	0.27469969	0.20486079	0.51308315	0.3268461
Δ5	0.38980547	0.33647948	0.15697369	0.11111584	0.3259645	0.2643767
Δ6	0.40799059	0.30769548	0.21730607	0.14734713	0.26869183	0.2179252
Δ7	0.46559243	0.3826703	0.22972503	0.17567208	0.19962736	0.1658443
Δ8	0.27819471	0.20418778	0.11858941	0.07980265	0.05751141	0.0548365
Δ9	0.3538445	0.26685997	0.18846649	0.1277921	0.12940292	0.0300687
Δ10	0.88118747	0.17576669	0.17615903	0.16948931	0.66069444	0.1381024
Δ11	1.03453648	0.0888081	0.16281485	0.06699559	0.08569203	0.1994287
Δ12	0.45087737	0.24685238	0.22246456	0.17011996	0.19331813	0.0731635
Δ13	0.70243902	0.288	0.37697561	0.27687805	0.48585366	0.2054634
Δ14	1.0770573	0.62757221	0.3391052	0.29131185	0.62927912	0.2696911
Δ15	0.39411319	0.40450168	0.0993399	0.04804675	0.02272481	0.1753057



Σχήμα 9: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β



Σχήμα 10: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β

Πίνακας 8: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ PILOTIS	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
K1	1.156987	0.65809614	0.8061528	0.2167401	1.32351	0.29005
K2	1.166655	0.49224411	0.8209589	0.1756295	1.32549	0.19772
K3	1.079305	0.92931443	0.8180756	0.3786869	1.26115	0.76017
K4	1.28174	0.18930865	0.9673069	0.1623235	1.41063	0.16262
K5	1.518313	0.69298204	0.9460445	0.218285	1.65727	0.27881
K6	1.353319	0.42125835	1.0007212	0.1037586	1.44892	0.10895
K7	1.549257	0.63631357	0.8546343	0.2554069	1.54206	0.31155
K8	1.559564	0.86959118	0.9148535	0.4217574	1.73307	0.47241
K9	1.685931	1.04585748	0.8330907	0.4809329	1.76757	0.63797
K10	1.765545	0.4598678	0.9779674	0.0980699	1.87496	0.12893
K11	1.70652	0.8929709	0.9663258	0.1469913	1.81032	0.35854

Πίνακας 9: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μη ικανοποίηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού για Σ.Ε. Β

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ PILOTIS	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
K1	1.399461	0.7235846	0.854553	0.4591235	1.395585	0.333979
K2	1.407293	0.5721645	0.926658	0.2931457	1.396564	0.248846
K3	1.366235	1.4132658	0.831354	0.4895546	1.524842	1.221564
K4	1.73057	0.3091466	1.329846	0.2278612	1.581549	0.25076
K5	1.983596	0.7423655	1.305449	0.2914371	1.784846	0.304263
K6	1.746636	0.5036945	1.315848	0.163429	1.575655	0.143629
K7	1.993578	1.0648956	1.192649	0.3314895	1.746995	0.342216
K8	2.050561	1.1769586	1.276538	1.0357942	1.892415	0.517894
K9	2.231054	1.2397453	0.932485	1.1264888	1.891456	1.143255
K10	2.896043	0.5126355	0.992546	0.1845486	1.980156	0.65991
K11	2.320611	0.9745155	0.975169	0.2496445	1.991352	0.216545

Οι Ιαπωνικές οδηγίες αποτίμησης περιλαμβάνουν τρία επίπεδα ελέγχου της αντοχής του κτιρίου έναντι σεισμικών φορτίων. Τα επίπεδα αυτά διαφοροποιούνται σε βαθμό ακρίβειας με αυτόν να αυξάνει από το πρώτο προς το τρίτο. Η αποτίμηση και στα τρία επίπεδα βασίζεται σε σύγκριση της ελαστικής σεισμικής τέμνουσας κάθε ορόφου του κτιρίου V_{sd} με την αντίστοιχη αντοχή του ορόφου (V_{Rd}) χωριστά για τις δύο κύριες οριζόντιες διευθύνσεις. Συγκεκριμένα, η V_{sd} υπολογίζεται ξεχωριστά για το κάθε επίπεδο [13]:

1^ο Επίπεδο: $V_{sd} = (4/3) \Phi_d W$

2^ο Επίπεδο: $V_{sd} = 1.00 \Phi_d W$

3^ο Επίπεδο: $V_{sd} = [1.5(n_{ST}+1)/(2 n_{ST}+1)]\Phi_d W$

Η τέμνουσα αντοχής ορόφου V_R πολλαπλασιάζεται με τον κατάλληλο δείκτη συμπεριφοράς q και επί δύο επιπλέον συντελεστές S_D και T που λαμβάνουν υπόψη ο μὲν S_D τη δομική μορφολογία του κτιρίου, ο δὲ T τις φθορές και τη γενικότερη κατάσταση του [13].

Στη συγκεκριμένη εργασία ο συντελεστής S_D για το 1^ο Επίπεδο Ελέγχου υπολογίστηκε $S_D=1.15$ ενώ για το 2^ο και 3^ο υπολογίστηκε $S_D=0.575$. Ο συντελεστής φθοράς T λόγω ηλικίας (για $H_L > 30$ έτη) έχει ληφθεί $T=0.8$.

Τα υποστυλώματα της κατασκευής έχουν λόγο $L_{καθ}/h > 6$ οπότε η τ_R ισούται με $\tau_R = 0.05f_c$. Στην παρούσα εργασία για $f_{ck}=16$ προκύπτει $\tau_R = 0.05f_c = 0.05 \cdot 16 / 1.5 = 0.533$ MPa.

Οι μάζες της κατασκευής υπολογίστηκαν για το ισόγειο 86.55tn και για τον όροφο 37.90tn.

Στο 2^ο Επίπεδο Ελέγχου ελέγχεται ο τύπος αστοχίας (κάμψη ή διάτμηση) των κατακόρυφων μελών. Συγκεκριμένα,

αν $V_u < V_{Mu}$ το κατακόρυφο στοιχείο αστοχεί σε διάτμηση και λαμβάνεται η τιμή $q=1.00$.

αν $V_u \geq V_{Mu}$ το υποστύλωμα αστοχεί σε κάμψη και λαμβάνεται η τιμή $q \geq 1.00$ όπου $q = (2\mu_\Delta - 1)^{1/2} / [0.75(1.00 + 0.05 \cdot \mu_\Delta)]$.

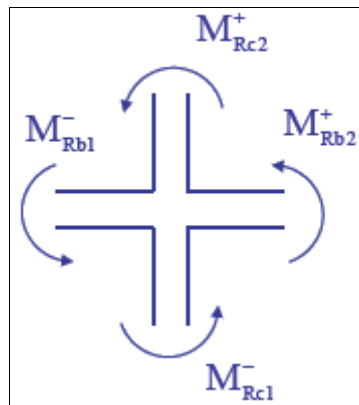
Στο 2^ο και στο 3^ο Επίπεδο η τέμνουσα υπολογίζεται από $V_R = \sqrt{\sum_{n=1}^3 (q_i V_{Ri})^2}$, όπου n οι τρεις περιπτώσεις:

1^η : $q=1.00$

2^η : $1 \leq q \leq 3$

3^η : $q \geq 2$

Στο 3^ο Επίπεδο Ελέγχου με βάση τις Ιαπωνικές οδηγίες η αντοχή δεν καθορίζεται μόνο από τα κατακόρυφα στοιχεία αλλά προκύπτει με βάση τον Ικανοτικό Έλεγχο των κόμβων δοκού-υποστυλώματος.



Σχήμα 11: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων [7]

Αν προηγείται αστοχία υποστυλωμάτων, το q παίρνει τιμές όπως το 2^ο επίπεδο, ενώ αν προηγείται αστοχία δοκών, τότε:

α) αν η αστοχία είναι από διάτμηση, $q=1.50$ ενώ

β) αν η αστοχία είναι από κάμψη, τότε $q=3.00$

Στους Πίνακες 10 και 11 γίνεται διερεύνηση του τύπου αστοχίας των υποστυλωμάτων για ισόγειο και όροφο αντίστοιχα σύμφωνα με το 2^ο Επίπεδο Ελέγχου.

Στους Πίνακες 12 και 13 παρουσιάζεται ποια αστοχία προηγείται και ποιος ο τύπος της. γίνεται ο ικανοτικός έλεγχος για όλους τους κόμβους δοκαριών-υποστυλωμάτων του ισογείου και του ορόφου αντίστοιχα στη διεύθυνση x-x (στο 3^ο Επίπεδο Ελέγχου ελέγχονται και οι δύο διευθύνσεις, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ελέγχεται μόνο η διεύθυνση x-x).

Στον Πίνακα 14 παρατίθενται συγκεντρωτικά οι έλεγχοι επάρκειας και για τα τρία επίπεδα της Ιαπωνικής Μεθόδου.

Πίνακας 10: Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων

Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ισογείου			
Υποστυλώματα	V_{Mu} (KN)	V_u	Αστοχία
K1	109.392398	65.9560077	διάτμηση
K2	109.392398	66.1327469	διάτμηση
K3	109.392398	68.1216827	διάτμηση
K4	111.496098	69.388655	διάτμηση
K5	269.21934	104.289108	διάτμηση
K6	111.496098	68.8554904	διάτμηση
K7	109.392398	68.0845237	διάτμηση
K8	184.493072	89.3567172	διάτμηση
K9	109.392398	69.6337224	διάτμηση
K10	184.493072	90.5194034	διάτμηση
K11	109.392398	69.5917792	διάτμηση

Πίνακας 11: Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ορόφου

Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ορόφου			
Υποστυλώματα	V_{Mu} (KN)	V_u	Αστοχία
K1	109.392398	62.7267161	διάτμηση
K2	109.392398	62.8118563	διάτμηση
K3	109.392398	63.7224273	διάτμηση
K4	111.496098	64.2449481	διάτμηση
K5	269.21934	99.3338764	διάτμηση
K6	111.496098	63.9642643	διάτμηση
K7	109.392398	63.6698526	διάτμηση
K8	184.493072	83.8432399	διάτμηση
K9	109.392398	64.3344249	διάτμηση
K10	184.493072	84.3490791	διάτμηση
K11	109.392398	64.3123094	διάτμηση

Πίνακας 12: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ισογείου (διεύθυνση x-x)

Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ισογείου (διεύθυνση x-x)				
ΚΟΜΒΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ		ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	q
	Δ αριστ.	Δ δεξιά	Προηγείται αστοχία	
1 (K1-Δ9)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
2 (K2-Δ9)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3
3 (K3-Δ10)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
4 (K4-Δ10)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3
5 (K5-Δ11)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
6 (Δ11-K6-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	1.768933
7 (K7-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3
8 (K8-Δ13)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
9 (K9-Δ14)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
10 (Δ14-K10-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
11 (K11-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3

Πίνακας 13: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ορόφου (διεύθυνση x-x)

Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ορόφου (διεύθυνση x-x)				
ΚΟΜΒΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ		ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	q
	Δ αριστ.	Δ δεξιά	Προηγείται αστοχία	
1 (K1-Δ9)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
2 (K2-Δ9)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3
3 (K3-Δ10)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
4 (K4-Δ10)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3
5 (K5-Δ11)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
6 (Δ11-K6-Δ12)	ΔΙΑΤΜΗΣΗ	ΔΙΑΤΜΗΣΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	1
7 (K7-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3
8 (K8-Δ13)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
9 (K9-Δ14)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3
10 (Δ14-K10-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	1.768933
11 (K11-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3

Πίνακας 14: Έλεγχος επάρκειας για τα τρία επίπεδα της Ιαπωνικής Μεθόδου

Ιαπωνική Μέθοδος						
Επίπεδα Ελέγχου		V _{sd} (KN)	V _R (KN)	V _R *S _D *T (KN)	Σύγκριση	Έλεγχος Επάρκειας
1ο Επίπεδο	Ισόγ.	679.22	826.67	760.53	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.89
	Όρ.	297.48	826.67	760.53	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.39
2ο Επίπεδο	Ισόγ.	509.42	829.23	381.77	V _s > V _R *S _D *T	Ανεπάρκεια 1.33
	Όρ.	223.11	777.31	357.56	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.62
3ο Επίπεδο (διεύθυνση x-x)	Ισόγ.	458.49	2349.17	1080.62	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.42
	Όρ.	200.82	1953.87	898.78	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.22
3ο Επίπεδο (διεύθυνση y-y)	Ισόγ.	458.49	2052.09	943.96	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.49
	Όρ.	200.82	1671.7	768.98	V _s < V _R *S _D *T	Επάρκεια 0.26

Εφαρμόζεται εδώ η μέθοδος των τοπικών δεικτών συμπεριφοράς m, ώστε να τροποποιηθεί η Ιαπωνική Μέθοδος σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Ειδικότερα, προσδιορίζονται ξεχωριστοί δείκτες συμπεριφοράς m για κάθε δομικό στοιχείο, ώστε να αντικαταστήσουν τους αντίστοιχους δείκτες q της Ιαπωνικής Μεθόδου Αποτίμησης.

Γενικά ο δείκτης συμπεριφοράς m, είναι ένας δείκτης πλαστιμότητας, ο οποίος αν θεωρηθεί ως δείκτης πλαστιμότητας γωνιών στροφών χορδής, ορίζεται ως εξής: $m = \theta_u / \theta_y$

Οι υπολογισμοί γίνονται για Στάθμη Επιτελεστικότητας B, «Προστασία Ζωής», επομένως η μέγιστη γωνία στροφής χορδής που επιτρέπεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.[5] δεν είναι η θ_u , η οποία αντιστοιχεί ουσιαστικά στην αστοχία, αλλά μία μικρότερη τιμή, ενδιάμεση των θ_u και θ_y , ίση με: $\theta_d = 0.5 (\theta_u + \theta_y) / \gamma_{Rd}$

Οι δείκτες συμπεριφοράς m προσδιορίζονται σύμφωνα με τον τύπο: $m = \theta_d / \theta_y$

Στους Πίνακες 15 και 16 παρουσιάζονται οι τύποι αστοχίας των υποστυλωμάτων του ισογείου και του ορόφου αντίστοιχα για θετική φορά σεισμού, ενώ στους Πίνακες 17 και 18 παρουσιάζονται οι τύποι αστοχίας των υποστυλωμάτων του ισογείου και του ορόφου αντίστοιχα για αρνητική φορά σεισμού.

Πίνακας 15: Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ισογείου για θετική φορά σεισμού

Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ισογείου			
Υποστυλώματα	V_{Mu} (KN)	V_u	Αστοχία
K1	109.3923981	65.95600768	διάτμηση
K2	109.3923981	66.13274685	διάτμηση
K3	109.3923981	68.12168269	διάτμηση
K4	111.4960981	69.388655	διάτμηση
K5	269.2193399	104.2891081	διάτμηση
K6	111.4960981	68.85549042	διάτμηση
K7	109.3923981	68.08452368	διάτμηση
K8	184.4930721	89.35671718	διάτμηση
K9	109.3923981	69.63372243	διάτμηση
K10	184.4930721	90.51940345	διάτμηση
K11	109.3923981	69.59177923	διάτμηση

Πίνακας 16: Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ορόφου για θετική φορά σεισμού

Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ορόφου			
Υποστυλώματα	V_{Mu} (KN)	V_u	Αστοχία
K1	109.3923981	62.72671614	διάτμηση
K2	109.3923981	62.81185627	διάτμηση
K3	109.3923981	63.7224273	διάτμηση
K4	111.4960981	64.24494812	διάτμηση
K5	269.2193399	99.33387637	διάτμηση
K6	111.4960981	63.96426433	διάτμηση
K7	109.3923981	63.66985262	διάτμηση
K8	184.4930721	83.84323992	διάτμηση
K9	109.3923981	64.33442488	διάτμηση
K10	184.4930721	84.34907906	διάτμηση
K11	109.3923981	64.31230943	διάτμηση

Πίνακας 17: Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ισογείου για αρνητική φορά σεισμού

Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ισογείου			
Υποστυλώματα	V_{Mu} (KN)	V_u (KN)	Αστοχία
K1	109.3923981	65.9560077	διάτμηση
K2	109.3923981	66.1327469	διάτμηση
K3	109.3923981	68.1216827	διάτμηση
K4	111.4960981	69.388655	διάτμηση
K5	269.2193399	104.289108	διάτμηση
K6	111.4960981	68.8554904	διάτμηση
K7	109.3923981	68.0845237	διάτμηση
K8	184.4930721	89.3567172	διάτμηση
K9	109.3923981	69.6337224	διάτμηση
K10	184.4930721	90.5194034	διάτμηση
K11	109.3923981	69.5917792	διάτμηση

Πίνακας 18: Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ορόφου για αρνητική φορά σεισμού

Διερεύνηση τύπου αστοχίας υποστυλωμάτων ορόφου			
Υποστυλώματα	V_{Mu} (KN)	V_u (KN)	Αστοχία
K1	109.3923981	62.7267161	διάτμηση
K2	109.3923981	62.8118563	διάτμηση
K3	109.3923981	63.7224273	διάτμηση
K4	111.4960981	64.2449481	διάτμηση
K5	269.2193399	99.3338764	διάτμηση
K6	111.4960981	63.9642643	διάτμηση
K7	109.3923981	63.6698526	διάτμηση
K8	184.4930721	83.8432399	διάτμηση
K9	109.3923981	64.3344249	διάτμηση
K10	184.4930721	84.3490791	διάτμηση
K11	109.3923981	64.3123094	διάτμηση

Στους Πίνακες 19 και 20 παρουσιάζεται ποια αστοχία προηγείται και ποιος ο τύπος της. γίνεται ο ικανοτικός έλεγχος για όλους τους κόμβους δοκαριών-υποστυλωμάτων του ισογείου και του ορόφου αντίστοιχα στη διεύθυνση x-x για θετική φορά σεισμού (στο 3^ο Επίπεδο Ελέγχου ελέγχονται και οι δύο διευθύνσεις, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας ελέγχεται μόνο η διεύθυνση x-x), ενώ το ίδιο παρουσιάζεται στους Πίνακες 21 και 22 για αρνητική φορά σεισμού.

Πίνακας 19: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ισογείου (διεύθυνση x-x)

Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ισογείου (διεύθυνση x-x)				
ΚΟΜΒΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ		ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	m
	Δ αριστ.	Δ δεξιά	Προηγείται αστοχία	
1 (K1-Δ9)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.02
2 (K2-Δ9)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	5.19
3 (K3-Δ10)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.97
4 (K4-Δ10)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	8.45
5 (K5-Δ11)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	2.96
6 (Δ11-K6-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	3.24
7 (K7-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	4.26
8 (K8-Δ13)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	4.01
9 (K9-Δ14)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.97
10 (Δ14-K10-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.62
11 (K11-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	7

Πίνακας 20: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ορόφου (διεύθυνση x-x)

Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ορόφου (διεύθυνση x-x)				
ΚΟΜΒΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ		ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	m
	Δ αριστ.	Δ δεξιά	Προηγείται αστοχία	
1 (Κ1-Δ9)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.02
2 (Κ2-Δ9)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	5.19
3 (Κ3-Δ10)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.97
4 (Κ4-Δ10)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	8.45
5 (Κ5-Δ11)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	2.96
6 (Δ11-Κ6-Δ12)	ΔΙΑΤΜΗΣΗ	ΔΙΑΤΜΗΣΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	3.33
7 (Κ7-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	4.26
8 (Κ8-Δ13)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	4.01
9 (Κ9-Δ14)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.97
10 (Δ14-Κ10-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	3.34
11 (Κ11-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	7

Πίνακας 21: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ισογείου (διεύθυνση x-x)

Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ισογείου (διεύθυνση x-x)				
ΚΟΜΒΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ		ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	m
	Δ αριστ.	Δ δεξιά	Προηγείται αστοχία	
1 (Κ1-Δ9)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	5.17
2 (Κ2-Δ9)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3.01
3 (Κ3-Δ10)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	8.43
4 (Κ4-Δ10)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3.96
5 (Κ5-Δ11)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	4.99
6 (Δ11-Κ6-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	3.24
7 (Κ7-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	2.62
8 (Κ8-Δ13)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	8.33
9 (Κ9-Δ14)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	8.43
10 (Δ14-Κ10-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	3.96
11 (Κ11-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3.61

Πίνακας 22: Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ορόφου (διεύθυνση x-x)

Ικανοτικός Έλεγχος κόμβων ορόφου (διεύθυνση x-x)				
ΚΟΜΒΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ		ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	m
	Δ αριστ.	Δ δεξιά	Προηγείται αστοχία	
1 (K1-Δ9)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	5.17
2 (K2-Δ9)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3.01
3 (K3-Δ10)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	8.43
4 (K4-Δ10)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3.96
5 (K5-Δ11)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	4.99
6 (Δ11-K6-Δ12)	ΔΙΑΤΜΗΣΗ	ΔΙΑΤΜΗΣΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	3.33
7 (K7-Δ12)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	2.62
8 (K8-Δ13)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	8.33
9 (K9-Δ14)	-	ΚΑΜΨΗ	ΔΟΚΩΝ	8.43
10 (Δ14-K10-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	ΚΑΜΨΗ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	3.34
11 (K11-Δ15)	ΚΑΜΨΗ	-	ΔΟΚΩΝ	3.61

Στους Πίνακες 23 και 24 παρατίθενται συγκεντρωτικά οι έλεγχοι επάρκειας και για τα τρία επίπεδα της Τροποποιημένη Ιαπωνικής Μεθόδου με τοπικούς δείκτες m βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ. για θετική και αρνητική φορά σεισμού αντίστοιχα.

Πίνακας 23: Έλεγχος επάρκειας για τα τρία επίπεδα της Ιαπωνικής Μεθόδου

Ιαπωνική Μέθοδος με τοπικό δείκτη m (κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.)						
Με θετική φορά σεισμού						
Επίπεδα Ελέγχου		V_{sd} (KN)	V_R (KN)	$V_R * S_D * T$ (KN)	Σύγκριση	Έλεγχος Επάρκειας
1ο Επίπεδο	Ισόγ.	679.22	826.67	760.53	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.89
	Όρ.	297.48	826.67	760.53	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.39
2ο Επίπεδο	Ισόγ.	509.42	2653.82	1220.76	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.42
	Όρ.	223.11	2556.63	1176.05	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.19
3ο Επίπεδο (διεύθυνση x-x)	Ισόγ.	458.49	3817.1	1755.87	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.26
	Όρ.	200.82	3553.33	1634.53	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.12
3ο Επίπεδο (διεύθυνση y-y)	Ισόγ.	458.49	3825.74	1759.84	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.26
	Όρ.	200.82	2740.27	1260.53	$V_s < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.16

Πίνακας 24: Έλεγχος επάρκειας για τα τρία επίπεδα της Ιαπωνικής Μεθόδου

Ιαπωνική Μέθοδος με τοπικό δείκτη m (κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.)						
Με αρνητική φορά σεισμού						
Επίπεδα Ελέγχου		V_{S_d} (KN)	V_R (KN)	$V_R * S_D * T$ (KN)	Σύγκριση	Έλεγχος Επάρκειας
1ο Επίπεδο	Ισόγ.	679.22	826.67	760.53	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.89
	Όρ.	297.48	826.67	760.53	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.39
2ο Επίπεδο	Ισόγ.	509.42	2653.82	1220.76	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.42
	Όρ.	223.11	2556.63	1176.05	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.19
3ο Επίπεδο (διεύθυνση x-x)	Ισόγ.	458.49	4327.56	1990.68	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.23
	Όρ.	200.82	4007.42	1843.41	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.11
3ο Επίπεδο (διεύθυνση y-y)	Ισόγ.	458.49	4031.16	1854.33	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.25
	Όρ.	200.82	3646.54	1677.41	$V_S < V_R * S_D * T$	Επάρκεια 0.12

Η Τροποποιημένη Νεοζηλανδική Πρόταση με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. αποτελείται από τέσσερα Βήματα [5] και εφαρμόζεται και στις δύο διευθύνσεις.

1^ο Βήμα

Η μέγιστη τέμνουσα βάσης $V_{R,B}$ που μπορεί να αντέξει το κτίριο υπολογίζεται σύμφωνα με το δεύτερο τρόπο της μεθόδου (μη συντηρητική παραδοχή) ως εξής:

Υπολογίζεται το $V_{R,B} = \Sigma V_{Ri}$ κατακόρυφων μελών όπως προέκυψαν παραπάνω στο δεύτερο επίπεδο ελέγχου της Ιαπωνικής Μεθόδου

Κρίσιμος όροφος θεωρείται το ισόγειο, άρα $V_{R,B} = V_{R,ισογείου}$

Επειδή η πρώτη θεώρηση είναι ανασφαλής λαμβάνεται $\lambda = 0.9$, επειδή τα κατακόρυφα μέλη της κατασκευής είναι μόνο υποστυλώματα, δηλαδή $V_{R,B} = 0.9 * \Sigma V_{Ri}$

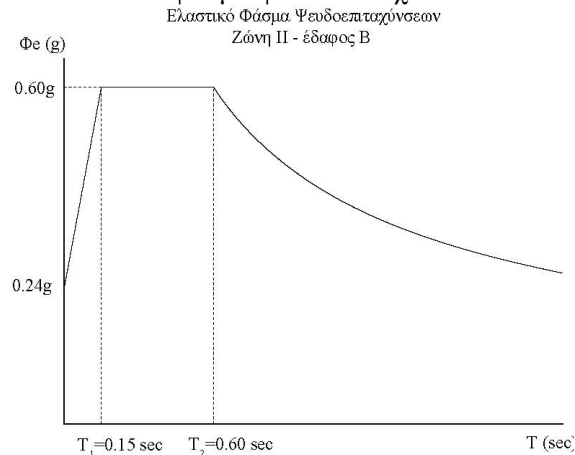
2^ο Βήμα

Ο υπολογισμός της βασικής ιδιοπεριόδου γίνεται με ελαστική ανάλυση της κατασκευής από το πρόγραμμα SAP2000.

3^ο Βήμα

Ο υπολογισμός του απαιτούμενου δείκτη συμπεριφοράς $q_{απαιτ.}$ γίνεται με βάση το φάσμα του Ε.Α.Κ.

Πίνακας 25: Ελαστικό φάσμα ψευδοεπιταχύνσεων κατά ΕΑΚ [12]



4^ο Βήμα

Γίνεται έλεγχος του $q_{\text{απαιτ.}}$ προς το $q_{\text{διαθ.}}$. Από τον Πίνακα Σ.4.4 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.[5] για ευμενή παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων και κατασκευές πριν από το 1985 λαμβάνεται $q_{\text{διαθ.}} = 1.3$

Πίνακας 26: Τροποποιημένη Νεοζηλανδική Πρόταση Αποτίμησης με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Νεοζηλανδική Πρόταση Αποτίμησης (δ/νση x-x)				
Βήματα	Εξαγόμενο Βήματος	X.T. ⁽¹⁾	O.T. ⁽²⁾	PIL. ⁽³⁾
1	$V_{R,B}$ (KN)	746.94		
2	T_x (sec)	0.713	0.429	0.64
3	$q_{\text{απαιτ.}}$	0.585	0.682	0.637
4	$q_{\text{διαθ.}}$	1.3		
	σύγκριση	$q_{\text{διαθ.}} > q_{\text{απαιτ.}}$	$q_{\text{διαθ.}} > q_{\text{απαιτ.}}$	$q_{\text{διαθ.}} > q_{\text{απαιτ.}}$
	έλεγχος επάρκειας	Επάρκεια 2.22	Επάρκεια 1.91	Επάρκεια 2.04

(1)X.T.: Κατασκευή χωρίς συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων

(2)O.T.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο

(3)PIL.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε όροφο (τύπου Pilotis)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναφορικά με τους δείκτες ανεπάρκειας λ των δοκαριών στα Σχήματα 7 και 8 παρατηρείται ότι :

- οι δείκτες λ του ισογείου είναι πολύ μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους του ορόφου.
- οι δείκτες ανεπάρκειας λ του ισογείου και του ορόφου για την ανάλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις είναι μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους της ανάλυσης τύπου pilotis και πολύ μεγαλύτεροι της ανάλυσης με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο.
- η επιρροή της τήρησης της συνθήκης του Ικανοτικού Σχεδιασμού αποδείχτηκε ιδιαίτερα ευνοϊκή στους δείκτες λ ισογείου και ορόφου, καθώς στις τρεις αναλύσεις που έγιναν με μη τήρηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού οι δείκτες λ αυξήθηκαν σημαντικά
- στον Πίνακα 27 παρουσιάζεται το πλήθος των δοκών που έχουν αστοχήσει ($\lambda > 1$) στις κατασκευές με ή χωρίς την τήρηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού. Παρόλο που η επιρροή του Ικανοτικού Σχεδιασμού δε φαίνεται στο πλήθος των δοκών που αστοχούν, δηλαδή $\lambda > 1$, στην πραγματικότητα η δυσμενής επιρροή του επιρροή του Ικανοτικού Σχεδιασμού φαίνεται ευδιάκριτα στις τιμές των δεικτών λ των κατασκευών στις οποίες δεν τηρείται η συνθήκη, καθώς αυτές αυξάνονται σε ισόγειο και όροφο όπως φαίνεται στους Πίνακες 6 και 7.

Αναφορικά με τους δείκτες ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων στα Σχήματα 9 και 10 παρατηρείται ότι :

- οι δείκτες λ του ισογείου είναι πολύ μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους του ορόφου.
- οι δείκτες ανεπάρκειας λ του ισογείου και του ορόφου για την ανάλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις είναι μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους της ανάλυσης τύπου pilotis και πολύ μεγαλύτεροι της ανάλυσης με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο.
- η επιρροή της τήρησης της συνθήκης του Ικανοτικού Σχεδιασμού αποδείχτηκε ιδιαίτερα ευνοϊκή στους δείκτες λ ισογείου και ορόφου, καθώς στις τρεις αναλύσεις που έγιναν με μη τήρηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού οι δείκτες λ αυξήθηκαν σημαντικά
- Στον Πίνακα 28 παρουσιάζεται το πλήθος των υποστυλωμάτων που έχουν αστοχήσει ($\lambda > 1$) στις κατασκευές με ή χωρίς την τήρηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού. Στους δείκτες ανεπάρκειας των υποστυλωμάτων σε αντίθεση με τους δείκτες λ των δοκαριών η επιρροή

του Ικανοτικού Σχεδιασμού φαίνεται στο πλήθος των υποστυλωμάτων που αστοχούν, δηλαδή $\lambda > 1$, καθώς όλοι οι δείκτες ανεπάρκειας έχουν αυξηθεί και πολλά περισσότερα υποστυλώματα έχουν αστοχήσει όπως φαίνεται στους Πίνακες 8 και 9.

Πίνακας 27: Πλήθος δοκών που έχουν αστοχήσει στις κατασκευές με ή χωρίς την τήρηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού

Δείκτες Ανεπάρκειας Δοκών (Πλήθος δοκών 15)						
	Χ.Τ. ⁽¹⁾		Ο.Τ. ⁽²⁾		PILOTIS ⁽³⁾	
	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος
Τήρηση Ικανοτικού Σχεδιασμού	4	-	-	-	-	-
Μη Τήρηση Ικανοτικού Σχεδιασμού	4	-	-	-	1	-

(1)Χ.Τ.: Κατασκευή χωρίς συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων

(2)Ο.Τ.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο

(3)PIL.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε όροφο (τύπου Pilotis)

Πίνακας 28: Πλήθος υποστυλωμάτων που έχουν αστοχήσει στις κατασκευές με ή χωρίς την τήρηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού

Δείκτες Ανεπάρκειας Υποστυλωμάτων (Πλήθος υποστυλωμάτων 11)						
	Χ.Τ. ⁽¹⁾		Ο.Τ. ⁽²⁾		PILOTIS ⁽³⁾	
	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος
Τήρηση Ικανοτικού Σχεδιασμού	11	1	-	-	11	-
Μη Τήρηση Ικανοτικού Σχεδιασμού	11	4	5	2	11	2

(1)Χ.Τ.: Κατασκευή χωρίς συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων

(2)Ο.Τ.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο

(3)PIL.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε όροφο (τύπου Pilotis)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 παρατηρείται ότι σε όλες τις αναλύσεις η κατασκευή δεν επαρκεί για Σ.Ε.Β., καθώς η στοχευόμενη μετακίνηση πραγματοποιείται μετά το όριο αποδοχής Β. Από τον Πίνακα 5 παρατηρείται η αρνητική επίδραση της μη τήρησης του Ικανοτικού Σχεδιασμού στον ενιαίο δείκτη συμπεριφοράς q ολόκληρης της κατασκευής καθώς οι τιμές του q των κατασκευών στις οποίες δεν πληρείται η συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού μειώνεται κατά πολύ συγκριτικά με τις αντίστοιχες κατασκευές στις οποίες η συνθήκη πληρείται

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καραγιάννης Χ., “Σχεδιασμός Συμπεριφορά Κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα Έναντι Σεισμού”, Εκδόσεις σοφία.
- [2] Πρόγραμμα Sap 2000.
- [3] Κάππος Α., Παναγόπουλος Γ., Πρόγραμμα BILIN, Α.Π.Θ. 2008.
- [4] Κάππος Α., Παναγόπουλος Γ., “Διγραμμική Προσέγγιση διαγραμμάτων μεγθών δυνάμεων-παραμορφώσεων”, 16^ο Συνέδριο Σκυροδέματος, Πάφος 2009.
- [5] Ο.Α.Σ.Π., “ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 Κανονισμός Επεμβάσεων”, Τυπογραφείο Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2015
- [6] Φαρδής Μ., “Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος (Μέρος ΙΙΙ)”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2004.
- [7] Ο.Α.Σ.Π., “ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 Κανονισμός Επεμβάσεων”, Τυπογραφείο Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2015 (Λήψη Φωτογραφικού Υλικού).
- [8] Δρίτσος Σ., “Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2005.
- [9] “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings”, English version, CEN, EN 1998-1, December 2004.
- [10] “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 3: Assessment and retrofitting of buildings”, English version, CEN, EN 1998-3, June 2005.
- [11] Σφακιανάκης Μ., Πρόγραμμα BIAx.
- [12] Δρίτσος Σ., “Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος Ανασχεδιασμός Υφιστάμενων Κατασκευών”, Πάτρα 2017.
- [13] Φαρδής Μ., Δρίτσος Σ., “Αποτίμηση Σεισμικών Βλαβών, Επισκευές και Ενισχύσεις Κτιρίων Οπλισμένου Σκυροδέματος (Τόμος Α΄)”, Εκδόσεις Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, Πάτρα 2003.