

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΜΑΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΤΗ ΣΥΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ

ΜΠΑΤΣΟΥΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ-ΜΑΡΙΑ

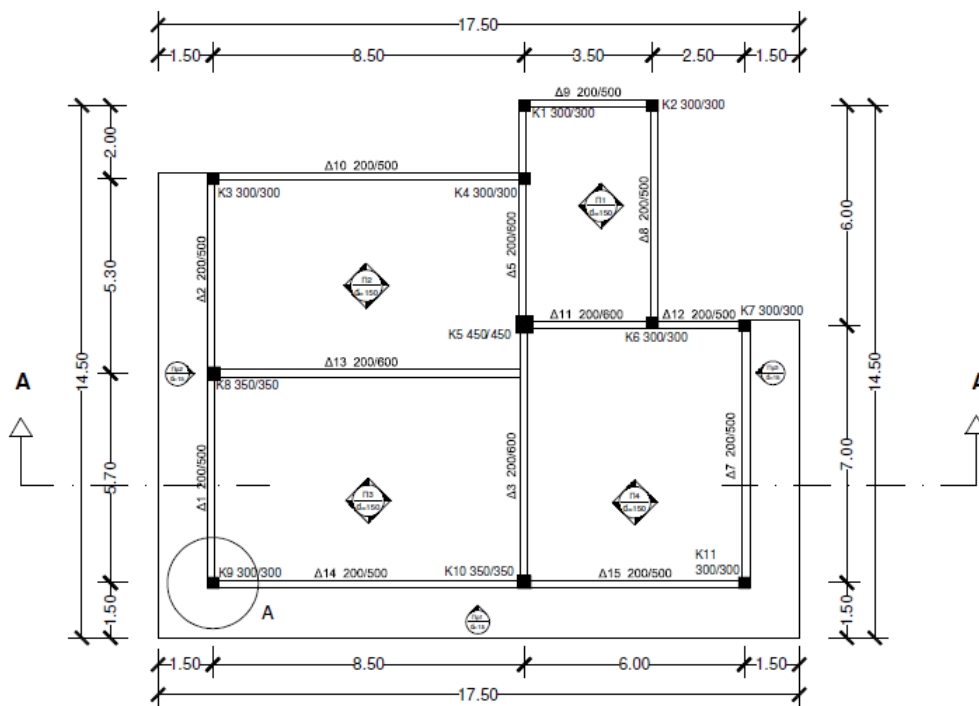
Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Π.Π., vivimpatsouka@gmail.com

Περίληψη

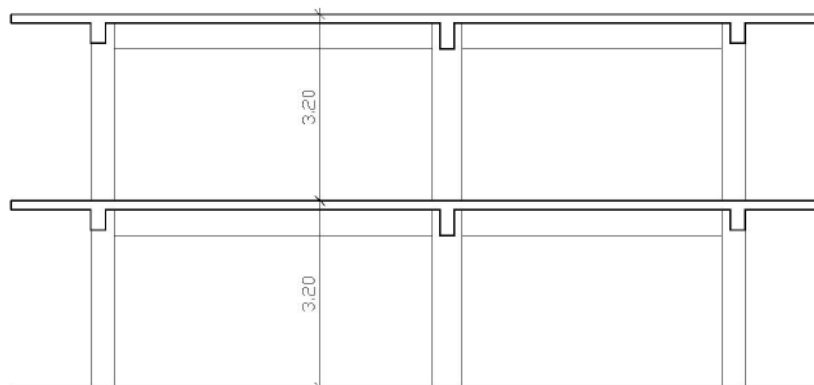
Η παρούσα εργασία έχει στόχο τη διερεύνηση της επιρροής των επαρκών και μειωμένων ματίσεων σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος χωρίς τοιχοπληρώσεις, με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο και σε τύπου Pilotis. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιρροή των επαρκών και μη ματίσεων στα όρια αποδοχής για τις τρεις Στάθμες Επιτελεστικότητας, για τον ενιαίο δείκτη συμπεριφοράς q της κατασκευής και τους δείκτες ανεπάρκειας λ των δομικών στοιχείων. Τέλος, παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων, πραγματοποιείται συγκριτική μελέτη και διεξάγονται τα συμπεράσματα της παρούσας διερεύνησης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υπό μελέτη κτίριο των Σχημάτων 1 και 2 είναι μία δώροφη κατοικία από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευασμένη βάσει του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959.



Σχήμα 1: Κάτοψη τυπικού ορόφου



Σχήμα 2: Εικόνα 1: Τομή Α-Α του κτιρίου

Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε είναι κατηγορίας C16/20 με χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή $f_{ck}=16$ MPa και μέτρο ελαστικότητας $E_{cm}\approx 28$ GPa. Ο χάλυβας οπλισμού είναι κατηγορίας St-I (λείος χάλυβας) με χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή $f_{yk}=220$ MPa και μέτρο ελαστικότητας $E_s=200$ GPa. Για την αποτίμηση της κατασκευής με την ανάλυση Pushover χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές της αντοχής των υλικών, για το σκυρόδεμα $f_{cm}=16+8=24$ MPa και για το χάλυβα $f_{ym}=220$ MPa.

Οι διαστάσεις και οι οπλισμοί των υποστυλωμάτων δεν αλλάζουν στις δύο στάθμες και δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Διαστάσεις και οπλισμοί υποστυλωμάτων

Διαστάσεις (cm)	Υποστυλώματα	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες (cm)
35x35	K1, K2, K3, K4, K6, K7, K9, K11	Γωνιακά: 4 Φ 20 Ενδιάμεσα: 4 Φ 18	Φ 10 /15
40x40	K8, K10	Γωνιακά: 4 Φ 20 Ενδιάμεσα: 8 Φ 18	Φ 10 /15
50x50	K5	Γωνιακά: 4 Φ 20 Ενδιάμεσα: 8 Φ 20	Φ 10 /15

Οι διαστάσεις και οι οπλισμοί των δοκαριών δεν αλλάζουν στις δύο στάθμες και δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Διαστάσεις και οι οπλισμοί δοκαριών

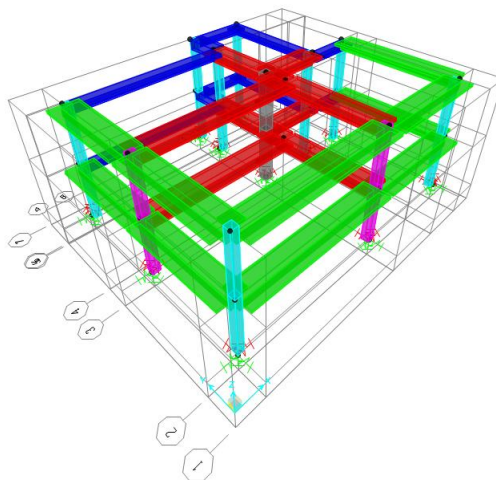
Διαστάσεις (cm)	Δοκάρια	Μήκος πτερυγίου (cm)	Διαμήκης οπλισμός	Συνδεδ. (cm)	Οπλισμοί πλάκας (cm)
Πλακοδοκός 25x65	Δ3, Δ4, Δ5, Δ11, Δ13	$b_{eff,l}= 60\text{ cm}$ $b_{eff,r}= 60\text{ cm}$	Άνω πέλμα: 2Ø18 +3Ø16 Κάτω πέλμα: 2Ø18	Ø10 /15	Ø10 /15
Πλακοδοκός 25x55	Δ1, Δ2, Δ7, Δ14, Δ15	$b_{eff,l}= 60\text{ cm}$ $b_{eff,r}= 60\text{ cm}$	Άνω πέλμα: 2Ø18 +3Ø16 Κάτω πέλμα: 2Ø18	Ø10 /15	Ø10 /15
Τύπου Γ 25x55	Δ6, Δ8, Δ9, Δ10, Δ12	$b_{eff}= 60\text{ cm}$	Άνω πέλμα: 2Ø18 +3Ø16 Κάτω πέλμα: 2Ø18	Ø10 /15	Ø10 /15

Η θεμελίωση γίνεται με μεμονωμένα κεντρικά πέλδια σε έδαφος κατηγορίας Β. Τα πέλδια προσομοιώθηκαν με 3 ελατήρια σε κόμβο στη βάση του υποστυλώματος. Πρόκειται για ένα κατακόρυφο ελατήριο (k_z) και δύο στροφικά περί τους δύο οριζόντιους άξονες ($k_{\phi x}$ και $k_{\phi y}$) [1].

Οι πλάκες έχουν πάχος $h_f=15\text{cm}$ και είναι οπλισμένες και στις δύο διευθύνσεις με Ø8 /15, ενώ το φορτίο επίστρωσης ισούται με 1.5 KN/m^2 . Το δώμα θεωρείται μη βατό. Περιμετρικά σε κάθε όροφο υπάρχει μπατική τοιχοποιία με εκτιμώμενο φαινόμενο βάρος 3.6 KN/m^2 και εσωτερικά κάτω από κάθε εσωτερική δοκό δρομική τοιχοποιία με φαινόμενο βάρος 2.1 KN/m^2 . Κατά τον υπολογισμό των μονίμων φορτίων λόγω του ίδιου βάρους ελήφθη το ειδικό βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος ίσο με 25 kN/m^3 . Τέλος, το κινητό φορτίο θεωρήθηκε ίσο με 2 KN/m^2 για τις πλάκες και 5 KN/m^2 για τους εξώστες.

Η αποτίμηση της κατασκευής έγινε θεωρώντας το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού κατά Eurocode 8 για $q=1.5$, $\zeta=5\%$, έδαφος Β με παραμέτρους φάσματος: συντελεστής εδάφους $S=1.2$, $T_B=0.15$, $T_C=0.5$, $T_D=2.5$.

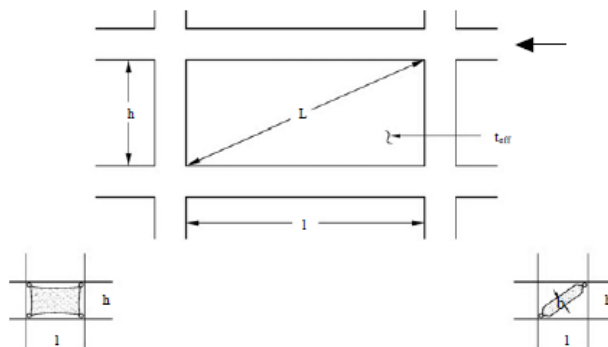
Η κατασκευή προσομοιώθηκε στο πρόγραμμα SAP2000 [2] με χρήση γραμμικών στοιχείων.



Σχήμα 3: Προσομοίωμα κατασκευής στο πρόγραμμα SAP2000

Για τη διερεύνηση της επιρροής των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου πραγματοποιούνται δύο επιπλέον αναλύσεις στο υπό μελέτη κτίριο. Συγκεκριμένα, στην πρώτη συνεκτιμώνται οι τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο και στη δεύτερη συνεκτιμώνται οι τοιχοπληρώσεις μόνο στον όροφο (τύπου pilotis).

Η προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων έγινε σύμφωνα με την §7.4 κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3] ως ισοδύναμες αμφιαρθρωτές θλιβόμενες διαγώνιοι ράβδοι.



Σχήμα 4: Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων [4]

Για τη διερεύνηση της επιρροής των ματίσεων στη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου, όταν αυτές είναι ανεπαρκείς, πραγματοποιούνται τρεις επιπλέον αναλύσεις. Συγκεκριμένα, στις τρεις παραπάνω κατασκευές γίνεται ανάλυση με θεώρηση και των μειωμένων ματίσεων, σύμφωνα με την §7.2.4.1 κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3], κατά την οποία τα στοιχεία που έχουν διαστασιολογηθεί και κατασκευασθεί με βάση τα ισχύοντα στην Ελλάδα προ του 1985, με χρήση νευροχαλύβων, οι τιμές που υπολογίζονται για τη μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία δοκών ή υποστρωμάτων (θ_{um}) και για τη μέση τιμή του πλατικού τμήματος της μέσης γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία του στοιχείου ($\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y$) χρειάζεται να διαιρεθούν δια 1.2. Στην προκειμένη περίπτωση, επειδή οι διαμήκεις οπλισμοί αποτελούνται από λείες ράβδους οι τιμή του θ_{um} και θ_{um}^{pl} υπολογίζονται ως το 95% της αρχικής τιμής τους. Δηλαδή, τελικά προκύπτει ο μειωτικός συντελεστής $0.95/1.2=0.8$, ο οποίος πολλαπλασιάζεται με τις αρχικές τιμές θ_{um} και θ_{um}^{pl} της §7.2.4.1 β) i) κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3].

Έπειτα από στατική ανάλυση για τα κατακόρυφα φορτία της κατασκευής για το συνδυασμό $G+0.3Q$ με το SAP2000 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 οι ιδιοπερίοδοι των έξι κατασκευών στις οποίες πληρείται η συνθήκη του Ικανοτικού Σχεδιασμού στους κόμβους του ισόγειου (η εν λόγω συνθήκη δεν εφαρμόζεται στο δώμα πολυώροφων κατασκευών).

Πίνακας 3: Ιδιοπερίοδοι κατασκευής εξαγόμενες από ιδιομορφική ανάλυση (SAP2000)

	Ιδιοπερίοδος Κατασκευής (sec)		
	Κατασκευή		
	Χωρίς Τοιχοπληρώσεις	Τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο	Τύπου Pilotis
ΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	0.713	0.429	0.641
ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	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 [5,6], εξαγόμενα του οποίου είναι η παραμόρφωση διαρροής (δ_u) και αστοχίας (δ_y) της κατασκευής με τις αντίστοιχες τέμνουσες διαρροής (V_y) και αστοχίας (V_u), όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 4..

Πίνακας 4: 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
ΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	δ_y (mm)	65.992	12.2	45.883
	V_y (KN)	611.2	1168.97	646.98
	δ_u (mm)	250.903	115.256	172.981
	V_u (KN)	1056.02	1228.36	1111.35
ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	δ_y (mm)	118.254	21.139	79.289
	V_y (KN)	948.97	1216.53	1046.09
	δ_u (mm)	251.082	96.962	250.048
	V_u (KN)	948.97	1589.18	1554.91

Τα όρια αποδοχής για τις τρεις Στάθμες Επιτελεστικότητας για πρωτεύοντα στοιχεία υπολογίζονται βάσει της §9.3.1. α) και Παράρτημα 4.4 κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3] ως εξής:

για Στάθμη Επιτελεστικότητας Α: $R_{d,A} = \delta_d = \delta_y$

για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β: $R_{d,B} = \delta_d = 0.5(\delta_y + \delta_u) / \gamma_{Rd}$

για Στάθμη Επιτελεστικότητας Γ: $R_{d,\Gamma} = \delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd}$

Η σχέση που συνδέει τα όρια αποδοχής των Σταθμών Επιτελεστικότητας είναι: $\delta_A < \delta_B < \delta_\Gamma$.

Η στοχευόμενη μετακίνηση υπολογίζεται βάσει της §5.7.4.2 α) κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3] και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο: $\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4 \pi^2) S_{e(T)}$

Στον Πίνακα 5 ελέγχεται η επάρκεια των έξι κατασκευών για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β. Συγκεκριμένα, αν η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t εντοπίζεται πριν από το όριο αποδοχής για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β τότε η κατασκευή επαρκεί για Στάθμη Β, ενώ αντίθετα αν η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t εντοπίζεται μετά το όριο αποδοχής για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β τότε η κατασκευή δεν επαρκεί για Στάθμη Β.

Πίνακας 5: Έλεγχος Επάρκειας κατασκευής για Σ.Ε.Β

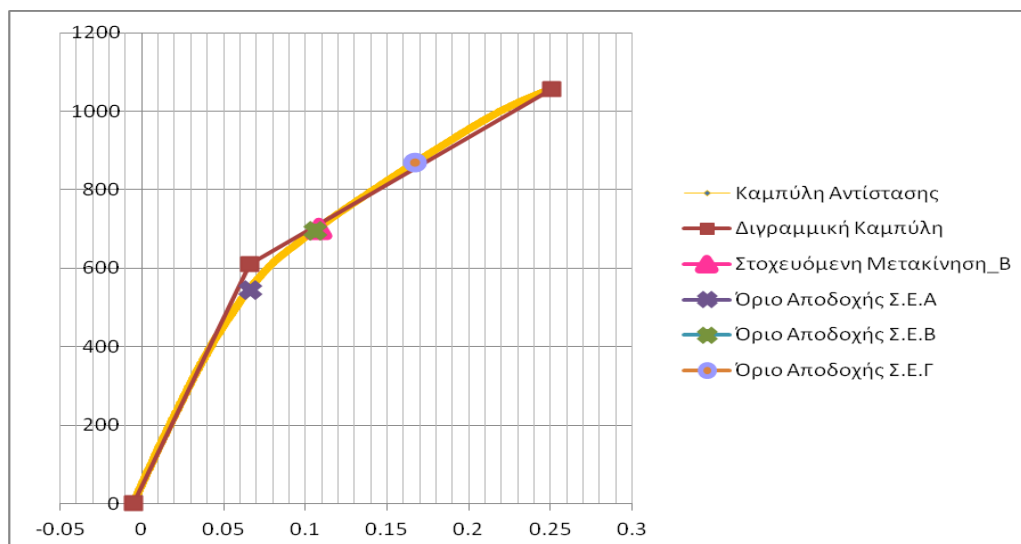
Έλεγχος Επάρκειας κατασκευής για Σ.Ε.Β						
		Όρια αποδοχής δ (mm)			δ_t (mm)	Επάρκεια για Σ.Ε.Β
		A	B	Γ		
ΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	X.T. ⁽¹⁾	65.815	105.751	167.191	107.54	OXI
	O.T. ⁽²⁾	12.317	42.525	76.932	44.32	OXI
	PII. ⁽³⁾	45.76	72.896	115.295	82.29	OXI
ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	X.T. ⁽¹⁾	118.218	123.082	167.37	124.36	OXI
	O.T. ⁽²⁾	21.186	39.362	64.706	52.67	OXI
	PII. ⁽³⁾	79.296	109.76	166.592	111.55	OXI

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

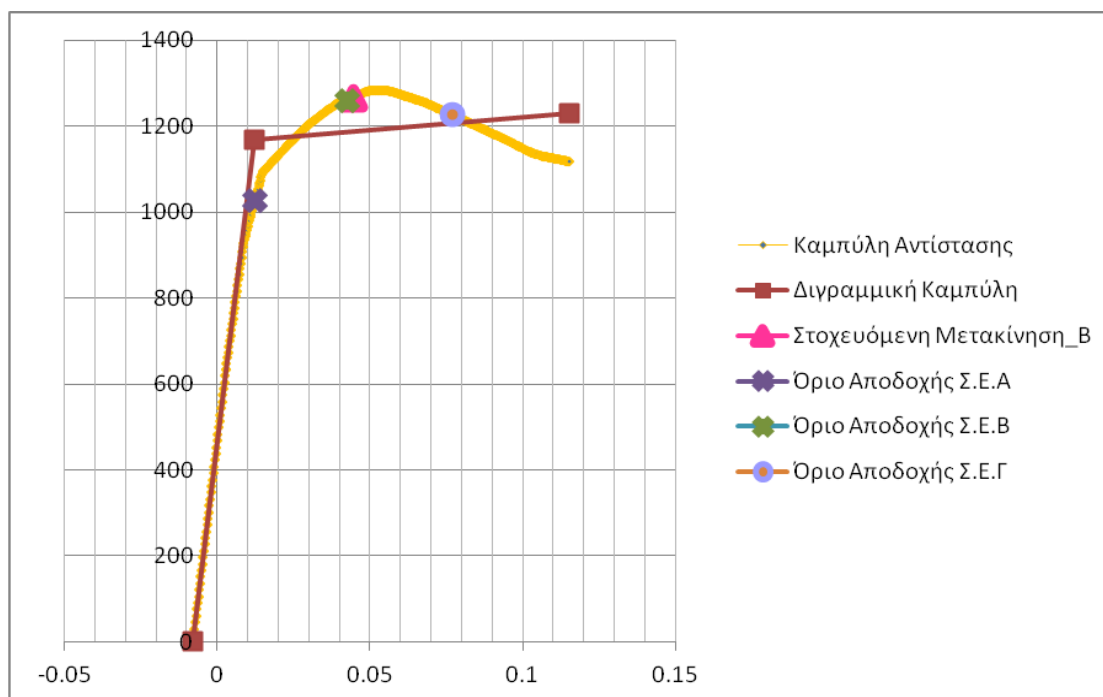
(2)O.T.: Κατασκευή με συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων σε ισόγειο και όροφο

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

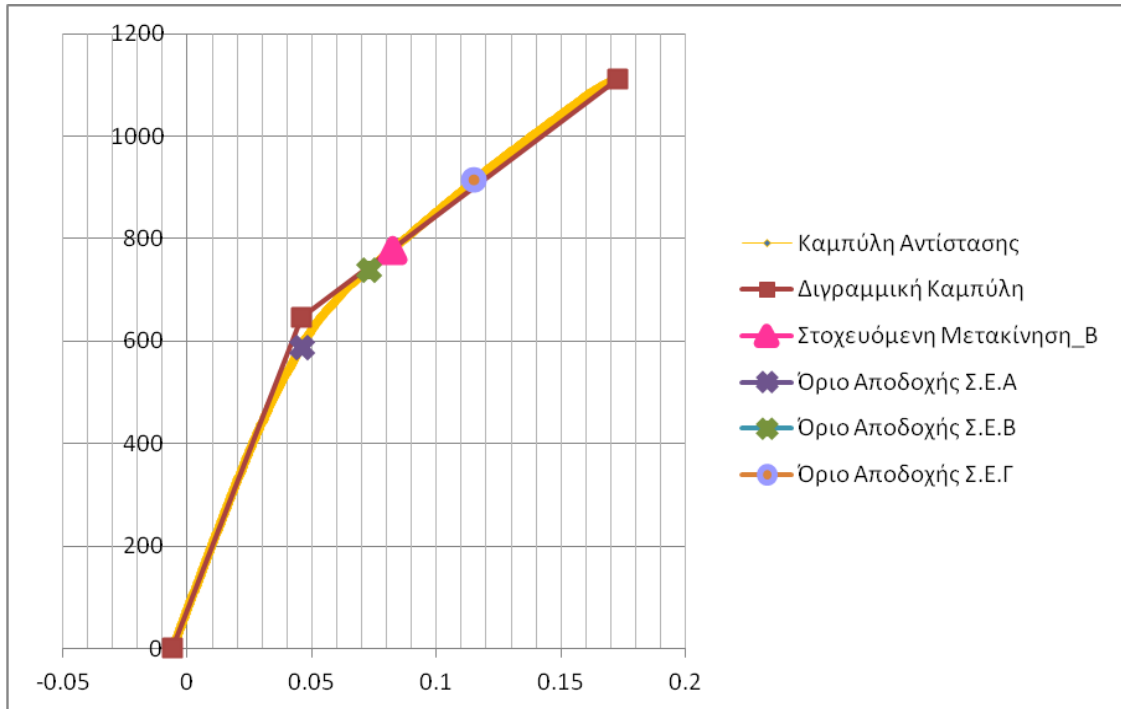
Στα Σχήματα 5, 6 και 7 που αφορούν κατασκευές με επαρκείς ματίσεις παρουσιάζονται η Διγραμμική Καμπύλη και η Εξιδανικευμένη Καμπύλη Αντίστασης της κατασκευής πάνω στην οποία είναι τοποθετημένα τα Όρια Αποδοχής των τριών Σταθμών Επιτελεστικότητας καθώς και η στοχευόμενη μετακίνηση για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β, με απώτερο σκοπό το σχηματικό έλεγχο επάρκειας της κατασκευής για Στάθμη Επιτελεστικότητας Β. Στα Σχήματα 8, 9 και 10 παρουσιάζονται τα ίδια στοιχεία με τους ανωτέρω πίνακες για τις κατασκευές με ανεπαρκείς ματίσεις.



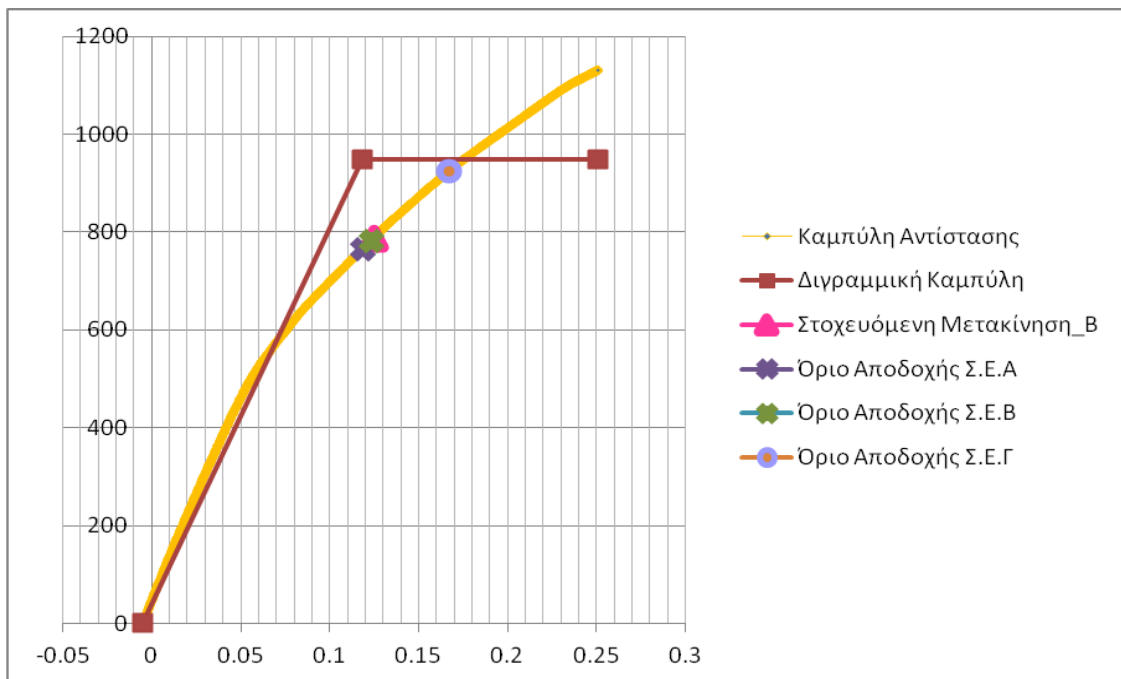
Σχήμα 5: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή χωρίς τοιχοπληρώσεις με επαρκείς ματίσεις



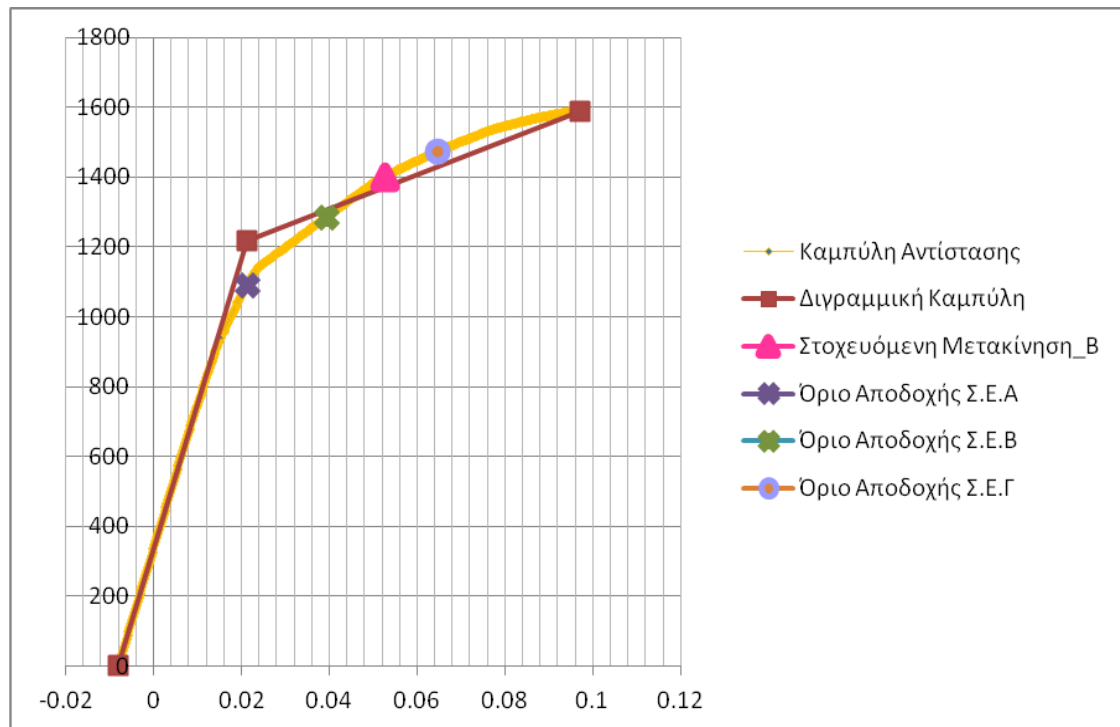
Σχήμα 6: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο με επαρκείς ματίσεις



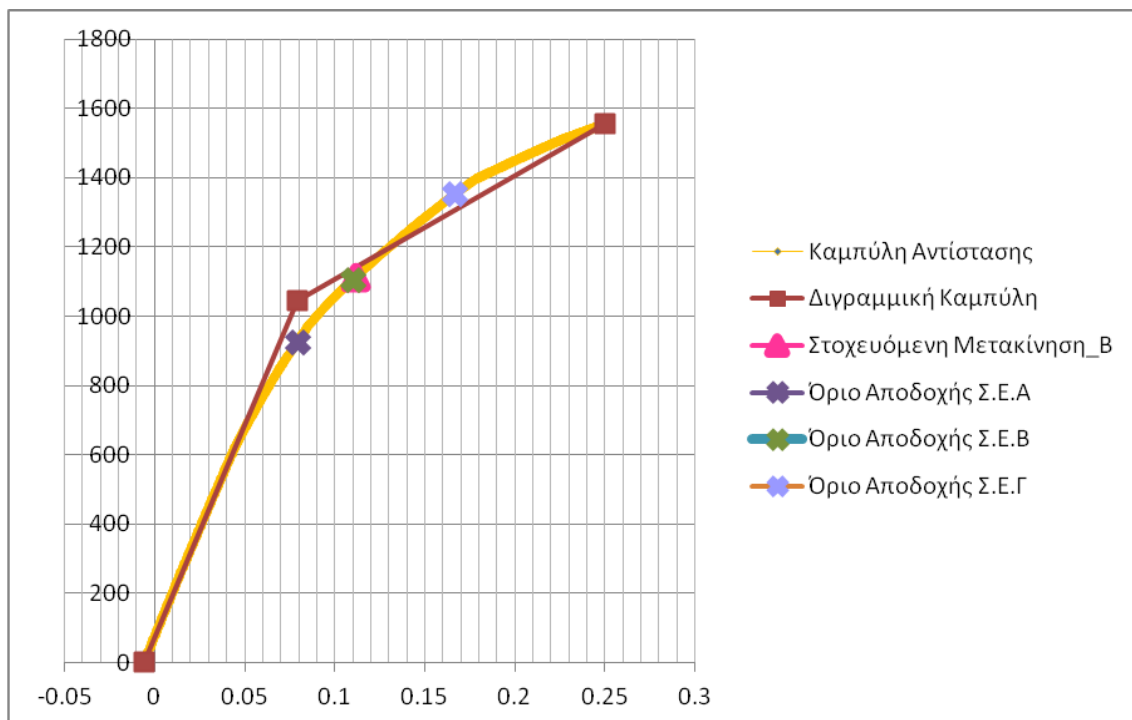
Σχήμα 7: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε όροφο (τύπου pilotis) με επαρκείς ματίσεις



Σχήμα 8: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή χωρίς τοιχοπληρώσεις με ανεπαρκείς ματίσεις



Σχήμα 9: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε ισόγειο και όροφο με ανεπαρκείς ματίσεις



Σχήμα 10: Ανεπάρκεια κατασκευής για Σ.Ε.Β στην κατασκευή με τοιχοπληρώσεις σε όροφο (τύπου pilotis) με ανεπαρκείς ματίσεις

Σύμφωνα με το Παράρτημα §4.2 κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3] υπολογίζεται ο ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q του κτιρίου και για τις τρεις Στάθμες Επιτελεστικότητας, ο οποίος διαμορφώνεται από το γινόμενο του παράγοντος υπεραντοχής q_u και του παράγοντος πλαστιμότητας q_π ως εξής: $q = q_u \times q_\pi$

Ο παράγων q_u που εκφράζεται σε όρους δύναμης ισούται με το λόγο της σεισμικής δύναμης (τέμνουσας βάσης) V_u που οδηγεί σε γενικευμένη διαρροή πολλών δομικών στοιχείων ως προς τη δύναμη V_1 που οδηγεί σε διαρροή του πρώτου δομικού στοιχείου. Για τις υπό μελέτη κατασκευές ισχύει, $q_u = (V_u/V_1) \times \lambda = 1.3 \times 1.1 = 1.43$, με $V_u/V_1=1.3$ για σύστημα πλαισίων $n \geq 2$, πολύστυλα και κτίριο κανονικό σε κάτοψη και με πολλαπλασιαστικό συντελεστή $\lambda=1.1$ για παλαιότερα κτίρια με χάλυβα St.I ή S200

Ο παράγων q_π που εκφράζεται σε όρους παραμόρφωσης (στη συγκεκριμένη μελέτη μετακίνησης) ισούται με το λόγο της οριακής παραμόρφωσης αστοχίας αναλόγως τις Στάθμες Επιτελεστικότητας ως προς την παραμόρφωση γενικευμένης διαρροής. Δηλαδή:

για Στάθμη Επιτελεστικότητας A: $q_{\pi,A} = \mu_{\delta,A} = R_{d,A} / \delta_y$

για Στάθμη Επιτελεστικότητας B: $q_{\pi,B} = \mu_{\delta,B} = R_{d,B} / \delta_y$

για Στάθμη Επιτελεστικότητας Γ: $q_{\pi,\Gamma} = \mu_{\delta,\Gamma} = R_{d,\Gamma} / \delta_y$

όπου $R_{d,A}$, $R_{d,B}$ και $R_{d,\Gamma}$ είναι τα Όρια αποδοχής για τις Στάθμες Επιτελεστικότητας A, B και Γ αντίστοιχα που προαναφέρθηκαν.

Σύμφωνα με την §7.2.6.2 α) κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3] η τιμή του παράγοντα q_π συνδέεται με την τιμή του δείκτη πλαστιμότητας συνολικής οριζόντιας μετάθεσης του κτιρίου, μ_δ , αναφερομένου στην κορυφή του κτιρίου ή στο σημείο εφαρμογής της συνισταμένης ολικής οριζόντιας σεισμικής δύναμης:

$q_\pi = \mu_\delta$, αν $T \geq T_c$, ενώ $q_\pi = 1 + (T/T_c)(\mu_\delta - 1)$, αν $T \leq T_c$

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι ενιαίοι δείκτες συμπεριφοράς των έξι κατασκευών με τη μεθοδολογία που αναφέρθηκε.

Η σχέση που συνδέει τους ενιαίους δείκτες συμπεριφοράς των Σταθμών Επιτελεστικότητας είναι: $q_A < q_B < q_\Gamma$.

Πίνακας 6: Δείκτης Συμπεριφοράς q για τις τρεις Στάθμες Επιτελεστικότητας

Δείκτης Συμπεριφοράς q				
	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	Σ.Ε.Α	Σ.Ε.Β	Σ.Ε.Γ
ΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	X.T. ⁽¹⁾	1.426	2.292	3.623
	O.T. ⁽²⁾	1.389	4.003	6.982
	PIL. ⁽³⁾	1.426	2.272	3.593
ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΜΑΤΙΣΕΙΣ	X.T. ⁽¹⁾	1.429	1.488	2.024
	O.T. ⁽²⁾	1.38	2.289	3.554
	PIL. ⁽³⁾	1.43	1.979	3.004

(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)

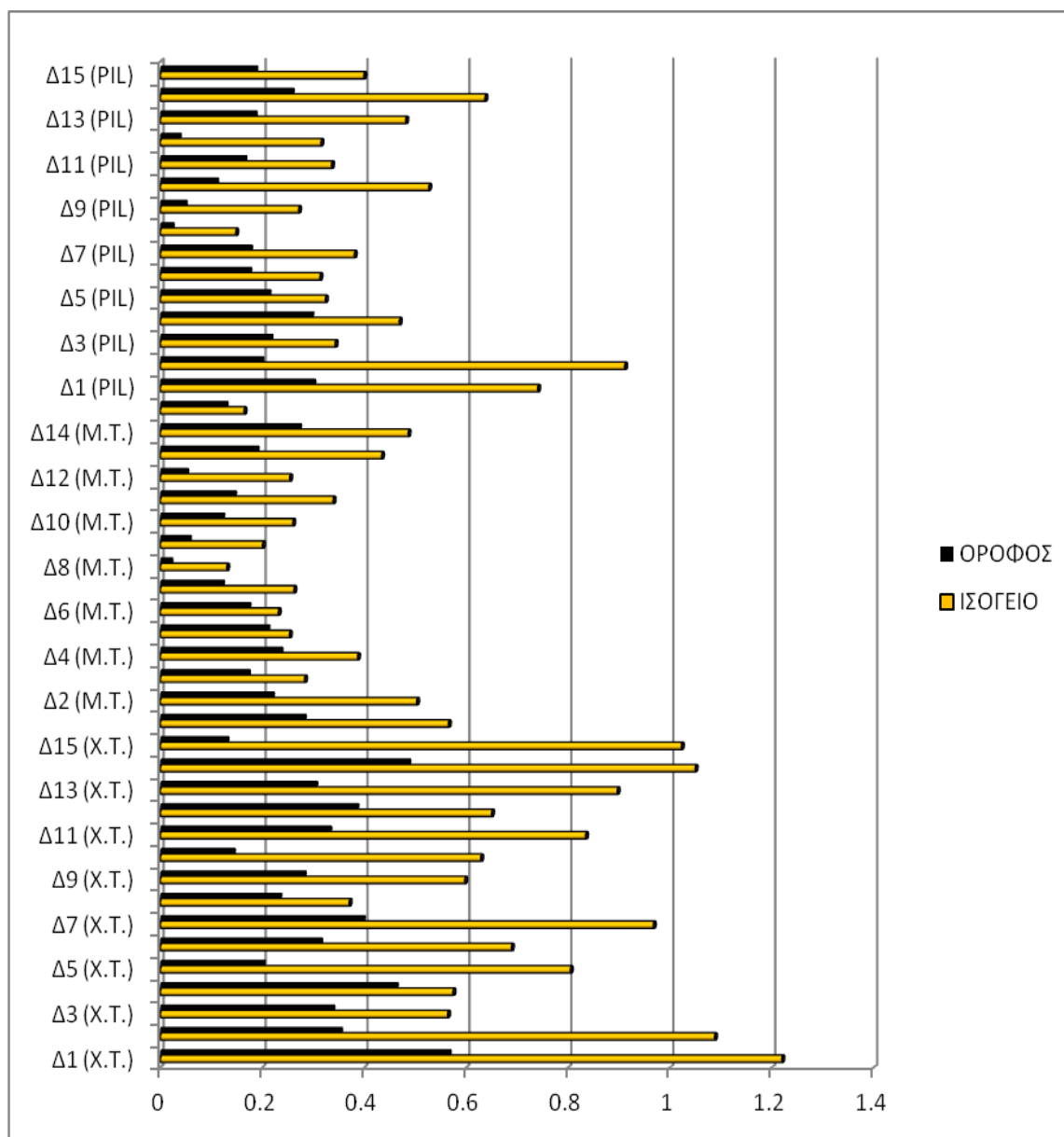
Σύμφωνα με τις §2.4.3.3, 5.5.1.1 και 9.3.1 κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 [3] υπολογίστηκαν για όλα τα δομικά στοιχεία της κατασκευής (υποστυλώματα και δοκάρια) και για Στάθμη Επιτελεστικότητας B οι δείκτες ανεπάρκειας λ . Συγκεκριμένα, βάσει της §5.5.1.1, με σκοπό τον υπολογισμό του δείκτη ανεπάρκειας κάθε δομικού στοιχείου, έγινε προκαταρκτική ελαστική ανάλυση του κτιρίου έτσι ώστε για κάθε δομικό στοιχείο να υπολογιστούν οι λόγοι: $\lambda = S_E / R_m$, όπου:

S_E : είναι το εντατικό μέγεθος ή η παραμόρφωση λόγω των δράσεων του σεισμικού συνδυασμού όπου η σεισμική δράση λαμβάνεται χωρίς μείωση ($q=1$) και R_m η αντίστοιχη διαθέσιμη αντίσταση του στοιχείου υπολογιζόμενη με βάση τις μέσες τιμές των αντοχών των υλικών. Ο όρος S_E βρέθηκε σε όρους παραμόρφωσης θ_s από το πρόγραμμα SAP2000 [2] για ανάλυση Pushover στη διεύθυνση +X στο Βήμα της στοχευόμενης μετακίνησης για κάθε δομικό στοιχείο (υποστύλωμα ή δοκάρρι).

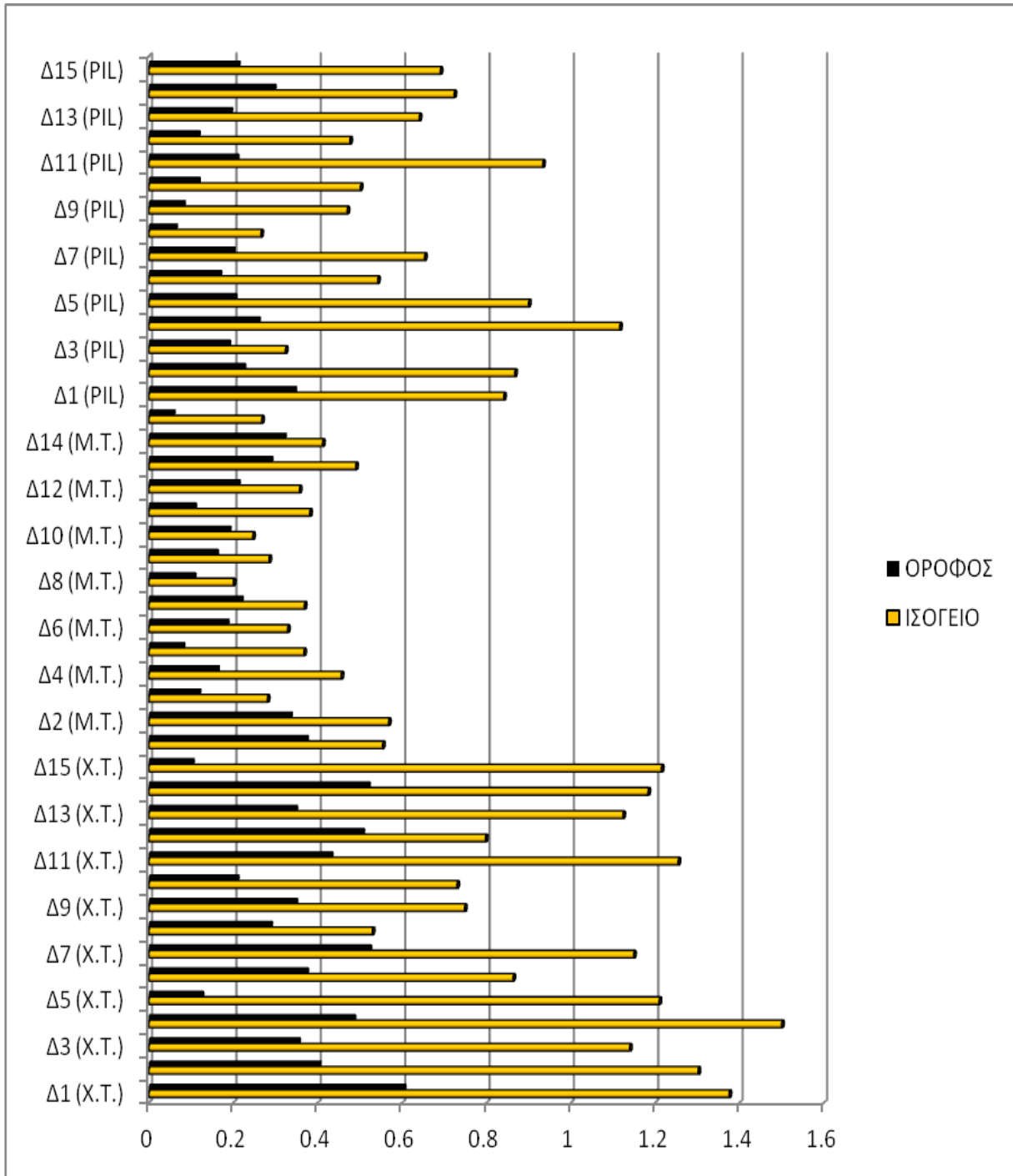
R_m : βρέθηκε σε όρους παραμόρφωσης $\theta = 1/2 (\theta_u + \theta_y) / 1.5$ σε στάθμη επιτελεστικότητας B. Οι όροι θ_u και θ_y βρέθηκαν από το πρόγραμμα BIAx [7] για $N=0$ στα δοκάρια και στα υποστυλώματα για το N που αντιστοιχεί στην παραμόρφωση θ_s αντίστοιχα (για ανάλυση Pushover στη διεύθυνση +X στο Βήμα της στοχευόμενης μετακίνησης).

Οι τιμές των δεικτών ανεπάρκειας λ όλων των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις αναλύσεις με επαρκείς ματίσεις και τις τρεις αναλύσεις με μειωμένες ματίσεις παρατίθενται στα Σχήματα 10 και 11 αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές των δεικτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 7 και 8.

Οι τιμές των δεικτών ανεπάρκειας λ όλων των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις αναλύσεις με επαρκείς ματίσεις και τις τρεις αναλύσεις με μειωμένες ματίσεις παρατίθενται στα Σχήματα 12 και 13 αντίστοιχα, ενώ οι αντίστοιχες τιμές των δεικτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 9 και 10.



Σχήμα 11: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με επαρκείς ματίσεις για Σ.Ε. Β



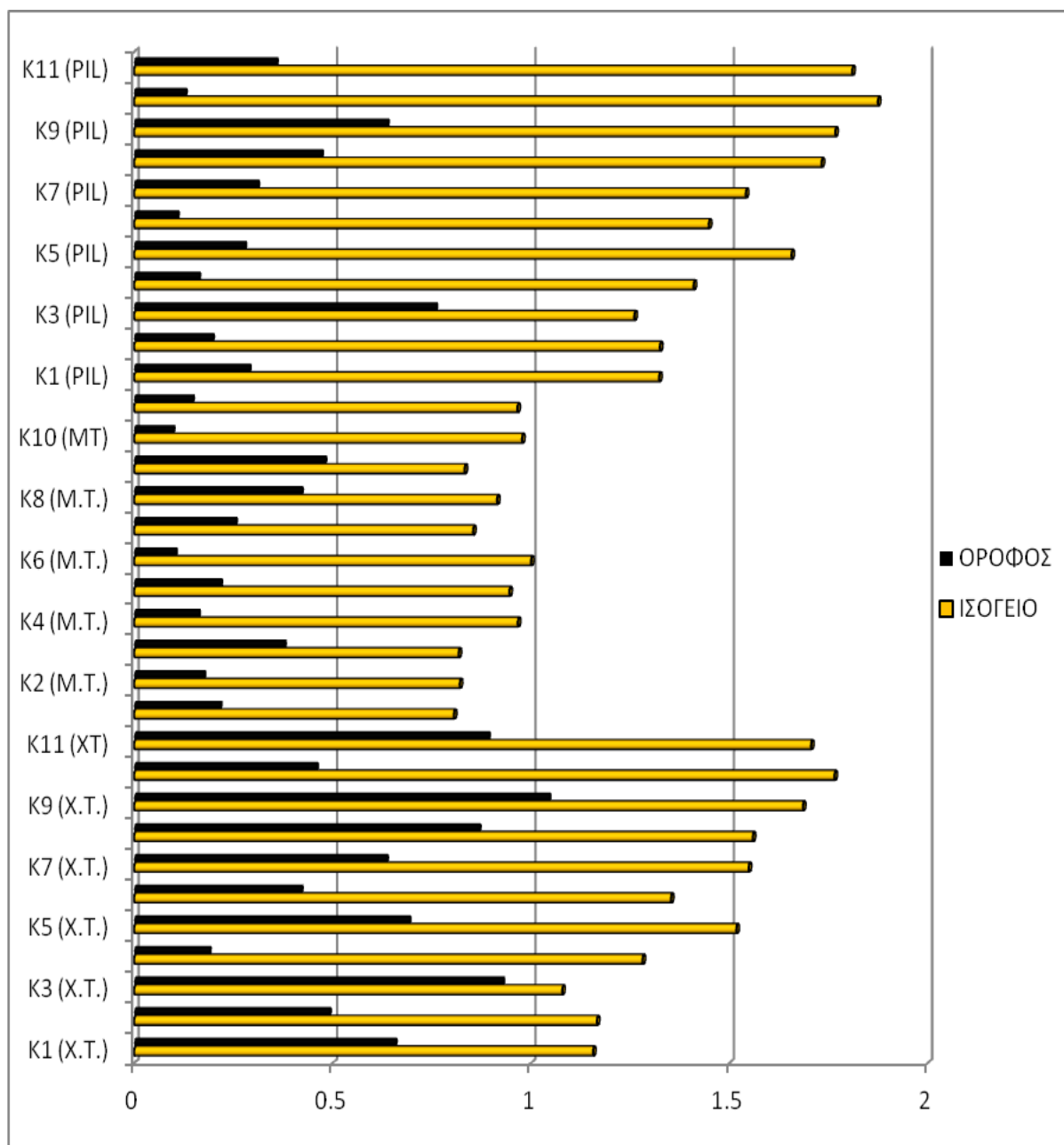
Σχήμα 12: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μειωμένες ματίσεις για Σ.Ε. Β

Πίνακας 7: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με επαρκείς ματίσεις για Σ.Ε. Β

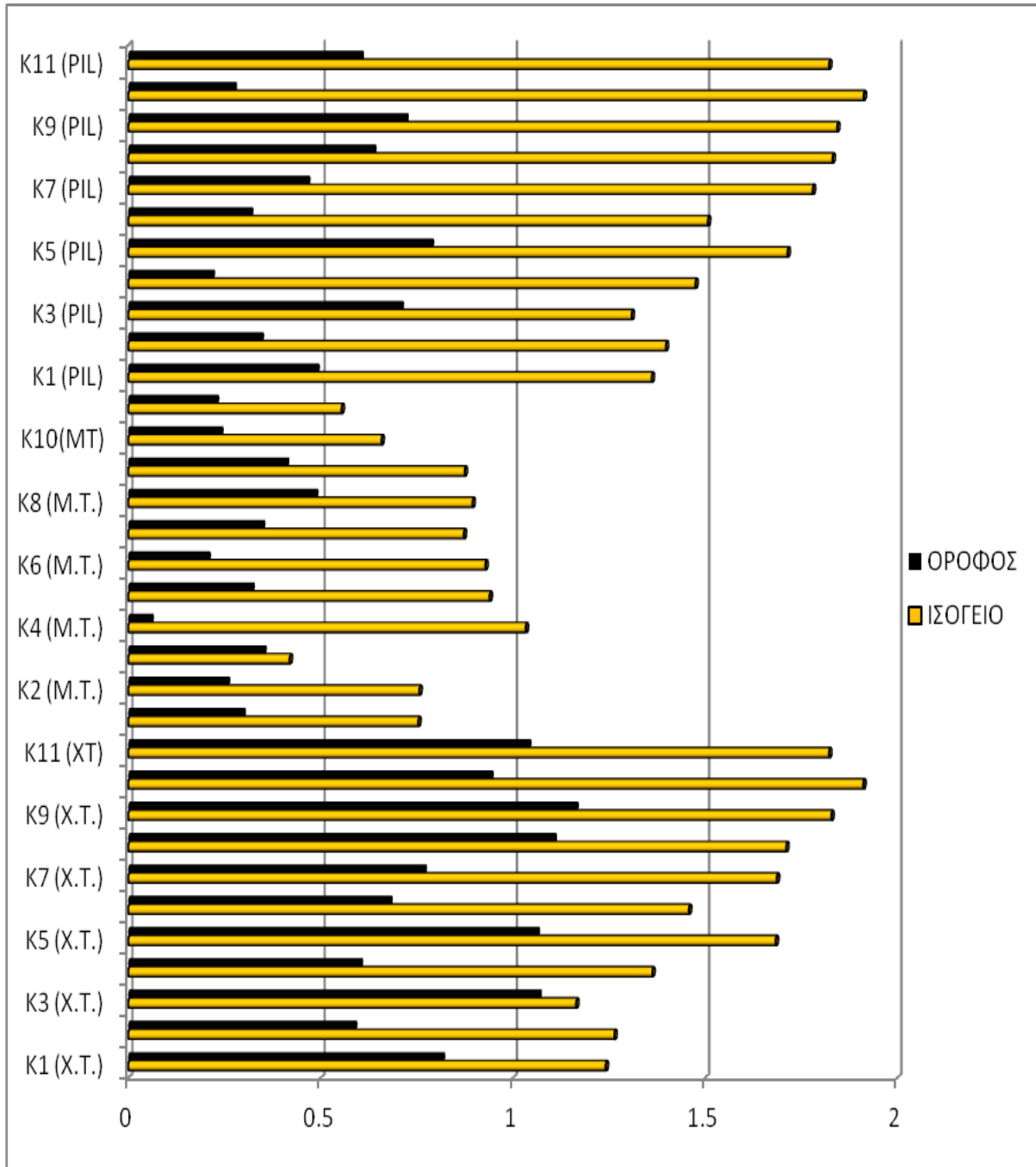
ΔΟΚΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΟΛΟ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ ΠΙΛΟΤΙΣ	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
Δ1	1.22115702	0.56859504	0.5666116	0.28429752	0.74181818	0.30280992
Δ2	1.08886277	0.35527029	0.5044296	0.22170494	0.91258362	0.20068704
Δ3	0.5649833	0.34008042	0.2841955	0.17447012	0.34416956	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 8: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των δοκαριών σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μειωμένες ματίσεις για Σ.Ε. Β

ΔΟΚΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΟΛΟ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ ΠΙΛΟΤΙΣ	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
Δ1	1.3765289	0.60694215	0.5553719	0.37553719	0.84231405	0.3477686
Δ2	1.3031097	0.40544205	0.56951727	0.33764238	0.86851383	0.22712891
Δ3	1.140871	0.35711852	0.28215089	0.12062973	0.32508689	0.19150821
Δ4	1.5010709	0.48794115	0.45721203	0.16481982	1.11742248	0.2616631
Δ5	1.2107253	0.12768195	0.36877551	0.08261773	0.90128433	0.20654433
Δ6	0.8642714	0.3764162	0.32998328	0.187589	0.54357472	0.17025404
Δ7	1.1504678	0.52578776	0.3697713	0.22112569	0.65477775	0.20208431
Δ8	0.5309774	0.2906778	0.20151283	0.10922709	0.26704909	0.06509043
Δ9	0.7495704	0.35008591	0.28618986	0.1626933	0.47143471	0.08376289
Δ10	0.7317073	0.2114693	0.24756425	0.19224482	0.50258288	0.11927025
Δ11	1.2557777	0.43391327	0.38249805	0.11062062	0.93482212	0.211114
Δ12	0.7994448	0.50917022	0.35808466	0.21413701	0.47764449	0.11955983
Δ13	1.1250732	0.35004878	0.49170732	0.2915122	0.64214634	0.19609756
Δ14	1.1845923	0.52231305	0.4130711	0.32317409	0.72486582	0.29927741
Δ15	1.2161022	0.10518342	0.26880208	0.0597338	0.69213289	0.21361325



Σχήμα 13: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με επαρκείς ματίσεις για Σ.Ε. Β



Σχήμα 14: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποτυπωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μειωμένες ματίσεις για Σ.Ε. Β

Πίνακας 9: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με επαρκείς ματίσεις 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 10: Τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ των υποστλωμάτων σε ισόγειο και όροφο για τις τρεις κατασκευές με μειωμένες ματίσεις για Σ.Ε. Β

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΧΩΡΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΜΕ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ		ΤΥΠΟΥ PILOTIS	
	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ	ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ
K1	1.2421697	0.818432	0.7547756	0.3002165	1.362039	0.492462
K2	1.2649403	0.590193	0.7576494	0.2596332	1.398588	0.347512
K3	1.1654044	1.069893	0.4202687	0.3543688	1.309694	0.711326
K4	1.3636463	0.605092	1.0343034	0.0610311	1.47563	0.21979
K5	1.6842984	1.06529	0.9401788	0.3234426	1.715282	0.78991
K6	1.4588846	0.681774	0.9293195	0.2091788	1.508185	0.319796
K7	1.6873667	0.771011	0.8731819	0.35093	1.780745	0.468101
K8	1.7117255	1.109494	0.8957624	0.4889084	1.832179	0.639693
K9	1.8292452	1.165814	0.8755916	0.4131097	1.844137	0.723699
K10	1.912258	0.944847	0.6591615	0.2421452	1.913405	0.277109
K11	1.8231769	1.043096	0.5554587	0.2309461	1.823225	0.607354

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ❖ Αναφορικά με τους δείκτες ανεπάρκειας λ των δοκαριών στα Σχήματα 11 και 12 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 των επαρκών ματίσεων αποδείχτηκε ιδιαίτερα ευνοϊκή στους δείκτες λ ισογείου και ορόφου, καθώς στις τρεις αναλύσεις που έγιναν με μειωμένες ματίσεις οι δείκτες λ αυξήθηκαν σημαντικά.

- στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται το πλήθος των δοκών που έχουν αστοχήσει ($\lambda > 1$) στις κατασκευές με ή χωρίς επαρκείς ματίσεις. Στους δείκτες ανεπάρκειας των δοκών η επιρροή των μειωμένων ματίσεων φαίνεται στο πλήθος των δοκών που αστοχούν, δηλαδή $\lambda > 1$, καθώς όλοι οι δείκτες ανεπάρκειας έχουν αυξηθεί και πολλά περισσότερα δοκάρια έχουν αστοχήσει όπως φαίνεται στους Πίνακες 7 και 8.
- ❖ Αναφορικά με τους δείκτες ανεπάρκειας λ των υποστυλωμάτων στα Σχήματα 13 και 14 παρατηρείται ότι :
 - οι δείκτες λ του ισόγειου είναι πολύ μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους του ορόφου.
 - οι δείκτες ανεπάρκειας λ του ισόγειου 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 των επαρκών ματίσεων στις κατασκευές αποδείχτηκε ιδιαίτερα ευνοϊκή στους δείκτες λ ισόγειου και ορόφου, καθώς στις τρεις αναλύσεις που έγιναν με μειωμένες ματίσεις οι δείκτες λ αυξήθηκαν σημαντικά
 - Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται το πλήθος των υποστυλωμάτων που έχουν αστοχήσει ($\lambda > 1$) στις κατασκευές με ή χωρίς επαρκείς ματίσεις. Στους δείκτες ανεπάρκειας των υποστυλωμάτων σε ταύτιση με τους δείκτες λ των δοκαριών η επιρροή των μειωμένων ματίσεων 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 9 και 10.

Πίνακας 11: Πλήθος δοκών που έχουν αστοχήσει στις κατασκευές με ή χωρίς επαρκείς ματίσεις

Δείκτες Ανεπάρκειας Δοκών (Πλήθος δοκών 15)						
	Χ.Τ.		Μ.Τ.		PILOTIS	
	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος
Επαρκείς Ματίσεις	4	-	-	-	-	-
Ανεπαρκείς Ματίσεις	10	-	-	-	1	-

Πίνακας 12: Πλήθος υποστυλωμάτων που έχουν αστοχήσει στις κατασκευές με ή χωρίς επαρκείς ματίσεις

Δείκτες Ανεπάρκειας Υποστυλωμάτων (Πλήθος υποστυλωμάτων 11)						
	Χ.Τ.		Μ.Τ.		PILOTIS	
	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος	Ισόγειο	Όροφος
Επαρκείς Ματίσεις	11	1	-	-	11	-
Ανεπαρκείς Ματίσεις	11	5	1	-	11	-

- ❖ Σύμφωνα με τον Πίνακα 5 παρατηρείται ότι σε όλες τις αναλύσεις η κατασκευή δεν επαρκεί για Σ.Ε.Β., καθώς η στοχευόμενη μετακίνηση πραγματοποιείται μετά το όριο αποδοχής Σ.Ε.Β.

- ❖ Από τον Πίνακα 6 παρατηρείται η αρνητική επίδραση των μειωμένων ματίσεων στον ενιαίο δείκτη συμπεριφοράς q ολόκληρης της κατασκευής καθώς οι τιμές του q των κατασκευών, στις οποίες δεν υπάρχουν επαρκείς ματίσεις μειώνεται κατά πολύ συγκριτικά με τις αντίστοιχες κατασκευές στις οποίες οι ματίσεις είναι επαρκείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Φαρδής Μ., “Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος (Μέρος ΙΙΙ)”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2004.
- [2] Πρόγραμμα Sap 2000.
- [3] Ο.Α.Σ.Π., “ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 Κανονισμός Επεμβάσεων”, Τυπογραφείο Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2015
- [4] Ο.Α.Σ.Π., “ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 Κανονισμός Επεμβάσεων”, Τυπογραφείο Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2015 (Λήψη Φωτογραφικού Υλικού).
- [5] Κάππος Α., Παναγόπουλος Γ., Πρόγραμμα BILIN, Α.Π.Θ. 2008.
- [6] Κάππος Α., Παναγόπουλος Γ., “Διγραμμική Προσέγγιση διαγραμμάτων μεγθών δυνάμεων-παραμορφώσεων”, 16^ο Συνέδριο Σκυροδέματος, Πάφος 2009.
- [7] Σφακιανάκης Μ., Πρόγραμμα BIAΧ.
- [8] Δρίτσος Σ., “Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2005.
- [9] Δρίτσος Σ., “Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος Ανασχεδιασμός Υφιστάμενων Κατασκευών”, Πάτρα 2017.
- [10] “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.
- [11] “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 3: Assessment and retrofitting of buildings”, English version, CEN, EN 1998-3, June 2005.

