

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΩΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΥΟ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΟΡΟΦΩΝ

ΠΑΠΠΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

Μεταπτυχιακός φοιτητής Πανεπιστημίου Πατρών, Pap_sp1993@hotmail.com

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία ασχολείται με την αποτίμηση μίας διώροφης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα η οποία είναι χτισμένη το 1980 και διέπεται από τους παλιούς κανονισμούς. Η αποτίμηση γίνεται με την PUSS-OVER ανάλυση, η οποία αποδίδει την αντοχή και συμπεριφορά της κατασκευής με τον πιο αποδοτικό τρόπο. Ακόμα, γίνεται έλεγχος της αντοχής της κατασκευής για την προσθήκη δύο επιπλέον ορόφων. Καταληκτικά γίνονται προτάσεις ενίσχυσης και εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα για την αποτίμηση.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

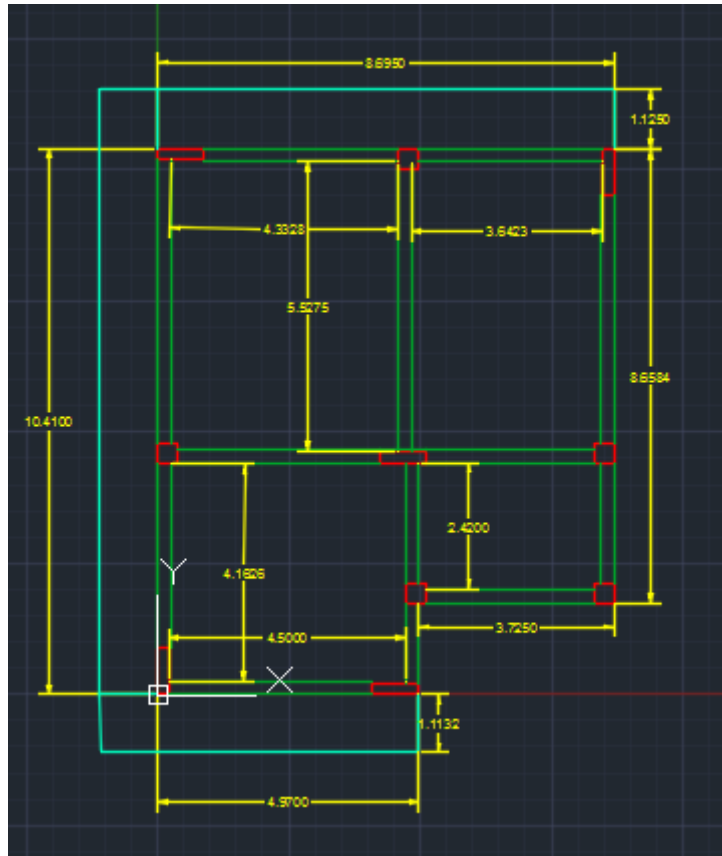
Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, με τόσο έντονη σεισμική δραστηριότητα και με αρκετά μεγάλο ποσοστό κτιρίων χτισμένων πριν το 1985, όπου εκείνη την χρονιά εντάσσεται η λογική του αντισεισμικού σχεδιασμού των κατασκευών και διατάξεις όπως κανονικότητα καθ' ύψος και κάτοψης, ικανοτικός σχεδιασμός σε κόμβους για την αποφυγή σχηματισμού πλαστικών αθρώσεων στα άκρα των υποστυλωμάτων κ.α, είναι αναγκαία η δημιουργία ενός κανονισμού που θα προσφέρει κοντινά μεγέθη εκτίμησης της αντοχής ενός μέλων και της όλης κατασκευής γενικότερα. Είναι αναγκαίο ένας μηχανικός του σήμερα να γνωρίζει, έπειτα από μια σειρά ενεργειών που θα προβεί, την συμπεριφορά και την αντοχή της κατασκευής, για αυτό το λόγω δημιουργήθηκε ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), για να εντάξει τον μηχανικό στην φιλοσοφία της αποτίμησης και της ενίσχυσης, όπου αυτή χρειάζεται.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ υπολογίζει όπως είπαμε αντοχές μελών, αλλά επειδή μιλάμε για υφιστάμενα κτίρια τα οποία στέκουν εκεί για χρόνια και αλληλεπιδρούν με τον περιβάλλοντα χώρο, μπορεί να έχουν υποστεί ζημιές που να μην φαίνονται εξωτερικά, όπως για παράδειγμα η διάβρωση του οπλισμού λόγω οξύδωσης. Έτσι λοιπόν ανάλογα με την εικόνα που έχουμε για το κτίριο και την οπτική επιθεώρηση, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ σε καθοδηγεί με βάσει την αξιοπιστία που έχουμε για τα δεδομένα μας και έχει εντάξει τις «ΣΑΔ» Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων και κάθε φορά δίνει άλλους συντελεστές ασφαλείας.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

Η κατασκευή έχει κατασκευαστεί το 1980 με τους τότε ισχύοντες κανονισμούς, πρόκειται για μία διώροφη κατοικία που η κάτοψη και οι διαστάσεις της οποίας φαίνονται παρακάτω:



Σχήμα 1: Κάτοψη κατασκευής

Όλες οι πλάκες έχουν πάχος $h_f=12,5$ εκ. Το ύψος του ορόφου (συμπεριλαμβανομένου του πάχους της πλάκας) είναι: $H_{op}=3$ μ. Η αντοχή του σκυροδέματος έχει εκτιμηθεί με ΣΑΔ ικανοποιητική και οι αντιπροσωπευτικές τιμές έχουν προκύψει: μέση αντοχή $f_{cm}=20$ MPa και χαρακτηριστική ($=f_{cm}-s$) $=15$ MPa, ενώ ο χάλυβας είναι S400.

Στη φάση διερεύνησης και αποτύπωσης του φορέα προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία για τις διαστάσεις και τους οπλισμούς των υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων:

Διαστάσεις κατακόρυφων στοιχείων:

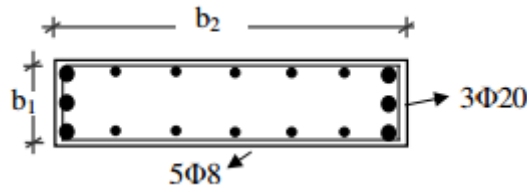
-Όλα τα υποστυλώματα είναι τετραγωνικά και έχουν διαστάσεις $0,375 \times 0,375$ m

-Όλα τα τοιχώματα έχουν διαστάσεις $0,22 \times 0,88$ m.

Οπλισμός κατακόρυφων στοιχείων:

-Όλα τα υποστυλώματα έχουν ένα σίδερο $\varnothing 20$ σε κάθε γωνία, άρα $4\varnothing 20$

-Όλα τα τοιχώματα έχουν στις ακραίες διατομές $3\varnothing 20$ και $5\varnothing 8$ στο ενδιάμεσο, όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 2: Διατομή υποστυλώματος

Οι περιμετρικές δοκοί έχουν διαστάσεις 250/550 και οπλίζονται στο κάτω πέλμα με 5Φ16 στα ανοίγματα, από τα οποία τα 2Φ16 καμπτονται στις στηρίξεις. Οι εσωτερικές δοκοί έχουν διαστάσεις 250/600 και οπλίζονται στο κάτω πέλμα με 4Φ20 στα ανοίγματα, από τα οποία τα μισά κάμπτονται στις στηρίξεις. Στο πάνω πέλμα όλων των δοκών υπάρχει οπλισμός 2Φ10, που δεν συμμετέχει στην ανάληψη ροπής στις παρειές στήριξης, λόγω μη επαρκούς αγκύρωσής του. Οι συνδετήρες είναι ορθογωνικοί Φ8/200 σε όλα τα υποστυλώματα, ή τοιχώματα και Φ8/250 στις δοκούς με κακή αγκύρωση.

Οι πλάκες είναι οπλισμένες σε δύο διευθύνσεις με Φ10/120 και δεν θα ελεγχθούν. Επί των πλακών υπάρχει φορτίο από επίστρωση ίσο με $1,2 \text{ kN/m}^2$. Τα ωφέλιμα φορτία να ληφθούν με βάση τους ισχύοντες Κανονισμούς Φορτίσεων. Το δώμα θεωρείται μη βατό.

Περιμετρικά σε κάθε όροφο υπάρχει μπατική τοιχοποιία με εκτιμώμενο φαινόμενο βάρος 3.6 kN/m^2 επιφάνειας όψης και εσωτερικά, κάτω από κάθε (εσωτερική) δοκό, δρομική τοιχοποιία με φαινόμενο βάρος 2.1 kN/m^2 . Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μείωση των φορτίων των τοιχοπληρώσεων λόγω των ανοιγμάτων, τα φαινόμενα βάρη μπορούν χωρίς υπολογισμούς (για απλοποίηση) να θεωρηθούν μειωμένα κατά 50% και 35% αντίστοιχα. Επί των περιμετρικών δοκών της οροφής υπάρχει μπατική τοιχοποιία ύψους 1.20 m. Τα ανοίγματα (παράθυρα ή πόρτες) να θεωρηθούν στο μέσον όλων των τοιχοπληρώσεων (εσωτερικών και περιμετρικών).

Το κτίριο θεωρείται ότι βρίσκεται σε περιοχή ζώνης σεισμικότητας III, κατά ΕΑΚ, αλλά θα ελεγχθεί και για ζώνη σεισμικότητας II, με κατηγορία εδάφους B και σπουδαιότητα Σ2. Το ελαστικό φάσμα ψευδοεπιταχύνσεων για τις παραπάνω συνθήκες θα ληφθεί από τον ως άνω ισχύοντα Αντισεισμικό Κανονισμό.

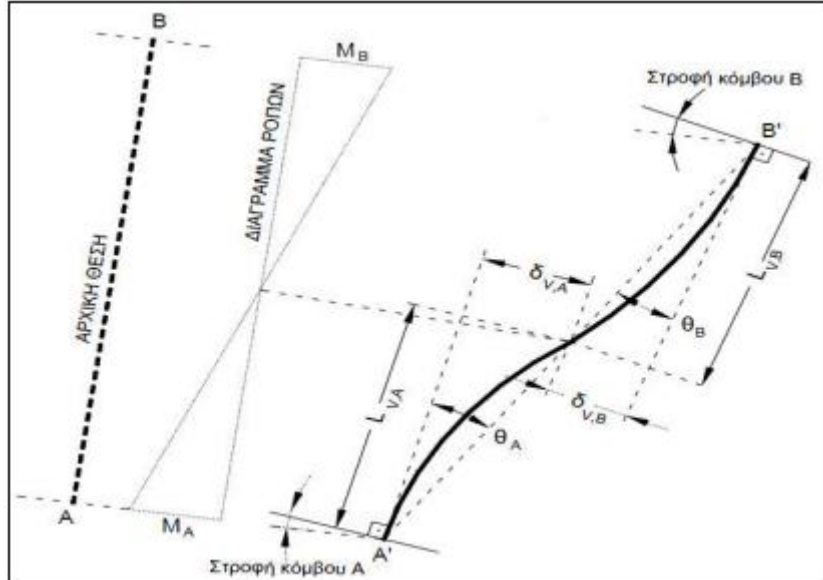
2.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΣΤΟ FESPA

Η προσομοίωση του κτιρίου έγινε στο πρόγραμμα fespa. Όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια μέλη προσομοιώθηκαν με γραμμικά μέλη. Οι πλάκες έχουν προσομοιωθεί ως αξονικά άκαμπτα στοιχεία και εξυπηρετούν στην διαφραγματική λειτουργία και στην μεταφορά των οριζόντιων δυνάμεων από μέλος σε μέλος.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ PUSS-OVER

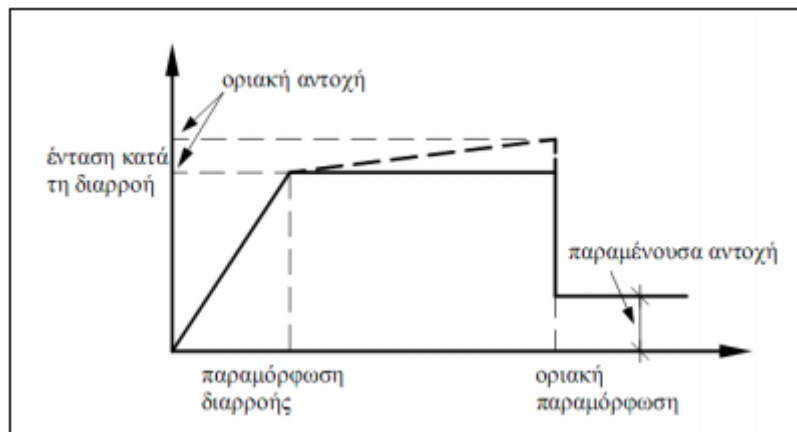
Η ανάλυση PUSS-OVER είναι η πλέον αξιόπιστη μέθοδος ανάλυσης για την κατανόηση της συμπεριφοράς της κατασκευής. Κύριος στόχος της στατικής ανελαστικής ανάλυσης είναι η εκτίμηση του μεγέθους των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα αναπτυχθούν στα δομικά στοιχεία της κατασκευής, όταν αυτή υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται η αποτίμηση ή ο ανασχεδιασμός. Τα μεγέθη αυτά των ανελαστικών παραμορφώσεων συγκρίνονται με τις επιτρεπόμενες τιμές που προσδιορίζονται με βάση τη στοχευόμενη στάθμη επιτελεστικότητας και τις ικανότητες των μελών. Στη στατική ανελαστική ανάλυση

χρησιμοποιείται ένα προσομοίωμα του φορέα το οποίο λαμβάνει υπόψη ανελαστικούς νόμους φορτίου-παραμόρφωσης για τα επιμέρους δομικά στοιχεία του κτιρίου. Ειδικότερα για το σκυρόδεμα, λόγω του ότι οι καμπτικές και οι διατμητικές παραμορφώσεις συνυπάρχουν, χρησιμοποιείται ο ανελαστικός νόμος ροπής κάμψης – γωνία στροφής χορδής ($M-\theta$).



Σχήμα 3: Ορισμός στροφής χορδής θ

Το προσομοίωμα φορτίζεται με οριζόντια φορτία διαφορετικών κατανομών καθ' ύψος, τα οποία αυξάνουν μονότονα και αναπαριστούν τις αδρανειακές δυνάμεις που εμφανίζονται στα επίπεδα των ορόφων κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Η ανάλυση διενεργείται μέχρι να σημειωθεί αστοχία του φορέα. Η συνήθης μορφή αστοχίας είναι η αστοχία σε κάμψη μίας κρίσιμης διατομής (ο ικανοτικός σχεδιασμός που επιβάλλουν οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί εξασφαλίζει ότι η καμπτική αστοχία προηγείται πάντοτε της διατμητικής) ή η μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό, τοπικά ή συνολικά. Σε κάθε περιοχή που αναμένεται να εμφανιστεί ανελαστική συμπεριφορά λαμβάνεται υπόψη η σχέση φορτίου - παραμόρφωσης μέσω πλήρων καμπυλών μονότονης φόρτισης μέχρι την αστοχία. Οι καμπύλες αυτές περιλαμβάνουν την φάση εξασθένησης του στοιχείου, καθώς και την παραμένουσα αντοχή του και έχουν την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 4: Καμπύλη συμπεριφοράς $M-\theta$

3.1 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Για την εξυπηρέτηση ευρύτερων κοινωνικο-οικονομικών αναγκών, θεσπίζονται διάφορες «στάθμες επιτελεστικότητας» υπό δεδομένους αντίστοιχους σεισμούς σχεδιασμού. Οι στόχοι αποτίμησης αποτελούν συνδυασμούς αφενός μίας στάθμης επιτελεστικότητας και αφετέρου μιας σεισμικής δράσης με δεδομένη «ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτιρίου». Συγκεκριμένα ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ορίζει τρεις στάθμες επιτελεστικότητας:

- Περιορισμένες βλάβες (Α): Ο φορέας έχει υποστεί ελαφριές βλάβες που δεν χρήζουν άμεσης επισκευής, ενώ οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις των ορόφων είναι αμελητέες. Το κτίριο είναι ασφαλές για χρήση μετά τον σεισμό.
- Σημαντικές βλάβες (Β): Ο φορέας έχει υποστεί σημαντικές, αλλά επισκευάσιμες βλάβες. Μετρίου μεγέθους μόνιμες μετακινήσεις. Το κτίριο κινδυνεύει από μετασεισμούς μικρής έντασης.
- Οιονεί κατάρρευση (Γ): Ο φορέας έχει υποστεί σοβαρές βλάβες, μη επισκευάσιμες. Οι μόνιμες μετακινήσεις των ορόφων είναι μεγάλες. Το κτίριο είναι ακατάλληλο για χρήση.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι στάθμες επιτελεστικότητας που προβλεπει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ως στόχους αποτίμησης.

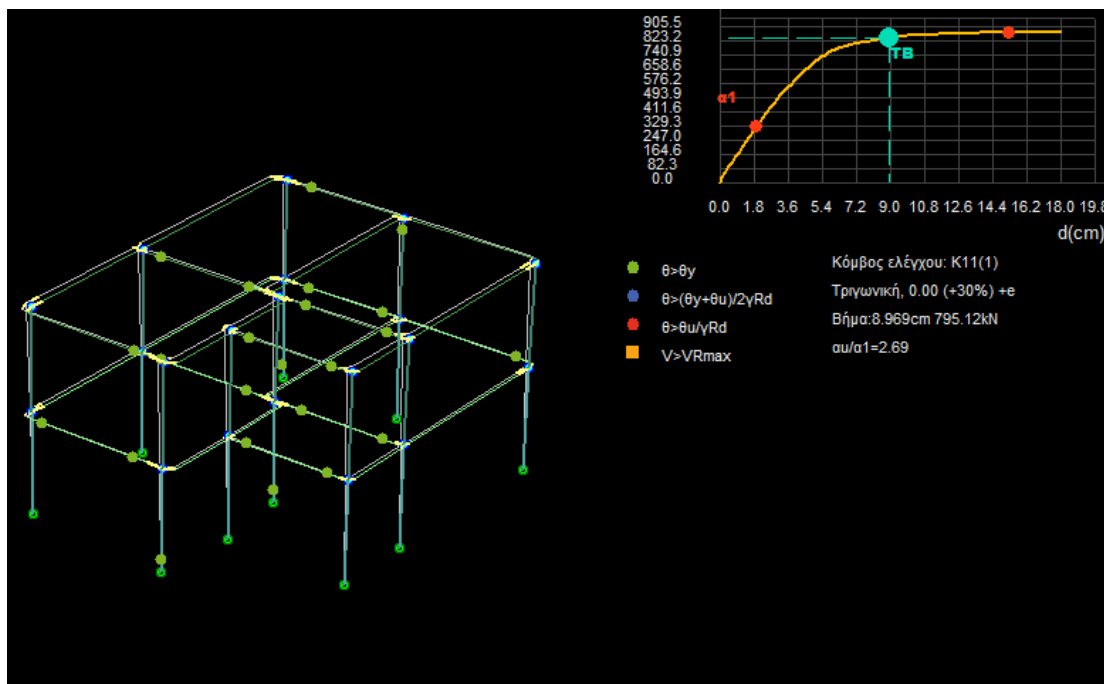
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	Περιορισμένες βλάβες	Σημαντικές βλάβες	Οιονεί κατάρρευση
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Πίνακας 1: Στάθμες επιτελεστικότητας

Για το συγκεκριμένο κτίριο θα εξετασθεί αν αντέχει για τις σταθμες επιτελεστικότητας Β και Γ για 50% υπέρβαση της σεισμικής δράσης.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ PUSS-OVER

Η αποτίμηση του κτιρίου έγινε με εφαρμογή της ανελαστικής στατικής ανελαστικής ανάλυσης γίνεται με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 8. Ως στάθμη επιτελεστικότητας όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, επιλέχθηκαν η στάθμη «σημαντικές βλάβες» και «οιονεί κατάρρευση» με ποσοστό υπέρβασης 50%, για σεισμικές ζώνες II και III. Η ανελαστική ανάλυση PUSS-OVER εκτελέστηκε με οριζόντια ώθηση στο κτίριο, τριγωνικής και ιδιομορφικής κατανομής, το αποτέλεσμα της ανάλυσης μας έδωσε την καμπύλη δύναμης-μετακίνησης για τον κόμβο ελέγχου που διαλέξαμε στην ανώτατη στάθμη της κατασκευής. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης με τους λόγους επάρκειας υποστυλωμάτων και δοκών για μία τυχαία κατανομή της οριζόντιας φόρτισης της PUSS-OVER.



Σχήμα 5: Προσομοίωμα και καμπύλη Δύναμης-μετατόπισης

Κατεύθυνση φόρτισης	d (cm)	V [kN]
0° +30%· 90° +eZ Κατανομή: Τριγωνική	17.969	821.7
0° +30%· 90° -eZ Κατανομή: Τριγωνική	17.969	821.2
0° -30%· 270° -eZ Κατανομή: Τριγωνική	17.969	821.3
0° +30%· 90° +eZ Κατανομή: Τριγωνική	17.609	806.3
0° +30%· 90° +eZ, Κατανομή: Ιδιομορφική	17.789	805.8
0° +30%· 90° -eZ, Κατανομή: Ιδιομορφική	15.089	809.5
0° -30%· 270° -eZ, Κατανομή: Ιδιομορφική	17.854	700.9
90° +30%· 0° +eX, Κατανομή: Ιδιομορφική	18.034	688.3

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανάλυσης PUSS-OVER

Μέλος	Κ/Δ	ΑΔΛ Αρχής	ΑΔΛ Τέλους	ΑΣΔ Αρχής	ΑΣΔ Τέλους	ΛΙΝ Αρχής	ΛΙΝ Τέλους	λ VRy	λ VRz
K 2(0)	Κύριο	0.52	0.25	0.37	0.13	0.58	0.16	0.34	0.38
K 2(1)	Κύριο	0.61	0.95	0.17	0.56	0.18	0.78	0.36	0.47
K 3(0)	Κύριο	0.54	0.25	0.34	0.10	0.54	0.11	0.28	0.32
K 3(1)	Κύριο	0.35	0.58	0.12	0.36	0.11	0.47	0.32	0.33
K 4(0)	Κύριο	0.60	0.36	0.39	0.10	0.60	0.18	0.31	0.48
K 4(1)	Κύριο	0.61	0.79	0.20	0.42	0.30	0.66	0.26	0.49
K 7(0)	Κύριο	0.79	0.14	0.45	0.13	0.74	0.13	0.00	0.56
K 7(1)	Κύριο	0.22	0.45	0.12	0.36	0.15	0.46	0.00	0.12
K 10(0)	Κύριο	0.76	0.19	0.45	0.11	0.70	0.10	0.00	0.53
K 10(1)	Κύριο	0.25	0.40	0.17	0.32	0.13	0.40	0.00	0.18
K 11(0)	Κύριο	0.64	0.15	0.55	0.14	0.93	0.14	0.00	0.56
K 11(1)	Κύριο	0.27	0.55	0.11	0.43	0.15	0.56	0.00	0.37
K 12(0)	Κύριο	0.94	0.23	0.61	0.19	0.98	0.21	0.00	0.56
K 12(1)	Κύριο	0.34	0.56	0.13	0.41	0.17	0.52	0.00	0.21
K 13(0)	Κύριο	0.47	0.28	0.46	0.24	0.73	0.23	0.31	0.40
K 13(1)	Κύριο	0.42	0.76	0.20	0.55	0.19	0.87	0.38	0.37
K 14(0)	Κύριο	0.41	0.21	0.39	0.19	0.74	0.18	0.30	0.33
K 14(1)	Κύριο	0.34	0.88	0.20	0.64	0.17	0.87	0.33	0.38
K 15(0)	Κύριο	0.96	0.17	0.58	0.15	0.90	0.17	0.00	0.55
K 15(1)	Κύριο	0.27	0.52	0.13	0.41	0.16	0.47	0.00	0.20

Πίνακας 3: Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων (PUSS-OVER)

Μέλος	Κ/Δ	ΑΔΛ Αρχής	ΑΔΛ Τέλους	ΑΣΔ Αρχής	ΑΣΔ Τέλους	ΑΝΚ Αρχής	ΑΝΚ Τέλους	λ VRy Αρχής	λ VRy Τέλους
Δ 1.1(0)	Κύριο	1.57 !	0.18	0.59	0.17	0.78	0.28	0.40	0.16
Δ 1.2(0)	Κύριο	0.93	0.38	0.18	0.20	0.26	0.39	0.31	0.17
Δ 2.1(0)	Κύριο	0.18	0.42	0.03	0.01	0.02	0.04	0.14	0.17
Δ 3.1(0)	Κύριο	0.76	0.25	0.98	0.30	1.83 !	0.53	1.67 !	0.64
Δ 3.2(0)	Κύριο	0.58	0.18	0.22	0.02	0.37	0.17	0.29	0.14
Δ 4.1(0)	Κύριο	0.27	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.11	0.07
Δ 5.1(0)	Κύριο	0.89	0.19	0.36	0.12	0.73	0.16	0.32	0.15
Δ 5.2(0)	Κύριο	0.74	0.80	0.10	0.32	0.13	0.46	0.24	0.12
Δ 6.1(0)	Κύριο	0.02	0.37	0.04	0.03	0.05	0.04	0.12	0.19
Δ 6.2(0)	Κύριο	0.01	0.67	0.04	0.20	0.07	0.22	0.14	0.22
Δ 7.1(0)	Κύριο	0.89	0.14	0.03	0.20	0.16	0.37	0.40	0.24
Δ 8.1(0)	Κύριο	0.54	0.15	0.12	0.06	0.12	0.05	0.23	0.11
Δ 9.1(0)	Κύριο	0.09	0.41	0.03	0.04	0.04	0.04	0.17	0.21
Δ 1.1(1)	Κύριο	1.37 !	0.05	0.51	0.00	0.75	0.01	0.28	0.17
Δ 1.2(1)	Κύριο	0.74	0.30	0.04	0.16	0.01	0.22	0.26	0.16
Δ 2.1(1)	Κύριο	0.11	0.34	0.03	0.01	0.02	0.03	0.14	0.17
Δ 3.1(1)	Κύριο	0.31	0.18	0.09	0.12	0.15	0.10	0.21	0.10
Δ 3.2(1)	Κύριο	0.29	0.41	0.10	0.01	0.07	0.02	0.07	0.14
Δ 4.1(1)	Κύριο	0.19	0.06	0.02	0.03	0.02	0.03	0.10	0.07
Δ 5.1(1)	Κύριο	0.56	0.01	0.20	0.01	0.31	0.02	0.16	0.06
Δ 5.2(1)	Κύριο	0.57	0.54	0.01	0.28	0.02	0.45	0.21	0.12
Δ 6.1(1)	Κύριο	0.01	0.32	0.03	0.01	0.04	0.00	0.12	0.17
Δ 6.2(1)	Κύριο	0.09	0.66	0.02	0.16	0.03	0.18	0.14	0.19
Δ 7.1(1)	Κύριο	0.81	0.10	0.01	0.16	0.02	0.26	0.32	0.21
Δ 8.1(1)	Κύριο	0.50	0.10	0.09	0.03	0.09	0.02	0.21	0.11
Δ 9.1(1)	Κύριο	0.16	0.28	0.05	0.01	0.04	0.00	0.17	0.18

Πίνακας 4: Λόγοι επάρκειας δοκών (PUSS-OVER)

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	NEd [kN]	MEd [kNm]	δ [/]	δlim [/]	M*Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]
1.35G+1.05Q	15	-9,26	-17,04	-	-	-17,04	-65,05	0,26
1.35G+1.05Q	0	-9,26	17,52	-	-	17,52	163,24	0,11
1.35G+1.05Q	14	-9,26	-78,90	-	-	-78,90	-95,48	0,83
1.35G+1.05QA	15	-9,27	-20,50	-	-	-20,50	-65,05	0,32
1.35G+1.05QA	0	-9,27	21,57	-	-	21,57	163,24	0,13
1.35G+1.05QA	14	-9,27	-63,58	-	-	-63,58	-95,48	0,67
1.35G+1.05QB	15	-7,75	-10,57	-	-	-10,57	-64,70	0,16
1.35G+1.05QB	0	-7,75	10,06	-	-	10,06	163,24	0,06
1.35G+1.05QB	14	-7,75	-75,59	-	-	-75,59	-95,01	0,80
1.35G+1.05QC	15	-9,26	-17,04	-	-	-17,04	-65,05	0,26
1.35G+1.05QC	0	-9,26	17,52	-	-	17,52	163,24	0,11
1.35G+1.05QC	14	-9,26	-78,90	-	-	-78,90	-95,48	0,83
1.35G+1.05QD	15	-5,76	-11,15	-	-	-11,15	-64,17	0,17
1.35G+1.05QD	0	-5,76	10,31	-	-	10,31	162,95	0,06
1.35G+1.05QD	14	-5,76	-73,40	-	-	-73,40	-94,55	0,78
1.35G+1.05QE	15	-11,26	-19,92	-	-	-19,92	-65,41	0,30
1.35G+1.05QE	0	-11,26	21,04	-	-	21,04	163,54	0,13
1.35G+1.05QE	14	-11,26	-65,77	-	-	-65,77	-95,94	0,69
1.15G+1.50Q	15	-8,75	-16,23	-	-	-16,23	-64,88	0,25
1.15G+1.50Q	0	-8,75	17,31	-	-	17,31	163,24	0,11
1.15G+1.50Q	14	-8,75	-77,84	-	-	-77,84	-95,25	0,82
1.15G+1.50QA	15	-8,76	-21,17	-	-	-21,17	-64,88	0,33
1.15G+1.50QA	0	-8,76	23,09	-	-	23,09	163,24	0,14
1.15G+1.50QA	14	-8,76	-55,96	-	-	-55,96	-95,25	0,59
1.15G+1.50QB	15	-6,58	-6,98	-	-	-6,98	-64,35	0,11
1.15G+1.50QB	0	-6,58	7,30	-	-	7,30	162,95	0,04
1.15G+1.50QB	14	-6,58	-73,11	-	-	-73,11	-94,78	0,77
1.15G+1.50QC	15	-8,75	-16,23	-	-	-16,23	-64,88	0,25
1.15G+1.50QC	0	-8,75	17,31	-	-	17,31	163,24	0,11
1.15G+1.50QC	14	-8,75	-77,84	-	-	-77,84	-95,25	0,82
1.15G+1.50QD	15	-3,75	-7,81	-	-	-7,81	-63,82	0,12
1.15G+1.50QD	0	-3,75	7,65	-	-	7,65	162,65	0,05
1.15G+1.50QD	14	-3,75	-69,99	-	-	-69,99	-94,08	0,74
1.15G+1.50QE	15	-11,60	-20,34	-	-	-20,34	-65,58	0,31
1.15G+1.50QE	0	-11,60	22,34	-	-	22,34	163,83	0,14
1.15G+1.50QE	14	-11,60	-59,09	-	-	-59,09	-95,94	0,62

Πίνακας 5: Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEdmax [kN]	VRdMax [kN]	Θέση [/]	VEd [kN]	VRdc [kN]	VRds [kN]	cotθ [/]	λ [/]	
1.35G+1.05Q	15	54,04	312,89	0,50	35,64	45,40	312,89	1,98	0,17	
1.35G+1.05Q	14	-81,07	312,89	0,50	-62,67	46,27	312,89	1,98	0,26	
1.35G+1.05QA	15	37,23	312,89	0,50	23,00	45,40	312,89	1,98	0,12	
1.35G+1.05QB	14	-67,27	312,89	0,50	-53,04	46,27	312,89	1,98	0,21	
1.35G+1.05QB	15	59,05	312,89	0,50	40,65	45,40	312,89	1,98	0,19	
1.35G+1.05QB	14	-76,05	312,89	0,50	-57,66	46,27	312,89	1,98	0,24	
1.35G+1.05QC	15	54,04	312,89	0,50	35,64	45,40	312,89	1,98	0,17	
1.35G+1.05QC	14	-81,07	312,89	0,50	-62,67	46,27	312,89	1,98	0,26	
1.35G+1.05QD	15	38,38	312,89	0,50	24,15	45,40	312,89	1,98	0,12	
1.35G+1.05QD	14	-66,12	312,89	0,50	-51,89	46,27	312,89	1,98	0,21	
1.35G+1.05QE	15	57,90	312,89	0,50	39,50	45,40	312,89	1,98	0,19	
1.35G+1.05QE	14	-77,20	312,89	0,50	-58,81	46,27	312,89	1,98	0,25	
1.15G+1.50Q	15	52,75	312,89	0,50	34,71	45,40	312,89	1,98	0,17	
1.15G+1.50Q	14	-79,79	312,89	0,50	-61,74	46,27	312,89	1,98	0,26	
1.15G+1.50QA	15	28,75	312,89	0,50	16,65	45,40	312,89	1,98	0,09	
1.15G+1.50QA	14	-60,07	312,89	0,50	-47,98	46,27	312,89	1,98	0,19	
1.15G+1.50QB	15	59,91	312,89	0,50	41,86	45,40	312,89	1,98	0,19	
1.15G+1.50QB	14	-72,63	312,89	0,50	-54,58	46,27	312,89	1,98	0,23	
1.15G+1.50QC	15	52,75	312,89	0,50	34,71	45,40	312,89	1,98	0,17	
1.15G+1.50QC	14	-79,79	312,89	0,50	-61,74	46,27	312,89	1,98	0,26	
1.15G+1.50QD	15	30,39	312,89	0,50	18,29	45,40	312,89	1,98	0,10	
1.15G+1.50QD	14	-58,43	312,89	0,50	-46,34	46,27	312,89	1,98	0,19	
1.15G+1.50QE	15	58,27	312,89	0,50	40,22	45,40	312,89	1,98	0,19	
1.15G+1.50QE	14	-74,27	312,89	0,50	-56,23	46,27	312,89	1,98	0,24	

Πίνακας 6: Λόγοι επάρκειας δοκών για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για όλους τους συνδυασμούς της οριζόντιας φόρτισης (π.χ $F_x+0.3F_y$) η ανάλυση έδωσε:

- Δεν είχαμε καμία αστοχία υποστυλώματος για όλες τις στάθμες επιτελεστικότητας, ακόμα και στην Α, κάτι πολύ καλό για το θέμα της προσθήκης δύο επιπλέον ορόφων.
- Σε κάθε συνδυασμό φόρτισης είχαμε καποιες αστοχίες δοκών, αλλά αυτό δεν μας απασχολεί, αφού για τους διάφορους συνδυασμούς φορτίσεων (π.χ 1.35G+1.5Q κ.α), δεν έχουμε αστοχίες. Ίσως οι τρεις αυτές δοκοί χρειαστούν μία ενίσχυση.
- Άρα το διώροφο αυτό κτίριο μπορούμε να πούμε πως ικανοποιεί τις απαιτήσεις της στάθμης επιτελεστικότητας (Α) «Περιορισμένες βλάβες».
- Παρατηρούμε ότι με την προσθήκη των δύο επιπλέον ορόφων, έχουμε αύξηση της μετακίνησης και μείωση της διατμητικής αντοχής.

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΥΟ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΟΡΟΦΩΝ

Στην συνέχεια αυτής της εργασίας, έγινε αποτίμηση φέρουσας ικανότητας της κατασκευής με την προσθήκη δύο επιπλέον ορόφων με τις ίδιες διατομές δοκών και υποστυλωμάτων και ίδιους οπλισμούς. Τα αποτελέσματα όπως και πριν φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

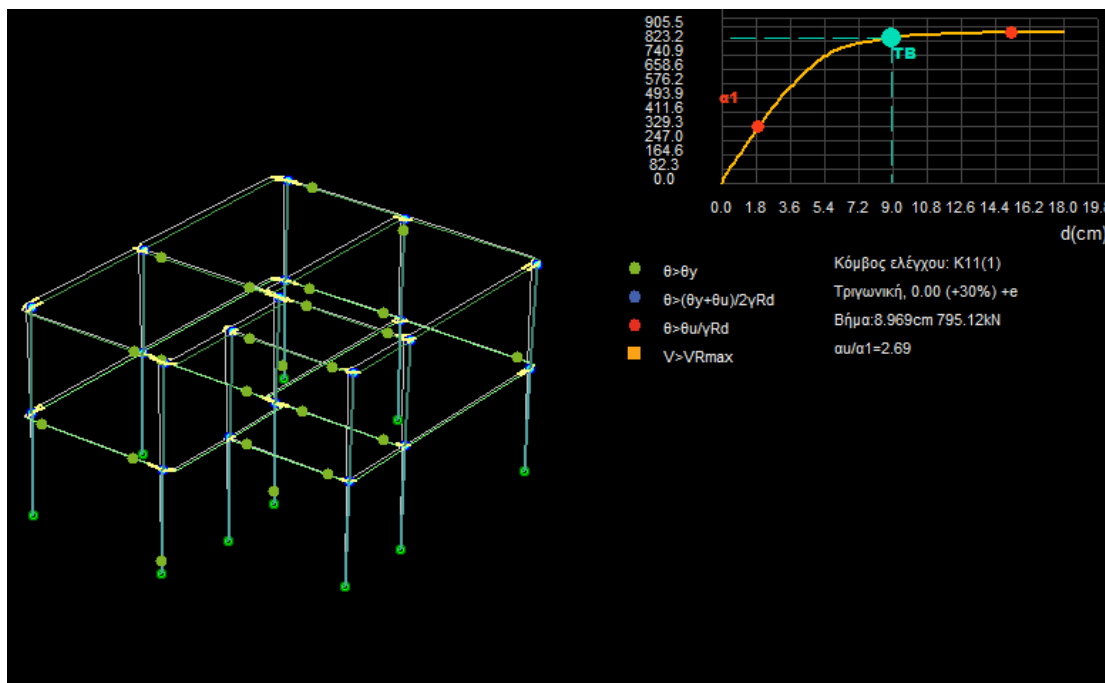
Μέλος	Κ/Δ	ΛΔΙ Αρχής	ΛΔΙ Τέλους	ΛSD Αρχής	ΛSD Τέλους	ΛNC Αρχής	ΛNC Τέλους	λ VRy Αρχής	λ VRy Τέλους
Δ 1.1(0)	Κύριο	0.43	0.26	0.09	0.03	0.06	0.03	0.15	0.16
Δ 1.2(0)	Κύριο	0.56	0.17	0.01	0.04	0.01	0.03	0.22	0.17
Δ 2.1(0)	Κύριο	0.43	1.84 !	0.19	0.44	0.37	0.66	0.14	0.33
Δ 3.1(0)	Κύριο	0.13	0.03	0.11	0.01	0.07	0.03	0.69	0.48
Δ 3.2(0)	Κύριο	0.40	0.28	0.12	0.03	0.13	0.03	0.14	0.12
Δ 4.1(0)	Κύριο	0.74	0.97	0.28	0.32	0.55	0.62	0.08	0.26
Δ 5.1(0)	Κύριο	0.57	0.09	0.14	0.05	0.14	0.06	0.17	0.08
Δ 5.2(0)	Κύριο	0.50	0.20	0.05	0.11	0.04	0.13	0.19	0.12
Δ 6.1(0)	Κύριο	0.97	0.15	0.27	0.15	0.59	0.34	0.34	0.15
Δ 6.2(0)	Κύριο	0.88	1.42 !	0.28	0.50	0.53	0.73	0.36	0.12
Δ 7.1(0)	Κύριο	0.67	0.21	0.02	0.08	0.02	0.05	0.30	0.24
Δ 8.1(0)	Κύριο	0.76	1.41 !	0.38	0.37	0.62	0.71	0.16	0.42
Δ 9.1(0)	Κύριο	1.34 !	0.76	0.49	0.29	0.77	0.57	0.47	0.15
Δ 1.1(1)	Κύριο	0.57	0.20	0.09	0.04	0.08	0.03	0.16	0.15
Δ 1.2(1)	Κύριο	0.53	0.25	0.00	0.05	0.01	0.04	0.21	0.17
Δ 2.1(1)	Κύριο	0.44	1.87 !	0.22	0.49	0.47	0.78	0.15	0.36
Δ 3.1(1)	Κύριο	0.15	0.02	0.05	0.01	0.03	0.04	0.07	0.07
Δ 3.2(1)	Κύριο	0.53	0.15	0.13	0.03	0.15	0.04	0.20	0.09
Δ 4.1(1)	Κύριο	0.79	1.11 !	0.33	0.39	0.64	0.70	0.09	0.27
Δ 5.1(1)	Κύριο	0.66	0.15	0.15	0.07	0.14	0.07	0.19	0.10
Δ 5.2(1)	Κύριο	0.48	0.15	0.05	0.11	0.05	0.12	0.18	0.12
Δ 6.1(1)	Κύριο	1.75 !	0.24	0.40	0.20	0.70	0.40	0.38	0.14
Δ 6.2(1)	Κύριο	0.89	1.41 !	0.34	0.56	0.60	0.88	0.37	0.13
Δ 7.1(1)	Κύριο	0.63	0.27	0.02	0.09	0.02	0.07	0.26	0.22
Δ 8.1(1)	Κύριο	0.84	1.82 !	0.43	0.47	0.72	0.81	0.16	0.45
Δ 9.1(1)	Κύριο	1.39 !	0.82	0.54	0.35	0.88	0.66	0.51	0.15
Δ 1.1(2)	Κύριο	0.51	0.22	0.07	0.03	0.07	0.03	0.16	0.15
Δ 1.2(2)	Κύριο	0.48	0.32	0.00	0.04	0.01	0.03	0.20	0.18
Δ 2.1(2)	Κύριο	0.26	1.19 !	0.14	0.32	0.26	0.55	0.15	0.31
Δ 3.1(2)	Κύριο	0.12	0.07	0.03	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07
Δ 3.2(2)	Κύριο	0.50	0.15	0.10	0.03	0.12	0.02	0.17	0.08
Δ 4.1(2)	Κύριο	0.48	0.75	0.21	0.20	0.43	0.50	0.09	0.24
Δ 5.1(2)	Κύριο	0.58	0.13	0.11	0.05	0.10	0.05	0.16	0.07
Δ 5.2(2)	Κύριο	0.40	0.02	0.03	0.04	0.03	0.07	0.16	0.12
Δ 6.1(2)	Κύριο	0.89	0.13	0.17	0.12	0.48	0.24	0.30	0.14
Δ 6.2(2)	Κύριο	0.69	0.90	0.19	0.37	0.35	0.59	0.32	0.13
Δ 7.1(2)	Κύριο	0.57	0.37	0.02	0.09	0.02	0.08	0.25	0.23
Δ 8.1(2)	Κύριο	0.57	0.96	0.29	0.25	0.52	0.59	0.15	0.39
Δ 9.1(2)	Κύριο	0.95	0.54	0.36	0.21	0.63	0.43	0.42	0.16
Δ 1.1(3)	Κύριο	0.34	0.35	0.05	0.00	0.05	0.01	0.13	0.16
Δ 1.2(3)	Κύριο	0.47	0.17	0.02	0.04	0.02	0.03	0.21	0.17
Δ 2.1(3)	Κύριο	0.09	0.69	0.03	0.18	0.08	0.32	0.15	0.24
Δ 3.1(3)	Κύριο	0.04	0.10	0.02	0.01	0.01	0.03	0.05	0.07
Δ 3.2(3)	Κύριο	0.33	0.38	0.06	0.01	0.06	0.00	0.07	0.10
Δ 4.1(3)	Κύριο	0.21	0.32	0.10	0.08	0.17	0.11	0.08	0.17
Δ 5.1(3)	Κύριο	0.30	0.04	0.05	0.01	0.05	0.00	0.08	0.04
Δ 5.2(3)	Κύριο	0.30	0.11	0.00	0.04	0.00	0.00	0.15	0.12
Δ 6.1(3)	Κύριο	0.37	0.08	0.05	0.03	0.06	0.03	0.17	0.15
Δ 6.2(3)	Κύριο	0.42	0.43	0.05	0.20	0.10	0.34	0.26	0.12
Δ 7.1(3)	Κύριο	0.54	0.23	0.03	0.06	0.03	0.05	0.25	0.22
Δ 8.1(3)	Κύριο	0.08	0.46	0.11	0.07	0.24	0.08	0.16	0.28
Δ 9.1(3)	Κύριο	0.62	0.20	0.18	0.08	0.29	0.13	0.32	0.15

Πίνακας 7: Λόγοι επάρκειας δοκών (PUSS-OVER)

Μέλος	Κ/Δ	ΛΔΙ Αρχής	ΛΔΙ Τέλους	ΛSD Αρχής	ΛSD Τέλους	ΛNC Αρχής	ΛNC Τέλους	λ VRy	λ VRz
K 2(0)	Κύριο	0.42	0.33	0.36	0.13	0.51	0.24	0.34	0.25
K 2(1)	Κύριο	0.58	0.55	0.42	0.36	0.39	0.32	0.33	0.34
K 2(2)	Κύριο	0.46	0.54	0.24	0.37	0.16	0.34	0.25	0.27
K 2(3)	Κύριο	0.45	0.52	0.17	0.29	0.14	0.35	0.31	0.21
K 3(0)	Κύριο	0.37	0.24	0.32	0.07	0.46	0.14	0.29	0.17
K 3(1)	Κύριο	0.44	0.43	0.29	0.26	0.27	0.22	0.27	0.19
K 3(2)	Κύριο	0.36	0.41	0.15	0.26	0.10	0.24	0.21	0.16
K 3(3)	Κύριο	0.27	0.35	0.11	0.20	0.09	0.26	0.22	0.12
K 4(0)	Κύριο	0.35	0.18	0.27	0.09	0.38	0.13	0.26	0.14
K 4(1)	Κύριο	0.33	0.33	0.27	0.24	0.27	0.21	0.21	0.20
K 4(2)	Κύριο	0.25	0.30	0.16	0.23	0.09	0.25	0.18	0.17
K 4(3)	Κύριο	0.19	0.21	0.09	0.14	0.07	0.19	0.12	0.12
K 7(0)	Κύριο	0.39	0.26	0.32	0.15	0.43	0.11	0.00	0.29
K 7(1)	Κύριο	0.45	0.43	0.28	0.21	0.23	0.19	0.00	0.08
K 7(2)	Κύριο	0.37	0.45	0.13	0.28	0.10	0.24	0.00	0.06
K 7(3)	Κύριο	0.34	0.36	0.15	0.21	0.04	0.27	0.00	0.04
K 10(0)	Κύριο	0.48	0.05	0.35	0.05	0.56	0.15	0.00	0.44
K 10(1)	Κύριο	0.19	0.17	0.11	0.07	0.16	0.04	0.00	0.31
K 10(2)	Κύριο	0.10	0.23	0.05	0.13	0.04	0.16	0.00	0.22
K 10(3)	Κύριο	0.07	0.18	0.05	0.08	0.09	0.08	0.00	0.06
K 11(0)	Κύριο	0.51	0.20	0.49	0.18	0.75	0.20	0.00	0.61
K 11(1)	Κύριο	0.38	0.38	0.31	0.27	0.35	0.25	0.00	0.53
K 11(2)	Κύριο	0.31	0.39	0.18	0.29	0.20	0.32	0.00	0.38
K 11(3)	Κύριο	0.28	0.38	0.14	0.22	0.18	0.25	0.00	0.23
K 12(0)	Κύριο	0.68	0.09	0.42	0.08	0.64	0.16	0.00	0.43
K 12(1)	Κύριο	0.23	0.21	0.11	0.05	0.16	0.02	0.00	0.33
K 12(2)	Κύριο	0.18	0.27	0.06	0.14	0.08	0.19	0.00	0.21
K 12(3)	Κύριο	0.24	0.28	0.07	0.08	0.11	0.10	0.00	0.03
K 13(0)	Κύριο	0.38	0.31	0.41	0.25	0.66	0.23	0.61	0.07
K 13(1)	Κύριο	0.62	0.60	0.48	0.44	0.54	0.47	0.78	0.13
K 13(2)	Κύριο	0.51	0.56	0.26	0.37	0.29	0.48	0.63	0.13
K 13(3)	Κύριο	0.43	0.49	0.16	0.24	0.17	0.35	0.47	0.16
K 14(0)	Κύριο	0.32	0.18	0.29	0.07	0.42	0.11	0.31	0.09
K 14(1)	Κύριο	0.39	0.38	0.30	0.26	0.26	0.19	0.32	0.15
K 14(2)	Κύριο	0.28	0.34	0.17	0.24	0.11	0.25	0.26	0.12
K 14(3)	Κύριο	0.17	0.23	0.11	0.17	0.03	0.26	0.22	0.10

K 15(0)	Κύριο	0.20	0.09	0.19	0.07	0.26	0.05	0.00	0.10
K 15(1)	Κύριο	0.19	0.18	0.18	0.16	0.24	0.17	0.00	0.11
K 15(2)	Κύριο	0.13	0.18	0.11	0.16	0.12	0.25	0.00	0.07
K 15(3)	Κύριο	0.03	0.08	0.04	0.08	0.10	0.19	0.00	0.06

Πίνακας 8: Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων (PUSS-OVER)



Σχήμα 6: Τυπική καμπύλη PUSS-OVER

Κατεύθυνση φόρτισης	d (cm)	V [kN]
0° +30%· 90° +eZ Κατανομή: Τριγωνική	35.917	673.5
0° +30%· 90° -eZ Κατανομή: Τριγωνική	35.557	674.8
0° -30%· 270° -eZ Κατανομή: Τριγωνική	34.837	677.0
0° +30%· 90° +eZ Κατανομή: Τριγωνική	35.557	673.5
0° +30%· 90° +eZ, Κατανομή: Ιδιομορφική	35.917	669.9
0° +30%· 90° -eZ, Κατανομή: Ιδιομορφική	35.197	670.2
0° -30%· 270° -eZ, Κατανομή: Ιδιομορφική	34.477	672.4
90° +30%· 0° +eX, Κατανομή: Ιδιομορφική	35.557	688.3

Πίνακας 9: Αποτελέσματα ανάλυσης PUSS-OVER

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Από τα αποτελέσματα μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής:

- Όλα τα υποστυλώματα συμπεριφέρονται άψογα για όλες τις στάθμες επιτελεσματικότητας και κανένα δεν ξεπερνά την μονάδα, δηλαδή $\lambda=1$
- Κι εδώ πάλι έχουμε αστοχία μερικών δοκών, αλλά μόνο για την στάθμη επιτελεσματικότητας «Περιορισμένες βλάβες», για τις στάθμες επιτελεσματικότητας Β και Γ, έχουμε αντοχή των δοκών

- Το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι το κτίριο αντέχει για στάθμη επιτελεστικότητας B, την προσθήκη των δύο επιπλέον ορόφων.
- Ακόμα και με κάποιες μικρές ενισχύσεις δοκών, το κτίριο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και στάθμης A.
- Παρατηρούμε ότι με την προσθήκη των δύο επιπλέον ορόφων, έχουμε αύξηση της μετακίνησης και μείωση της διατμητικής αντοχής.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] ΚΑΝ.ΕΠΕ 2013

[2] Στέφανος Η. Δρίτσος - Επισκευές Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος», Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2013

