

ΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΠΛΑΚΑΣ

ΠΕΛΕΚΗΣ ΙΑΣΩΝ
ΠΛΑΤΗ ΜΑΡΙΑ

Περίληψη

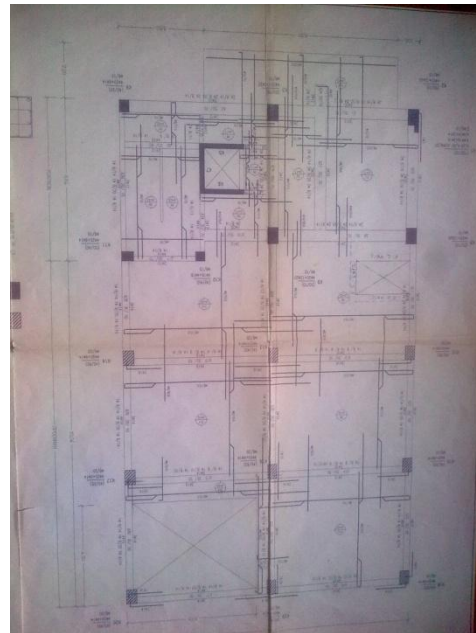
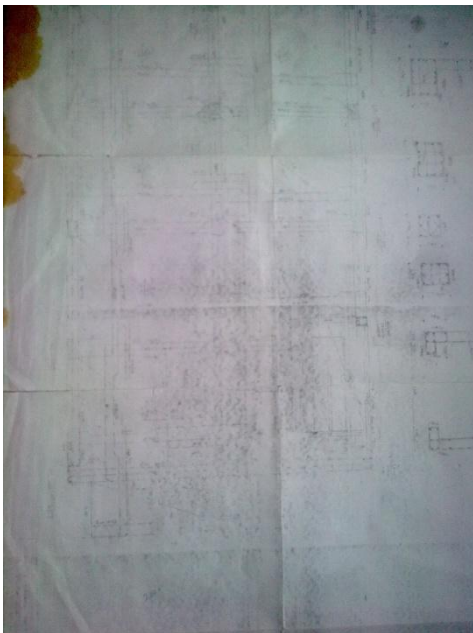
Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να αναδείξει το θέμα της κάλυψης ανοιγμάτων σε οροφές υφιστάμενων κτιρίων. Γι αυτό το σκοπό επιλέχθηκε ένα βιομηχανικό κτίριο με μεγάλο άνοιγμα στην κάτοψή του, χωρίς καμία απολύτως βλάβη. Προκύπτει από τη μελέτη (ανάλυση και σχεδιασμός) που έγινε πως κάτι τέτοιο είναι εφικτό, με κατάλληλη προσθήκη νέων μελών και ενίσχυση υφιστάμενων. Για τη διεκπεραίωση της εργασίας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό MASTER.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας είναι, σε υποθετική περίπτωση που ένας ιδιοκτήτης επιθυμεί πλήρωση ανοίγματος μεγάλων διαστάσεων στο κτίριό του, να εξεταστεί πώς μπορεί να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, πώς αντιμετωπίζονται αλλαγές στην εντατική κατάσταση του φορέα και πώς σχεδιάζονται και ανασχεδιάζονται νέα και υφιστάμενα μέλη αντίστοιχα.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το κτίριο που εξετάστηκε είναι βιομηχανικός χώρος χωρίς βλάβες. Περιλαμβάνει υπόγειο που περιβάλλεται από μονολιθικά τοιχώματα, θεμελίωση με μεμονωμένα πέδιλα καθώς και έναν όροφο πάνω από το ισόγειο. Το ύψος ορόφων είναι 4.65 m (από άνω στάθμη επιφάνειας πλάκας σε άνω στάθμη επιφάνειας πλάκας). Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του είναι το τοίχωμα-πυρήνας μορφής «Π» για τον ανελκυστήρα, τα γωνιακά τοιχώματα στον όροφο ισόγειου καθώς και τα ανοίγματα στην οροφή του. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ξυλότυποι υπογείου και άνω ορόφου, όπως αυτοί ανακτήθηκαν.



Σχήμα 2.1 : Ξυλότυπος ισόγειου (αριστ.) / Ξυλότυπος άνω ορόφου (δεξιά)

Ως ιδιαίτερη ιδιομορφία παρουσιάζεται το γεγονός ότι το κτίριο χτίστηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση (1995) κατασκευάστηκε η θεμελίωση, το ισόγειο και μέρος του άνω

ορόφου. Αργότερα (1996), έγινε προσθήκη με επέκταση του άνω ορόφου. Όπως προκύπτει από τα σχέδια, στην πρώτη φάση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν σκυρόδεμα C12/15, χάλυβας διαμήκους οπλισμού S400 και χάλυβας συνδετήρων S220. Στην δεύτερη φάση της κατασκευής, χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα C16/20 και χάλυβας S400 τόσο για διαμήκη οπλισμό όσο και για συνδετήρες. Στο σχήμα 2.1 (δεξιά), με τις γραμμοσκιασμένες διατομές υποστυλωμάτων ορίζονται τα στοιχεία και η περιοχή της προσθήκης του άνω ορόφου.

Για τις ανάγκες της εργασίας το κτίριο που προσομοιώθηκε δεν είναι απόλυτα όμοιο με το πραγματικό αλλά περιλαμβάνει μικρές αλλαγές στις διατομές υποστυλωμάτων της προσθήκης του άνω ορόφου. Ακόμη, παραλείπεται το μικρό άνοιγμα με την ενισχυμένη ζώνη του ορόφου αυτού. Οι αλλαγές-παραδοχές αυτές έχουν ως στόχο την μη απόλυτη συσχέτιση με το πραγματικό κτίριο και είναι τυχαίες. Ωστόσο, υιοθετείται πλήρως το στατικό σύστημα του πραγματικού και πάνω σε αυτό αντιμετωπίζεται το θέμα της εργασίας αυτής.

Σχετικά με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.), από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι αυτή είναι ικανοποιητική.

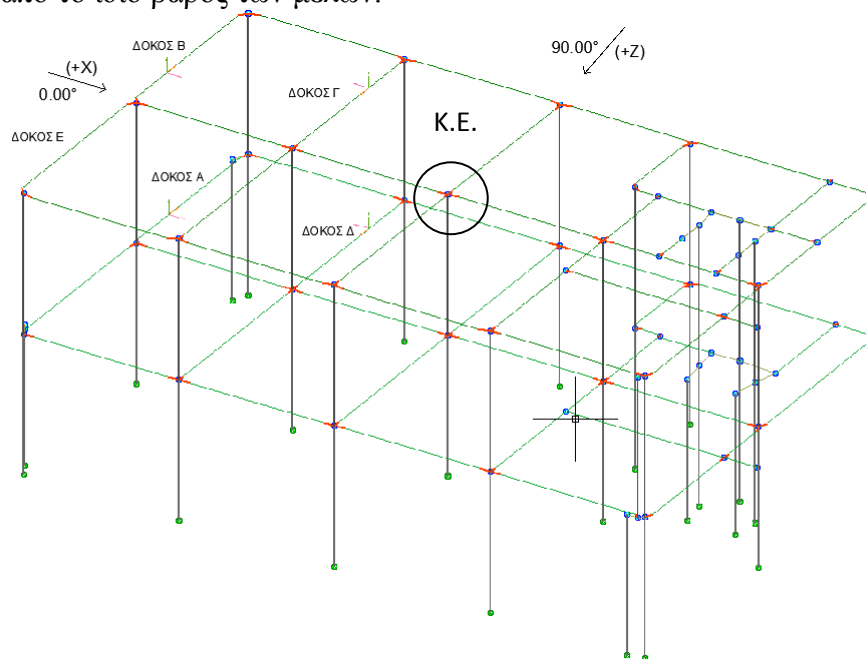
Το άνοιγμα που ενδιαφέρει και ζητείται να πληρωθεί είναι το μεγαλύτερο εκ των δύο και έχει διαστάσεις 4.10m x 5.45m. Το άνοιγμα βρίσκεται σε γωνία του κτιρίου, ενώ στις δύο εσωτερικές του πλευρές συνορεύει με πλάκες που προβάλλουν (Σχ. 2.1-δεξιά).

3. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΦΟΡΕΑ

Αρχικά το κτίριο μοντελοποιήθηκε με εισαγωγή των γεωμετρικών του στοιχείων (διαστάσεις επιμέρους μελών, ύψος ορόφου κλπ.). Θεωρείται πως ο οριζόντιος άξονας X είναι κατά μήκος της μεγάλης διάστασης του κτιρίου, ο οριζόντιος άξονας Z κατά την μικρή διάσταση του κτιρίου και ο άξονας Y κατά την έννοια του ύψους του κτιρίου.

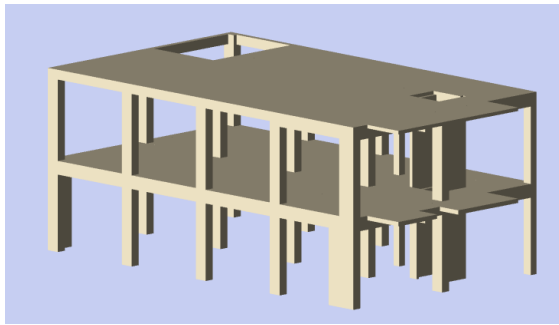
Οι περιμετρικές τοιχοπληρώσεις αγνοήθηκαν χάριν απλοποίησης. Σημειώνεται ότι για υπόγειο που περιβάλλεται από μονολιθικά τοιχώματα, όπως στην περίπτωση μας, μπορεί να θεωρείται πλήρης πάκτωση των στύλων του ισογείου στη βάση τους (ΚΑΝ.ΕΠΕ., Παρ. 5.4.1. (α)).

Λόγω του μεγάλου ανοίγματος στην κάτοψη του άνω ορόφου, αλλά και λόγω των ανοιγμάτων του κλιμακοστασίου και του ανελκυστήρα, θεωρήθηκαν ευπαράμορφωτες πλάκες (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παρ. 5.4.6 (ε)-σχόλια). Η μάζα του κτιρίου θεωρήθηκε πως προκύπτει αποκλειστικά από το ίδιο βάρος των μελών.

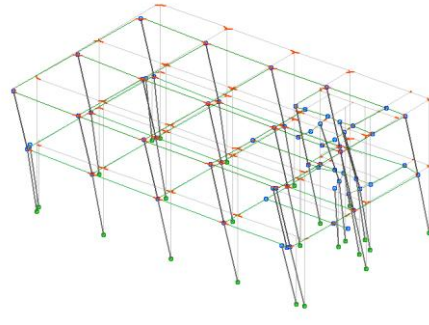


Σχήμα 3.1 : Στατικό μοντέλο φορέα

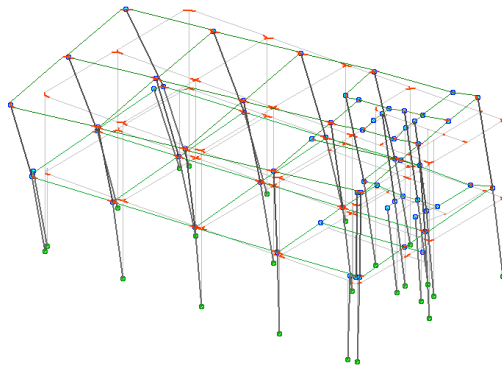
Στη συνέχεια γίνεται ιδιομορφική ανάλυση και παρακάτω παρουσιάζονται, το κτίριο σε τρισδιάστατη μορφή, το στατικό του μοντέλο και οι πρώτες τρεις ιδιομορφές του (Σχ. 3.1-3.5)



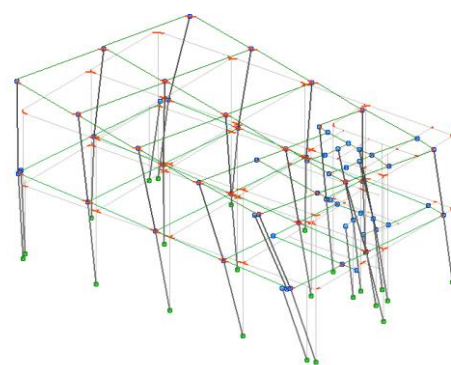
Σχήμα 3.2 : 3D-Μορφή κτιρίου



Σχήμα 3.3 : Πρώτη ιδιομορφή



Σχήμα 3.4 : Δεύτερη ιδιομορφή



Σχήμα 3.5 : Τρίτη ιδιομορφή

Όπως φαίνεται από τα σχήματα 3.3-3.5, η πρώτη ιδιομορφή είναι καμπτική κατά τον άξονα X, όμως οι επόμενες δύο είναι στρεπτικές περί τον κατακόρυφο άξονα Y. Έτσι, από την ιδιομορφική ανάλυση εξάγεται το χρήσιμο συμπέρασμα ότι το κτίριο είναι ευαίσθητο σε στρέψη.

4. ΎΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΡΕΑ

4.1. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ-ΟΠΛΙΣΗ

Για την αποτύπωση των υφιστάμενων οπλισμών, το κτίριο επιλύθηκε από το πρόγραμμα με βάση παλιούς ελληνικούς κανονισμούς (Κανονισμός σκυροδέματος Νέος 1995 και Αντισεισμικός κανονισμός Νέος 95). Έτσι, προέκυψαν οπλισμοί αρκετά κοντά στους πραγματικούς διατηρώντας την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων σε ικανοποιητική (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παρ. 3.7.4 Πιν 3.2).

Για την ανάλυση σε σεισμό οι τιμές των διάφορων παραμέτρων όπως εισήχθησαν στο πρόγραμμα έχουν ως εξής (Σχ. 4.1.1) :

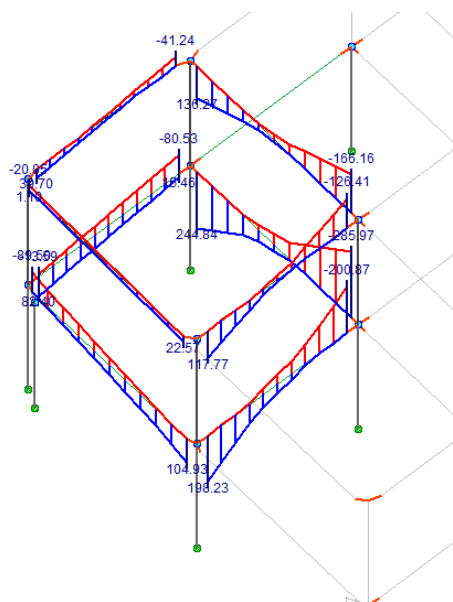
Αντισεισμικός κανονισμός	?	Νέος (95)
Μέθοδος επίλυσης	?	Δυναμική
Σεισμική δράση		
Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	?	2
Συντ. σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους α	?	0.160
Σπουδαιότητα κτιρίου	?	II (συνήθη κτίρια)
Συντελεστής σπουδαιότητας γI	?	1.000
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q	?	3.500
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα qv	?	1.750
Συντ. φάσματος β	?	1.000
Παράμετροι φάσματος		
Κατηγορία εδάφους	?	B
Συντ. θεμελίωσης θ	?	1.000
Κατακόρυφη συνιστώσα		
Κατακόρυφη συνιστώσα σεισμού	?	Ναι
Κατακόρυφη συνιστώσα σε πλάκες-προβόλους	?	Ναι

Σχήμα 4.1.1 : Παράμετροι Αντισεισμικού Σχεδιασμού 95'

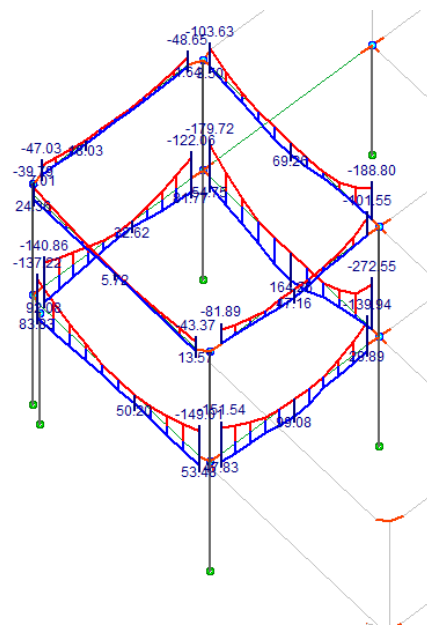
Αυτές οι παράμετροι συμβαδίζουν με αυτές της αρχικής μελέτης, όπως αυτή ανακτήθηκε. Ακόμη θεωρήθηκε πως υπάρχει ωφέλιμο φορτίο 10 KN/m^2 στην επιφάνεια των πλακών (τιμή φορτίου για βιομηχανική χρήση), ενώ το μόνιμο φορτίο υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα με βάση το ειδικό βάρος των υλικών και τις διαστάσεις των μελών.

4.2. ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Νωρίτερα της διαστασιολόγησης υπολογίστηκαν τα εντατικά μεγέθη δοκών και στύλων, περιμετρικά του ανοίγματος για γενική περιβάλλουσα σεισμού και κατακόρυφων φορτίων σύμφωνα με τους παραπάνω κανονισμούς. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί ότι μόνο αυτά τα μέλη ενδιαφέρουν διότι οποιαδήποτε επέμβαση θα γίνει σε αυτά ή «κοντά» σε αυτά επιφέροντας αξιόλογη αλλαγή εντατικής κατάστασης μόνο τοπικά. Χάριν απλότητας, παρουσιάζονται όχι όλα τα διαγράμματα έντασης, αλλά αυτά των δοκών και σε αυτά επικεντρώνεται η παρούσα εργασία (Σχ. 4.2.1 και Σχ.4.2.2).



Σχήμα 4.2.1 : Διαγράμματα [V] σε δοκούς



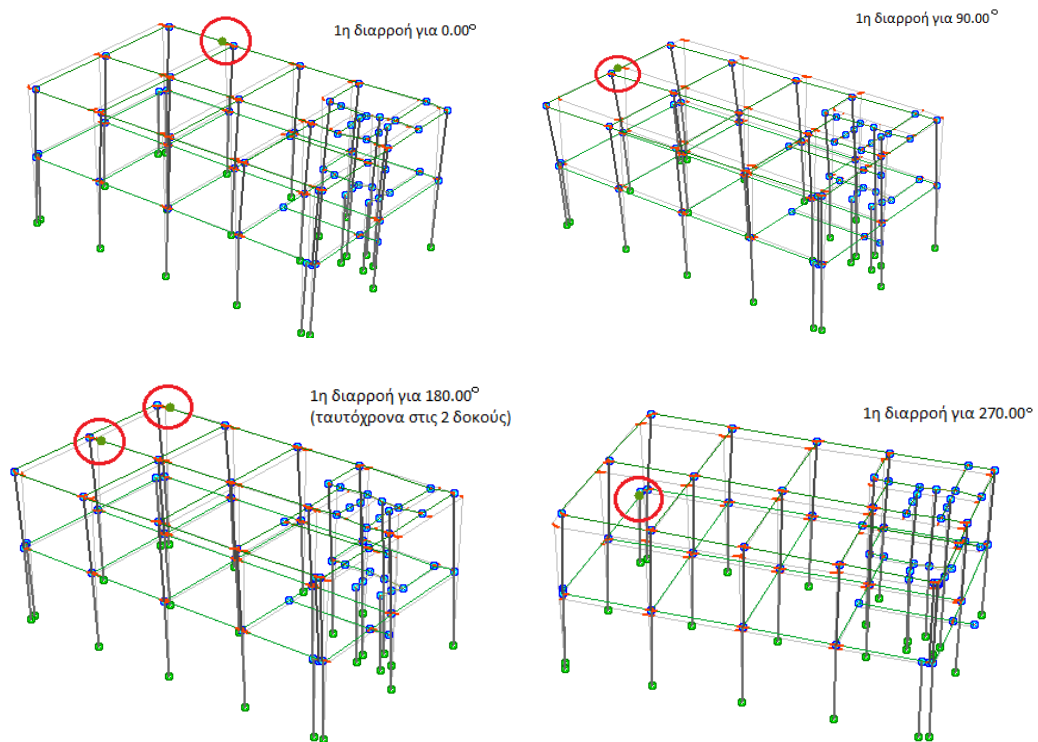
Σχήμα 4.2.2 : Διαγράμματα [M] σε δοκούς

Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα σχήματα 4.2.3 και 4.2.4 όπου παρουσιάζονται οι οπλισμοί στον όροφο με το άνοιγμα προς πλήρωση και στην περιοχή του ισογείου ακριβώς κάτω από αυτήν.

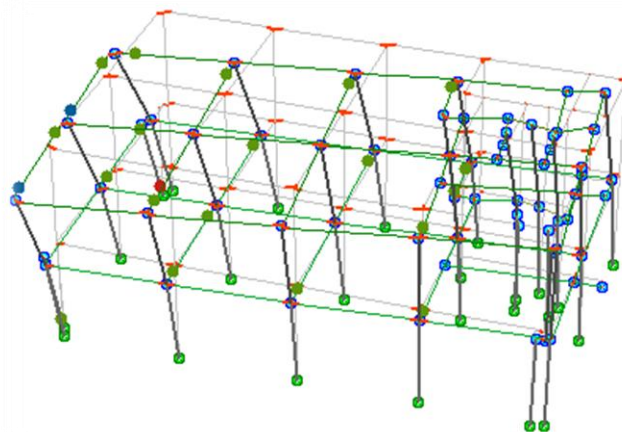
Χαρακτηριστικά φάσματος	
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a_{gR}	? 0.160
Συντελεστής σπουδαιότητας γ - pushover	? 1.000
Παράμετροι υπολογισμού φάσματος (Σπουδαιότητα II)	
Ζωή σχεδιασμού TL [έτη]	? 50
Υπολογισμός φάσματος απαίτησης βάσει...	? Πιθανότητας υπέρβασης PR
Πιθανότητα υπέρβασης PLR [%]	? 9.99
Περίοδος επαναφοράς TLR [έτη]	? 475.0
Εκθέτης k	? 3.000
DL - Περιορισμός βλαβών	
Στάθμη επιτελεστικότητας DL	? 1η διαρροή δοκού ή υποστ/τος*
DL - Περίοδος επαναφοράς T_DLR [Ετη]	? 31.1
DL - Πιθανότητα υπέρβασης P_DLR [%]	? 80.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma^*a_{gR})_{DL}$? 0.064
SD - Σημαντικές βλάβες	
Στάθμη επιτελεστικότητας SD	? 1η υπέρβαση ορίου σε υποστ/μα ή κύρια δοκού*
SD - Περίοδος επαναφοράς T_SDR [Ετη]	? 72.1
SD - Πιθανότητα υπέρβασης P_SDR [%]	? 50.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma^*a_{gR})_{SD}$? 0.085
NC - Οικονομική κατάρρευση	
Στάθμη επιτελεστικότητας NC	? 1η αστοχία υποστ/τος ή κύριας δοκού*
NC - Περίοδος επαναφοράς T_NCR [Ετη]	? 474.6
NC - Πιθανότητα υπέρβασης P_NCR [%]	? 10.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma^*a_{gR})_{NC}$? 0.160
Όρια επιτελεστικότητας	
Αριθμός υποστ/τωμάτων n	? 2

Σχήμα 4.3.2 : Καθορισμός παραμέτρων σταθμών επιτελεστικότητας [3]

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο έγινε ανάλυση pushover είναι για να αναγνωρισθεί η συμπεριφορά του κτιρίου σε πλευρικά φορτία σε όλες τις διευθύνσεις (Σχ.4.3.3).



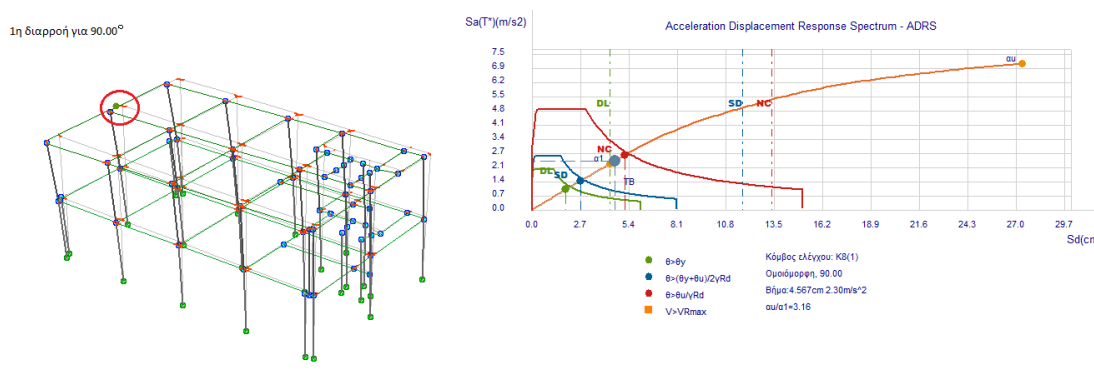
Σχήμα 4.3.3 : Πρωτοεμφανιζόμενες διαρροές κατά τη φόρτιση σε όλες τις διευθύνσεις για ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης



Σχήμα 4.3.4 : Πορεία Παραμόρφωσης κτιρίου στη φόρτιση 90°

Αποδεικνύεται ότι οι πρώτες διαρροές συμβαίνουν πάντα στην περιοχή της τρύπας (Σχ. 4.3.3), όπου πιθανότατα θα γίνει κάποιου είδους επέμβαση. Αυτό εξηγείται εν μέρει από το γεγονός ότι γενικά οι δοκοί γύρω από το άνοιγμα είναι σχετικά ελαφρύτερα οπλισμένες από τα υπόλοιπα στοιχεία. Επιπρόσθετα για τις 90° (Σχ. 4.3.4) και 270°, το κτίριο οδηγείται σε στρεπτική απόκριση. Αυτό είναι αναμενόμενο έχοντας παρατηρήσει τις τρεις πρώτες ιδιομορφές (Σχ. 3.3-3.5) αλλά και τη θέση του πυρήνα (μακριά από το άνοιγμα), ο οποίος είναι ένα ισχυρό διατημητικό στοιχείο και στις δύο διευθύνσεις. Τα ίδια ακριβώς ισχύουν και για την ιδιομορφική κατανομή φόρτισης.

Αναφορικά με την επιτελεστικότητα, σε κάθε φόρτιση προέκυψε ότι οι απαιτήσεις του κανονισμού για τις τρεις στάθμες της, καλύπτονται από την ικανότητα του φορέα (π.χ. : Σχ. 4.3.5 για τις 90°). Άρα ως στάθμη επιτελεστικότητας ορίζεται η «DL» («Άμεση χρήση μετά το σεισμό»). Σημειώνεται ότι ως κόμβος ελέγχου έχει ορισθεί η κορυφή του κεντρικού υποστυλώματος, στην συνολική κάτοψη του άνω ορόφου (Σχ. 3.1).



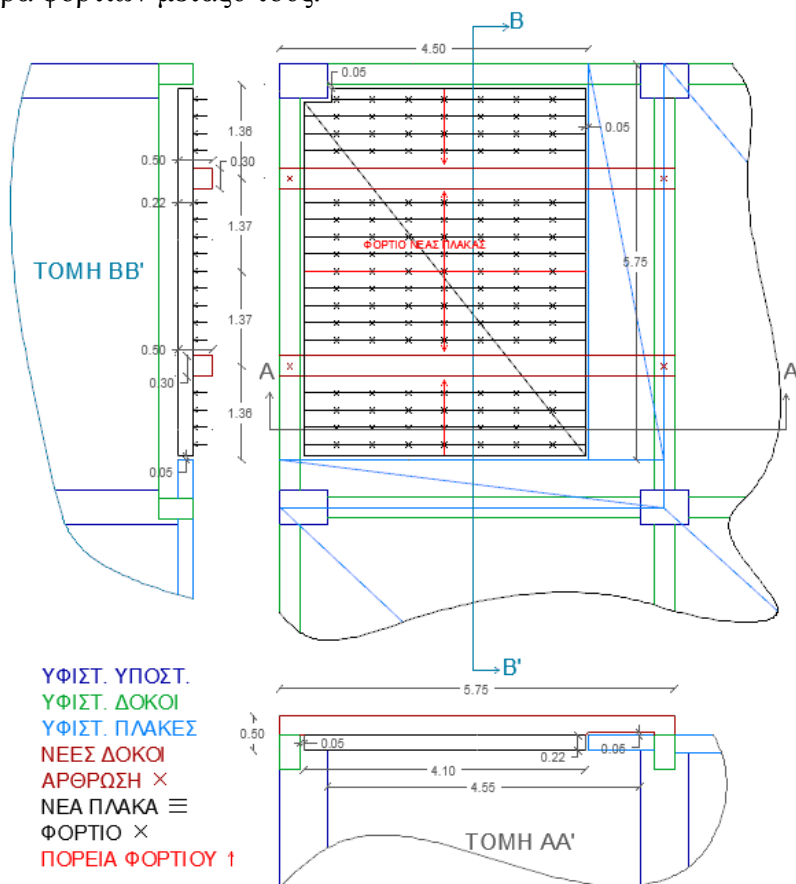
Σχήμα 4.3.5 : Διάγραμμα Απαίτησης Ικανότητας και Παραμορφωμένο σώμα για την 1^η διαρροή στη φόρτιση των 90° (αρχικός φορέας)

5. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΟΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΦΟΡΕΑ

5.1. ΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ

Για να γίνει η πλήρωση του κενού προτείνεται ως λύση η χρήση νέων δοκών από τις οποίες θα αναρτάται η νέα πλάκα. Οι δοκοί θα είναι ανεστραμμένες, οπλισμένου σκυροδέματος, διαστάσεων 30x50x575 και θα συνδέονται κάθετα στις υφιστάμενες, θεωρώντας πως στο σημείο σύνδεσης τους υπάρχει ελευθερία στροφής για κάμψη και στους δύο άξονες. Ακόμη, δεν θα έρχονται σε επαφή με τις πλάκες που προβάλλουν. Με παρόμοια λογική η νέα πλάκα

θα θεωρείται πως συνδέεται με αυτές αλλά και με τις προϋπάρχουσες δοκούς χωρίς να υπάρχει μεταφορά φορτίων μεταξύ τους.



Σχήμα 5.1.1 : Ανάρτηση πλάκας από νέες δοκούς

Αυτό επιτυγχάνεται αφήνοντας κενό 2-5 εκατοστών πληρωμένο με ελαστικό υλικό οπουδήποτε υπάρχει επαφή μεταξύ νέων και υφιστάμενων μελών. Συνεπώς, τα φορτία της νέας πλάκας αναλαμβάνονται κατευθείαν από τις νέες δοκούς ενώ από αυτές δεν επιβαρύνονται οι υφιστάμενες πλάκες-πρόβολοι. Έτσι, επιτυγχάνεται λειτουργία «αλυσίδας» για τους οπλισμούς των νέων δοκών, γιατί αυτές εφελκούνται μόνο και σε όλο το κάτω πέλμα τους.

Το φορτίο των δοκών υπολογίζεται με βάση τις γνωστές επιφάνειες επιρροής. Η θέση των δοκών είναι τέτοια ώστε να ισομοιράζονται το νέο φορτίο. Δηλαδή, σε κάθε μία αντιστοιχούν δύο επιφάνειες επιρροής 1.36x4.10 m². Συνοπτικά, για πλάκα πάχους 22 cm, προέκυψαν τα εξής (Πίν. 5.1) :

Εμβαδό νέας πλάκας (m ²)	G/2 πλάκας (KN)	Αναγωγή σε γραμμικό (KN/m)	Q/2 πλάκας (KN)	Αναγωγή σε γραμμικό (KN/m)	G δοκού (KN/m)
22.89	62.95	11.04	114.45	20.08	3.75

Πίνακας 5.1 : Φόρτιση για τις νέους δοκούς

Κατόπιν, προκύπτουν οι αντιδράσεις στα άκρα των νέων αμφιέριπτων δοκών για μόνιμο φορτίο, 42.2 KN και για κινητό, 57.2 KN.

5.2. ΝΕΟΣ ΦΟΡΕΑΣ-ΝΕΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Είναι προφανές ότι μετά από αυτή την επέμβαση το στατικό εξιδανίκευμα του φορέα αλλάζει. Χρησιμοποιούνται τέσσερις νέοι κόμβοι, ο καθένας εκ των οποίων φέρει το φορτίο που υπολογίστηκε παραπάνω. Ακόμη, ενώ προστίθεται μια νέα πλάκα η οποία μεταβάλλει την μάζα του φορέα, θεωρείται πως η μεταβολή της συνολικής μάζας είναι τόσο μικρή που είναι αποδεκτό ότι τα ιδιοδιανύσματα του φορέα μένουν πρακτικώς ίδια και άρα οι ιδιομορφές δεν αλλάζουν.

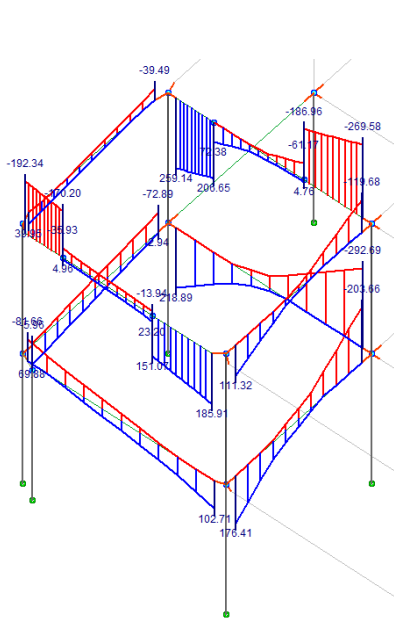
5.3. ΝΕΑ ΕΝΤΑΣΗ ΦΟΡΕΑ

Οι νέοι υπολογισμοί για την εκτίμηση της έντασης έγιναν με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ για στατικές και δυναμικές φορτίσεις, ο οποίος χρησιμοποιεί τις διατάξεις του EC8. Όπου ήταν εφικτό, επιλέχθηκαν οι ίδιες παράμετροι με αυτές του αρχικού σχεδιασμού (Σχ. 4.1.1).

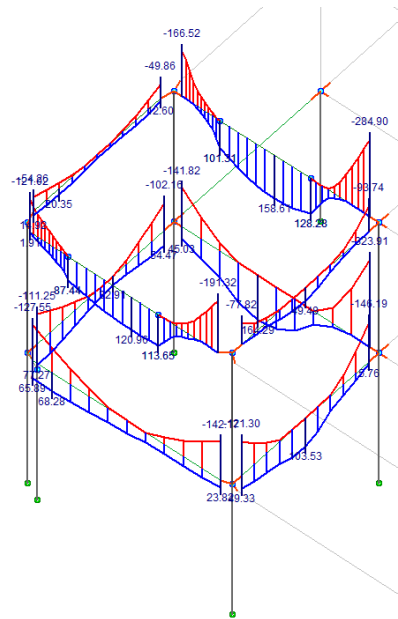
Αντισεισμικός κανονισμός	?	EC8
Εθνικό προσάρτημα	?	GR - Ελλάδα
Σεισμική δράση		
Σεισμική ζώνη	?	Z1
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $a_g R$?	0.160
Σπουδαιότητα κτιρίου	?	II (συνήθη κτίρια)
Συντελεστής σπουδαιότητας γ_I	?	1.000
Συντελεστής τοπογραφίας S_t	?	1.000
Παράμετροι φάσματος		
Φάσμα	?	Φάσμα σχεδιασμού
Εδαφικός τύπος	?	B
Συντελεστής εδάφους S	?	1.200
Συντελεστής $q = q_0 \cdot k_w$		
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q_k	?	3.500
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q_z	?	3.500
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα q_v	?	1.750
Στατικό Σύστημα		
Κύριο υλικό κτιρίου (για προσδιορισμό q)	?	Σκυρόδεμα
Κατηγορία ηλιασιμότητας	?	ΚΠ Μ

Σχήμα 5.3.1 : Παράμετροι Αντισεισμικού Σχεδιασμού EC8

Περιγραφικά, τα νέα φορτία, επιβάλλουν άλματα στα διαγράμματα τεμνουσών, ακριβώς στην θέση των νέων κόμβων και αυξάνουν την ροπή κοντά στο άνοιγμα. Η γενική περιβάλλουσα των τεμνουσών και ροπών (σεισμική περιβάλλουσα έναντι κατακόρυφων φορτίων λειτουργείας) παρουσιάζεται στα σχήματα 5.3.2 και 5.3.3.



Σχήμα 5.3.2 : Διαγράμματα [V] σε δοκούς

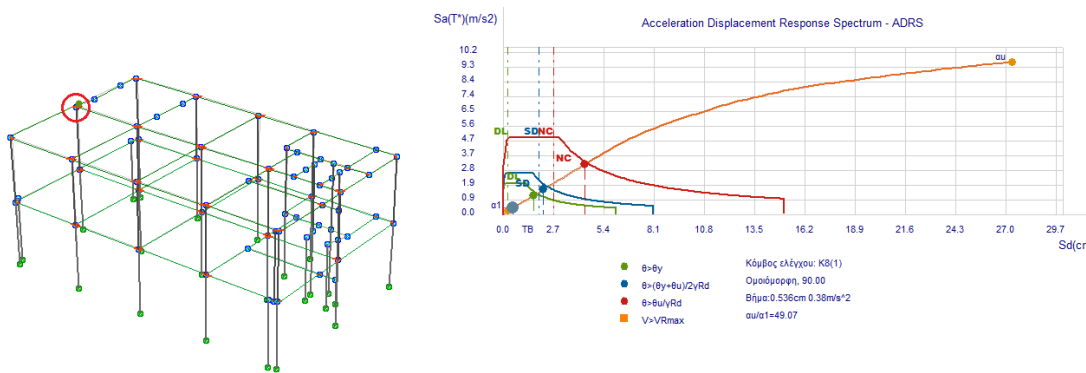


Σχήμα 5.3.3 : Διαγράμματα [M] σε δοκούς

Το ερώτημα που προκύπτει παρ' όλα αυτά, είναι κατά πόσο οι υπάρχοντες οπλισμοί των υφιστάμενων δοκών αντέχουν την νέα πλάκα με βάση τις νέες εντάσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

5.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΩΘΗΣΗΣ (PUSHOVER)

Υποθέτοντας ότι οι οπλισμοί επαρκούν διεξάγεται μια νέα ανάλυση pushover με ίδια χαρακτηριστικά με αυτή που προηγήθηκε. Οι λόγοι για τους οποίους γίνεται αυτό είναι δύο. Ο πρώτος λόγος είναι ότι πρέπει να αποτιμηθεί η φέρουσα ικανότητα του κτιρίου μετά την επέμβαση και να ερευνηθεί αν η στάθμη επιτελεστικότητας μένει ίδια, όπως απαιτείται. Ο δεύτερος λόγος είναι για την διερεύνηση της συμπεριφοράς των μελών στην περιοχή του πληρωμένου ανοίγματος.



Σχήμα 5.3.3 : Διάγραμμα Απαιτήσης Ικανότητας και Παραμορφωμένο σώμα για την 1^η διαρροή στη φόρτιση των 90° (φορέας με πλήρωση ανοίγματος)

Από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι ο φορέας δεν είναι σε θέση να φέρει την νέα αναρτημένη πλάκα και πλέον ως στάθμη επιτελεστικότητας ορίζεται η «NC» («Αποφυγή οιονεί-κατάρρευσης»). Η πρώτη διαρροή συμβαίνει πρακτικά για μηδενική επιτάχυνση και σχεδόν ακαριαία στο ίδιο σημείο ακολουθεί η υπέρβαση της οριακής γωνίας στροφής

θu/γRd. Τα παραπάνω συμβαίνουν και για τις δύο κατανομές φόρτισης, σε όλες τις διευθύνσεις.

Σε τοπικό επίπεδο, η υφιστάμενη δοκός B (Σχ. 3.1) που τώρα συνδέεται με τις νέες, αναπτύσσει πολύ μεγάλη ροπή σε σχέση με τον διαθέσιμο οπλισμό της από τα αυξημένα κατακόρυφα φορτία σε συνδυασμό με τα πλευρικά. Μάλιστα δε, είναι αυτή που καθορίζει την πολύ μικρή αντοχή του φορέα για όλες τις περιπτώσεις. Ενδεικτικό είναι το σχήμα 5.3.3.

Ουσιαστικά, με το πέρας της ανάλυσης pushover η υπόθεση ότι οι αρχικοί οπλισμοί επαρκούν καταρρίπτεται και εξάγεται το συμπέρασμα ότι η δοκός B είναι πλέον καθοριστικής σημασίας μέλος για την ακεραιότητα του φορέα και για τη διατήρηση της στάθμης επιτελεστικότητας.

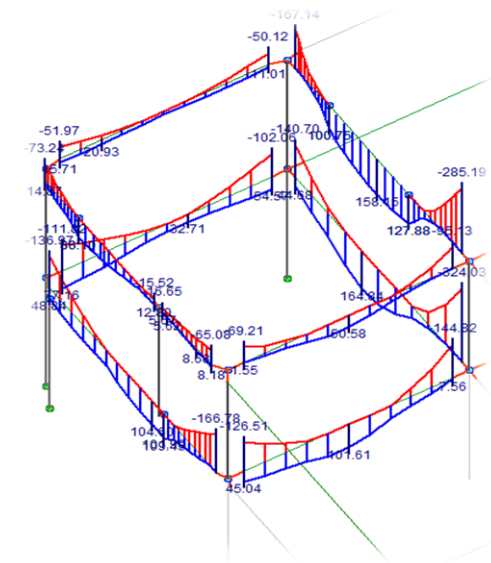
6. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

6.1. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΟΥ ΜΕΛΟΥΣ

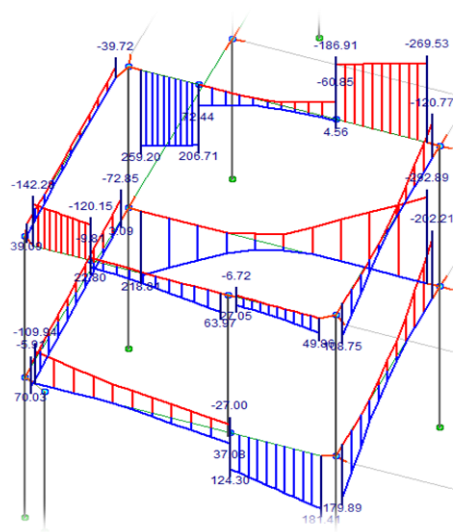
Μία πρώτη επιλογή θα ήταν να ενισχυθούν οι υφιστάμενες δοκοί που συνδέονται με τις νέες. Όμως λόγω των πολύ μεγάλων εντάσεων (Σχ. 5.3.2 και Σχ. 5.3.3) που προκύπτουν σε σχέση με τους υπάρχοντες οπλισμούς (Σχ. 4.2.3 και Σχ. 4.2.4) μία τέτοια επιλογή θα ήταν εξαιρετικά αντικοινωνική και από αναξιόπιστη μέχρι ανέφικτη λόγω του ότι θα χρειαζόνταν μεγάλα μήκη αγκύρωσης (ανεξαρτήτου μεθόδου ενίσχυσης), τα οποία δεν είναι διαθέσιμα. Αντιθέτως, για να μπορεί ο φορέας να αναλάβει τα νέα φορτία επιτυχώς, προτείνεται η περαιτέρω προσθήκη ενός φυτευτού υποστυλώματος διατομής 30x30, οπλισμένου σκυροδέματος και έπειτα η ενίσχυση των δοκών έναντι κάμψης και διάτμησης για νέα εντατικά μεγέθη που αναμένονται μικρότερα από τα προηγούμενα (Σχ. 5.3.2 και Σχ. 5.3.3). Το υποστύλωμα αυτό θα τοποθετηθεί μεταξύ των υφιστάμενων δοκών A και B (Σχ. 3.1).

6.2. ΝΕΑ ΕΝΤΑΣΗ ΦΟΡΕΑ

Σε πρώτη φάση είναι σκόπιμο να διερευνηθεί κατά πόσο η συνεργασία των δύο υφιστάμενων δοκών μέσω του νέου υποστυλώματος μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη ανάληψη των φορτίων ή εναλλακτικά στη μείωση και ανακατανομή της έντασης. Για να διαπιστωθεί κατά πόσο ισχύει αυτό διεξάγονται και πάλι όλες οι αναλύσεις που προηγήθηκαν με τις ίδιες παραμέτρους.



Σχήμα 6.2.1 : Διαγράμματα [M] σε δοκούς

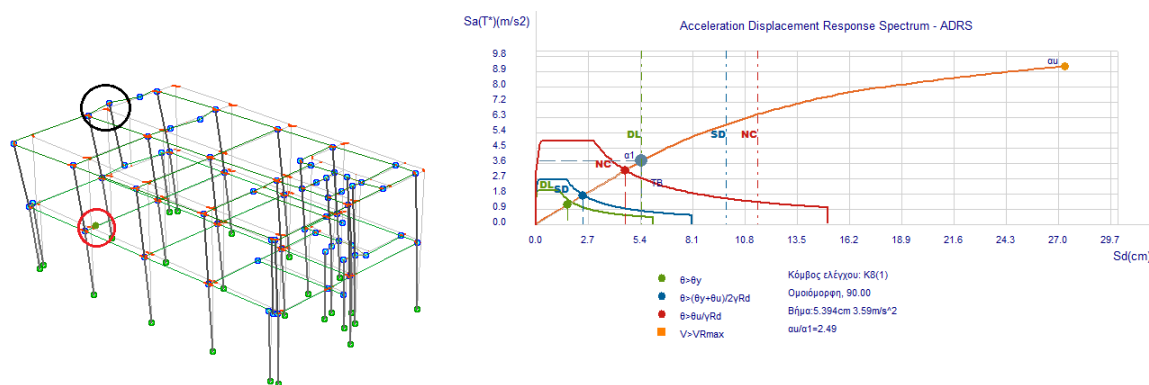


Σχήμα 6.2.2 : Διαγράμματα [V] σε δοκούς

Όπως φαίνεται από την νέα εντατική κατάσταση (Σχ 6.1- 6.2), το φυτευτό υποστύλωμα πράγματι λειτουργεί ως σύνδεσμος μεταξύ των δύο δοκών ο οποίος μεταφέρει την νέα φόρτιση σε πολύ μεγάλο βαθμό στην υφιστάμενη δοκό A του ισογείου, η οποία είναι βαρύτερα οπλισμένη από τη δοκό B, ενώ η εντατική κατάσταση των υπολοίπων δοκών (παράλληλων στις νέες) επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό.

6.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΩΘΗΣΗΣ (PUSHOVER)

Και εδώ τα χαρακτηριστικά της ανάλυσης pushover είναι ίδια ώστε να προκύπτουν συγκρίσιμα αποτελέσματα.



Σχήμα 6.3 : Διάγραμμα Απαίτησης Ικανότητας και Παραμορφωμένο σώμα για την 1^η διαρροή στη φόρτιση των 90° (φορέας με φυτευτό υποστύλωμα)

Από τη νέα ανάλυση που έγινε για όλες τις περιπτώσεις (ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή στις τέσσερις διευθύνσεις), υπάρχουν αξιόλογες διαφορές σε σχέση με πριν. Πρώτα απ' όλα, η πρώτη διαρροή μέλους δε συμβαίνει πλέον σε μηδενική επιτάχυνση, αλλά ούτε και στην γειτονιά του πληρωμένου ανοίγματος. Ενδεικτικό είναι το σχήμα 6.3, όπου για τις 90°, ομοιόμορφης κατανομής φόρτισης, φαίνεται ότι πρώτη διαρροή υφίσταται τώρα δοκός που δεν πλαισιώνει το άνοιγμα. Έτσι, διαπιστώνεται παράλληλα ότι η περιοχή του πληρωμένου ανοίγματος δεν είναι πια το πιο αδύναμο σημείο του φορέα. Επίσης, η στάθμη επιτελεστικότητας είναι ξανά η A («DL»).

Τελικώς το νέο υποστύλωμα κατάφερε να εξασφαλίσει την συνεργασία των δύο δοκών που συνδέει, «ανακουφίζοντας» την δοκό του άνω ορόφου στο σημείο σύνδεσης της με την νέα. Πιο συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν τα 4Φ16 του ανοίγματος της δοκού A (Σχ. 3.1) για μείωση των μετακινήσεων στο άνοιγμα της δοκού B, για τις οποίες αντιστοιχούν μικρότερες γωνίες στροφής στις στηρίξεις της. Άρα επιτυγχάνεται καλύτερη συμπεριφορά για πλευρική-σεισμική φόρτιση στην περιοχή του ανοίγματος.

Για όλα τα παραπάνω, η λύση των δύο νέων αμφιέριστων δοκών σε συνδυασμό με το φυτευτό υποστύλωμα, είναι αποδεκτή και υιοθετείται.

7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

Σκόπιμο είναι να παρουσιαστούν σε αυτό το σημείο η διερεύνηση για την ανάγκη ενίσχυσης των υφιστάμενων δοκών σε κάμψη και η διαστασιολόγηση των νέων μελών σε κάμψη και σκαριφήματα της επέμβασης.

7.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

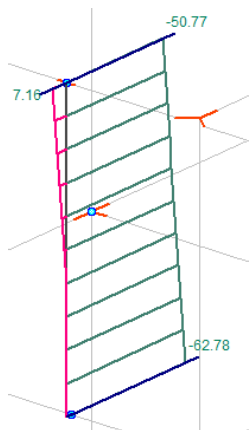
Οι νέες δοκοί, από τις οποίες αναρτάται η πλάκα, θεωρείται ότι είναι αμφιέριστες όπως προαναφέρθηκε και ότι το αξονικό τους φορτίο είναι πρακτικά μηδενικό. Δεν θα θεωρηθεί ότι συμμετέχουν σε ανάληψη σεισμικών δράσεων και θα διαστασιολογηθούν μόνο για το συνδυασμό φόρτισης 1.35G+1.5Q.

Για κάμψη γίνεται έλεγχος διατομών σε δύο θέσεις : στο άνοιγμα (30x50) και κοντά στη στήριξη (30x26) (Σχ. 5.1.1). Η ποιότητα των υλικών είναι C45/50 και S400 και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 7.1.1.

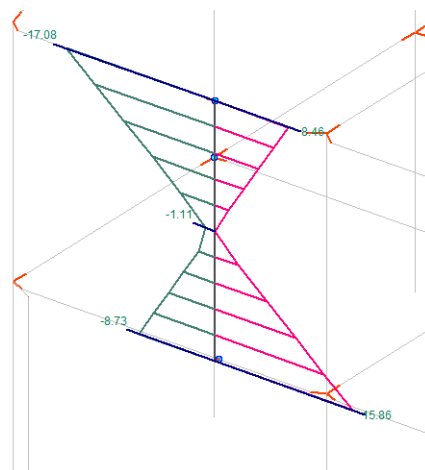
	ΑΝΟΙΓΜΑ	1,25 m ΑΠΟ ΤΗ ΣΤΗΡΙΞΗ
ΡΟΠΗ (kNm)	207	141
As απαιτ. (mm*mm)	1404	1738
ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ	7Φ16 ΚΑΤΩ 4Φ16 ΑΝΩ	(7+2)Φ16 ΚΑΤΩ 4Φ16 ΑΝΩ

Πίνακας 7.1.1 : Αποτελέσματα σχεδιασμού για κάθε δοκό

Για το υποστύλωμα, η διαστασιολόγηση σε κάμψη γίνεται με τα εντατικά μεγέθη των σχημάτων 7.1.1 -7.1.2 όπου υπάρχουν γενικές περιβάλλουσες (δηλαδή το υποστύλωμα υπολογίζεται και για σεισμό). Προκύπτουν 3Φ12 σε κάθε πλευρά, δηλαδή συνολικά 8Φ12.



Σχήμα 7.1.1 : Διαγράμματα [N] φυτευτού

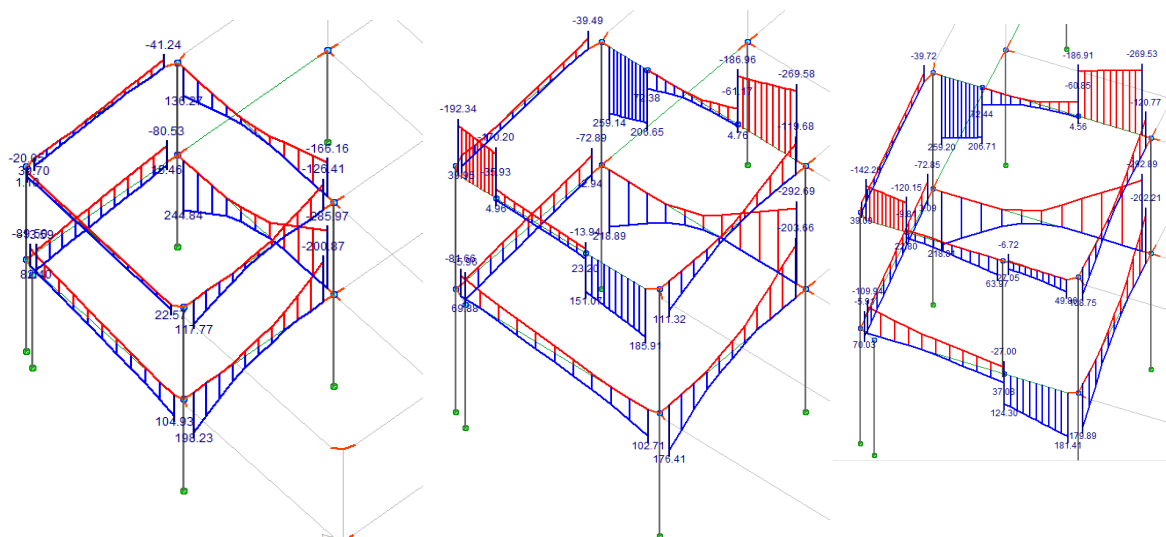


Σχήμα 7.1.2 : Διαγράμματα [M] φυτευτού στην κύρια διεύθυνση του

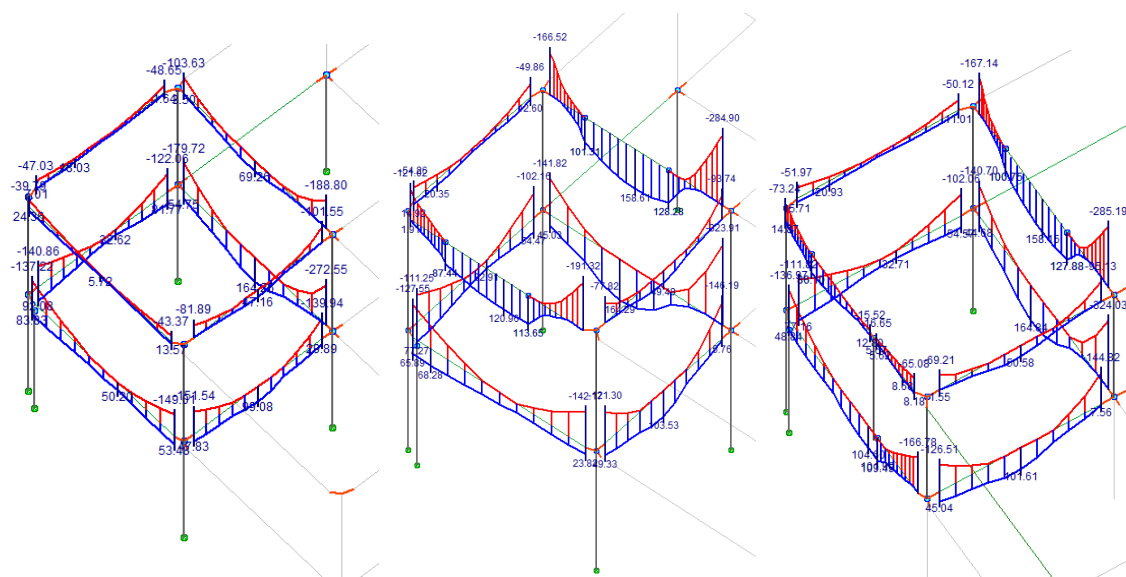
Για τη διάτμηση της δοκού [2], υπολογίστηκαν συνδετήρες Φ12/130mm. Για το υποστύλωμα, λόγω πολύ μικρής τέμνουσας, τοποθετούνται οι ελάχιστοι.

7.2. ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Εξετάζονται οι περιμετρικές δοκοί του ανοίγματος για την νέα ένταση. Για εύκολη σύγκριση ενδιάμεσης και τελικής κατάστασης παρατίθενται σε κοινά σχήματα, τα διαγράμματα ροπών και τεμνουσών των υφιστάμενων δοκών περιμετρικά του ανοίγματος και κάτω από αυτό (Σχ. 7.2.1-7.2.2).



Σχήμα 7.2.1 : Κοινή παράθεση διαγραμμάτων [V] για εύκολη σύγκριση



Σχήμα 7.2.2 : Κοινή παράθεση διαγραμμάτων [M] για εύκολη σύγκριση

Για την ενίσχυση σε κάμψη και διάτμηση, με βάση τους ξυλότυπους (Σχ. 4.2.3-4.2.4, απ' όπου αντλείται η ροπή αντοχής), τα αρχικά εντατικά μεγέθη και τα τελικά, εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι τέσσερις δοκοί Α,Β,Γ,Δ χρειάζονται ενίσχυση σε διάφορες θέσεις. Στις υπόλοιπες δοκούς η διαφορά των εντατικών μεγεθών είναι μικρότερη της τάξεως του 5% και για αυτό δεν απαιτείται ενίσχυση. Ο μόνος τρόπος ενίσχυσης είναι η δημιουργία νέων στρώσεων οπλισμένου σκυροδέματος, επειδή είναι φανερό ότι δεν μπορεί να αναληφθεί από τις δοκούς η ένταση από τα μόνιμα τελικά φορτία σχεδιασμού, ώστε να γίνει εναλλακτικά προσθήκη ελασμάτων απο χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παρ. 8.2.1.3 (ii)). Η πορεία του ανασχεδιασμού έχει ως εξής. Για τις δοκούς Α,Β,Γ,Δ θεωρείται νέα στρώση σκυροδέματος ποιότητας C16/20 και πάχους 5-10 cm (θεωρείται αρκετό για να εγκιβωτίσει τις νέες ράβδους οπλισμού) σε όποια παρειά κρίνεται απαραίτητο. Αυτό συνίσταται στο να αξιολογηθεί η τιμή των νέων ισχυρότερων εφελκυστικών εντάσεων και των θέσεών τους παρατηρώντας το σχ. 7.2.2. Συνοπτικά, υπολογίζεται η νέα ροπή σχεδιασμού, και για αυτήν

οπλίζονται απο την αρχή οι νέες διατομές δοκών. Απο το σύνολο του οπλισμού που υπολογίστηκε, αφαιρείται ο υφιστάμενος (μόνο όταν $M_{rd} < M_{sd}$ (M_{sd} από Σχ. 6.2.1)) και αυτός που προκύπτει είναι ο πρόσθετος οπλισμός της ενίσχυσης. Για την ενίσχυση πληρούνται οι κατασκευαστικές διατάξεις περί ελαχίστων πρόσθετων οπλισμών [1] ενώ έχει ληφθει διορθωτικός συντελεστής για την αντοχή του σκυροδέματος $k_f=0.90$ [1]. Το ανηγμένο αξονικό φορτίο των υφιστάμενων δοκών θεωρείται πρακτικά μηδενικό, λόγω της μικρής αξονικής έντασης που παρατηρήθηκε γενικά σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης θεωρείται μέσο στατικό ύψος μεταξύ των παλιών και νέων διατομών. Για εύκολη σύγκριση όλων των παραπάνω παρατίθεται ο Πίνακας 7.2.1.

ΔΟΚΟΣ Α														
	ΕΦΕΛΑΚΥΣΜΟΣ	ΡΟΠΗ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΦΥΤΕΥΤΟ	ΕΝΙΣΧΥΣΗ	ΑΡΧΙΚΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ	ΠΛΑΤΟΣ/ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ	ΣΤΑΤΙΚΟ ΥΨΟΣ	μsd	ε	As απαιτ.	προσθετα ενισχυσης	As	ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ
ΑΡΧΗ	ΑΝΩ	-149	-142	-166	ΝΑΙ	628	0,5	0,68	0,07	0,07	732,73	104,734	1#12	3#12
	ΚΑΤΩ	53	23	0	ΟΧΙ									
ΑΝΟΙΓΜΑ	ΚΑΤΩ	50	68	109	ΝΑΙ	226	0,9	0,68	0,02	0,025	467,84	241,8429	2#14	3#12
	ΑΝΩ	0	0	0	-									
ΤΕΛΟΣ	ΑΝΩ	-137	-127	-136	ΟΧΙ									
	ΚΑΤΩ	83	65	48	ΟΧΙ									
ΔΟΚΟΣ Β														
	ΕΦΕΛΑΚΥΣΜΟΣ	ΡΟΠΗ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΦΥΤΕΥΤΟ	ΕΝΙΣΧΥΣΗ	ΑΡΧΙΚΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ	ΠΛΑΤΟΣ/ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ	ΣΤΑΤΙΚΟ ΥΨΟΣ	μsd	ε	As απαιτ.	προσθετα ενισχυσης	As	ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ
ΑΡΧΗ	ΑΝΩ	-43	-191	-65	ΝΑΙ	339	0,3	0,49	0,08	0,089	402,99	63,99289	1#12	3#12
	ΚΑΤΩ	13	0	8	ΟΧΙ									
ΑΝΟΙΓΜΑ	ΚΑΤΩ	5	120	86	ΝΑΙ	308	0,3	0,49	0,11	0,121	543,98	235,9766	2#14	3#12
	ΑΝΩ	0	0	15	ΟΧΙ									
ΤΕΛΟΣ	ΑΝΩ	-39	-121	-73	ΝΑΙ	226	0,3	0,49	0,1	0,101	455,99	229,9908	2#14	3#12
	ΚΑΤΩ	24	1	14	ΟΧΙ									
ΔΟΚΟΣ Γ														
	ΕΦΕΛΑΚΥΣΜΟΣ	ΡΟΠΗ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΦΥΤΕΥΤΟ	ΕΝΙΣΧΥΣΗ	ΑΡΧΙΚΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ	ΠΛΑΤΟΣ/ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ	ΣΤΑΤΙΚΟ ΥΨΟΣ	μsd	ε	As απαιτ.	προσθετα ενισχυσης	As	ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ
ΑΡΧΗ	ΑΝΩ	-103	-166	-167	ΝΑΙ	678	0,3	0,49	0,22	0,257	1158,5	480,4696	3#16	3#16
	ΚΑΤΩ	4	0	0	ΟΧΙ									
ΑΝΟΙΓΜΑ	ΚΑΤΩ	69	158	158	ΝΑΙ	402	0,9	0,49	0,07	0,072	968,67	566,67	3#16	3#16
	ΑΝΩ	0	0	0										
ΤΕΛΟΣ	ΑΝΩ	-188	-284	-285	ΝΑΙ	1384	0,3	0,49	0,37	0,557	2512,2	1128,161	6#16	5#18
	ΚΑΤΩ	0	0	0	ΟΧΙ									
ΔΟΚΟΣ Δ														
	ΕΦΕΛΑΚΥΣΜΟΣ	ΡΟΠΗ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ	ΡΟΠΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΦΥΤΕΥΤΟ	ΕΝΙΣΧΥΣΗ	ΑΡΧΙΚΟΙ ΟΠΛΙΣΜΟΙ	ΠΛΑΤΟΣ/ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ	ΣΤΑΤΙΚΟ ΥΨΟΣ	μsd	ε	As απαιτ.	προσθετα ενισχυσης	As	ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ
ΑΡΧΗ	ΑΝΩ	-179	-141	-140	ΟΧΙ									
	ΚΑΤΩ	55	45	44	ΟΧΙ									
ΑΝΟΙΓΜΑ	ΚΑΤΩ	164	164	164	ΟΧΙ									
	ΑΝΩ	0	0	0										
ΤΕΛΟΣ	ΑΝΩ	-272	-323	-324	ΝΑΙ	1384	0,5	0,68	0,13	0,144	1499,2	115,1886	2#12	3#12
	ΚΑΤΩ	0	0	0	ΟΧΙ									

Πίνακας 7.2.1 : Αποτελέσματα ανασχεδιασμού για κάμψη για κάθε δοκό

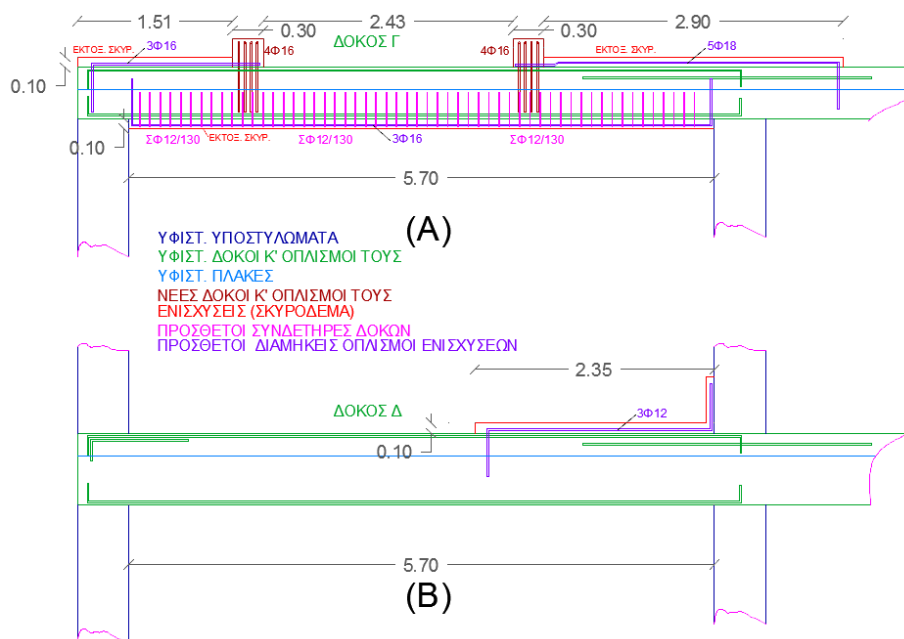
Για τον ανασχεδιασμό σε διάτμηση, αξιολογώντας τους αρχικούς ξυλότυπους (Σχ.4.2.3, 4.2.4 απ' όπου αντλούνται οι υφιστάμενοι συνδετήρες) και τα διαγράμματα τεμνουσών (Σχ. 7.2.1), προέκυψε ότι χρειάζονται ενίσχυση μόνο οι δοκοί Α, Β και Γ. Αρχικά υπολογίζεται η $V_{rd1} = V_{cd}$ γενικά, ή $V_{cd} = 0,3V_{rd1}$ για κρίσιμες περιοχές (όπως εδώ λόγω φυτευτού στις δοκούς Α, Β και νέων κόμβων στις Β, Γ) και η V_{rd2} [2] για τις νέες διατομές λαμβάνοντας υπόψη επί το δυσμενέστερο μη πλήρη σχήματα (Σχ. 8.3). Ελήφθησαν υπόψη τα ελάχιστα [1] και ο αντίστοιχος συντελεστής απομείωσης της τ_{Rd} [1].

ΔΟΚΟΙ	ΕΝΕΡΓΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΕΝΕΡΓΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΥΨΟΣ (m)	V_{rd1} , V_{cd} (kN)	V_{rd2} (kN)	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑ (kN)	ΑΡΧΙΚΟΣ ΥΦΙΣΤ. ΟΠΛΙΣΜΟΣ	V_r ΑΡΧΙΚΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ (kN)	ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ V_{rd3} (kN)	ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑ (kN)	ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ (kN)	ΠΡΟΣΘΕΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ
A	0,55	0,69	90*0,3	1130	104	Σ Φ8/150	72	162	181	19	Σ Φ8/135
B	0,4	0,49	52*0,3	648	23	Σ Φ8/200	38	90	142	52	Σ Φ8/85
Γ	0,3	0,49	43*0,3	656	166	Σ Φ8/150	39	82	269	187	Σ Φ12/130

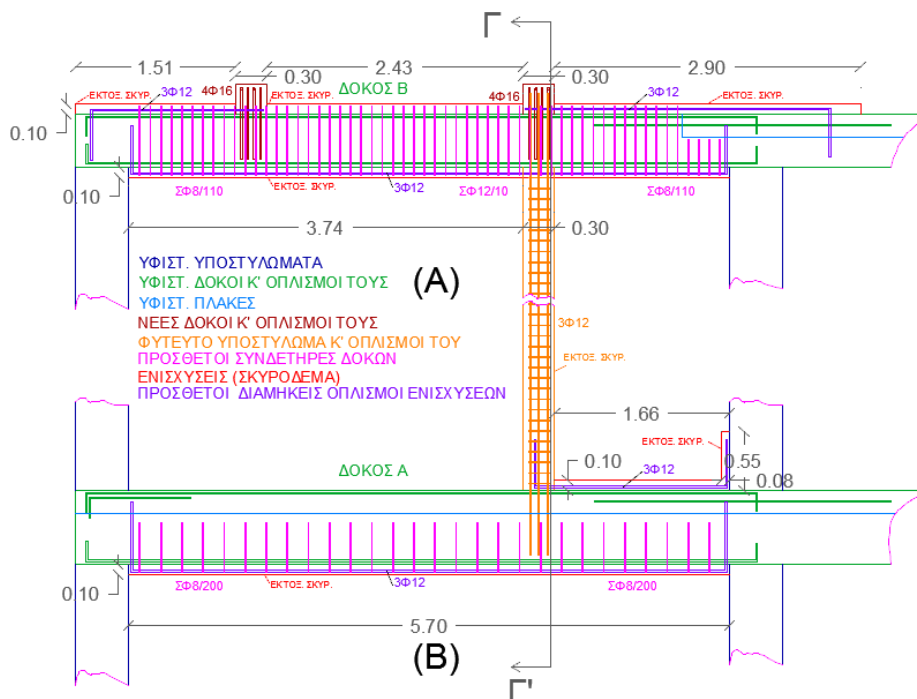
Πίνακας 7.2.2 : Αποτελέσματα ανασχεδιασμού για διάτμηση

8. ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

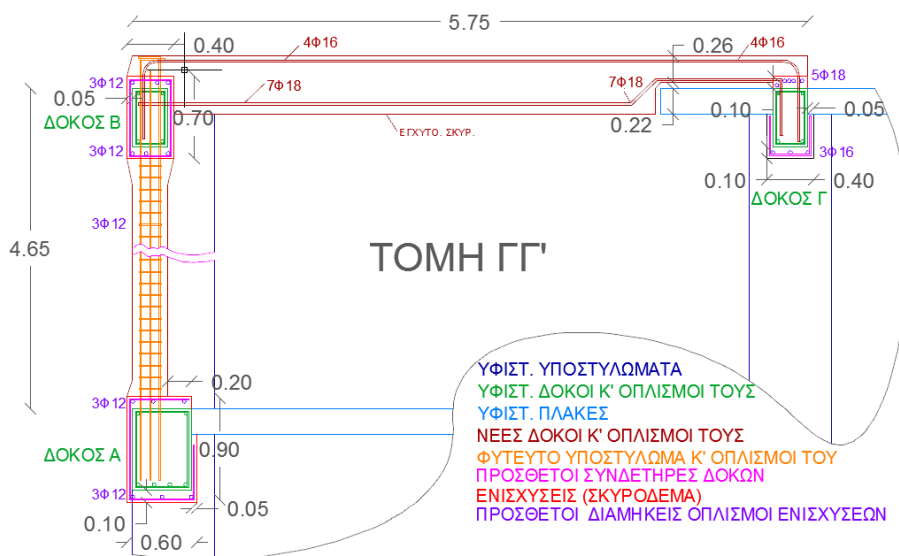
Παρακάτω παρατίθεται η διάταξη των οπλισμών από τα νέα και υφιστάμενα μέλη στην περιοχή της επέμβασης (Σχ. 8.1-8.3).



Σχήμα 8.1 : Δοκός Γ (Α), Δοκός Δ (Β), Λεπτομέρειες ενίσχυσης



Σχήμα 8.2 : Δοκός Β (Α), Δοκός Α (Β), Λεπτομέρειες ενίσχυσης



Σχήμα 8.3 : Τομή στις λεπτομέρειες

Με αναφορά στα σχήματα 8.1-8.3 αρχικά, ανοίγονται κατακόρυφες οπές στις δοκούς Α, Β, Γ, Δ. Οι οπές έχουν βάθος πάνω από το μισό του ύψους των δοκών αυτών (αυτές ονομάζονται εδώ οπές τύπου 1) και εξυπηρετούν την αγκύρωση των οπλισμών ενίσχυσης. Στη δοκό Β, ανοίγονται εκτός από οπές τύπου 1, οπές που διαπερνούν το ύψος της (αυτές ονομάζονται εδώ οπές τύπου 2) και οριζόντιες οπές λίγο πάνω από το μισό του ύψους τους, με βάθος πάνω από το μισό τους πλάτος. Στη συνέχεια, οι οπές τύπου 1 και οι οριζόντιες πληρώνονται με ρητίνη ή κόλλα. Σημειώνεται ότι η ακτίνα των οπών είναι κατά 1 cm μεγαλύτερη της ακτίνας των οπλισμών.

Έπειτα, τοποθετούνται οι οπλισμοί ως εξής : σε πρώτη φάση διαπερνούνται οι οπλισμοί του φυτευτού υποστυλώματος από την δοκό Β μέσω των οπών τύπου 2, στη συνέχεια φτάνουν το τέλος των οπών τύπου 1 της δοκού Α και αφήνονται να προεξέχουν πάνω από

την δοκό Β. Στη βάση του φυτευτού υποστυλώματος διαπερνούνται και αγκυρώνονται οι διαμήκεις οπλισμοί ενίσχυσης της δοκού Α ενώ στην κορυφή του φτάνουν οι οπλισμοί του πάνω πέλματος της νέας δοκού. Περισσότερες λεπτομέρειες για την όπλιση όπως προέκυψε από τον σχεδιασμό και τον ανασχεδιασμό φαίνονται στα σχήματα που προαναφέρθηκαν.

Για τον οπλισμό διάτμησης συμπεριλαμβάνονται τα ελάχιστα 2Φ18 κατά [1] ως μοντάζ τα οποία δεν φαίνονται στα Σχ 8.1-8.3 για λόγους ευκρίνειας.

Τέλος, είναι απαραίτητο, οι οπλισμοί να έρθουν στο χώρο εργασίας κατασκευαστικά λυγισμένοι ώστε να γίνει επιτυχώς η τοποθέτηση και η αγκύρωση τους.

9. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΣΧΟΛΙΑ

Δεν εξετάστηκε η επάρκεια και η ενδεχόμενη ενίσχυση των περιμετρικών υποστυλωμάτων του ανοίγματος για λόγους συντόμευσης, αλλά η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτή που παρουσιάστηκε. Ακόμη, πέρα από την διάταξη των νέων δοκών που προτάθηκε, υπάρχει και η διάταξη αυτές να ήταν παράλληλες στον Ζ. Επειδή όμως οι οπλισμοί των γωνιακών δοκών περιμετρικά του ανοίγματος είναι σχεδόν ίδιοι, δεν θα υπήρχε ουσιαστική διαφορά στη μελέτη της έντασης και για αυτό δεν παρουσιάστηκε αυτή η λύση. Επιπρόσθετα, ενδεχομένως να μπορούσαν να τοποθετηθούν συνολικά τέσσερα φυτευτά υποστυλώματα (δύο μεταξύ δοκών Α-Β και δύο μεταξύ δοκών Γ-Δ). Πιθανόν όμως αυτό να οδηγούσε σε μεγάλες κατακόρυφες επιταχύνσεις στην περιοχή του ανοίγματος, διότι τα ιδιοδιανύσματα του φορέα θα άλλαζαν σημαντικά και έτσι θα προέκυπταν νέες, κατώτερες ιδιομορφές που θα περιείχαν και κατακόρυφες ταλαντώσεις. Ακόμη, ένα άλλο φυτευτό υποστυλώμα με τη βάση του στη δοκό Α και την κορυφή του στον άλλο νέο κόμβο, θα είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλης τέμνουσας, διότι σε συνδυασμό με το τοίχωμα στο τέλος της δοκού Α, θα δημιουργούνταν «κοντό μήκος διάτμησης». Η λύση του φυτευτού εξυπηρετεί στην περίπτωση όπου η οριογραμμή του οικοπέδου συμπίπτει με την περίμετρο του κτιρίου στην επίμαχη πλευρά του. Το φυτευτό δε συνεχίστηκε μέχρι το έδαφος, διότι η τοιχοποιία ακριβώς από κάτω του λειτουργεί θλιπτικά, όπως θα λειτουργούσε και η συνέχεια του υποστυλώματος. Επιπρόσθετα, σημειώνεται ότι ίσως να απαιτούνταν ενίσχυση της τοιχοποιίας αυτής. Τέλος, η λύση του φυτευτού είναι η τελευταία αποδεκτή (λόγω της μη δημοφιλούς εφαρμογής του) και υιοθετήθηκε επειδή στην τελευταία ανάλυση pushover, για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης, η πρώτη διαρροή συμβαίνει μακριά από το άνοιγμα, κάτι το οποίο απαλλάσσει το φυτευτό υποστυλώμα από αμφιβολίες.

Όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος της πλάκας, τόσο πιο μεγάλη είναι και η αλλαγή της εντατικής κατάστασης του φορέα. Για να φανεί το μέγεθος της αλλαγής, παρατείνονται τα σχήματα 7.2.1 και 7.2.2. Ωστόσο η ροπή αντοχής είναι αυτή που καθορίζει την ενίσχυση.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η πλήρωση του ανοίγματος με ανάρτηση σε υφιστάμενο κτίριο είναι εφικτή ακόμη και για πλάκες μεγάλου ύψους και μεγάλων ανοιγμάτων.
- Η αλλαγή στην εντατική κατάσταση μπορεί να αντιμετωπιστεί με την προσθήκη φυτευτού υποστυλώματος σε κατάλληλη θέση, ώστε να επιτυγχάνεται εν παραλλήλω διάταξη της δυσκαμψίας των υφιστάμενων δοκών καθ' ύψος. Έτσι, αξιοποιούνται καλύτερα περισσότεροι οπλισμοί.
- Σε επίπεδο σχεδιασμού, οι νέες δοκοί προτιμάται να έχουν στα άκρα τους συνδεσμολογία άρθρωσης. Έτσι, αναπτύσσονται μικρότερες ροπές στους νέους κόμβους και υπάρχει σχεδόν καθαρή λειτουργία εφελκυσμού στα κάτω πέλαμα, πράγμα το οποίο διευκολύνει το σχεδιασμό και επιτυγχάνει ίδιο είδος τάσης σε όλο το μήκος των 2 πελμάτων κατά τη διάρκεια σεισμού.

- Σε επίπεδο ανασχεδιασμού, η μελέτη ενίσχυσης που παρουσιάστηκε είναι η λιγότερο δαπανηρή, λόγω της συνεργασίας υφιστάμενων μελών, όπως περιγράφηκε παραπάνω.
- Είναι απαραίτητο να διεξάγονται τόσο η ελαστική, όσο και η ανελαστική ανάλυση. Η πρώτη προσφέρει πληροφορίες για την ένταση, ενώ η δεύτερη για την αντοχή και τη στάθμη επιτελεστικότητας, ανεξάρτητα απο το αν αυτή πρωταγωνιστεί ή όχι στα ζητούμενα του ιδιοκτήτη.

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Δρίτσος Σ., «Ενισχύσεις-επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος», Πάτρα 2011

[2] Φαρδής Μ., «Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος μέρος 1», Πάτρα 2011

[3] Fardis M., «Seismic design, assesment and retrofitting of concrete buildings, based on EN - Eurocode 8»