

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**



**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ
ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΚΙΚΑ ΑΣΠΑΣΙΑ

ΖΩΓΑ ΠΟΛΥΜΝΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΨΥΛΛΑ Ν.

ΑΘΗΝΑ
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ	4
ΜΕΡΟΣ Α' - ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	10
1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	11
2. ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ.....	13
2.1 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ	13
2.2 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	14
2.2.1 Υπολογισμός μάζας κτιρίου	15
2.2.2 Ιδιοπερίοδος κτιρίου	18
2.2.3 Επιτάχυνση σχεδιασμού.....	19
2.2.4 Καθ' ύψος κατανομή σεισμικών φορτίων.....	20
2.2.5 Τυχηματική εκκεντρότητα.....	22
2.2.6 Συνδυασμοί σεισμικών δράσεων.....	23
2.2.7 Σεισμικοί συνδυασμοί.....	24
3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	25
4. ΕΛΕΓΧΟΙ – ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΩΝ.....	53
ΜΕΡΟΣ Β' - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	75
1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	76
2. ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ.....	77
2.1. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ	77
2.2 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	78
2.2.1 Υπολογισμός μάζας κτιρίου	78
2.2.2 Ιδιοπερίοδος του κτιρίου	79
2.2.3 Επιτάχυνση σχεδιασμού.....	80
2.2.4 Καθ' ύψος κατανομή σεισμικών φορτίων.....	81
2.2.5 Συνδυασμοί σεισμικών δράσεων.....	82
3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	106
4 ΕΛΕΓΧΟΙ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	107
4.1 ΕΛΕΓΧΟΙ.....	107
4.1.1 Έλεγχος επάρκειας τοιχωμάτων	107
4.1.2. Έλεγχος υποστυλωμάτων σε κάμψη.....	108
4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	109
4.2.1 Διαστασιολόγηση τοιχωμάτων	109
4.2.2 Όπλιση τοιχωμάτων	110
4.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ	111
4.3.1 Έλεγχος τοιχώματος σε κάμψη.....	111
4.3.2 Έλεγχος τοιχώματος σε διάτμηση	113
5. ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΕΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	116
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	120
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	122

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση της μεταβολής της κατανομής της αναπτυσσόμενης σεισμικής έντασης στα φέροντα στοιχεία ενός τυπικού υφιστάμενου κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με την χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων, σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000) και τον Ελληνικό Κανονισμό Ωπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ 2000).

Ένα τυπικό κτίριο κατασκευασμένο την δεκαετία του 1970 έχει κατασκευαστεί με πολύ ευμενέστερους κανονισμούς από αυτούς που ισχύουν σήμερα, συνεπώς δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις ισχύουσες απαιτήσεις που θέτουν ο ΕΑΚ 2000 και ο ΕΚΩΣ 2000.

Η διάγνωση ότι μία κατασκευή δεν μπορεί να αντισταθεί σ' έναν μελλοντικό αναμενόμενο σεισμό μας οδηγεί αναπόφευκτα στην αναζήτηση λύσης με την οποία θα την ενισχύσουμε. Θα αναζητηθεί λύση με την οποία η κατασκευή ενισχύεται ως σύνολο, έτσι ώστε να μειωθεί η ένταση στα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής σε επίπεδα χαμηλότερα από τα ανεκτά όρια αντοχής τους. Αυτή η κατεύθυνση ακολουθείται συνήθως όταν τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής είναι πολλά και επομένως χρειάζεται μια συνολική αντιμετώπιση του θέματος.

Από τις μεθόδους ενίσχυσης ενός κτιρίου, οι οποίες αναφέρονται στο παρακάτω κεφάλαιο, στην παρούσα πτυχιακή θα ερευνησουμε την προσθήκη τοιχωμάτων από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η διερεύνηση γίνεται σε ένα τυπικό υφιστάμενο τριώροφο κτίριο, του οποίου ο φέροντας οργανισμός μορφώνεται με τετραγωνικά υποστυλώματα.

Γίνεται επίλυση του κτιρίου με σκοπό να δούμε αν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των ισχύοντων κανονισμών.

Αρχικά υπολογίζονται τα κατακόρυφα φορτία του κτιρίου, δηλαδή τα μόνιμα φορτία που οφείλονται στα ίδια βάρη των μελών, τα πρόσθετα μόνιμα (επικαλύψεις και τοιχοποιίες) και τα ωφέλιμα φορτία (κινητά φορτία).

Στη συνέχεια με τη χρήση του φάσματος σχεδιασμού και τις απλοποιημένης φασματικής μεθόδου (ισοδύναμη στατική μέθοδος), που προτείνονται στον ΕΑΚ 2000, καθορίζονται οι οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις του κτιρίου για κάθε όροφο, κατά την εφαρμογή των σεισμικών δυνάμεων στο κτίριο. Λαμβάνεται υπόψη η ταυτόχρονη δράση τους στις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου, σε θέσεις μετατοπισμένες παράλληλα προς το κέντρο βάρους κάθε στάθμης κατά την τυχηματική εκκεντρότητα σύμφωνα με τις υποδείξεις του ΕΑΚ 2000. Προκύπτουν 32 συνδυασμοί σεισμικών δράσεων, οι οποίες συνδυάζονται με το σύνολο των μόνιμων, πρόσθετων μόνιμων και το 30% των κινητών φορτίων.

Με τη χρήση του στατικού προγράμματος Sofistic, μορφώνεται κατάλληλο προσομοίωμα χωρικού πλαισίου, και γίνεται ελαστική ανάλυση με σκοπό την εύρεση των εντατικών μεγεθών του κτιρίου. Ακολουθεί ο έλεγχος επάρκειας των διατομών σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως το κτίριό μας έχει ανάγκη ενίσχυσης.

Στη συνέχεια, και αφού επιλέξουμε προσεκτικά τις θέσεις που θα τοποθετήσουμε τα νέα τοιχώματα, προχωράμε σε νέα επίλυση του κτιρίου και υπολογισμούς που θα μας οδηγήσουν στην ποσοτικοποίηση της μεταβολής της σεισμικής απόκρισης ενός κτιρίου Ο.Σ στην περίπτωση ενσωμάτωσης εκ των υστέρων αντισεισμικών τοιχωμάτων. Ακολουθεί η διαστασιολόγηση και οι λεπτομέρειες όπλισης των νέων στοιχείων.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Στρατηγικές – μέθοδοι συνολικής ενίσχυσης

Ας θεωρήσουμε ότι η σεισμική δράση είναι ουσιαστικά μία εξωτερικά επιβεβλημένη δυναμική μετακίνηση που εισάγει στην κατασκευή μία ποσότητα κινητικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή κατά την ταλάντωση της κατασκευής, μετατρέπεται από κινητική σε ενέργεια παραμόρφωσης και αντίστροφα. Μπορούμε επομένως να υποθέσουμε ότι το μέγεθος της μέγιστης ενέργειας παραμόρφωσης που μπορεί να αναπτυχθεί σε μία κατασκευή αποτελεί ένα μέτρο της σεισμικής της αντίστασης.

Μπορούμε να επιλέξουμε μία ασφαλή λύση ενίσχυσης της κατασκευής είτε αυξάνοντας την αντοχή και τη δυσκαμψία της, είτε αυξάνοντας την ικανότητα της για μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις.

Επίσης ως ενίσχυση θα μπορούσε να θεωρηθεί και κάθε διαδικασία με την οποία μειώνεται η εισαγόμενη σεισμική δράση στην κατασκευή και επομένως μειώνεται η απαιτούμενη σεισμική της ικανότητα.

Διάφορες μέθοδοι και τεχνικές χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη για την αντισεισμική ενίσχυση μίας κατασκευής ως σύνολο. Ειδικότερα όσον αφορά τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, θα μπορούσε κανείς να διακρίνει έξι κύριες μεθόδους επέμβασης, ανάλογα με το είδος των πρόσθετων στοιχείων που χρησιμοποιείται σε κάθε μέθοδο (Δρίτσος, 1994 – C.E.B. BuI.162, 1983 – FEMA-356, 2000). Εξάλλου ένα πλήθος εναλλακτικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια κάθε μίας από αυτές τις μεθόδους.

Οι μέθοδοι αυτές είναι :

- Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής. Στοχεύει σε μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής.
- Κατασκευή δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής. Στοχεύει σε μέτρια αύξηση της αντοχής και κυρίως σε αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε συνέχεια και σύνδεση με υπάρχοντα υποστυλώματα της κατασκευής. Στοχεύει στη βελτίωση της πλαστιμότητας της κατασκευής και σε μερική αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας.
- Κατασκευή μανδύων σε κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής. Στοχεύει βασικά στην αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων στην κατασκευή. Στοχεύει σε μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας, αντοχής και πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Ενσωμάτωση στην κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας, ιξώδους ή υστερητικής συμπεριφοράς. Στοχεύει στη μείωση της εισαγόμενης σεισμικής έντασης της κατασκευής.

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί σε όλες τις παραπάνω μεθόδους προβλέπεται η προσθήκη νέων στοιχείων που προσαρμόζονται πάνω στην υφιστάμενη κατασκευή. Απαιτούνται ως εκ τούτου ειδικοί έλεγχοι στις θέσεις αλληλεπίδρασης που θα επιβεβαιώνουν τις ικανότητες των συνδέσεων για τη μεταφορά δυνάμεων μεταξύ των νέων στοιχείων και της υφιστάμενης κατασκευής.

Πρέπει πάντως να επισημανθεί ιδιαίτερα ότι αυτού του είδους οι επεμβάσεις αλλάζουν ριζικά το αρχικό στατικό σύστημα της κατασκευής και γι' αυτό θα πρέπει να αποφασίζονται με σύνεση. Απαιτείται πλέον ένας εξολοκλήρου νέος σχεδιασμός της κατασκευής που πιθανότατα θα απαιτήσει εκτεταμένες επεμβάσεις σε πολλές περιοχές της κατασκευής, όπως π.χ στη θεμελίωση.

Κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων

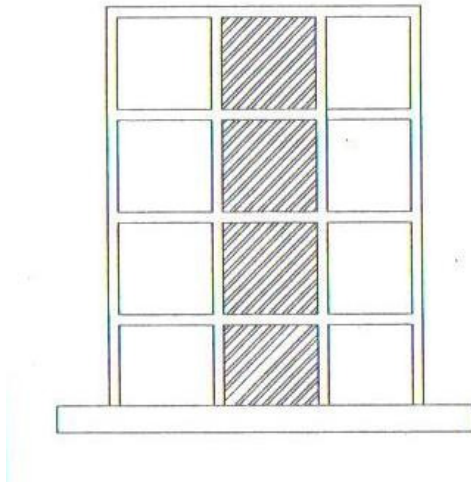
Η προσθήκη νέων τοιχωμάτων εντός υφισταμένων πλαισίων της κατασκευής θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα. Η μέθοδος εφαρμόζεται επίσης για να διορθωθούν σφάλματα σχεδιασμού που σχετίζονται με τη μόρφωση του φορέα και ειδικότερα όταν διαπιστώνεται ασυμμετρία κατανομής δυσκαμψίας καθ' ύψος ή εκκεντρότητες δυσκαμψίας σε κάτοψη.

Είναι προφανές ότι ο καθορισμός του απαραίτητου πλήθους και της σωστής θέσης των τοιχωμάτων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Στη μόρφωση του νέου φορέα, λαμβάνονται οπωσδήποτε υπόψη οι περιορισμοί που προβλέπονται στον αντισεισμικό κανονισμό για την αποφυγή απότομης μεταβολής της δυσκαμψίας καθ' ύψος της κατασκευής.

Τεχνικές προσθήκης τοιχωμάτων

Οι τεχνικές προσθήκης τοιχωμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του τοιχώματος που χρησιμοποιείται :

- Τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευαζόμενα στον τόπο του έργου
- Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)
- Τοιχοποιία από συμπαγείς οπτόπλινθους ή τσιμεντόπλινθους



Σχήμα 1. Κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων

A. Τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

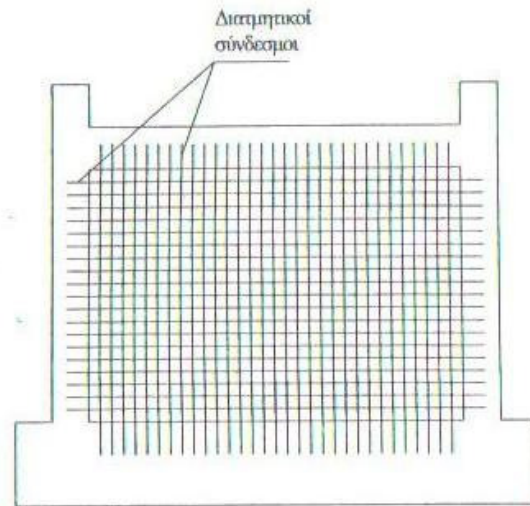
Τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κατασκευάζονται σε κατάλληλα επιλεγμένα πλαίσια του φέροντος οργανισμού της κατασκευής και συνδέονται κατά μήκος της περιμέτρου τους με τα υπάρχοντα υποστυλώματα και τις δοκούς.

Στις περιπτώσεις που επιδιώκεται μία περισσότερο πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής, η σύνδεση γίνεται μόνο στις δοκούς, δηλαδή στο πάνω και κάτω μέρος του τοιχώματος, ενώ στα πλάγια, μεταξύ του τοιχώματος και των υποστυλωμάτων δεν γίνεται σύνδεση και αφήνεται ένα μικρό κενό.

Η θεμελίωση των νέων τοιχωμάτων συνδέεται πάντοτε με την υπάρχουσα θεμελίωση, ακόμα και στην περίπτωση που τα τοιχώματα δεν συνδέονται με τα υποστυλώματα του πλαισίου.

Είναι άξιο προσοχής ότι στη συνήθη περίπτωση σύνδεσης των νέων τοιχωμάτων με τα υποστυλώματα, τα τελευταία αποτελούν πλέον τα άκρα ενός νέου τοιχώματος

όπου αναμένεται ιδιαίτερα αυξημένη ένταση. Ως εκ τούτου τις περισσότερες φορές τα άκρα του νέου τοιχώματος επεκτείνονται σε ένα μανδύα γύρω από τα υποστύλωματα, ενισχύοντας έτσι και αυτήν την περιοχή.



Σχήμα 2. Κατασκευή τοιχωμάτων από έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση

Κρίσιμο σημείο εφαρμογής της μεθόδου είναι η εξασφάλιση της μεταφοράς των οριζοντίων δράσεων στα νέα τοιχώματα. Απαιτείται δηλαδή έλεγχος στις στάθμες των ορόφων ότι οι δοκοί που συντρέχουν στο τοίχωμα (με διεύθυνση τον ισχυρό άξονα του τοιχώματος) έχουν επαρκή διαμήκη οπλισμό για τη μεταφορά των οριζοντίων δράσεων του ορόφου. Αν ο οπλισμός αυτός είναι ανεπαρκής η ενίσχυση περιλαμβάνει και την προσθήκη νέων οριζοντίων στοιχείων σύνδεσης.

Ένας τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτήν τη σύνδεση είναι ο εξής :

Αρχικά νέες οριζόντιες διαμήκεις ράβδοι οπλισμού αγκυρώνονται στο νέο τοίχωμα στις στάθμες των ορόφων με διεύθυνση τον ισχυρό άξονα του τοιχώματος. Στη συνέχεια οι οπλισμοί αυτοί συγκολλούνται επάνω σε ισχυρές μεταλλικές πλάκες που έχουν αγκυρωθεί πάνω στις γειτονικές δοκούς, που συντρέχουν στο τοίχωμα και έχουν την ίδια ως άνω διεύθυνση. Τελικά οι οπλισμοί καλύπτονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μετά από κατάλληλη προεργασία (εκτράχυνση και καθαρισμό) της επιφάνειας της δοκού.

Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο έλεγχος που απαιτείται για την επάρκεια της αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού στον υφιστάμενο φορέα. Επίσης ειδικά μέτρα λαμβάνονται πάντοτε για την εξασφάλιση της συνέχειας στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος με κατάλληλους διατημητικούς συνδέσμους. Συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανικά ή χημικά χαλύβδινα βλήτρα αφού προηγουμένως εκτραχυνθεί και καθαριστεί η επιφάνεια των παλαιών στοιχείων.

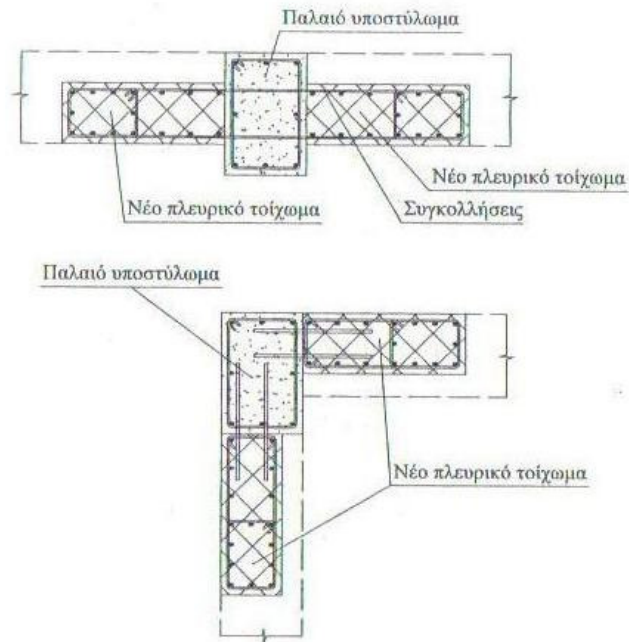
Ο έλεγχος που γίνεται στις διεπιφάνειες πρέπει να εξασφαλίζει ότι η διατημητική ένταση που αναπτύσσεται σ' αυτές τις διατομές μπορεί να αναληφθεί μέσω των μηχανισμών ανάληψης φορτίου που θα αναπτύξει η σύνδεση. Η εκτίμηση του διατημητικού φορτίου της διεπιφάνειας συνήθως γίνεται θεωρώντας μονολιθική σύνδεση μεταξύ των δύο στοιχείων.

Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστύλωμάτων

Η προσθήκη τοιχωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος σε συνέχεια και σύνδεση με τα υπάρχοντα υποστύλωματα της κατασκευής, αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο αύξησης της πλαστιμότητας της κατασκευής με παράλληλη μέτρια αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας. Εφαρμόζεται σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του

φορέα συνδυαζόμενη συνήθως με την ενίσχυση μεμονωμένων υποστυλωμάτων που έχουν ανεπαρκή αντοχή ή/και πλαστιμότητα.

Η προσθήκη του τοιχώματος γίνεται προς την επιδιωκόμενη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης της κατασκευής. Πολλές φορές σε γωνιακά υποστυλώματα, γίνεται προσθήκη τοιχωμάτων σε δύο διευθύνσεις. Τα τοιχώματα κατασκευάζονται συνήθως από έγχυτο σκυρόδεμα ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προκατασκευασμένα στοιχεία. Σκόπιμο είναι να προηγείται αποφόρτιση και υποστύλωση πλακών και δοκών, έτσι ώστε, μετά την επέμβαση, τα νέα στοιχεία να παραλάβουν μέρος των κατακόρυφων φορτίων.



Σχήμα 3. Προσθήκη τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων

Η μέθοδος αυτή έχει τύχει ευρείας εφαρμογής στην Ελλάδα, κυρίως επειδή δεν απαιτεί ιδιαίτερα εξειδικευμένο προσωπικό. Επιπλέον οι αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων ανάλυσης είναι πολύ μικρότερες απ' ό,τι τις υπόλοιπες μεθόδους.

Κρίσιμα σημεία εφαρμογής της μεθόδου είναι η σύνδεση των παλαιών και των νέων στοιχείων και η ανακατανομή της έντασης στη γειτονιά της επέμβασης. Ειδικότερα :

α) Η σύνδεση των παλαιών και των νέων στοιχείων γίνεται μετά από εκτράχυνση της επιφάνειας επαφής των παλαιών στοιχείων και χρήση διατμητικών συνδέσμων. Προβλήματα όπως τα σχετιζόμενα με τη συστολή ξήρανσης του νέου σκυροδέματος και τη δυσκολία σκυροδέτησης αντιμετωπίζονται με τους ίδιους τρόπους που ήδη αναφέρθηκαν στην περίπτωση των τοιχωμάτων εντός πλαισίων.

β) Πέραν από το γενικότερο θέμα της ανακατανομής της έντασης στο σύνολο του φορέα, αξίζει ιδιαίτερη προσοχή η περιοχή σύνδεσης των νέων στοιχείων με τις γειτονικές δοκούς. Η καμπτική ένταση στις δημιουργούμενες νέες παρειές στήριξης των δοκών είναι πολύ υψηλότερη από την προηγούμενη πριν την επέμβαση). Συνεπώς είναι απαραίτητη επαρκής αντοχή ή πλαστιμότητα της περιοχής για την αντιμετώπιση της έντασης.

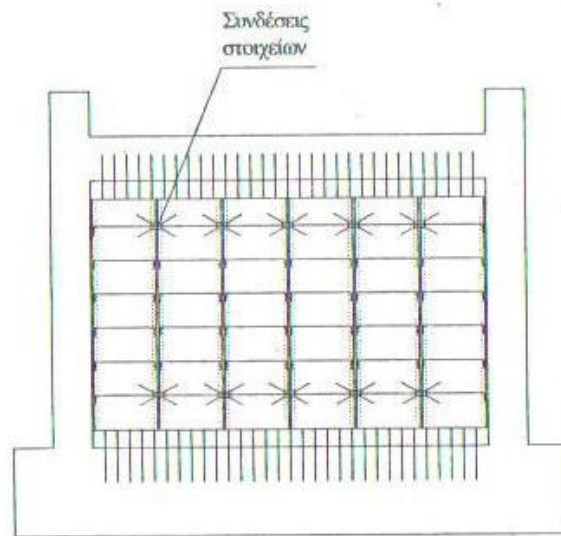
B. Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)

Η τεχνική της προσθήκης προκατασκευασμένων τοιχωμάτων (panels) εντός πλαισίων της κατασκευής έχει αρκετά κατασκευαστικά πλεονεκτήματα και είναι

οικονομικότερη λύση συγκρινόμενη με αυτήν της προσθήκης νέων τοιχωμάτων από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όμως η προσφορά τους στη συνολική δυσκαμψία και αντοχή του φορέα είναι μικρότερη.

Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλυφθεί το σύνολο του ανοίγματος του πλαισίου ή τμήμα του. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους και με τα υποστυλώματα του πλαισίου, ή όχι. Η σύνδεση με το περιβάλλον πλαίσιο γίνεται με ειδικές τεχνικές αγκύρωσης, που επιδρούν σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της τεχνικής. Πολλές φορές πάντως, όταν επιδιώκεται μία περισσότερο πλαστική συμπεριφορά του φορέα, η σύνδεση γίνεται μόνο με τις δοκούς και δεν υπάρχει επαφή με τα υποστυλώματα.

Τα προκατασκευασμένα τοιχώματα μπορεί να είναι είτε συμπαγή από οπλισμένο σκυρόδεμα, είτε τύπου “σάντουιτς” με εξωτερικούς φλοιούς από οπλισμένο σκυρόδεμα ή ενισχυμένα μεταλλικά φύλλα, και εσωτερικό γέμισμα είναι κάποιο υλικό με μονωτικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται εξωτερικά μεταλλικά φύλλα, απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για προστασία από οξείδωση και φωτιά. Απαιτούνται ως εκ τούτου εξειδικευμένες μονάδες παραγωγής και έμπειρα συνεργεία.



Σχήμα 4. Προκατασκευασμένο τοίχωμα χωρίς πλευρική σύνδεση

Γ. Τοιχώματα από οπλισμένη ή άοπλη τοιχοποιία

Η τοιχοπλήρωση των φατνωμάτων των πλαισίων μιας κατασκευής που υλοποιείται με την κατασκευή οπλισμένης ή άοπλης τοιχοποιίας από συμπαγή τούβλα ή τσιμεντόπλινθους επαρκούς αντοχής, είναι μία δημοφιλής πρακτική. Είναι λιγότερο αποτελεσματική από τις προηγούμενες αλλά αρκετά οικονομική και συμβάλλει σημαντικά στην κατανάλωση της σεισμικής ενέργειας που εισάγεται στην κατασκευή. Στην περίπτωση της οπλισμένης τοιχοποιίας, οι οπλισμοί αγκυρώνονται στο περιμετρικό πλαίσιο με ειδικές ρητίνες αγκύρωσης ή με ειδικά αγκύρια και ηλεκτροσυγκόλληση των οπλισμών.

Βασικό μειονέκτημα της τεχνικής είναι ότι στη συνήθη αναλυτική εργασία των μελετητών εφαρμογής, οι αβεβαιότητες των χαρακτηριστικών της τοιχοπλήρωσης καθώς επίσης και των χαρακτηριστικών της σύνδεσης στις διεπιφάνειες τοιχοπλήρωσης – πλαισίου δεν επιτρέπουν μία αξιόπιστη πρόβλεψη της συμπεριφοράς του φορέα στον ίδιο βαθμό αξιοπιστίας που ισχύει για τα αποτελέσματα της ανάλυσης στο γυμνό φορέα οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός είναι εξάλλου ένας από τους λόγους για τον οποίο, στην ανάλυση συνήθων έργων



αγνοείται η συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική αντίσταση μίας κατασκευής με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ως εκ τούτου η χρησιμοποίηση της τεχνικής γίνεται στην πράξη με εμπειρικό τρόπο για να εξισορροπηθούν υφιστάμενες έντονες ασυμμετρίες κατανομής των τοιχοπληρώσεων ή και άλλων δύσκαμπτων στοιχείων της κατασκευής.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι είναι μειονέκτημα της τεχνικής το μεγάλο ίδιο βάρος της τοιχοποιίας, που όμως στις περιπτώσεις ισογείων μαλακών ορόφων, όπου αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται συχνότερα, αντιμετωπίζεται χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.



ΜΕΡΟΣ Α΄
ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο Α' μέρος της παρούσας εργασίας, επιχειρείται να γίνει έλεγχος αντοχής ενός υφισταμένου κτιρίου χρήσης κατοικίας, κατασκευασμένο στη περιοχή της Δυτικής Αττικής. Με αυτόν τον έλεγχο θα προσδιορίσουμε τις σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται στα φέροντα στοιχεία του κτιρίου και την επάρκεια τους στην παραλαβή αυτών των δυνάμεων, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Πρόκειται ένα τριώροφο κτίριο, το οποίο χωρίζεται σε εννέα (9) τετραέρειςτες πλάκες με πάχος πλάκας $d = 15\text{cm}$ και αποτελείται από 25 δοκούς και 17 υποστυλώματα.

Το συνολικό ύψος του κτιρίου είναι 9,00 m, κάθε ορόφου ξεχωριστά 3 m από το πάνω μέρος της πλάκας έως το πάνω μέρος της επόμενης πλάκας.

Αναλυτικότερα οι διαστάσεις των στοιχείων παρατίθενται στους πίνακες 1.1 και 1.2 :

Πλάκα	Διάστασεις	Εμβαδόν (m ²)
Π ₁	5,60 x 4,90	27,44
Π ₂	3,20 x 4,90	15,68
Π ₃	3,20 x 4,90	15,68
Π ₄	5,60 x 3,50	19,60
Π ₅	3,20 x 3,50	11,20
Π ₆	3,20 x 3,50	11,20
Π ₇	5,60 x 3,50	19,60
Π ₈	3,20 x 3,50	11,20
Π ₉	4,80 x 3,50	16,80

Πίνακας 1.1 Διαστάσεις πλακών

Δοκός	Πάχος (m)	Κρέμαση (m)	Μήκος (m)
Δ ₁	0,25	0,60	5,60
Δ ₂	0,25	0,60	3,20
Δ ₃	0,25	0,60	3,20
Δ ₄	0,25	0,60	5,60
Δ ₅	0,25	0,60	3,20
Δ ₆	0,25	0,60	3,20
Δ ₇	0,25	0,60	5,60
Δ ₈	0,25	0,60	3,20
Δ ₉	0,25	0,60	3,20
Δ ₁₀	0,25	0,60	1,60
Δ ₁₁	0,25	0,60	5,60
Δ ₁₂	0,25	0,60	3,20
Δ ₁₃	0,25	0,60	4,80
Δ ₁₄	0,25	0,60	4,90
Δ ₁₅	0,25	0,60	4,90

Δοκός	Πάχος (m)	Κρέμαση (m)	Μήκος (m)
Δ_{16}	0,25	0,60	4,90
Δ_{17}	0,25	0,60	4,90
Δ_{18}	0,25	0,60	3,50
Δ_{19}	0,25	0,60	3,50
Δ_{20}	0,25	0,60	3,50
Δ_{21}	0,25	0,60	3,50
Δ_{22}	0,25	0,60	3,50
Δ_{23}	0,25	0,60	3,50
Δ_{24}	0,25	0,60	3,50
Δ_{25}	0,25	0,60	3,50

Πίνακας 1.2 Διαστάσεις Δοκών

Τα υποστρώματα $K_1 - K_{17}$, είναι τετραγωνικής διατομής, διαστάσεων 25x25 cm, και έχουν ύψος $h = 2,40m$ από το πάνω μέρος της πλάκας έως την κρέμαση της δοκού.

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας B160 (C8) και ο οπλισμός του είναι χάλυβας St III (S400).

Οι επικαλύψεις των δαπέδων είναι συνολικού πάχους 5cm. Από αυτά τα 2cm είναι τσιμεντοκονία και τα υπόλοιπα 3cm είναι οι πλάκες επίστρωσης.

Το κτίριο φέρει τοιχοποιίες εξωτερικά μπατικές, πάχους 20cm, και εσωτερικά δρομικές πάχους 10cm, ενώ το ύψος των τοίχων πλήρωσης είναι 2,40m από το άνω μέρος της πλάκας έως την αρχή της κρέμασης των δοκαριών.

2. ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

2.1 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ

Όσον αφορά τα φορτία των οικοδομικών κατασκευών, ισχύει στην Ελλάδα το ΒΔ 10-12-194 “Περί κανονισμού φορτίσεων δομικών έργων” το οποίο υποδιαιρείται σε τρία μέρη :

- Φαινόμενα βάρη υλικών
- Ίδια βάρη κατασκευών, μόνιμα φορτία
- Μεταβλητά φορτία

Κατά τον παραπάνω κανονισμό

- Τα φορτία θεωρούνται, κατ’ αρχήν, ότι ενεργούν στην δυσμενέστερη θέση, από απόψεως αντοχής και ευστάθειας, των κατασκευών.
- Μόνιμο φορτίο είναι το άθροισμα των αμετάβλητων, κατά θέση και μέγεθος, επιμέρους φορτίων, (ίδιο βάρος, φερόμενοι τοίχοι κλπ, στοιχεία πληρώσεως, επίστρωση πατωμάτων, επιχρίσματα κλπ)
- Μεταβλητό φορτίο (κινητό ή ωφέλιμο) είναι το άθροισμα των μεταβλητών, κατά θέση και μέγεθος, φορτίων της οικοδομής (πρόσωπα, έπιπλα, εγκαταστάσεις, εμπορεύματα , άνεμος, χιόνι κλπ), εισαγόμενο κατ’ αρχήν ως στατικό φορτίο.

Συγκεκριμένα για το κτίριο μας :

Το ειδικό βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος είναι $\gamma_{\text{οπλ.σκ.}} = 25 \text{ KN/m}^3$.

Το ειδικό βάρος της οπτοπλινθοδομής $\frac{1}{2}$ πλίνθου είναι $2,10 \text{ KN/m}^3$, ενώ της οπτοπλινθοδομής 1 πλίνθου είναι $3,60 \text{ KN/m}^3$.

Το ειδικό βάρος της επίστρωσης των πατωμάτων, σύμφωνα με τον κανονισμό παίρνει τιμές $0,80 - 1,50 \text{ KN/m}^3$, ανάλογα με το χρησιμοποιηθέν υλικό. Στο συγκεκριμένο κτίριο το ειδικό βάρος της επίστρωσης ήταν $1,10 \text{ KN/m}^3$.

Τα ωφέλιμα φορτία δαπέδων (κινητά φορτία) για κατοικίες είναι $2,00 \text{ KN/m}^3$.

2.2 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Γενικές αρχές και παραδοχές

Ο έλεγχος του υφιστάμενου κτιρίου γίνεται με βάση τα σεισμικά φορτία που προτείνονται από τον ΕΑΚ 2000 για τις νέες κατασκευές.

Η σεισμική απόκριση σε όλες τις περιπτώσεις προκύπτει από μία «ισοδύναμη» γραμμική ανάλυση με την βοήθεια του κατάλληλου φάσματος σχεδιασμού και του αντίστοιχου συντελεστή συμπεριφοράς q .

Ο καθορισμός των σεισμικών φορτίων γίνεται με δύο μεθόδους, τη δυναμική φασματική μέθοδο και με την απλοποιημένη φασματική μέθοδο (ισοδύναμη στατική μέθοδος).

Η απλοποιημένη φασματική μέθοδος προκύπτει από τη δυναμική φασματική μέθοδο με προσεγγιστική θεώρηση μόνον της θεμελιώδους ιδιομορφικής ταλάντωσης για κάθε διεύθυνση υπολογισμού (μονο-ιδιομορφική μέθοδος). Η απλοποίηση αυτή επιτρέπει τον άμεσο υπολογισμό της σεισμικής απόκρισης με τη βοήθεια «ισοδύναμων» σεισμικών δυνάμεων, οι οποίες εφαρμόζονται σαν στατικά φορτία επάνω στην κατασκευή .

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου οι δύο οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού εκλέγονται παράλληλα προς τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου και χρησιμοποιείται πάντοτε το φάσμα σχεδιασμού $\Phi_d(T)$.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στις παρακάτω περιπτώσεις :

- Κανονικά κτίρια μέχρι δέκα (10) ορόφους
- Μη κανονικά κτίρια μέχρι πέντε (5) ορόφους με εξασφαλισμένη τη διαφραγματική λειτουργία των πλακών. Εξαιρούνται τα κτίρια σπουδαιότητας Σ3 άνω των δύο (2) ορόφων στις σεισμικές ζώνες III και IV.

Ένα κτίριο θεωρείται κανονικό όταν ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες :

- Τα πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα μέσα στο επίπεδό τους. Η λειτουργία αυτή, αν δε γίνεται ακριβέστερος έλεγχος, θεωρείται ότι δεν είναι εξασφαλισμένη σε επιμήκη ορθογωνικά κτίρια με λόγω πλευρών μεγαλύτερο του 4, καθώς επίσης και σε κτίρια με κενά που υπερβαίνουν το 35% τις κάτοψης του ορόφου.
- Η αύξηση ή μείωση $\Delta K_i = K_{i+1} - K_i$ της σχετικής δυσκαμψίας K_i ενός ορόφου σε κάθε οριζόντια διεύθυνση δεν υπερβαίνει τις τιμές 0,35 K_i και 0,50 K_i αντίστοιχα.
- Η δυσκαμψία ενός ορόφου σε μία διεύθυνση θα λαμβάνεται ως το άθροισμα των σχετικών δυσκαμψιών $E \cdot I / h$ των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου.
- Η αύξηση ή μείωση $\Delta m_i = m_{i+1} - m_i$ της μάζας m_i ενός ορόφου δεν υπερβαίνει τις τιμές 0,35 m_i και 0,50 m_i αντίστοιχα. Από τον έλεγχο του κριτηρίου αυτού εξαιρείται ο ανώτατος όροφος και τυχόν απόληξη κλιμακοστασίου.

Στο συγκεκριμένο κτίριο υπάρχει κενό μικρότερο του 35% της κάτοψης του κτιρίου (8,68%), είναι τριώροφο με λόγο πλευρών μικρότερο του 4 ($L_y / L_x = 13,85m / 12,15m = 1,14$), έχουμε ομαλή μεταβολή μαζών από όροφο σε όροφο και τα πατώματα είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, οπότε λειτουργούν ως διαφράγματα. Συνεπώς για τον καθορισμό των σεισμικών φορτίων θα χρησιμοποιηθεί η απλοποιημένη φασματική μέθοδος.

2.2.1 Υπολογισμός μάζας κτιρίου

Σε κτίρια που υπόκεινται σε οριζόντια σεισμική δράση και με εξασφαλισμένη τη διαφραγματική λειτουργία των πλακών, επιτρέπεται η συγκέντρωση της μάζας κάθε ορόφου και της αντίστοιχης ροπής αδρανείας μάζας περί κατακόρυφο άξονα στο κέντρο βάρους του ορόφου.

Οι τιμές των μαζών προκύπτουν από τα κατακόρυφα φορτία $G_k + \psi_2 Q_k$, όπου G_k και Q_k είναι οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μόνιμων και μεταβλητών φορτίων και ψ_2 μειωτικός συντελεστής που εξαρτάται από την χρήση του κτιρίου.

Η τιμή του ψ_2 για κατοικίες ορίζεται σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000 σε 0,3 (πίνακας 4.1).

Υπολογίζουμε τη συνολική μάζα του κτιρίου και τη μάζα του κάθε ορόφου $M = \frac{B}{g}$,

όπου B το βάρος των υποστυλωμάτων και g η επιτάχυνση της βαρύτητας ($g=10\text{m/sec}^2$).

Για το σκοπό αυτό, από τη στατική επίλυση του κτιρίου, η οποία παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο, λαμβάνουμε τις τιμές για το σύνολο των αξονικών δυνάμεων που ασκούνται σε κάθε υποστύλωμα, στην αρχή και στο τέλος του, λόγω των μόνιμων και κινητών φορτίων. Για να υπολογίσουμε την δύναμη που παραλαμβάνει κάθε υποστύλωμα σε κάθε όροφο ξεχωριστά, αφαιρούμε από την ολική δύναμη που ασκείται σε κάθε όροφο την δύναμη που ασκείται στους παραπάνω ορόφους. Έτσι οι αξονικές δυνάμεις κάθε ορόφου έχουν ως εξής :

ΣΤΑΘΜΗ 1

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΚΟΜΒΟΙ	ΣΤΟΝ ΠΟΔΑ		ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ		Μ.Ο.	
		κινητά	μόνιμα	κινητά	μόνιμα	πόδας	κορυφή
K ₁	2002	-348,90	-10,05	-334,10	-10,05	-358,95	-344,15
K ₂	2014	-527,60	-20,37	-512,90	-20,37	-547,97	-533,27
K ₃	2022	-365,40	-11,70	-350,60	-11,70	-377,10	-362,30
K ₄	2030	-264,60	-5,85	-249,90	-5,85	-270,45	-255,75
K ₅	2302	-533,10	-21,51	-518,40	-21,51	-554,61	-539,91
K ₆	2314	-751,20	-40,50	-736,50	-40,50	-791,70	-777,00
K ₇	2322	-542,30	-24,48	-527,60	-24,48	-566,78	-552,08
K ₈	2330	-421,70	-12,39	-406,90	-12,39	-434,09	-419,29
K ₉	2502	-438,20	-16,08	-423,50	-16,08	-454,28	-439,58
K ₁₀	2514	-631,20	-30,96	-616,40	-30,96	-662,16	-647,36
K ₁₁	2522	-450,60	-19,35	-435,90	-19,35	-469,95	-455,25
K ₁₂	2530	-322,50	-13,44	-307,80	-13,44	-335,94	-321,24
K ₁₃	2534	-184,80	-3,93	-170,10	-3,93	-188,73	-174,03
K ₁₄	2702	-297,00	-7,23	-282,30	-7,23	-304,23	-289,53
K ₁₅	2714	-443,90	-13,98	-429,20	-13,98	-457,88	-443,18
K ₁₆	2722	-384,60	-12,06	-369,90	-12,06	-396,66	-381,96
K ₁₇	2734	-283,10	-8,28	-268,40	-8,28	-291,38	-276,68
ΣΥΝΟΛΟ							-7212,56

Πίνακας 2.1 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 1

ΣΤΑΘΜΗ 2

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΚΟΜΒΟΙ	ΣΤΟΝ ΠΟΔΑ		ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ		Μ.Ο.	
		κινητά	μόνιμα	κινητά	μόνιμα	πόδας	κορυφή
K ₁	5002	-219,70	-6,72	-205,00	-6,72	-226,42	-211,72
K ₂	5014	-332,40	-13,56	-317,70	-13,56	-345,96	-331,26
K ₃	5022	-233,20	-7,89	-218,50	-7,89	-241,09	-226,39
K ₄	5030	-166,00	-3,87	-151,30	-3,87	-169,87	-155,17
K ₅	5302	-337,40	-14,34	-322,70	-14,34	-351,74	-337,04
K ₆	5314	-481,20	-26,76	-466,50	-26,76	-507,96	-493,26
K ₇	5322	-349,70	-16,38	-334,90	-16,38	-366,08	-351,28
K ₈	5330	-263,20	-8,25	-248,40	-8,25	-271,45	-256,65
K ₉	5502	-278,60	-10,77	-263,90	-10,77	-289,37	-274,67
K ₁₀	5514	-404,70	-20,52	-390,00	-20,52	-425,22	-410,52
K ₁₁	5522	-293,20	-13,14	-278,50	-13,14	-306,34	-291,64
K ₁₂	5530	-202,50	-8,67	-187,80	-8,67	-211,17	-196,47
K ₁₃	5534	-119,30	-2,82	-104,60	-2,82	-122,12	-107,42
K ₁₄	5702	-186,50	-4,83	-171,80	-4,83	-191,33	-176,63
K ₁₅	5714	-279,30	-9,36	-264,60	-9,36	-288,66	-273,96
K ₁₆	5722	-242,70	-8,07	-228,00	-8,07	-250,77	-236,07
K ₁₇	5734	-177,00	-5,49	-162,20	-5,49	-182,49	-167,69
ΣΥΝΟΛΟ							-4497,84

Πίνακας 2.2 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 2

ΣΤΑΘΜΗ 3

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	ΚΟΜΒΟΙ	ΣΤΟΝ ΠΟΔΑ		ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ		ΣΥΝΟΛΟ		Μ.Ο
		κινητά	κινητά	κινητά	2	πόδας	Κορυφή	
K ₁	8002	-87,70	-3,21	-73,00	-3,21	-90,91	-76,21	-83,56
K ₂	8014	-139,60	-6,84	-124,90	-6,84	-146,44	-131,74	-139,09
K ₃	8022	-97,40	-3,84	-82,70	-3,84	-101,24	-86,54	-93,89
K ₄	8030	-65,90	-1,86	-51,20	-1,86	-67,76	-53,06	-60,41
K ₅	8302	-142,30	-7,17	-127,60	-7,17	-149,47	-134,77	-142,12
K ₆	8314	-220,50	-13,80	-205,80	-13,80	-234,30	-219,60	-226,95
K ₇	8322	-156,60	-8,25	-141,80	-8,25	-164,85	-150,05	-157,45
K ₈	8330	-107,10	-4,11	-92,40	-4,11	-111,21	-96,51	-103,86
K ₉	8502	-116,90	-5,28	-102,20	-5,28	-122,18	-107,48	-114,83
K ₁₀	8514	-183,30	-10,50	-168,60	-10,50	-193,80	-179,10	-186,45
K ₁₁	8522	-130,20	-6,48	-115,50	-6,48	-136,68	-121,98	-129,33
K ₁₂	8530	-88,00	-4,47	-73,20	-4,47	-92,47	-77,67	-85,07
K ₁₃	8534	-47,80	-1,29	-33,10	-1,29	-49,09	-34,39	-41,74
K ₁₄	8702	-74,00	-2,31	-59,20	-2,31	-76,31	-61,51	-68,91
K ₁₅	8714	-115,40	-4,68	-100,60	-4,68	-120,08	-105,28	-112,68
K ₁₆	8722	-99,50	-3,96	-84,70	-3,96	-103,46	-88,66	-96,06
K ₁₇	8734	-70,50	-2,67	-55,70	-2,67	-73,17	-58,37	-65,77
ΣΥΝΟΛΟ								-1908,17

Πίνακας 2.3 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 3

Οι αξονικές δυνάμεις ανά όροφο και τα ποσοστά συμμετοχής κάθε υποστυλώματος στη ολική δύναμη που παραλαμβάνει ο όροφος φαίνονται στον πίνακα 2.4 :

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	Ολική Αξονική Δύναμη Υποστυλώματος (kN)			Αξονική Δύναμη Υποστυλώματος ανά όροφο (kN)			Ποσοστά Συμμετοχής Υποστυλώματος		
	ΣΤΑΘΜΗ 1	ΣΤΑΘΜΗ 2	ΣΤΑΘΜΗ 3	N1	N2	N3	N1 %	N2 %	N3 %
K ₁	-344,15	-211,72	-83,56	-132,43	-128,16	-83,56	4,88%	4,95%	4,38%
K ₂	-533,27	-331,26	-139,09	-202,01	-192,17	-139,09	7,44%	7,42%	7,29%
K ₃	-362,30	-226,39	-93,89	-135,91	-132,50	-93,89	5,01%	5,12%	4,92%
K ₄	-255,75	-155,17	-60,41	-100,58	-94,76	-60,41	3,70%	3,66%	3,17%
K ₅	-539,91	-337,04	-142,12	-202,87	-194,92	-142,12	7,47%	7,53%	7,45%
K ₆	-777,00	-493,26	-226,95	-283,74	-266,31	-226,95	10,45%	10,28%	11,89%
K ₇	-552,08	-351,28	-157,45	-200,80	-193,83	-157,45	7,40%	7,48%	8,25%
K ₈	-419,29	-256,65	-103,86	-162,64	-152,79	-103,86	5,99%	5,90%	5,44%
K ₉	-439,58	-274,67	-114,83	-164,91	-159,84	-114,83	6,07%	6,17%	6,02%
K ₁₀	-647,36	-410,52	-186,45	-236,84	-224,07	-186,45	8,72%	8,65%	9,77%
K ₁₁	-455,25	-291,64	-129,33	-163,61	-162,31	-129,33	6,03%	6,27%	6,78%
K ₁₂	-321,24	-196,47	-85,07	-124,77	-111,40	-85,07	4,60%	4,30%	4,46%
K ₁₃	-174,03	-107,42	-41,74	-66,61	-65,68	-41,74	2,45%	2,54%	2,19%
K ₁₄	-289,53	-176,63	-68,91	-112,90	-107,72	-68,91	4,16%	4,16%	3,61%
K ₁₅	-443,18	-273,96	-112,68	-169,22	-161,28	-112,68	6,23%	6,23%	5,91%
K ₁₆	-381,96	-236,07	-96,06	-145,89	-140,01	-96,06	5,37%	5,41%	5,03%
K ₁₇	-276,68	-167,69	-65,77	-108,99	-101,92	-65,77	4,01%	3,94%	3,45%
ΣΥΝΟΛΟ	-7212,56	-4497,84	-1908,17	-2714,72	-2589,67	-1908,17	1,00	1,00	1,00

Πίνακας 2.4 Αξονικές δυνάμεις κτιρίου

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τις μάζες των ορόφων, την συνολική μάζα του κτιρίου, και κατ' επέκταση τις σεισμικές δυνάμεις και τα σεισμικά φορτία που ασκούνται σε κάθε όροφο του κτιρίου.

$$M_1 = \frac{B_1}{g} = \frac{2714,72}{10,00} \frac{KN}{m/sec} = 271,47 \text{ Mgr ή } 271,47 \text{ tn.}$$

$$M_2 = \frac{B_2}{g} = \frac{2589,67}{10,00} \frac{KN}{m/sec} = 258,97 \text{ Mgr ή } 258,97 \text{ tn.}$$

$$M_3 = \frac{B_3}{g} = \frac{1908,17}{10,00} \frac{KN}{m/sec} = 190,82 \text{ Mgr ή } 190,82 \text{ tn.}$$

$$M_{ολ} = M_1 + M_2 + M_3 = (271,47 + 258,97 + 190,82) \text{Mgr} = 721,26 \text{ Mgr ή } 721,26 \text{ tn}$$

2.2.2 Ιδιοπερίοδος κτιρίου

Χρησιμοποιείται η σχέση (3.13) της § 3.5.2 του ΕΑΚ 2000 για τον υπολογισμό της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου.

$$T = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}},$$

όπου H το ύψος του κτιρίου, L το μήκος του κτιρίου κατά τη θεωρούμενη διεύθυνση και ρ ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς τη συνολική επιφάνεια των τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων.

Υπολογισμός ιδιοπεριόδου κατά x , y .

Το κτίριό μας δεν έχει τοιχεία, άρα το $\rho = 0$ και ο τύπος γίνεται :

$$T = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}}$$

Κατά τη διεύθυνση x και με $L_x = 11,90 \text{ m}$, η ιδιοπερίοδος του κτιρίου είναι :

$$T_x = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L_x}} = 0,09 \cdot \frac{9}{\sqrt{11,90}} = 0,23 \text{ sec}$$

Κατά τη διεύθυνση y και με $L_y = 13,60 \text{ m}$, η ιδιοπερίοδος του κτιρίου είναι :

$$T_y = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L_y}} = 0,09 \cdot \frac{9}{\sqrt{13,60}} = 0,22 \text{ sec}$$

2.2.3 Επιτάχυνση σχεδιασμού

Με την εύρεση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου υπολογίζουμε την φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού κατά τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου.

Από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και του κτιρίου παίρνουμε τους συντελεστές που θα χρησιμοποιήσουμε για να υπολογίσουμε τα φάσματα σχεδιασμού οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού. Το κτίριό μας βρίσκεται στην Δυτική Αττική, σε ζώνη επικινδυνότητας II και είναι σύνηθες κτίριο κατοικίας (σπουδαιότητα 2). Το έδαφος είναι κατηγορίας B. Από αυτά τα στοιχεία προκύπτουν σύμφωνα με τον ΕΑΚ τα ακόλουθα :

- $T_1 = 0,15$ και $T_2 = 0,60$ (πιν. 2.4.)
- $\gamma_i = 1,00$ (πιν. 2.3.)
- $A = 0,16g$ (πιν. 2.2)
- $\theta = 1,00$ (πιν. 2.7)
- $\eta = \sqrt{\frac{7}{\zeta + 2}}$, $\zeta = 5\% \Rightarrow \eta = 1,00$
- $\beta_0 = 2,50$
- $q = 3,50$ (πλαισιακό σύστημα, πιν. 2.6)

Για να υπολογίσουμε τα φάσματα σχεδιασμού οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού χρησιμοποιούμε τον τύπο $\Phi_d(T) = \gamma \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$, αφού :

$$T_1 \leq T_x \leq T_2 \quad (0,15 \leq 0,23 \leq 0,60) \quad \text{και} \quad T_1 \leq T_y \leq T_2 \quad (0,15 \leq 0,22 \leq 0,60)$$

Κατά τη διεύθυνση x :

$$\Phi_d(T_x) = \gamma \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$\Phi_d(T_x) = 1,00 \cdot 0,16g \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00 \cdot 2,50}{3,50} = 0,114g = 1,14 \text{ m/sec}^2$$

Κατά τη διεύθυνση y :

$$\Phi_d(T_y) = \gamma \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$\Phi_d(T_y) = 1,00 \cdot 0,16g \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00 \cdot 2,50}{3,50} = 0,114g = 1,14 \text{ m/sec}^2$$

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται :

$$\frac{\Phi_d(T)}{A \cdot \gamma_i} \geq 0,25$$

Έλεγχος :

$$\frac{\Phi_d(T_x)}{A \cdot \gamma_i} = \frac{0,114g}{0,16g \cdot 1,00} = 0,71 > 0,25$$

$$\frac{\Phi_d(T_y)}{A \cdot \gamma_i} = \frac{0,114g}{0,16g \cdot 1,00} = 0,71 > 0,25$$

2.2.4 Καθ' ύψος κατανομή σεισμικών φορτίων

Για κάθε διεύθυνση του κτιρίου το συνολικό μέγεθος των σεισμικών φορτίων (τέμνουσα βάση) υπολογίζεται από τη σχέση :

$$V_o = M \cdot \Phi_d(T)$$

Όπου M είναι η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής, $\Phi_d(T)$ η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού και T είναι η θεμελιώδης ασύζευκτη ιδιοπερίοδος μεταφορικής ταλάντωσης κατά τη θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου.

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot \phi_i}{\sum m_j \cdot \phi_j}$$

Σε κανονικά κτίρια η παραπάνω σχέση απλοποιείται, και γίνεται :

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum m_j \cdot z_j}, \text{ όπου } z \text{ είναι το ύψος κάθε ορόφου}$$

$$z_1 = 3,00 \text{ m}, z_2 = 6,00 \text{ m και } z_3 = 9,00 \text{ m}$$

$$V_H = 0,07 \cdot T \cdot V_o, \text{ για } T \geq 1 \text{ sec}$$

$$\text{Όταν } T < 1 \text{ sec, τότε } V_H = 0 \text{ (} T_x = 0,23 \text{ sec} < 1 \text{ sec, } T_y = 0,22 \text{ sec} < 1 \text{ sec)}$$

$$V_{ox} = \Phi_d(T_x) \cdot M_{o\lambda} = 1,14 \cdot 721,26 = 822,24 \text{ KN}$$

$$V_{oy} = \Phi_d(T_y) \cdot M_{o\lambda} = 1,14 \cdot 721,26 = 822,24 \text{ KN}$$

Υπολογισμός δυνάμεων ορόφων

$$F_{x1} = F_{y1} = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{\sum m_j \cdot z_j}$$

$$\Rightarrow F_1 = 822,24 \cdot \frac{271,47 \cdot 3,00}{271,47 \cdot 3,00 + 258,97 \cdot 6,00 + 190,82 \cdot 9,00} \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_1 = 163,90 \text{ KN}$$

$$F_{x2} = F_{y2} = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{\sum m_j \cdot z_j}$$

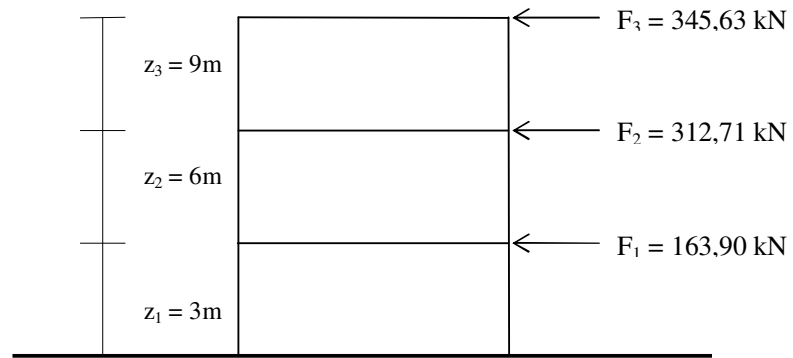
$$\Rightarrow F_2 = 822,24 \cdot \frac{258,97 \cdot 6,00}{271,47 \cdot 3,00 + 258,97 \cdot 6,00 + 190,82 \cdot 9,00} \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_2 = 312,71 \text{ KN}$$

$$F_{x3} = F_{y3} = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_3 \cdot z_3}{\sum m_j \cdot z_j}$$

$$\Rightarrow F_3 = 822,24 \cdot \frac{190,82 \cdot 9,00}{271,47 \cdot 3,00 + 258,97 \cdot 6,00 + 190,82 \cdot 9,00} \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_3 = 345,63 \text{ KN}$$



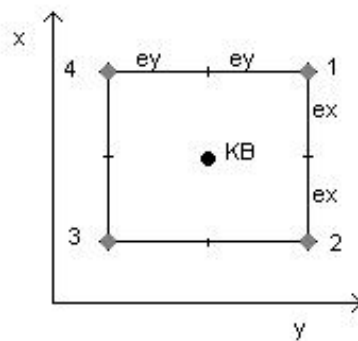
Σχήμα 2.1 Δυνάμεις ορόφων

2.2.5 Τυχηματική εκκεντρότητα

Για την αντιμετώπιση στρεπτικών επιπονήσεων ενός κτιρίου, οφειλομένων σε παράγοντες που δεν είναι πρακτικά εφικτό να προσομοιωθούν, η μάζα m_i ή η σεισμική δύναμη F_i κάθε ορόφου θα λαμβάνεται μετατοπισμένη διαδοχικά εκατέρωθεν του κέντρου βάρους, κάθετα προς τη διεύθυνση της εξεταζόμενης οριζόντιας συνιστώσας του σεισμού, σε απόσταση ίση με την τυχηματική εκκεντρότητα e_{ti} του ορόφου i .

Η τυχηματική εκκεντρότητα e_{ti} λαμβάνεται ίση προς $0,05 L_i$, όπου L_i το πλάτος του ορόφου κάθετα προς την εξεταζόμενη διεύθυνση.

Με την υπόψη μέθοδο προκύπτουν τέσσερα διαφορετικά συστήματα προς ανάλυση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2 Τυχηματική εκκεντρότητα της μάζας

2.2.6 Συνδυασμοί σεισμικών δράσεων

Στη συνήθη περίπτωση αγνόησης της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού θα έχουμε :

$$E = \pm E_x \pm 0,3 E_y \text{ (κύρια σεισμική διεύθυνση η x) ή}$$

$$E = \pm E_y \pm 0,3 E_x \text{ (κύρια σεισμική διεύθυνση η y)}$$

Αναλυτικά προκύπτουν οι επόμενοι οκτώ συνδυασμοί :

$$E_1 = + E_x + 0,3 E_y$$

$$E_2 = + E_x - 0,3 E_y$$

$$E_3 = + E_y + 0,3 E_x$$

$$E_4 = + E_y - 0,3 E_x$$

$$E_5 = - E_x - 0,3 E_y$$

$$E_6 = - E_x + 0,3 E_y$$

$$E_7 = - E_y - 0,3 E_x$$

$$E_8 = - E_y + 0,3 E_x$$

Οι παραπάνω «ποσοστιαίοι» συνδυασμοί των σεισμικών φορτίσεων κατά x και y εφαρμόζονται διαδοχικά με τις μέγιστες και ελάχιστες εκκεντρότητες σχεδιασμού, οπότε προκύπτουν τελικά $4 \times 8 = 32$ περιπτώσεις σεισμικών φορτίσεων του κτιρίου. Σε κάθε περίπτωση τα προκύπτοντα εντατικά μεγέθη επαλληλίζονται αλγεβρικά με τα αντίστοιχα εντατικά μεγέθη από τη δράση των κατακόρυφων φορτίων βαρύτητας.

Οι διαστάσεις του κτιρίου που μελετάμε είναι $L_x = 11,90\text{m}$ και $L_y = 13,60\text{m}$. Οι τυχηματικές εκκεντρότητες που προκύπτουν, ανά κύρια διεύθυνση του κτιρίου είναι :

$$e_x = 0,05 \cdot L_x = 0,05 \cdot 11,90 = 0,60 \text{ m}$$

$$e_y = 0,05 \cdot L_y = 0,05 \cdot 13,60 = 0,68 \text{ m}$$

2.2.7 Σεισμικοί συνδυασμοί

Σύμφωνα με την παράγραφο 4.1.2.1 του ΕΑΚ, ο σεισμός σχεδιασμού αποτελεί τυχηματική δράση, τα εντατικά μεγέθη της οποίας συνδυάζονται με εκείνα των λοιπών δράσεων. Για συνήθη κτίρια αυτό γίνεται ως εξής :

$$S_d = G_k + \psi_2 Q_k \pm E$$

όπου G_k είναι τα μόνιμα φορτία, Q_k τα κινητά, E τα εντατικά μεγέθη του σεισμού σχεδιασμού και ψ_2 ο συντελεστής συνδυασμού δράσεων, που για κατοικίες είναι ίσος με 0,3.



3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το στατικό μοντέλο του κτιρίου, οι αριθμήσεις των φορτίσεων και των συνδυασμών.

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ τα σεισμικά φορτία εφαρμόζονται διαδοχικά με τις μέγιστες και ελάχιστες εκκεντρότητες σχεδιασμού, δηλαδή, στα τέσσερα σημεία εκατέρωθεν του κέντρου βάρους κάθε μάζας, που παρουσιάζονται στην παράγραφο 2.2.5.

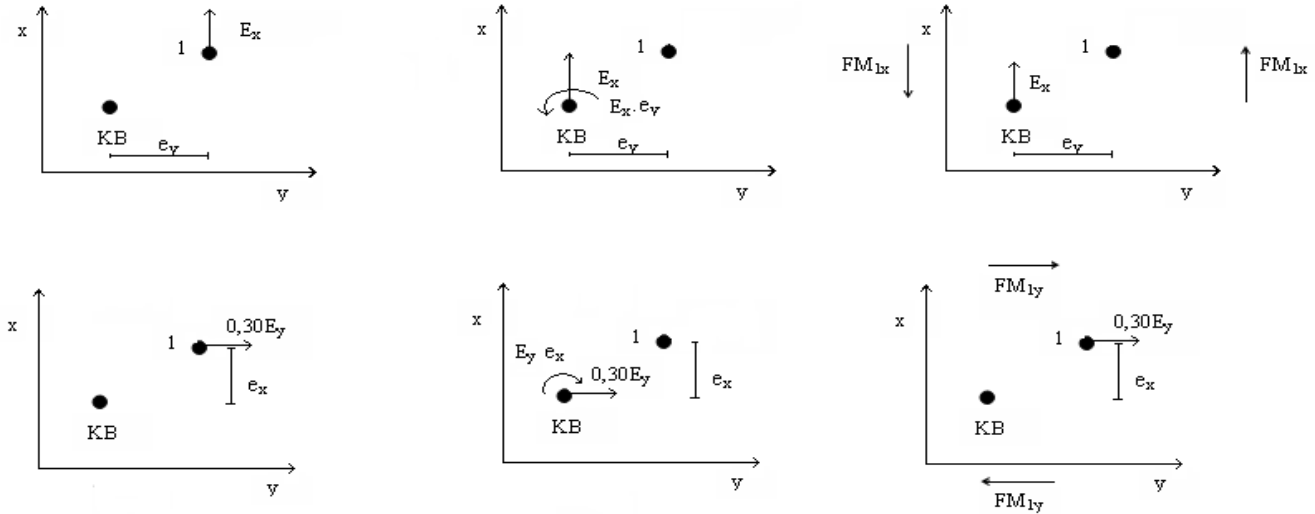
Εντούτοις, για τη σωστότερη κατανομή των σεισμικών δράσεων στο προσομοίωμα θα ακολουθηθεί η εξής διαδικασία :

Αρχικά γίνεται μεταφορά της σεισμικής δύναμης στο κέντρο βάρους του ορόφου. Η σεισμική δύναμη διανέμεται στη συνέχεια στις κορυφές των υποστυλωμάτων του ορόφου ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής κάθε υποστυλώματος στην παραλαβή των μαζών, δηλαδή των κατακόρυφων φορτίων (μόνιμα και το 30% των κινητών). Η προκύπτουσα ροπή κατά την αρχική μεταφορά μετατρέπεται σε ζεύγος δυνάμεων που κατανέμονται στις κορυφές των υποστυλωμάτων της αντίστοιχης σεισμικής διεύθυνσης.

Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική παρουσίαση της παραπάνω διαδικασίας για το συνδυασμό φορτίσεων $E_1 (E_x + 0,3E_y)$ για το σημείο 1 για τον πρώτο όροφο του κτιρίου. Τα λοιπά αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά σε πίνακες.

1_n ΣΤΑΘΜΗ (πλάκα οροφής ισογείου)

ΣΗΜΕΙΟ 1

 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ 101 : $E = + E_x + 0,3 E_y$


Σχήμα 3.1 Μεταφορά δυνάμεων σεισμού στο κέντρο βάρους της μάζας

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P λόγω G+0,3Q (KN)	ρ_i	$\rho \cdot F_{1xi}$ (KN)	$\rho \cdot F_{1yi} \cdot 0,3$ (KN)
K ₁	-132,43	0,049	8,00	2,40
K ₂	-202,01	0,074	12,20	3,66
K ₃	-135,91	0,050	8,21	2,46
K ₄	-100,58	0,037	6,07	1,82
K ₅	-202,87	0,075	12,25	3,67
K ₆	-283,74	0,105	17,13	5,14
K ₇	-200,80	0,074	12,12	3,64
K ₈	-162,64	0,060	9,82	2,95
K ₉	-164,91	0,061	9,96	2,99
K ₁₀	-236,84	0,087	14,30	4,29
K ₁₁	-163,61	0,060	9,88	2,96
K ₁₂	-124,77	0,046	7,53	2,26
K ₁₃	-66,61	0,025	4,02	1,21
K ₁₄	-112,90	0,042	6,82	2,04
K ₁₅	-169,22	0,062	10,22	3,06
K ₁₆	-145,89	0,054	8,81	2,64
K ₁₇	-108,99	0,040	6,58	1,97
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	163,90	49,17

Πίνακας 3.1 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 101

Σεισμική οριζόντια δύναμη ισογείου

$$F_{1x} = 163,90 \text{ KN}$$

$$F_{1y} = 0,30 \cdot 163,90 = 49,17 \text{ KN}$$

Μεταφέρουμε την F_{1x} στο κέντρο βάρους :

$$M_{1x} = e_y \cdot F_{1x} = 0,68 \cdot 163,90 = 111,45 \text{ KNm}$$

$$F_{M1x} = \frac{M_{1x}}{L_y} = \frac{111,45}{13,60} \text{ KN} = 8,19 \text{ KN}$$

Η F_{M1x} κατανέμεται περιμετρικά στα υποστυλώματα των περιμετρικών πλευρών στη διεύθυνση x, $K_1, K_5, K_9, K_{14}, K_4, K_8, K_{12}, K_{13}$ και K_{17} .

Άρα για :

$$K_1, K_5, K_9, K_{14} : \frac{F_{M1x}}{4} = \frac{-8,19}{4} = -2,05 \text{ KN}$$

$$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17} : \frac{F_{M1x}}{5} = \frac{+8,19}{5} = +1,64 \text{ KN}$$

Επίσης μεταφέρουμε την F_{1y} στο κέντρο βάρους :

$$M_y = e_x \cdot F_y = 0,60 \cdot 49,17 = 29,50 \text{ KNm}$$

$$F_{M1y} = \frac{M_y}{L_x} = \frac{29,50}{11,90} \text{ KN} = 2,48 \text{ KN}$$

Η F_{M1y} κατανέμεται περιμετρικά στα υποστυλώματα των περιμετρικών πλευρών στη διεύθυνση y, $K_1, K_2, K_3, K_4, K_{14}, K_{15}, K_{16}$ και K_{17} .

Άρα για :

$$K_1, K_2, K_3, K_4 : \frac{F_{M1y}}{4} = \frac{-2,48}{4} = -0,62 \text{ KN}$$

$$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17} : \frac{F_{M1y}}{4} = \frac{+2,48}{4} = +0,62 \text{ KN}$$

Συνδυασμός 1 : $E = + E_x + 0,3 E_y$

101 - 401

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P λόγω G+0,3Q (KN)	ρi	ρ*F1χι (KN)	ρ*F1γι*0,3 (KN)
K ₁	-132,43	0,049	8,00	2,40
K ₂	-202,01	0,074	12,20	3,66
K ₃	-135,91	0,050	8,21	2,46
K ₄	-100,58	0,037	6,07	1,82
K ₅	-202,87	0,075	12,25	3,67
K ₆	-283,74	0,105	17,13	5,14
K ₇	-200,80	0,074	12,12	3,64
K ₈	-162,64	0,060	9,82	2,95
K ₉	-164,91	0,061	9,96	2,99
K ₁₀	-236,84	0,087	14,30	4,29
K ₁₁	-163,61	0,060	9,88	2,96
K ₁₂	-124,77	0,046	7,53	2,26
K ₁₃	-66,61	0,025	4,02	1,21
K ₁₄	-112,90	0,042	6,82	2,04
K ₁₅	-169,22	0,062	10,22	3,06
K ₁₆	-145,89	0,054	8,81	2,64
K ₁₇	-108,99	0,040	6,58	1,97
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	163,90	49,17

Πίνακας 3.2 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 1, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 2 : $E = + E_x - 0,3 E_y$

102 - 402

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ*F1χι (KN)	ρ*- F1γι*0,3 (KN)
K ₁	-132,43	0,049	8,00	-2,40
K ₂	-202,01	0,074	12,20	-3,66
K ₃	-135,91	0,050	8,21	-2,46
K ₄	-100,58	0,037	6,07	-1,82
K ₅	-202,87	0,075	12,25	-3,67
K ₆	-283,74	0,105	17,13	-5,14
K ₇	-200,80	0,074	12,12	-3,64
K ₈	-162,64	0,060	9,82	-2,95
K ₉	-164,91	0,061	9,96	-2,99
K ₁₀	-236,84	0,087	14,30	-4,29
K ₁₁	-163,61	0,060	9,88	-2,96
K ₁₂	-124,77	0,046	7,53	-2,26
K ₁₃	-66,61	0,025	4,02	-1,21
K ₁₄	-112,90	0,042	6,82	-2,04
K ₁₅	-169,22	0,062	10,22	-3,06
K ₁₆	-145,89	0,054	8,81	-2,64
K ₁₇	-108,99	0,040	6,58	-1,97
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	163,90	-49,17

Πίνακας 3.3 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 2, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 3 : $E = + E_y + 0,3 E_x$
103 - 403

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρ_i	$\rho \cdot 0,3 F_{1xi}$ (KN)	$\rho \cdot F_{1yi}$ (KN)
K ₁	-132,43	0,049	2,40	8,00
K ₂	-202,01	0,074	3,66	12,20
K ₃	-135,91	0,050	2,46	8,21
K ₄	-100,58	0,037	1,82	6,07
K ₅	-202,87	0,075	3,67	12,25
K ₆	-283,74	0,105	5,14	17,13
K ₇	-200,80	0,074	3,64	12,12
K ₈	-162,64	0,060	2,95	9,82
K ₉	-164,91	0,061	2,99	9,96
K ₁₀	-236,84	0,087	4,29	14,30
K ₁₁	-163,61	0,060	2,96	9,88
K ₁₂	-124,77	0,046	2,26	7,53
K ₁₃	-66,61	0,025	1,21	4,02
K ₁₄	-112,90	0,042	2,04	6,82
K ₁₅	-169,22	0,062	3,06	10,22
K ₁₆	-145,89	0,054	2,64	8,81
K ₁₇	-108,99	0,040	1,97	6,58
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	49,17	163,90

Πίνακας 3.4 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλομάτων για τον συνδυασμό 3, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 4 : $E = + E_y - 0,3 E_x$
104 - 404

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρ_i	$-\rho \cdot 0,3 F_{1xi}$ (KN)	$\rho \cdot F_{1yi}$ (KN)
K ₁	-132,43	0,049	-2,40	8,00
K ₂	-202,01	0,074	-3,66	12,20
K ₃	-135,91	0,050	-2,46	8,21
K ₄	-100,58	0,037	-1,82	6,07
K ₅	-202,87	0,075	-3,67	12,25
K ₆	-283,74	0,105	-5,14	17,13
K ₇	-200,80	0,074	-3,64	12,12
K ₈	-162,64	0,060	-2,95	9,82
K ₉	-164,91	0,061	-2,99	9,96
K ₁₀	-236,84	0,087	-4,29	14,30
K ₁₁	-163,61	0,060	-2,96	9,88
K ₁₂	-124,77	0,046	-2,26	7,53
K ₁₃	-66,61	0,025	-1,21	4,02
K ₁₄	-112,90	0,042	-2,04	6,82
K ₁₅	-169,22	0,062	-3,06	10,22
K ₁₆	-145,89	0,054	-2,64	8,81
K ₁₇	-108,99	0,040	-1,97	6,58
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	-49,17	163,90

Πίνακας 3.5 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλομάτων για τον συνδυασμό 4, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 5 : $E = -E_x - 0,3 E_y$

105 - 405

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p* - F1xi (KN)	p* - 0,3F1yi (KN)
K ₁	-132,43	0,049	-8,00	-2,40
K ₂	-202,01	0,074	-12,20	-3,66
K ₃	-135,91	0,050	-8,21	-2,46
K ₄	-100,58	0,037	-6,07	-1,82
K ₅	-202,87	0,075	-12,25	-3,67
K ₆	-283,74	0,105	-17,13	-5,14
K ₇	-200,80	0,074	-12,12	-3,64
K ₈	-162,64	0,060	-9,82	-2,95
K ₉	-164,91	0,061	-9,96	-2,99
K ₁₀	-236,84	0,087	-14,30	-4,29
K ₁₁	-163,61	0,060	-9,88	-2,96
K ₁₂	-124,77	0,046	-7,53	-2,26
K ₁₃	-66,61	0,025	-4,02	-1,21
K ₁₄	-112,90	0,042	-6,82	-2,04
K ₁₅	-169,22	0,062	-10,22	-3,06
K ₁₆	-145,89	0,054	-8,81	-2,64
K ₁₇	-108,99	0,040	-6,58	-1,97
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	-163,90	-49,17

Πίνακας 3.6 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 5, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 6 : $E = -E_x + 0,3 E_y$

106 – 406

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p* - F1xi (KN)	p* 0,3F1yi (KN)
K ₁	-132,43	0,049	-8,00	2,40
K ₂	-202,01	0,074	-12,20	3,66
K ₃	-135,91	0,050	-8,21	2,46
K ₄	-100,58	0,037	-6,07	1,82
K ₅	-202,87	0,075	-12,25	3,67
K ₆	-283,74	0,105	-17,13	5,14
K ₇	-200,80	0,074	-12,12	3,64
K ₈	-162,64	0,060	-9,82	2,95
K ₉	-164,91	0,061	-9,96	2,99
K ₁₀	-236,84	0,087	-14,30	4,29
K ₁₁	-163,61	0,060	-9,88	2,96
K ₁₂	-124,77	0,046	-7,53	2,26
K ₁₃	-66,61	0,025	-4,02	1,21
K ₁₄	-112,90	0,042	-6,82	2,04
K ₁₅	-169,22	0,062	-10,22	3,06
K ₁₆	-145,89	0,054	-8,81	2,64
K ₁₇	-108,99	0,040	-6,58	1,97
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	-163,90	49,17

Πίνακας 3.7 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 6, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 7 : $E = -E_y - 0,3 E_x$

107 - 407

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^* - 0,3 F1xi$ (KN)	$p^* - F1yi$ (KN)
K ₁	-132,43	0,049	-2,40	-8,00
K ₂	-202,01	0,074	-3,66	-12,20
K ₃	-135,91	0,050	-2,46	-8,21
K ₄	-100,58	0,037	-1,82	-6,07
K ₅	-202,87	0,075	-3,67	-12,25
K ₆	-283,74	0,105	-5,14	-17,13
K ₇	-200,80	0,074	-3,64	-12,12
K ₈	-162,64	0,060	-2,95	-9,82
K ₉	-164,91	0,061	-2,99	-9,96
K ₁₀	-236,84	0,087	-4,29	-14,30
K ₁₁	-163,61	0,060	-2,96	-9,88
K ₁₂	-124,77	0,046	-2,26	-7,53
K ₁₃	-66,61	0,025	-1,21	-4,02
K ₁₄	-112,90	0,042	-2,04	-6,82
K ₁₅	-169,22	0,062	-3,06	-10,22
K ₁₆	-145,89	0,054	-2,64	-8,81
K ₁₇	-108,99	0,040	-1,97	-6,58
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	-49,17	-163,90

Πίνακας 3.8 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 7, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 8 : $E = -E_y + 0,3 E_x$

108 - 408

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^* 0,3F1xi$ (KN)	$p^* - F1yi$ (KN)
K ₁	-132,43	0,049	2,40	-8,00
K ₂	-202,01	0,074	3,66	-12,20
K ₃	-135,91	0,050	2,46	-8,21
K ₄	-100,58	0,037	1,82	-6,07
K ₅	-202,87	0,075	3,67	-12,25
K ₆	-283,74	0,105	5,14	-17,13
K ₇	-200,80	0,074	3,64	-12,12
K ₈	-162,64	0,060	2,95	-9,82
K ₉	-164,91	0,061	2,99	-9,96
K ₁₀	-236,84	0,087	4,29	-14,30
K ₁₁	-163,61	0,060	2,96	-9,88
K ₁₂	-124,77	0,046	2,26	-7,53
K ₁₃	-66,61	0,025	1,21	-4,02
K ₁₄	-112,90	0,042	2,04	-6,82
K ₁₅	-169,22	0,062	3,06	-10,22
K ₁₆	-145,89	0,054	2,64	-8,81
K ₁₇	-108,99	0,040	1,97	-6,58
ΣΥΝΟΛΟ	-2714,72	1,00	49,17	-163,90

Πίνακας 3.9 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 8, στα σημεία 1 – 4

ΣΗΜΕΙΟ 1

Συνδυασμός	$F_{1x} - F_{1y}$ (kN)		M_{1x} (kNm)	FM_{1x} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)		M_{1y} (kNm)	FM_{1y} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)	
					$K_1, K_5,$ K_9, K_{14}	$K_4, K_8,$ $K_{12}, K_{13},$ K_{17}			$K_1, K_2,$ K_3, K_4	$K_{14}, K_{15},$ K_{16}, K_{17}
101	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	-2,05	1,64	29,50	2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	49,17								
102	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	-2,05	1,64	-29,50	-2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	-49,17								
103	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	-0,62	0,49	98,34	8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	163,90								
104	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	0,62	-0,49	98,34	8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	163,90								
105	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	2,05	-1,64	-29,50	-2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	-49,17								
106	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	2,05	-1,64	29,50	2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	49,17								
107	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	0,62	-0,49	-98,34	-8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	-163,90								
108	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	-0,62	0,49	-98,34	-8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	-163,90								

Πίνακας 3.10 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 1



ΣΗΜΕΙΟ 2

Συνδυασμός	$F_{1x} - F_{1y}$ (kN)		M_{1x} (kNm)	FM_{1x} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)		M_{1y} (kNm)	FM_{1y} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)	
					$K_1, K_5,$ K_9, K_{14}	$K_4, K_8,$ $K_{12}, K_{13},$ K_{17}			$K_1, K_2,$ K_3, K_4	$K_{14}, K_{15},$ K_{16}, K_{17}
101	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	-2,05	1,64	29,50	2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	49,17								
102	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	-2,05	1,64	-29,50	-2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	-49,17								
103	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	-0,62	0,49	98,34	8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	163,90								
104	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	0,62	-0,49	98,34	8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	163,90								
105	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	2,05	-1,64	-29,50	-2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	-49,17								
106	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	2,05	-1,64	29,50	2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	49,17								
107	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	0,62	-0,49	-98,34	-8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	-163,90								
108	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	-0,62	0,49	-98,34	-8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	-163,90								

Πίνακας 3.11 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 2

ΣΗΜΕΙΟ 3

Συνδυασμός	$F_{1x} - F_{1y}$ (kN)		M_{1x} (kNm)	FM_{1x} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)		M_{1y} (kNm)	FM_{1y} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)	
					$K_1, K_5,$ K_9, K_{14}	$K_4, K_8,$ $K_{12}, K_{13},$ K_{17}			$K_1, K_2,$ K_3, K_4	$K_{14}, K_{15},$ K_{16}, K_{17}
101	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	2,05	-1,64	29,50	2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	49,17								
102	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	2,05	-1,64	-29,50	-2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	-49,17								
103	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	0,62	-0,49	98,34	8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	163,90								
104	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	-0,62	0,49	98,34	8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	163,90								
105	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	-2,05	1,64	-29,50	-2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	-49,17								
106	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	-2,05	1,64	29,50	2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	49,17								
107	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	-0,62	0,49	-98,34	-8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	-163,90								
108	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	0,62	-0,49	-98,34	-8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	-163,90								

Πίνακας 3.12 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 3



ΣΗΜΕΙΟ 4

Συνδυασμός	$F_{1x} - F_{1y}$ (kN)		M_{1x} (kNm)	FM_{1x} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)		M_{1y} (kNm)	FM_{1y} (kN)	Περιμετρική Κατανομή (kN)	
					$K_1, K_5,$ K_9, K_{14}	$K_4, K_8,$ $K_{12}, K_{13},$ K_{17}			$K_1, K_2,$ K_3, K_4	$K_{14}, K_{15},$ K_{16}, K_{17}
101	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	2,05	-1,64	29,50	2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	49,17								
102	F_{1x}	163,90	111,45	8,19	2,05	-1,64	-29,50	-2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	-49,17								
103	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	0,62	-0,49	98,34	8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	163,90								
104	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	-0,62	0,49	98,34	8,26	2,06	-2,06
	F_{1y}	163,90								
105	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	-2,05	1,64	-29,50	-2,48	-0,62	0,62
	F_{1y}	-49,17								
106	F_{1x}	-163,90	-111,45	-8,19	-2,05	1,64	29,50	2,48	0,62	-0,62
	F_{1y}	49,17								
107	F_{1x}	-49,17	-33,44	-2,46	-0,62	0,49	-98,34	-8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	-163,90								
108	F_{1x}	49,17	33,44	2,46	0,62	-0,49	-98,34	-8,26	-2,06	2,06
	F_{1y}	-163,90								

Πίνακας 3.14 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 4

ΣΤΑΘΜΗ 2Συνδυασμός 1 : $E = + E_x + 0,3 E_y$ **101 - 401**

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ*F2xi (KN)	ρ*F2yi*0,3 (KN)
K ₁	-128,16	0,049	15,48	4,64
K ₂	-192,17	0,074	23,21	6,96
K ₃	-132,50	0,051	16,00	4,80
K ₄	-94,76	0,037	11,44	3,43
K ₅	-194,92	0,075	23,54	7,06
K ₆	-266,31	0,103	32,16	9,65
K ₇	-193,83	0,075	23,41	7,02
K ₈	-152,79	0,059	18,45	5,53
K ₉	-159,84	0,062	19,30	5,79
K ₁₀	-224,07	0,087	27,06	8,12
K ₁₁	-162,31	0,063	19,60	5,88
K ₁₂	-111,40	0,043	13,45	4,04
K ₁₃	-65,68	0,025	7,93	2,38
K ₁₄	-107,72	0,042	13,01	3,90
K ₁₅	-161,28	0,062	19,48	5,84
K ₁₆	-140,01	0,054	16,91	5,07
K ₁₇	-101,92	0,039	12,31	3,69
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	312,71	93,81

Πίνακας 3.15 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 1, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 2 : $E = + E_x - 0,3 E_y$ **102 - 402**

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ*F2xi (KN)	ρ*- F2yi*0,3 (KN)
K ₁	-128,16	0,049	15,48	-4,64
K ₂	-192,17	0,074	23,21	-6,96
K ₃	-132,50	0,051	16,00	-4,80
K ₄	-94,76	0,037	11,44	-3,43
K ₅	-194,92	0,075	23,54	-7,06
K ₆	-266,31	0,103	32,16	-9,65
K ₇	-193,83	0,075	23,41	-7,02
K ₈	-152,79	0,059	18,45	-5,53
K ₉	-159,84	0,062	19,30	-5,79
K ₁₀	-224,07	0,087	27,06	-8,12
K ₁₁	-162,31	0,063	19,60	-5,88
K ₁₂	-111,40	0,043	13,45	-4,04
K ₁₃	-65,68	0,025	7,93	-2,38
K ₁₄	-107,72	0,042	13,01	-3,90
K ₁₅	-161,28	0,062	19,48	-5,84
K ₁₆	-140,01	0,054	16,91	-5,07
K ₁₇	-101,92	0,039	12,31	-3,69
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	312,71	-93,81

Πίνακας 3.16 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 2, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 3 : $E = + E_y + 0,3 E_x$

103 - 403

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$\rho \cdot 0,3F2xi$ (KN)	$\rho \cdot F2yi$ (KN)
K ₁	-128,16	0,049	4,64	15,48
K ₂	-192,17	0,074	6,96	23,21
K ₃	-132,50	0,051	4,80	16,00
K ₄	-94,76	0,037	3,43	11,44
K ₅	-194,92	0,075	7,06	23,54
K ₆	-266,31	0,103	9,65	32,16
K ₇	-193,83	0,075	7,02	23,41
K ₈	-152,79	0,059	5,53	18,45
K ₉	-159,84	0,062	5,79	19,30
K ₁₀	-224,07	0,087	8,12	27,06
K ₁₁	-162,31	0,063	5,88	19,60
K ₁₂	-111,40	0,043	4,04	13,45
K ₁₃	-65,68	0,025	2,38	7,93
K ₁₄	-107,72	0,042	3,90	13,01
K ₁₅	-161,28	0,062	5,84	19,48
K ₁₆	-140,01	0,054	5,07	16,91
K ₁₇	-101,92	0,039	3,69	12,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	93,81	312,71

Πίνακας 3.17 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 3, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 4 : $E = + E_y - 0,3 E_x$

104 - 404

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$-\rho \cdot 0,3F2xi$ (KN)	$\rho \cdot F2yi$ (KN)
K ₁	-128,16	0,049	-4,64	15,48
K ₂	-192,17	0,074	-6,96	23,21
K ₃	-132,50	0,051	-4,80	16,00
K ₄	-94,76	0,037	-3,43	11,44
K ₅	-194,92	0,075	-7,06	23,54
K ₆	-266,31	0,103	-9,65	32,16
K ₇	-193,83	0,075	-7,02	23,41
K ₈	-152,79	0,059	-5,53	18,45
K ₉	-159,84	0,062	-5,79	19,30
K ₁₀	-224,07	0,087	-8,12	27,06
K ₁₁	-162,31	0,063	-5,88	19,60
K ₁₂	-111,40	0,043	-4,04	13,45
K ₁₃	-65,68	0,025	-2,38	7,93
K ₁₄	-107,72	0,042	-3,90	13,01
K ₁₅	-161,28	0,062	-5,84	19,48
K ₁₆	-140,01	0,054	-5,07	16,91
K ₁₇	-101,92	0,039	-3,69	12,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	-93,81	312,71

Πίνακας 3.18 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 4, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 5 : $E = -E_x - 0,3 E_y$

105 - 405

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p* - F2xi (KN)	p* - 0,3F2yi (KN)
K ₁	-128,16	0,049	-15,48	-4,64
K ₂	-192,17	0,074	-23,21	-6,96
K ₃	-132,50	0,051	-16,00	-4,80
K ₄	-94,76	0,037	-11,44	-3,43
K ₅	-194,92	0,075	-23,54	-7,06
K ₆	-266,31	0,103	-32,16	-9,65
K ₇	-193,83	0,075	-23,41	-7,02
K ₈	-152,79	0,059	-18,45	-5,53
K ₉	-159,84	0,062	-19,30	-5,79
K ₁₀	-224,07	0,087	-27,06	-8,12
K ₁₁	-162,31	0,063	-19,60	-5,88
K ₁₂	-111,40	0,043	-13,45	-4,04
K ₁₃	-65,68	0,025	-7,93	-2,38
K ₁₄	-107,72	0,042	-13,01	-3,90
K ₁₅	-161,28	0,062	-19,48	-5,84
K ₁₆	-140,01	0,054	-16,91	-5,07
K ₁₇	-101,92	0,039	-12,31	-3,69
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	-312,71	-93,81

Πίνακας 3.19 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 5, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 6 : $E = -E_x + 0,3 E_y$

106 - 406

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p* - F2xi (KN)	p* 0,3F2yi (KN)
K ₁	-128,16	0,049	-15,48	4,64
K ₂	-192,17	0,074	-23,21	6,96
K ₃	-132,50	0,051	-16,00	4,80
K ₄	-94,76	0,037	-11,44	3,43
K ₅	-194,92	0,075	-23,54	7,06
K ₆	-266,31	0,103	-32,16	9,65
K ₇	-193,83	0,075	-23,41	7,02
K ₈	-152,79	0,059	-18,45	5,53
K ₉	-159,84	0,062	-19,30	5,79
K ₁₀	-224,07	0,087	-27,06	8,12
K ₁₁	-162,31	0,063	-19,60	5,88
K ₁₂	-111,40	0,043	-13,45	4,04
K ₁₃	-65,68	0,025	-7,93	2,38
K ₁₄	-107,72	0,042	-13,01	3,90
K ₁₅	-161,28	0,062	-19,48	5,84
K ₁₆	-140,01	0,054	-16,91	5,07
K ₁₇	-101,92	0,039	-12,31	3,69
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	-312,71	93,81

Πίνακας 3.20 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 6, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 7 : $E = -E_y - 0,3 E_x$

107 - 407

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* - 0,3 F2xi (KN)	ρ* - F2yi (KN)
K ₁	-128,16	0,049	-4,64	-15,48
K ₂	-192,17	0,074	-6,96	-23,21
K ₃	-132,50	0,051	-4,80	-16,00
K ₄	-94,76	0,037	-3,43	-11,44
K ₅	-194,92	0,075	-7,06	-23,54
K ₆	-266,31	0,103	-9,65	-32,16
K ₇	-193,83	0,075	-7,02	-23,41
K ₈	-152,79	0,059	-5,53	-18,45
K ₉	-159,84	0,062	-5,79	-19,30
K ₁₀	-224,07	0,087	-8,12	-27,06
K ₁₁	-162,31	0,063	-5,88	-19,60
K ₁₂	-111,40	0,043	-4,04	-13,45
K ₁₃	-65,68	0,025	-2,38	-7,93
K ₁₄	-107,72	0,042	-3,90	-13,01
K ₁₅	-161,28	0,062	-5,84	-19,48
K ₁₆	-140,01	0,054	-5,07	-16,91
K ₁₇	-101,92	0,039	-3,69	-12,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	-93,81	-312,71

Πίνακας 3.21 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 7, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 8 : $E = -E_y + 0,3 E_x$

108 - 408

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* 0,3F2xi (KN)	ρ* - F2yi (KN)
K ₁	-128,16	0,049	4,64	-15,48
K ₂	-192,17	0,074	6,96	-23,21
K ₃	-132,50	0,051	4,80	-16,00
K ₄	-94,76	0,037	3,43	-11,44
K ₅	-194,92	0,075	7,06	-23,54
K ₆	-266,31	0,103	9,65	-32,16
K ₇	-193,83	0,075	7,02	-23,41
K ₈	-152,79	0,059	5,53	-18,45
K ₉	-159,84	0,062	5,79	-19,30
K ₁₀	-224,07	0,087	8,12	-27,06
K ₁₁	-162,31	0,063	5,88	-19,60
K ₁₂	-111,40	0,043	4,04	-13,45
K ₁₃	-65,68	0,025	2,38	-7,93
K ₁₄	-107,72	0,042	3,90	-13,01
K ₁₅	-161,28	0,062	5,84	-19,48
K ₁₆	-140,01	0,054	5,07	-16,91
K ₁₇	-101,92	0,039	3,69	-12,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2589,67	1,00	93,81	-312,71

Πίνακας 3.22 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 8, στα σημεία 1 – 4



ΣΗΜΕΙΟ 1

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	-3,91	3,19	56,29	4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	93,81								
102	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	-3,91	3,19	-56,29	-4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	-93,81								
103	F_{2x}	93,81	63,79	4,69	-1,17	0,94	187,63	15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	312,71								
104	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	1,17	-0,94	187,63	15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	312,71								
105	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	3,91	-3,19	-56,29	-4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	-93,81								
106	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	3,91	-3,19	56,29	4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	-93,81								
107	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	1,17	-0,94	-187,63	-15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	-312,71								
108	F_{2x}	93,81	-63,79	4,69	-1,17	0,94	-187,63	-15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	-312,71								

Πίνακας 3.23 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείον 1



ΣΗΜΕΙΟ 2

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	-3,91	3,19	56,29	4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	93,81								
102	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	-3,91	3,19	-56,29	-4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	-93,81								
103	F_{2x}	93,81	63,79	4,69	-1,17	0,94	187,63	15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	312,71								
104	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	1,17	-0,94	187,63	15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	312,71								
105	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	3,91	-3,19	-56,29	-4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	-93,81								
106	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	3,91	-3,19	56,29	4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	93,81								
107	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	1,17	-0,94	-187,63	-15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	-312,71								
108	F_{2x}	93,81	63,79	4,69	-1,17	0,94	-187,63	-15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	-312,71								

Πίνακας 3.24 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 2



ΣΗΜΕΙΟ 3

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	3,91	-3,19	56,29	4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	93,81								
102	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	3,91	-3,19	-56,29	-4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	-93,81								
103	F_{2x}	93,81	63,79	4,69	1,17	-0,94	187,63	15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	312,71								
104	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	-1,17	0,94	187,63	15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	312,71								
105	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	-3,91	3,19	-56,29	-4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	-93,81								
106	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	-3,91	3,19	56,29	4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	93,81								
107	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	-1,17	0,94	-187,63	-15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	-312,71								
108	F_{2x}	93,81	63,79	4,69	1,17	-0,94	-187,63	-15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	-312,71								

Πίνακας 3.25 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 3



ΣΗΜΕΙΟ 4

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	3,91	-3,19	56,29	4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	98,81								
102	F_{2x}	312,71	212,64	15,64	3,91	-3,19	-56,29	-4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	-93,81								
103	F_{2x}	93,81	63,79	4,69	1,17	-0,94	187,63	15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	312,71								
104	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	-1,17	0,94	187,63	15,77	3,94	-3,94
	F_{2y}	312,71								
105	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	-3,91	3,19	-56,29	-4,73	-1,18	1,18
	F_{2y}	-93,81								
106	F_{2x}	-312,71	-212,64	-15,64	-3,91	3,19	56,29	4,73	1,18	-1,18
	F_{2y}	-93,81								
107	F_{2x}	-93,81	-63,79	-4,69	-1,17	0,94	-187,63	-15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	-312,71								
108	F_{2x}	93,81	-63,79	4,69	1,17	-0,94	-187,63	-15,77	-3,94	3,94
	F_{2y}	-312,71								

Πίνακας 3.26 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 4

ΣΤΑΘΜΗ 3

 Συνδυασμός 1 : $E = + E_x + 0,3 E_y$
101 - 401

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ*F3xi (KN)	ρ*F3yi*0,3 (KN)
K ₁	-83,56	0,044	15,14	4,54
K ₂	-139,09	0,073	25,19	7,56
K ₃	-93,89	0,049	17,01	5,10
K ₄	-60,41	0,032	10,94	3,28
K ₅	-142,12	0,074	25,74	7,72
K ₆	-226,95	0,119	41,11	12,33
K ₇	-157,45	0,083	28,52	8,56
K ₈	-103,86	0,054	18,81	5,64
K ₉	-114,83	0,060	20,80	6,24
K ₁₀	-186,45	0,098	33,77	10,13
K ₁₁	-129,33	0,068	23,43	7,03
K ₁₂	-85,07	0,045	15,41	4,62
K ₁₃	-41,74	0,022	7,56	2,27
K ₁₄	-68,91	0,036	12,48	3,74
K ₁₅	-112,68	0,059	20,41	6,12
K ₁₆	-96,06	0,050	17,40	5,22
K ₁₇	-65,77	0,034	11,91	3,57
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	345,63	103,69

Πίνακας 3.27 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 1, στα σημεία 1 – 4

 Συνδυασμός 2 : $E = + E_x - 0,3 E_y$
102 -402

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ*F3xi (KN)	ρ*- F3yi*0,3 (KN)
K ₁	-83,56	0,044	15,14	-4,54
K ₂	-139,09	0,073	25,19	-7,56
K ₃	-93,89	0,049	17,01	-5,10
K ₄	-60,41	0,032	10,94	-3,28
K ₅	-142,12	0,074	25,74	-7,72
K ₆	-226,95	0,119	41,11	-12,33
K ₇	-157,45	0,083	28,52	-8,56
K ₈	-103,86	0,054	18,81	-5,64
K ₉	-114,83	0,060	20,80	-6,24
K ₁₀	-186,45	0,098	33,77	-10,13
K ₁₁	-129,33	0,068	23,43	-7,03
K ₁₂	-85,07	0,045	15,41	-4,62
K ₁₃	-41,74	0,022	7,56	-2,27
K ₁₄	-68,91	0,036	12,48	-3,74
K ₁₅	-112,68	0,059	20,41	-6,12
K ₁₆	-96,06	0,050	17,40	-5,22
K ₁₇	-65,77	0,034	11,91	-3,57
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	345,63	-103,69

Πίνακας 3.28 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 2, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 3 : $E = + E_y + 0,3 E_x$
103 - 403

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$\rho*0,3F3xi$ (KN)	$\rho*F3yi$ (KN)
K ₁	-83,56	0,044	4,54	15,14
K ₂	-139,09	0,073	7,56	25,19
K ₃	-93,89	0,049	5,10	17,01
K ₄	-60,41	0,032	3,28	10,94
K ₅	-142,12	0,074	7,72	25,74
K ₆	-226,95	0,119	12,33	41,11
K ₇	-157,45	0,083	8,56	28,52
K ₈	-103,86	0,054	5,64	18,81
K ₉	-114,83	0,060	6,24	20,80
K ₁₀	-186,45	0,098	10,13	33,77
K ₁₁	-129,33	0,068	7,03	23,43
K ₁₂	-85,07	0,045	4,62	15,41
K ₁₃	-41,74	0,022	2,27	7,56
K ₁₄	-68,91	0,036	3,74	12,48
K ₁₅	-112,68	0,059	6,12	20,41
K ₁₆	-96,06	0,050	5,22	17,40
K ₁₇	-65,77	0,034	3,57	11,91
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	103,69	345,63

Πίνακας 3.29 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 3, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 4 : $E = + E_y - 0,3 E_x$
104 - 404

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$\rho*0,3F3xi$ (KN)	$\rho*F3yi$ (KN)
K ₁	-83,56	0,044	-4,54	15,14
K ₂	-139,09	0,073	-7,56	25,19
K ₃	-93,89	0,049	-5,10	17,01
K ₄	-60,41	0,032	-3,28	10,94
K ₅	-142,12	0,074	-7,72	25,74
K ₆	-226,95	0,119	-12,33	41,11
K ₇	-157,45	0,083	-8,56	28,52
K ₈	-103,86	0,054	-5,64	18,81
K ₉	-114,83	0,060	-6,24	20,80
K ₁₀	-186,45	0,098	-10,13	33,77
K ₁₁	-129,33	0,068	-7,03	23,43
K ₁₂	-85,07	0,045	-4,62	15,41
K ₁₃	-41,74	0,022	-2,27	7,56
K ₁₄	-68,91	0,036	-3,74	12,48
K ₁₅	-112,68	0,059	-6,12	20,41
K ₁₆	-96,06	0,050	-5,22	17,40
K ₁₇	-65,77	0,034	-3,57	11,91
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	-103,69	345,63

Πίνακας 3.30 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 4, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 5 : $E = -E_x - 0,3 E_y$

105 - 405

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* - F3xi (KN)	ρ* - 0,3F3yi (KN)
K ₁	-83,56	0,044	-15,14	-4,54
K ₂	-139,09	0,073	-25,19	-7,56
K ₃	-93,89	0,049	-17,01	-5,10
K ₄	-60,41	0,032	-10,94	-3,28
K ₅	-142,12	0,074	-25,74	-7,72
K ₆	-226,95	0,119	-41,11	-12,33
K ₇	-157,45	0,083	-28,52	-8,56
K ₈	-103,86	0,054	-18,81	-5,64
K ₉	-114,83	0,060	-20,80	-6,24
K ₁₀	-186,45	0,098	-33,77	-10,13
K ₁₁	-129,33	0,068	-23,43	-7,03
K ₁₂	-85,07	0,045	-15,41	-4,62
K ₁₃	-41,74	0,022	-7,56	-2,27
K ₁₄	-68,91	0,036	-12,48	-3,74
K ₁₅	-112,68	0,059	-20,41	-6,12
K ₁₆	-96,06	0,050	-17,40	-5,22
K ₁₇	-65,77	0,034	-11,91	-3,57
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	-345,63	-103,69

Πίνακας 3.31 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 5, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 6 : $E = -E_x + 0,3 E_y$

106 - 406

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* - F3xi (KN)	ρ* 0,3F3yi (KN)
K ₁	-83,56	0,044	-15,14	4,54
K ₂	-139,09	0,073	-25,19	7,56
K ₃	-93,89	0,049	-17,01	5,10
K ₄	-60,41	0,032	-10,94	3,28
K ₅	-142,12	0,074	-25,74	7,72
K ₆	-226,95	0,119	-41,11	12,33
K ₇	-157,45	0,083	-28,52	8,56
K ₈	-103,86	0,054	-18,81	5,64
K ₉	-114,83	0,060	-20,80	6,24
K ₁₀	-186,45	0,098	-33,77	10,13
K ₁₁	-129,33	0,068	-23,43	7,03
K ₁₂	-85,07	0,045	-15,41	4,62
K ₁₃	-41,74	0,022	-7,56	2,27
K ₁₄	-68,91	0,036	-12,48	3,74
K ₁₅	-112,68	0,059	-20,41	6,12
K ₁₆	-96,06	0,050	-17,40	5,22
K ₁₇	-65,77	0,034	-11,91	3,57
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	-345,63	103,69

Πίνακας 3.32 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 6, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 7 : $E = -E_y - 0,3 E_x$
107 - 407

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* - 0,3 F3xi (KN)	ρ* - F3yi (KN)
K ₁	-83,56	0,044	-4,54	-15,14
K ₂	-139,09	0,073	-7,56	-25,19
K ₃	-93,89	0,049	-5,10	-17,01
K ₄	-60,41	0,032	-3,28	-10,94
K ₅	-142,12	0,074	-7,72	-25,74
K ₆	-226,95	0,119	-12,33	-41,11
K ₇	-157,45	0,083	-8,56	-28,52
K ₈	-103,86	0,054	-5,64	-18,81
K ₉	-114,83	0,060	-6,24	-20,80
K ₁₀	-186,45	0,098	-10,13	-33,77
K ₁₁	-129,33	0,068	-7,03	-23,43
K ₁₂	-85,07	0,045	-4,62	-15,41
K ₁₃	-41,74	0,022	-2,27	-7,56
K ₁₄	-68,91	0,036	-3,74	-12,48
K ₁₅	-112,68	0,059	-6,12	-20,41
K ₁₆	-96,06	0,050	-5,22	-17,40
K ₁₇	-65,77	0,034	-3,57	-11,91
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	-103,69	-345,63

Πίνακας 3.33 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 7, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 8 : $E = -E_y + 0,3 E_x$
108 - 408

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* 0,3F3xi (KN)	ρ* - F3yi (KN)
K ₁	-83,56	0,044	4,54	-15,14
K ₂	-139,09	0,073	7,56	-25,19
K ₃	-93,89	0,049	5,10	-17,01
K ₄	-60,41	0,032	3,28	-10,94
K ₅	-142,12	0,074	7,72	-25,74
K ₆	-226,95	0,119	12,33	-41,11
K ₇	-157,45	0,083	8,56	-28,52
K ₈	-103,86	0,054	5,64	-18,81
K ₉	-114,83	0,060	6,24	-20,80
K ₁₀	-186,45	0,098	10,13	-33,77
K ₁₁	-129,33	0,068	7,03	-23,43
K ₁₂	-85,07	0,045	4,62	-15,41
K ₁₃	-41,74	0,022	2,27	-7,56
K ₁₄	-68,91	0,036	3,74	-12,48
K ₁₅	-112,68	0,059	6,12	-20,41
K ₁₆	-96,06	0,050	5,22	-17,40
K ₁₇	-65,77	0,034	3,57	-11,91
ΣΥΝΟΛΟ	-1908,17	1,00	103,69	-345,63

Πίνακας 3.34 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 8, στα σημεία 1 – 4



ΣΗΜΕΙΟ 1

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$		M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	-4,32	3,45	62,21	5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	103,69								
102	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	-4,32	3,45	-62,21	-5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	-103,69								
103	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	-1,30	1,04	207,38	17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	345,63								
104	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	1,30	-1,04	207,38	17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	345,63								
105	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	4,32	-3,45	-61,21	-5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	-103,69								
106	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	4,32	-3,45	62,21	5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	103,69								
107	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	1,30	-1,04	-207,38	-17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	-345,63								
108	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	-1,30	1,04	-207,38	-17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	-345,63								

Πίνακας 3.35 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 1



ΣΗΜΕΙΟ 2

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$		M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	-4,32	3,45	62,21	5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	103,69								
102	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	-4,32	3,45	-62,21	-5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	-103,69								
103	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	-1,30	1,04	207,38	17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	345,63								
104	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	1,30	-1,04	207,38	17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	345,63								
105	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	4,32	-3,45	-61,21	-5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	-103,69								
106	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	4,32	-3,45	62,21	5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	103,69								
107	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	1,30	-1,04	-207,38	-17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	-345,63								
108	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	-1,30	1,04	-207,38	-17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	-345,63								

Πίνακας 3.36 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 2



ΣΗΜΕΙΟ 3

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$		M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	4,32	-3,45	62,21	5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	103,69								
102	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	4,32	-3,45	-62,21	-5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	-103,69								
103	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	1,30	-1,04	207,38	17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	345,63								
104	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	-1,30	1,04	207,38	17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	345,63								
105	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	-4,32	3,45	-61,21	-5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	-103,69								
106	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	-4,32	3,45	62,21	5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	103,69								
107	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	-1,30	1,04	-207,38	-17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	-345,63								
108	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	1,30	-1,04	-207,38	-17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	-345,63								

Πίνακας 3.37 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 3

ΣΗΜΕΙΟ 4

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$		M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή		M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή	
					K_1, K_5, K_9, K_{14}	$K_4, K_8, K_{12}, K_{13}, K_{17}$			K_1, K_2, K_3, K_4	$K_{14}, K_{15}, K_{16}, K_{17}$
101	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	4,32	-3,45	62,21	5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	103,69								
102	F_{3x}	345,63	234,80	17,26	4,32	-3,45	-62,21	-5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	-103,69								
103	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	1,30	-1,04	207,38	17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	345,63								
104	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	-1,30	1,04	207,38	17,43	4,36	-4,36
	F_{3y}	345,63								
105	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	-4,32	3,45	-61,21	-5,23	-1,31	1,31
	F_{3y}	-103,69								
106	F_{3x}	-345,63	-234,80	-17,26	-4,32	3,45	62,21	5,23	1,31	-1,31
	F_{3y}	103,69								
107	F_{3x}	-103,69	-70,51	-5,18	-1,30	1,04	-207,38	-17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	-345,63								
108	F_{3x}	103,69	70,51	5,18	1,30	-1,04	-207,38	-17,43	-4,36	4,36
	F_{3y}	-345,63							1,31	-1,31

Πίνακας 3.38 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 4

4. ΕΛΕΓΧΟΙ – ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

Έλεγχος υποστυλωμάτων σε διαξονική κάμψη

Στη συνέχεια θα γίνει έλεγχος της διατομής του υποστυλώματος K_1 (κόμβος 2002) του ισογείου έναντι διαξονικής κάμψης με ορθή δύναμη. Δεδομένου ότι τα στοιχεία αυτά αποτελούν τα κρίσιμα στοιχεία για την ευστάθεια του συνόλου της κατασκευής, για να είναι σε θέση το κτίριο να αναπτύξει πλαστιμότητα που αντιστοιχεί σε συντελεστή συμπεριφοράς 3,50, όπως είναι η αρχική παραδοχή της μελέτης, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι αρχές του ικανοτικού σχεδιασμού.

Συνεπώς για τον πόδα των υποστυλωμάτων του ισογείου (στάθμη θεμελίωσης) θα πρέπει οι έλεγχοι να γίνουν έναντι της ικανοτικής ροπής (M'), η οποία βρίσκεται στα αποτελέσματα της στατικής ανάλυσης των συνδυασμών 2000.

$$M_{CD,c} = 1,35 \cdot M_{ec} \geq M_{SC}$$

Στο επίπεδο YOZ ($M_{SC} = |M_y|$ και $M_{CD,c} = |M_y'|$)

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	$M_{CD,c}$		M_{SC}
2101	21,24	>	14,08
2102	32,19	>	25,49
2103	82,96	>	59,80
2104	81,74	>	58,72
2105	33,98	>	26,83
2106	19,44	>	12,75
2107	95,71	>	72,55
2108	95,16	>	72,14
2201	26,64	>	18,80
2202	37,59	>	29,50
2203	100,97	>	73,14
2204	100,42	>	72,74
2205	39,39	>	30,83
2206	24,85	>	16,75
2207	113,72	>	85,89
2208	113,17	>	85,48
2301	2,36	>	0,10
2302	51,06	>	39,48
2303	77,30	>	55,61
2304	88,08	>	63,59
2305	15,11	>	12,84
2306	38,31	>	26,73
2307	90,04	>	68,35
2308	100,83	>	76,34
2401	51,06	>	39,48
2402	2,36	>	0,10
2403	100,83	>	76,34
2404	90,04	>	68,35
2405	38,31	>	26,73
2406	15,11	>	12,84
2407	88,08	>	63,59
2408	77,30	>	55,61

Πίνακας 4.1 Έλεγχος ικανοτικής ροπής M_y

Στο επίπεδο ΧΟΖ ($M_{SC} = |M_z|$ και $M_{CD,c} = |M_z'|$)

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	$M_{CD,c}$		M_{SC}
2101	93,04	>	67,61
2102	88,92	>	64,56
2103	30,60	>	21,36
2104	27,55	>	21,86
2105	103,13	>	77,70
2106	99,01	>	74,65
2107	40,69	>	31,45
2108	16,87	>	11,19
2201	87,40	>	63,17
2202	94,91	>	69,00
2203	10,62	>	6,56
2204	46,94	>	36,08
2205	97,13	>	73,26
2206	105,00	>	79,09
2207	20,71	>	16,65
2208	36,84	>	25,98
2301	114,22	>	83,30
2302	110,10	>	80,25
2303	36,99	>	26,09
2304	33,35	>	26,01
2305	124,31	>	93,39
2306	120,19	>	90,34
2307	47,08	>	36,18
2308	23,26	>	15,92
2401	110,10	>	80,25
2402	114,22	>	83,30
2403	23,26	>	15,92
2404	47,08	>	36,18
2405	120,19	>	90,34
2406	124,31	>	93,39
2407	33,35	>	26,01
2408	36,99	>	26,09

Πίνακας 4.2 Έλεγχος ικανοτικής ροπής M_z

$$\frac{d_1}{h} = \frac{b_1}{b} = \frac{3}{25} = 0,12$$

Για λόγο πλευρών $\frac{d_1}{h} = 0,12$, χρησιμοποιούμε τον αντίστοιχο πίνακα διαξονικής κάμψης, με περιμετρική κατανομή οπλισμού.

Η μικρότερη αξονική δύναμη N των περιπτώσεων 1101 – 1408, εμφανίζεται στους συνδυασμούς 1301 και 1402 με τιμή $N = -264,40 \text{ kN}$.

Η μεγαλύτερη αξονική δύναμη N των περιπτώσεων 1101 – 1408, εμφανίζεται στους συνδυασμούς 1305 και 1406 με τιμή $N = -453,40 \text{ kN}$.

Για να εξασφαλίζεται η πλαστιμότητα της κατασκευής, σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ 2000, πρέπει να ισχύει η παρακάτω σχέση :

$$v_d = \frac{N_{sd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \leq 0,65$$

Για $N = -264,40 \text{ kN}$, έχουμε :

$$v_d = \frac{264,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40 < 0,65$$

Για $N = -453,40 \text{ kN}$, έχουμε :

$$v_d = \frac{453,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,68 > 0,65$$

Εξαρχής βλέπουμε πως οι απαιτήσεις του ΕΚΩΣ 2000 δεν ικανοποιούνται για το σύνολο της κατασκευής, αλλά προχωράμε σε έλεγχο σε κάμψη ενός υποστυλώματος, για να δούμε πόσο οπλισμό θα χρειαζόταν η κατασκευή, ώστε να ικανοποιούνται οι ισχύοντες κανονισμοί.

Στο επίπεδο YOZ

Από τον συνδυασμό 1101 : $N = -268,20 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1101 : $M_y = -14,08 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2101 : $M_z = -93,04 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{268,20}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{14,08}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,084$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{93,04}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,558$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,78$

Από τον συνδυασμό 1102 : $N = -305,10 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1102 : $M_y = 25,49 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2102 : $M_z = -88,92 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{305,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,46$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,49}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,153$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{88,92}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,534$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,88$

Από τον συνδυασμό 1103 : $N = -275,60 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1103 : $M_y = -59,80 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2103 : $M_z = -30,60 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{275,60}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,41$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{59,80}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,359$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{30,60}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,184$$

$$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{ysd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{zsd} = \mu_2 \\ \omega = 1,36$$

Από τον συνδυασμό 1104 : N = -342,40 kN

Από τον συνδυασμό 1104 : M_y = -58,72 kNm

Από τον συνδυασμό 2104 : M_z = 27,55 kNm

$$v_d = \frac{342,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,51$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{58,72}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,352$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{27,55}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,165$$

$$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{ysd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{zsd} = \mu_2 \\ \omega = 1,37$$

Από τον συνδυασμό 1105 : N = -449,60 kN

Από τον συνδυασμό 1105 : M_y = 26,83 kNm

Από τον συνδυασμό 2105 : M_z = 103,13 kNm

$$v_d = \frac{449,60}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,67$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,83}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,161$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{103,13}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,619$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2 \\ \omega = \text{εκτός ορίων}$$

Από τον συνδυασμό 1106 : N = -412,70 kN

Από τον συνδυασμό 1106 : M_y = 12,15 kNm

Από τον συνδυασμό 2106 : M_z = 99,01 kNm

$$v_d = \frac{412,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,75}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,076$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{99,01}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,594$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2$$

$\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1107 : $N = -442,20$ kN

Από τον συνδυασμό 1107 : $M_y = 72,55$ kNm

Από τον συνδυασμό 2107 : $M_z = 40,69$ kNm

$$v_d = \frac{442,20}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{72,55}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,435$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{40,69}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,244$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1108 : $N = -398,80$ kN

Από τον συνδυασμό 1108 : $M_y = 72,14$ kNm

Από τον συνδυασμό 2108 : $M_z = -16,87$ kNm

$$v_d = \frac{398,80}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,60$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{72,14}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,433$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{16,87}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,101$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega = 1,50$

Από τον συνδυασμό 1201 : $N = -269,10$ kN

Από τον συνδυασμό 1201 : $M_y = -18,80$ kNm

Από τον συνδυασμό 2201 : $M_z = -87,40$ kNm

$$v_d = \frac{269,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18,80}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,113$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{87,40}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,524$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$\omega = 1,71$

Από τον συνδυασμό 1202 : $N = -304,10$ kN

Από τον συνδυασμό 1202 : $M_y = -29,50$ kNm

Από τον συνδυασμό 2202 : $M_z = -94,91$ kNm

$$v_d = \frac{304,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,46$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{29,50}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,177$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{94,91}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,569$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,91$

Από τον συνδυασμό 1203 : N = -279,10 kN

Από τον συνδυασμό 1203 : $M_y = -73,14$ kNm

Από τον συνδυασμό 2203 : $M_z = -10,62$ kNm

$$v_d = \frac{279,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,42$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{73,14}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,439$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{10,62}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,064$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,32$

Από τον συνδυασμό 1204 : N = -322,40 kN

Από τον συνδυασμό 1204 : $M_y = -72,74$ kNm

Από τον συνδυασμό 2204 : $M_z = 46,94$ kNm

$$v_d = \frac{322,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,48$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{72,74}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,436$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{46,94}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,282$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,92$

Από τον συνδυασμό 1205 : N = -448,60 kN

Από τον συνδυασμό 1205 : $M_y = 30,83$ kNm

Από τον συνδυασμό 2205 : $M_z = 97,13$ kNm

$$v_d = \frac{448,60}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,67$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30,83}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,185$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{97,13}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,583$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1206 : $N = -413,70$ kN

Από τον συνδυασμό 1206 : $M_y = -16,75$ kNm

Από τον συνδυασμό 2206 : $M_z = 105,00$ kNm

$$v_d = \frac{413,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16,75}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,100$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{105,00}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,630$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1207 : $N = -438,70$ kN

Από τον συνδυασμό 1207 : $M_y = 85,89$ kNm

Από τον συνδυασμό 2207 : $M_z = 20,71$ kNm

$$v_d = \frac{438,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{85,89}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,515$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{20,71}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,124$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1208 : $N = -395,40$ kN

Από τον συνδυασμό 1208 : $M_y = 85,48$ kNm

Από τον συνδυασμό 2208 : $M_z = -36,84$ kNm

$$v_d = \frac{395,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,59$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{85,48}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,513$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{36,84}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,221$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1301 : $N = -264,40$ kN

Από τον συνδυασμό 1301 : $M_y = -0,10$ kNm

Από τον συνδυασμό 2301 : $M_z = -114,22$ kNm

$$v_d = \frac{264,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0,10}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} \approx 0,000$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{114,22}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,685$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1302 : $N = -301,30$ kN

Από τον συνδυασμό 1302 : $M_y = 39,48$ kNm

Από τον συνδυασμό 2302 : $M_z = -110,10$ kNm

$$v_d = \frac{301,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,45$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39,48}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,237$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{110,10}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,661$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1303 : $N = -274,50$ kN

Από τον συνδυασμό 1303 : $M_y = -55,61$ kNm

Από τον συνδυασμό 2303 : $M_z = -36,99$ kNm

$$v_d = \frac{274,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,41$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{55,61}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,334$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{36,99}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,222$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,41$

Από τον συνδυασμό 1304 : $N = -320,10$ kN

Από τον συνδυασμό 1304 : $M_y = -63,59$ kNm

Από τον συνδυασμό 2304 : $M_z = 33,35$ kNm

$$v_d = \frac{320,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,48$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{63,59}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,382$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{33,35}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,200$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,47$

Από τον συνδυασμό 1305 : $N = -453,40$ kN

Από τον συνδυασμό 1305 : $M_y = 12,84$ kNm

Από τον συνδυασμό 2305 : $M_z = 124,31$ kNm

$$v_d = \frac{453,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,68$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,84}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,077$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{124,31}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,746$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1306 : N = -416,50 kN

Από τον συνδυασμό 1306 : $M_y = -26,73$ kNm

Από τον συνδυασμό 2306 : $M_z = 120,19$ kNm

$$v_d = \frac{416,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,73}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,160$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{120,19}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,721$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1307 : N = -443,30 kN

Από τον συνδυασμό 1307 : $M_y = 68,35$ kNm

Από τον συνδυασμό 2307 : $M_z = 47,08$ kNm

$$v_d = \frac{443,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{68,35}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,410$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{47,08}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,282$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1308 : N = -397,70 kN

Από τον συνδυασμό 1308 : $M_y = 76,34$ kNm

Από τον συνδυασμό 2308 : $M_z = -23,26$ kNm

$$v_d = \frac{397,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,60$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{76,34}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,458$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{23,26}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,140$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$$\omega = 1,63$$

Από τον συνδυασμό 1401 : $N = -301,30 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1401 : $M_y = 39,48 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2401 : $M_z = 110,10 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{301,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,45$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39,48}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,237$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{110,10}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,661$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1402 : $N = -264,40 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1402 : $M_y = 0,10 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2402 : $M_z = 114,22 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{264,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0,10}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} \approx 0,000$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{114,22}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,685$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1403 : $N = -397,70 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1403 : $M_y = 76,34 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2403 : $M_z = -23,26 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{397,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,60$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{76,34}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,458$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{23,26}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,140$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega = 1,67$

Από τον συνδυασμό 1404 : $N = -443,30 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1404 : $M_y = 68,35 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2404 : $M_z = 47,08 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{443,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{68,35}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,410$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{47,08}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,282$$

$$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{ysd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{zsd} = \mu_2 \\ \omega = 2$$

Από τον συνδυασμό 1405 : N = -416,50 kN

Από τον συνδυασμό 1405 : M_y = -26,73 kNm

Από τον συνδυασμό 2405 : M_z = 120,19 kNm

$$v_d = \frac{416,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,73}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,160$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{120,19}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,721$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2 \\ \omega = \text{εκτός ορίων}$$

Από τον συνδυασμό 1406 : N = -453,40 kN

Από τον συνδυασμό 1406 : M_y = 12,84 kNm

Από τον συνδυασμό 2406 : M_z = 124,31 kNm

$$v_d = \frac{453,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,68$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,84}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,077$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{124,31}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,746$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2 \\ \omega = \text{εκτός ορίων}$$

Από τον συνδυασμό 1407 : N = -320,10 kN

Από τον συνδυασμό 1407 : M_y = -63,59 kNm

Από τον συνδυασμό 2407 : M_z = 33,35 kNm

$$v_d = \frac{320,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,48$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{63,59}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,382$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{33,35}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,200$$

$$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{ysd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{zsd} = \mu_2 \\ \omega = 1,47$$

Από τον συνδυασμό 1408 : $N = -274,50 \text{ kN}$

Από τον συνδυασμό 1408 : $M_y = -55,61 \text{ kNm}$

Από τον συνδυασμό 2408 : $M_z = -36,99 \text{ kNm}$

$$v_d = \frac{274,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,41$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{55,61}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,334$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{36,99}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,222$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$$\omega = 1,41$$

Στο επίπεδο ΧΟΖΑπό τον συνδυασμό 1101 : $M_z = -67,61$ kNmΑπό τον συνδυασμό 2101 : $M_y = -21,24$ kNmΑπό τον συνδυασμό 1101 : $N = -268,20$ kN

$$v_d = \frac{268,20}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{67,61}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,406$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{21,24}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,127$$

 $\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,36$ Από τον συνδυασμό 1102 : $M_z = -64,56$ kNmΑπό τον συνδυασμό 2102 : $M_y = 32,19$ kNmΑπό τον συνδυασμό 1102 : $N = -305,10$ kN

$$v_d = \frac{305,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,46$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{64,56}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,387$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{32,19}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,193$$

 $\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,48$ Από τον συνδυασμό 1103 : $M_z = -21,36$ kNmΑπό τον συνδυασμό 2103 : $M_y = -82,96$ kNmΑπό τον συνδυασμό 1103 : $N = -275,60$ kN

$$v_d = \frac{275,60}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,41$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{21,36}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,128$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{82,96}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,498$$

 $\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,69$ Από τον συνδυασμό 1104 : $M_z = 21,86$ kNmΑπό τον συνδυασμό 2104 : $M_y = -81,74$ kNmΑπό τον συνδυασμό 1104 : $N = -342,40$ kN

$$v_d = \frac{342,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,51$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{21,86}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,131$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{81,74}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,490$$

$$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{ysd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{zsd} = \mu_2 \\ \omega = 1,75$$

Από τον συνδυασμό 1105 : $M_z = 77,70$ kNm

Από τον συνδυασμό 2105 : $M_y = 33,98$ kNm

Από τον συνδυασμό 1105 : $N = -449,60$ kN

$$v_d = \frac{449,60}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,67$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{77,70}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,466$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33,98}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,204$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2 \\ \omega = 1,98$$

Από τον συνδυασμό 1106 : $M_z = 74,65$ kNm

Από τον συνδυασμό 2106 : $M_y = -19,44$ kNm

Από τον συνδυασμό 1106 : $N = -412,70$ kN

$$v_d = \frac{412,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{74,65}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,448$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19,44}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,117$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2 \\ \omega = 1,68$$

Από τον συνδυασμό 1107 : $M_z = 31,45$ kNm

Από τον συνδυασμό 2107 : $M_y = 95,71$ kNm

Από τον συνδυασμό 1107 : $N = -442,20$ kN

$$v_d = \frac{442,20}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{31,45}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,189$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{95,71}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,574$$

$$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}, \text{ \acute{a}\rho\alpha } \mu_{ysd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{zsd} = \mu_2 \\ \omega = \text{εκτός ορίων}$$

Από τον συνδυασμό 1108 : $M_z = -11,19$ kNm

Από τον συνδυασμό 2108 : $M_y = 95,16$ kNm

Από τον συνδυασμό 1108 : $N = -398,80$ kN

$$v_d = \frac{398,80}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,60$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{11,19}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,067$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{95,16}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,571$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$$\omega = 1,81$$

Από τον συνδυασμό 1201 : $M_z = -63,17$ kNm

Από τον συνδυασμό 2201 : $M_y = -26,64$ kNm

Από τον συνδυασμό 1201 : $N = -269,10$ kN

$$v_d = \frac{269,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{63,17}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,379$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,64}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,160$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$$\omega = 1,37$$

Από τον συνδυασμό 1202 : $M_z = -69,00$ kNm

Από τον συνδυασμό 2202 : $M_y = 37,59$ kNm

Από τον συνδυασμό 1202 : $N = -304,10$ kN

$$v_d = \frac{304,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,46$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{69,00}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,414$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{37,59}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,226$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$$\omega = 1,68$$

Από τον συνδυασμό 1203 : $M_z = -6,56$ kNm

Από τον συνδυασμό 2203 : $M_y = -100,97$ kNm

Από τον συνδυασμό 1203 : $N = -279,10$ kN

$$v_d = \frac{279,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,42$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{6,56}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,039$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{100,97}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,606$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1204 : $M_z = 36,08$ kNm

Από τον συνδυασμό 2204 : $M_y = -100,42$ kNm

Από τον συνδυασμό 1204 : $N = -322,40$ kN

$$v_d = \frac{322,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,48$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{36,08}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,216$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{100,42}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,603$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1205 : $M_z = 73,26$ kNm

Από τον συνδυασμό 2205 : $M_y = 39,39$ kNm

Από τον συνδυασμό 1205 : $N = -448,60$ kN

$$v_d = \frac{448,60}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,67$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{73,26}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,440$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39,39}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,236$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,99$

Από τον συνδυασμό 1206 : $M_z = 16,65$ kNm

Από τον συνδυασμό 2206 : $M_y = -24,85$ kNm

Από τον συνδυασμό 1206 : $N = -413,70$ kN

$$v_d = \frac{413,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{16,65}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,100$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{24,85}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,149$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 0,60$

Από τον συνδυασμό 1207 : $M_z = -25,98$ kNm

Από τον συνδυασμό 2207 : $M_y = 113,17$ kNm

Από τον συνδυασμό 1207 : $N = -438,70$ kN

$$v_d = \frac{438,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{25,98}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,156$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{113,72}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,682$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1208 : $M_z = 20,71$ kNm

Από τον συνδυασμό 2208 : $M_y = 113,17$ kNm

Από τον συνδυασμό 1208 : $N = -395,40$ kN

$$v_d = \frac{395,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,59$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{20,71}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,124$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{113,17}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,679$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1301 : $M_z = -83,30$ kNm

Από τον συνδυασμό 2301 : $M_y = -2,36$ kNm

Από τον συνδυασμό 1301 : $N = -264,40$ kN

$$v_d = \frac{264,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{83,30}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,500$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2,36}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,014$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,43$

Από τον συνδυασμό 1302 : $M_z = 80,25$ kNm

Από τον συνδυασμό 2302 : $M_y = 51,06$ kNm

Από τον συνδυασμό 1302 : $N = -301,30$ kN

$$v_d = \frac{301,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,45$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{80,25}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,481$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{51,06}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,306$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

ω = εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1303 : $M_z = -26,09$ kNm

Από τον συνδυασμό 2303 : $M_y = -77,30$ kNm

Από τον συνδυασμό 1303 : $N = -274,50$ kN

$$v_d = \frac{274,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,41$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{26,09}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,157$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{77,30}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,464$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega = 1,64$

Από τον συνδυασμό 1304 : $M_z = 26,01$ kNm

Από τον συνδυασμό 2304 : $M_y = -88,08$ kNm

Από τον συνδυασμό 1304 : $N = -320,10$ kN

$$v_d = \frac{320,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,48$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{26,01}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,156$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{88,08}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,533$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega = 1,88$

Από τον συνδυασμό 1305 : $M_z = 93,39$ kNm

Από τον συνδυασμό 2305 : $M_y = 15,11$ kNm

Από τον συνδυασμό 1305 : $N = -453,40$ kN

$$v_d = \frac{453,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,68$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{93,39}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,560$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15,11}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,091$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$\omega = 1,92$

Από τον συνδυασμό 1306 : $M_z = 90,34$ kNm

Από τον συνδυασμό 2306 : $M_y = 38,31$ kNm

Από τον συνδυασμό 1306 : $N = -416,50$ kN

$$v_d = \frac{416,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{90,34}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,542$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{38,31}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,230$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1307 : $M_z = 36,18$ kNm

Από τον συνδυασμό 2307 : $M_y = 90,04$ kNm

Από τον συνδυασμό 1307 : $N = -443,30$ kN

$$v_d = \frac{443,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{36,18}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,217$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{90,04}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,540$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1308 : $M_z = -15,32$ kNm

Από τον συνδυασμό 2308 : $M_y = 100,83$ kNm

Από τον συνδυασμό 1308 : $N = -397,70$ kN

$$v_d = \frac{397,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,60$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{15,32}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,096$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{100,83}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,605$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1401 : $M_z = -80,25$ kNm

Από τον συνδυασμό 2401 : $M_y = 51,06$ kNm

Από τον συνδυασμό 1401 : $N = -301,30$ kN

$$v_d = \frac{301,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,45$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{80,25}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,481$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{51,06}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,306$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1402 : $M_z = -83,30$ kNm

Από τον συνδυασμό 2402 : $M_y = -2,36$ kNm

Από τον συνδυασμό 1402 : $N = -264,40$ kN

$$v_d = \frac{264,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,40$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{83,30}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,500$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2,36}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,014$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$

$\omega = 1,43$

Από τον συνδυασμό 1403 : $M_z = -15,32$ kNm

Από τον συνδυασμό 2403 : $M_y = 100,83$ kNm

Από τον συνδυασμό 1403 : $N = -397,70$ kN

$$v_d = \frac{397,70}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,60$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{15,32}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,096$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{100,83}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,605$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός πίνακα

Από τον συνδυασμό 1404 : $M_z = 36,18$ kNm

Από τον συνδυασμό 2404 : $M_y = 90,04$ kNm

Από τον συνδυασμό 1404 : $N = -443,30$ kN

$$v_d = \frac{443,30}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,66$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{36,18}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,217$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{90,04}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,540$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$

$\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1405 : $M_z = 90,34$ kNm

Από τον συνδυασμό 2405 : $M_y = -38,31$ kNm

Από τον συνδυασμό 1405 : $N = -416,50$ kN

$$v_d = \frac{416,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,62$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{90,34}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,542$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{38,31}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,230$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega =$ εκτός ορίων

Από τον συνδυασμό 1406 : $M_z = 93,39$ kNm

Από τον συνδυασμό 1406 : $M_y = 15,11$ kNm

Από τον συνδυασμό 1406 : $N = -453,40$ kN

$$v_d = \frac{453,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,68$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{93,39}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,560$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15,11}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,091$$

$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}$, άρα $\mu_{zsd} = \mu_1$ και $\mu_{ysd} = \mu_2$
 $\omega = 1,92$

Από τον συνδυασμό 1407 : $M_z = 26,01$ kNm

Από τον συνδυασμό 2407 : $M_y = -88,08$ kNm

Από τον συνδυασμό 1407 : $N = -320,10$ kN

$$v_d = \frac{320,10}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,48$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{26,01}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,156$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{88,08}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,533$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,88$

Από τον συνδυασμό 1408 : $M_z = -26,09$ kNm

Από τον συνδυασμό 2408 : $M_y = 77,30$ kNm

Από τον συνδυασμό 1408 : $N = -274,50$ kN

$$v_d = \frac{274,50}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,41$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{26,09}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,157$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{77,30}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,464$$

$\mu_{ysd} > \mu_{zsd}$, άρα $\mu_{ysd} = \mu_1$ και $\mu_{zsd} = \mu_2$
 $\omega = 1,64$

Για να υπολογίσουμε τον απαιτούμενο οπλισμό σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, θα χρησιμοποιήσουμε το δυσμενέστερο $\omega_{\text{tot}} = 2,00$ που εμφανίζεται στον συνδυασμό 1404 στο επίπεδο YOZ.

$$A_{s,\text{tot}} = \omega_{\text{tot}} \cdot \frac{b \cdot h}{\frac{f_{yd}}{f_{cd}}} = 2,00 \cdot \frac{25 \cdot 25}{\frac{500}{1,15} \cdot \frac{16}{1,5}} = 30,67 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{tot}} / A = 30,67 \text{ cm}^2 / 25 \cdot 25 \text{ cm}^2 = 0,049 > 0,04$$

Ο απαιτούμενος οπλισμός υπερβαίνει το μέγιστο απαιτούμενο ίσο με 4% της διατομής του υποστυλώματος. Συνεπώς, η διατομή των υποστυλωμάτων μας δεν είναι επαρκής και πρέπει να προχωρήσουμε σε ενίσχυση του κτιρίου.



ΜΕΡΟΣ Β΄
ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Όπως αναφέραμε παραπάνω, ο τρόπος που διαλέγουμε να επέμβουμε στο κτίριο είναι η προσθήκη τοιχωμάτων, που προσφέρει μεγάλη αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα και μπορεί να διορθώσει σφάλματα σχεδιασμού.

Τα υλικά που χρησιμοποιούμε για την κατασκευή των τοιχωμάτων είναι σκυρόδεμα C16/20 και χάλυβας S500.

Προχωράμε στην προσθήκη τεσσάρων τοιχείων περιμετρικά του κτιρίου, τα οποία συνδέουμε με τα υπάρχοντα υποστυλώματα, έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε τη συνεργασία τους και τη μεταφορά των δυνάμεων από τον φορέα στα νέα στοιχεία. Στις αντίστοιχες θέσεις καθερείται η τοιχοποιία, ενώ δεν υπάρχει κάποια άλλη μεταβολή στα υπόλοιπα στοιχεία του φορέα.

Νέο Τοίχωμα	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Σύνδεση με υποστυλώματα
T ₁	2,95	0,25	2,40	K ₂ , K ₃
T ₂	3,25	0,25	2,40	K ₅ , K ₉
T ₃	3,25	0,25	2,40	K ₈ , K ₁₂ ,
T ₄	2,95	0,25	2,40	K ₁₅ , K ₁₆

Πίνακας 1.1 Γεωμετρική περιγραφή τοιχωμάτων

Στους παρακάτω υπολογισμούς, καθώς και στην επίλυση με το πρόγραμμα Sofistic, θεωρούμε πως το κάθε τοίχωμα λειτουργεί σε πλήρη συνεργασία με τα δύο υπάρχοντα υποστυλώματα, μέσω κατάλληλης σύνδεσης που θα παρουσιάσουμε παρακάτω, και μπορούμε να τα θεωρήσουμε σαν ένα ενιαίο – σύνθετο στοιχείο.

2. ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

2.1. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ

Δεν παρουσιάζεται καμία μεταβολή στα φορτία του κτιρίου, πέραν την αλλαγή των μονίμων φορτίων λόγω της καθαίρεσης των τοιχοποιιών στις θέσεις που προστίθενται τα τοιχεία, αλλά και της προσθήκης του βάρους των τοιχωμάτων.

2.2 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

2.2.1 Υπολογισμός μάζας κτιρίου

Η μάζα του κτιρίου προκύπτει από τις αξονικές δυνάμεις του κάθε ορόφου, όπως τις λάβαμε μετά από επίλυση του κτιρίου έναντι μονίμων και κινητών φορτίων, και φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	Ολική Αξονική Δύναμη Υποστυλώματος (kN)			Αξονική Δύναμη Υποστυλώματος ανά όροφο (kN)			Ποσοστά Συμμετοχής Υποστυλώματος		
	ΣΤΑΘΜΗ 1	ΣΤΑΘΜΗ 2	ΣΤΑΘΜΗ 3	N1	N2	N3	N1 %	N2 %	N3 %
K ₁	-323,00	-196,30	-76,25	-126,70	-120,05	-76,25	3,65%	3,98%	3,12%
T ₁	-1372,20	-834,60	-380,60	-537,60	-454,00	-380,60	15,48%	15,05%	15,58%
K ₄	-222,30	-131,60	-49,55	-90,70	-82,05	-49,55	2,61%	2,72%	2,03%
K ₆	-764,90	-483,90	-222,45	-281,00	-261,45	-222,45	8,09%	8,67%	9,10%
K ₇	-526,90	-330,60	-148,65	-196,30	-181,95	-148,65	5,65%	6,03%	6,08%
T ₂	-1503,80	-915,30	-419,85	-588,50	-495,45	-419,85	16,94%	16,43%	17,18%
T ₃	-1267,60	-770,10	-363,75	-497,50	-406,35	-363,75	14,32%	13,47%	14,89%
K ₁₀	-628,90	-395,50	-182,30	-233,40	-213,20	-182,30	6,72%	7,07%	7,46%
K ₁₁	-433,80	-271,10	-120,65	-162,70	-150,45	-120,65	4,68%	4,99%	4,94%
K ₁₃	-105,90	-55,90	-14,20	-50,00	-41,70	-14,20	1,44%	1,38%	0,58%
K ₁₄	-258,10	-154,10	-58,55	-104,00	-95,55	-58,55	2,99%	3,17%	2,40%
T ₄	-1267,00	-765,00	-346,00	-502,00	-419,00	-346,00	14,45%	13,89%	14,16%
K ₁₇	-258,10	-155,20	-60,75	-102,90	-94,45	-60,75	2,96%	3,13%	2,49%
ΣΥΝΟΛΟ	-8932,50	-5459,20	-2443,55	-3473,30	-3015,65	-2443,55	1,00	1,00	1,00

Πίνακας 2.1 Αξονικές δυνάμεις υποστυλωμάτων - τοιχωμάτων

$$M_1 = \frac{B_1}{g} = \frac{3473,30}{10,00} \frac{KN}{m/sec} = 347,33 \text{ Mgr ή } 347,33 \text{ tn.}$$

$$M_2 = \frac{B_2}{g} = \frac{3015,65}{10,00} \frac{KN}{m/sec} = 301,56 \text{ Mgr ή } 301,56 \text{ tn.}$$

$$M_3 = \frac{B_3}{g} = \frac{2443,55}{10,00} \frac{KN}{m/sec} = 244,36 \text{ Mgr ή } 244,36 \text{ tn.}$$

$$M_{ολ} = M_1 + M_2 + M_3 = (347,33 + 301,56 + 244,36) \text{Mgr} = 893,25 \text{ Mgr ή } 893,25 \text{ tn}$$

2.2.2 Ιδιοπερίοδος του κτιρίου

Υπολογισμός ιδιοπεριόδου κατά x, y.

Σ' αυτή την περίπτωση η ιδιοπερίοδος του κτιρίου αλλάζει, καθώς η προσθήκη των υποστυλωμάτων παίζει ρόλο στον υπολογισμό της.

Έτσι η νέα ιδιοπερίοδος προκύπτει από τους τύπους :

$$T = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}} \quad \text{και} \quad \rho = \frac{A_T}{A_T + \Sigma_K}$$

$$A_T = L_T \cdot d_T$$

Όπου A_T η συνολική επιφάνεια των τοιχωμάτων κατά την κύρια διεύθυνση και Σ_K η συνολική επιφάνεια των υποστυλωμάτων του κτιρίου.

Κατά τη διεύθυνση x και με $L_x = 11,90 \text{ m}$, η ιδιοπερίοδος του κτιρίου είναι :

$$A_T = L_T \cdot d_T = 2 \cdot 3,50 \cdot 0,25 = 1,75 \text{ m}^2$$

$$\Sigma_K = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 9 = 0,56 \text{ m}^2$$

$$\rho = \frac{A_T}{A_T + \Sigma_K} = \frac{1,75}{1,75 + 0,56} = 0,758$$

$$T_y = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}} = 0,09 \cdot \frac{9}{\sqrt{11,90}} \cdot \sqrt{\frac{9}{9 + 0,758 \cdot 11,90}} = 0,166 \text{ sec}$$

Κατά τη διεύθυνση y και με $L_y = 13,60 \text{ m}$, η ιδιοπερίοδος του κτιρίου είναι :

$$A_T = L_T \cdot d_T = 2 \cdot 3,20 \cdot 0,25 = 1,60 \text{ m}^2$$

$$\Sigma_K = 0,25 \cdot 0,25 \cdot 9 = 0,56 \text{ m}^2$$

$$\rho = \frac{A_T}{A_T + \Sigma_K} = \frac{1,60}{1,60 + 0,56} = 0,74$$

$$T_y = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}} = 0,09 \cdot \frac{9}{\sqrt{13,60}} \cdot \sqrt{\frac{9}{9 + 0,74 \cdot 13,60}} = 0,151 \text{ sec}$$

2.2.3 Επιτάχυνση σχεδιασμού

Από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και του κτιρίου, σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000 προκύπτουν οι εξής συντελεστές :

- $T_1 = 0,15$ και $T_2 = 0,60$ (πιν. 2.4.)
- $\gamma_i = 1,00$ (πιν. 2.3.)
- $A = 0,16g$ (πιν. 2.2)
- $\theta = 1,00$ (πιν. 2.7)
- $\eta = \sqrt{\frac{7}{\zeta + 2}}$, $\zeta = 5\% \Rightarrow \eta = 1,00$
- $\beta_0 = 2,50$
- $q = 3,50$ (πιν. 2.6)

Για να υπολογίσουμε τα φάσματα σχεδιασμού οριζόντιων συνιστωσών του σεισμού

χρησιμοποιούμε τον τύπο $\Phi_d(T) = \gamma \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$, αφού :

$T_1 \leq T_x \leq T_2$ ($0,15 < 0,166 < 0,60$) και $T_1 \leq T_y \leq T_2$ ($0,15 < 0,151 < 0,60$)

Κατά τη διεύθυνση x :

$$\Phi_d(T_x) = \gamma \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$\Phi_d(T_x) = 1,00 \cdot 0,16g \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00 \cdot 2,50}{3,50} = 0,114g = 1,14 \text{ m/sec}^2$$

Κατά τη διεύθυνση y :

$$\Phi_d(T_y) = \gamma \cdot A \cdot \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$\Phi_d(T_y) = 1,00 \cdot 0,16g \cdot \frac{1,00 \cdot 1,00 \cdot 2,50}{3,50} = 0,114g = 1,14 \text{ m/sec}^2$$

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται :

$$\frac{\Phi_d(T)}{A \cdot \gamma_i} \geq 0,25$$

Έλεγχος :

$$\frac{\Phi_d(T_x)}{A \cdot \gamma_i} = \frac{0,114g}{0,16g \cdot 1,00} = 0,71 > 0,25$$

$$\frac{\Phi_d(T_y)}{A \cdot \gamma_i} = \frac{0,114g}{0,16g \cdot 1,00} = 0,71 > 0,25$$

2.2.4 Καθ' ύψος κατανομή σεισμικών φορτίων

$$V_o = M \cdot \Phi_d(T)$$

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum m_j \cdot z_j}, \text{ όπου } z \text{ είναι το ύψος κάθε ορόφου}$$

$$z_1 = 3,00 \text{ m}, z_2 = 6,00 \text{ m και } z_3 = 9,00 \text{ m}$$

$$V_H = 0,07 \cdot T \cdot V_o, \text{ για } T \geq 1 \text{ sec}$$

$$\text{Όταν } T < 1 \text{ sec, τότε } V_H = 0 \text{ (} T_x = 0,166 \text{ sec} < 1 \text{ sec, } T_y = 0,151 \text{ sec} < 1 \text{ sec)}$$

$$V_{ox} = \Phi_d(T_x) \cdot M_{o\lambda} = 1,14 \cdot 893,25 = 1018,31 \text{ KN}$$

$$V_{oy} = \Phi_d(T_y) \cdot M_{o\lambda} = 1,14 \cdot 893,25 = 1018,31 \text{ KN}$$

Υπολογισμός δυνάμεων ορόφων

$$F_{x1} = F_{y1} = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{\sum m_j \cdot z_j}$$

$$\Rightarrow F_1 = 1018,31 \cdot \frac{347,33 \cdot 3,00}{347,33 \cdot 3,00 + 301,56 \cdot 6,00 + 244,36 \cdot 9,00} \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_1 = 210,09 \text{ KN}$$

$$F_{x2} = F_{y2} = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_2 \cdot z_2}{\sum m_j \cdot z_j}$$

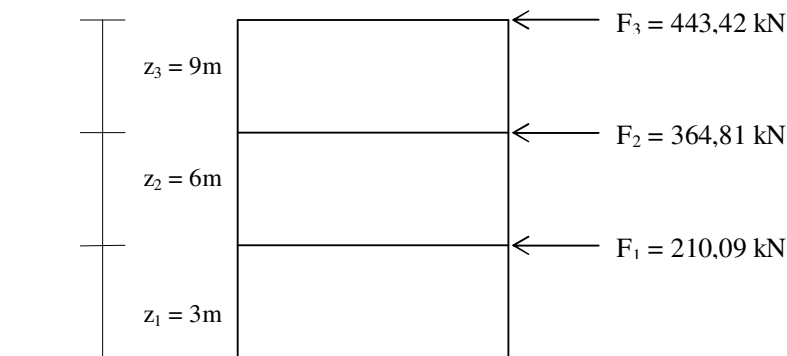
$$\Rightarrow F_2 = 1018,31 \cdot \frac{301,56 \cdot 6,00}{347,33 \cdot 3,00 + 301,56 \cdot 6,00 + 244,36 \cdot 9,00} \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_2 = 364,81 \text{ KN}$$

$$F_{x3} = F_{y3} = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_3 \cdot z_3}{\sum m_j \cdot z_j}$$

$$\Rightarrow F_3 = 1018,31 \cdot \frac{244,36 \cdot 9,00}{347,33 \cdot 3,00 + 301,56 \cdot 6,00 + 244,36 \cdot 9,00} \text{ KN}$$

$$\Rightarrow F_3 = 443,42 \text{ KN}$$



Σχήμα 2.1 Δυνάμεις ορόφων

2.2.5 Συνδυασμοί σεισμικών δράσεων

Οι υπολογισμοί των δυνάμεων που δέχονται τα στοιχεία του κτιρίου, μετά την προσθήκη των αντισεισμικών τοιχωμάτων, ακολουθούν την διαδικασία που παρουσιάστηκε στην αντίστοιχη παράγραφο του Α' μέρους της παρούσας πτυχιακής. Οι καινούριοι σεισμικές δυνάμεις και σεισμικοί συνδυασμοί που προκύπτουν είναι οι εξής :

1_η Στάθμη

Συνδυασμός 1 : $E = + E_x + 0,3 E_y$

101-401

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο Ρ (ΚΝ)	ρi	ρ*F1xi (ΚΝ)	ρ*F1yi*0,3 (ΚΝ)
K ₁	-126,70	0,036	7,66	2,30
T ₁	-537,60	0,155	32,52	9,76
K ₄	-90,70	0,026	5,49	1,65
K ₆	-281,00	0,081	17,00	5,10
K ₇	-196,30	0,057	11,87	3,56
T ₂	-588,50	0,169	35,60	10,68
T ₃	-497,50	0,143	30,09	9,03
K ₁₀	-233,40	0,067	14,12	4,24
K ₁₁	-162,70	0,047	9,84	2,95
K ₁₃	-50,00	0,014	3,02	0,91
K ₁₄	-104,00	0,030	6,29	1,89
T ₄	-502,00	0,145	30,36	9,11
K ₁₇	-102,90	0,030	6,22	1,87
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	210,09	63,03

Πίνακας 2.2 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 1, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 2 : $E = + E_x - 0,3 E_y$

101-401

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο Ρ (ΚΝ)	ρi	ρ*F1xi (ΚΝ)	ρ*- F1yi*0,3 (ΚΝ)
K ₁	-126,70	0,036	7,66	-2,30
T ₁	-537,60	0,155	32,52	-9,76
K ₄	-90,70	0,026	5,49	-1,65
K ₆	-281,00	0,081	17,00	-5,10
K ₇	-196,30	0,057	11,87	-3,56
T ₂	-588,50	0,169	35,60	-10,68
T ₃	-497,50	0,143	30,09	-9,03
K ₁₀	-233,40	0,067	14,12	-4,24
K ₁₁	-162,70	0,047	9,84	-2,95
K ₁₃	-50,00	0,014	3,02	-0,91
K ₁₄	-104,00	0,030	6,29	-1,89
T ₄	-502,00	0,145	30,36	-9,11
K ₁₇	-102,90	0,030	6,22	-1,87
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	210,09	-63,03

Πίνακας 2.3 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 2, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 3 : $E = + E_y + 0,3 E_x$

103 - 403

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^*0,3F1xi$ (KN)	p^*F1yi (KN)
K ₁	-126,70	0,036	2,30	7,66
T ₁	-537,60	0,155	9,76	32,52
K ₄	-90,70	0,026	1,65	5,49
K ₆	-281,00	0,081	5,10	17,00
K ₇	-196,30	0,057	3,56	11,87
T ₂	-588,50	0,169	10,68	35,60
T ₃	-497,50	0,143	9,03	30,09
K ₁₀	-233,40	0,067	4,24	14,12
K ₁₁	-162,70	0,047	2,95	9,84
K ₁₃	-50,00	0,014	0,91	3,02
K ₁₄	-104,00	0,030	1,89	6,29
T ₄	-502,00	0,145	9,11	30,36
K ₁₇	-102,90	0,030	1,87	6,22
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	63,03	210,09

Πίνακας 2.4 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 3, στα σημεία 1 – 4

 Συνδυασμός 4 : $E = + E_y - 0,3 E_x$

104 - 404

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$-p^*0,3F1xi$ (KN)	p^*F1yi (KN)
K ₁	-126,70	0,036	-2,30	7,66
T ₁	-537,60	0,155	-9,76	32,52
K ₄	-90,70	0,026	-1,65	5,49
K ₆	-281,00	0,081	-5,10	17,00
K ₇	-196,30	0,057	-3,56	11,87
T ₂	-588,50	0,169	-10,68	35,60
T ₃	-497,50	0,143	-9,03	30,09
K ₁₀	-233,40	0,067	-4,24	14,12
K ₁₁	-162,70	0,047	-2,95	9,84
K ₁₃	-50,00	0,014	-0,91	3,02
K ₁₄	-104,00	0,030	-1,89	6,29
T ₄	-502,00	0,145	-9,11	30,36
K ₁₇	-102,90	0,030	-1,87	6,22
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	-63,03	210,09

Πίνακας 2.5 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 4, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 5 : $E = -E_x - 0,3 E_y$

105 - 405

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρ_i	$\rho^* - F1x_i$ (KN)	$\rho^* - 0,3F1y_i$ (KN)
K ₁	-126,70	0,036	-7,66	-2,30
T ₁	-537,60	0,155	-32,52	-9,76
K ₄	-90,70	0,026	-5,49	-1,65
K ₆	-281,00	0,081	-17,00	-5,10
K ₇	-196,30	0,057	-11,87	-3,56
T ₂	-588,50	0,169	-35,60	-10,68
T ₃	-497,50	0,143	-30,09	-9,03
K ₁₀	-233,40	0,067	-14,12	-4,24
K ₁₁	-162,70	0,047	-9,84	-2,95
K ₁₃	-50,00	0,014	-3,02	-0,91
K ₁₄	-104,00	0,030	-6,29	-1,89
T ₄	-502,00	0,145	-30,36	-9,11
K ₁₇	-102,90	0,030	-6,22	-1,87
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	-210,09	-63,03

Πίνακας 2.6 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 5, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 6 : $E = -E_x + 0,3 E_y$

106 – 406

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρ_i	$\rho^* - F1x_i$ (KN)	$\rho^* 0,3F1y_i$ (KN)
K ₁	-126,70	0,036	-7,66	2,30
T ₁	-537,60	0,155	-32,52	9,76
K ₄	-90,70	0,026	-5,49	1,65
K ₆	-281,00	0,081	-17,00	5,10
K ₇	-196,30	0,057	-11,87	3,56
T ₂	-588,50	0,169	-35,60	10,68
T ₃	-497,50	0,143	-30,09	9,03
K ₁₀	-233,40	0,067	-14,12	4,24
K ₁₁	-162,70	0,047	-9,84	2,95
K ₁₃	-50,00	0,014	-3,02	0,91
K ₁₄	-104,00	0,030	-6,29	1,89
T ₄	-502,00	0,145	-30,36	9,11
K ₁₇	-102,90	0,030	-6,22	1,87
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	-7,66	63,03

Πίνακας 2.7 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 6, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 7 : $E = -E_y - 0,3 E_x$

107 - 407

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^* - 0,3 F1x_i$ (KN)	$p^* - F1y_i$ (KN)
K ₁	-126,70	0,036	-2,30	-7,66
T ₁	-537,60	0,155	-9,76	-32,52
K ₄	-90,70	0,026	-1,65	-5,49
K ₆	-281,00	0,081	-5,10	-17,00
K ₇	-196,30	0,057	-3,56	-11,87
T ₂	-588,50	0,169	-10,68	-35,60
T ₃	-497,50	0,143	-9,03	-30,09
K ₁₀	-233,40	0,067	-4,24	-14,12
K ₁₁	-162,70	0,047	-2,95	-9,84
K ₁₃	-50,00	0,014	-0,91	-3,02
K ₁₄	-104,00	0,030	-1,89	-6,29
T ₄	-502,00	0,145	-9,11	-30,36
K ₁₇	-102,90	0,030	-1,87	-6,22
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	-63,03	-7,66

Πίνακας 2.8 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 7, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 8 : $E = -E_y + 0,3 E_x$

108 – 408

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^* 0,3F1x_i$ (KN)	$p^* - F1y_i$ (KN)
K ₁	-126,70	0,036	2,30	-7,66
T ₁	-537,60	0,155	9,76	-32,52
K ₄	-90,70	0,026	1,65	-5,49
K ₆	-281,00	0,081	5,10	-17,00
K ₇	-196,30	0,057	3,56	-11,87
T ₂	-588,50	0,169	10,68	-35,60
T ₃	-497,50	0,143	9,03	-30,09
K ₁₀	-233,40	0,067	4,24	-14,12
K ₁₁	-162,70	0,047	2,95	-9,84
K ₁₃	-50,00	0,014	0,91	-3,02
K ₁₄	-104,00	0,030	1,89	-6,29
T ₄	-502,00	0,145	9,11	-30,36
K ₁₇	-102,90	0,030	1,87	-6,22
ΣΥΝΟΛΟ	-3473,30	1,00	63,03	-7,66

Πίνακας 2.9 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 8, στα σημεία 1 – 4

ΣΗΜΕΙΟ 1

Συνδυασμός	$F_{1x} - F_{1y}$		M_{1x}	FM_{1x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{1y}	FM_{1y}	Περιμετρική Κατανομή			
					K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{1x}	210,09	142,86	10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	37,82	3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
	F_{1y}	63,03												
102	F_{1x}	210,09	142,86	10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	-37,82	-3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
	F_{1y}	-63,03												
103	F_{1x}	63,03	42,86	3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	126,05	10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16
	F_{1y}	210,09												
104	F_{1x}	-63,03	-42,86	-3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	126,05	10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16
	F_{1y}	210,09												
105	F_{1x}	-210,09	-142,86	-10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	-37,82	-3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
	F_{1y}	-63,03												
106	F_{1x}	-210,09	-142,86	-10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	37,82	3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
	F_{1y}	63,03												
107	F_{1x}	-63,03	-42,86	-3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	-126,05	-10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
	F_{1y}	-210,09												
108	F_{1x}	63,03	42,86	3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	-126,05	-10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
	F_{1y}	-210,09												

Πίνακας 2.10 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 1

ΣΗΜΕΙΟ 2

Συνδυασμός	F _{1x} - F _{1y}	M _{1x}	FM _{1x}	Περιμετρική Κατανομή				M _{1y}	FM _{1y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K ₁ , K ₁₄	T ₂	K ₄ , K ₁₃ , K ₁₇	T ₃			K ₁ , K ₄	T ₁	K ₁₄ , K ₁₇	T ₄
101	F _{1x} 210,09 F _{1y} 63,03	142,86	10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	37,82	3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
102	F _{1x} 210,09 F _{1y} -63,03	142,86	10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	-37,82	-3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
103	F _{1x} 63,03 F _{1y} 210,09	42,86	3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	126,05	10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
104	F _{1x} -63,03 F _{1y} 210,09	-42,86	-3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	126,05	10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
105	F _{1x} -210,09 F _{1y} -63,03	-142,86	-10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	-37,82	-3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
106	F _{1x} -210,09 F _{1y} 63,03	-142,86	-10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	37,82	3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
107	F _{1x} -63,03 F _{1y} -210,09	-42,86	-3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	-126,05	-10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16
108	F _{1x} 63,03 F _{1y} -210,09	42,86	3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	-126,05	-10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16

Πίνακας 2.11 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 2

ΣΗΜΕΙΟ 3

Συνδυασμός	F _{1x} - F _{1y}	M _{1x}	FM _{1x}	Περιμετρική Κατανομή				M _{1y}	FM _{1y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K ₁ , K ₁₄	T ₂	K ₄ , K ₁₃ , K ₁₇	T ₃			K ₁ , K ₄	T ₁	K ₁₄ , K ₁₇	T ₄
101	F _{1x} 210,09 F _{1y} 63,03	142,86	10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	37,82	3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
102	F _{1x} 210,09 F _{1y} -63,03	142,86	10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	-37,82	-3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
103	F _{1x} 63,03 F _{1y} 210,09	42,86	3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	126,05	10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16
104	F _{1x} -63,03 F _{1y} 210,09	-42,86	-3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	126,05	10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16
105	F _{1x} -210,09 F _{1y} -63,03	-142,86	-10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	-37,82	-3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
106	F _{1x} -210,09 F _{1y} 63,03	-142,86	-10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	37,82	3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
107	F _{1x} -63,03 F _{1y} -210,09	-42,86	-3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	-126,05	-10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
108	F _{1x} 63,03 F _{1y} -210,09	42,86	3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	-126,05	-10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16

Πίνακας 2.12 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 3

ΣΗΜΕΙΟ 4

Συνδυασμός	F _{1x} - F _{1y}	M _{1x}	FM _{1x}	Περιμετρική Κατανομή				M _{1y}	FM _{1y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K ₁ , K ₁₄	T ₂	K ₄ , K ₁₃ , K ₁₇	T ₃			K ₁ , K ₄	T ₁	K ₁₄ , K ₁₇	T ₄
101	F _{1x} 210,09 F _{1y} 63,03	142,86	10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	37,82	3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
102	F _{1x} 210,09 F _{1y} -63,03	142,86	10,50	1,32	9,18	-1,98	-8,52	-37,82	-3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
103	F _{1x} 63,03 F _{1y} 210,09	42,86	3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	126,05	10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
104	F _{1x} -63,03 F _{1y} 210,09	-42,86	-3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	126,05	10,59	1,43	9,16	-1,43	-9,16
105	F _{1x} -210,09 F _{1y} -63,03	-142,86	-10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	-37,82	-3,18	-0,43	-2,75	0,43	2,75
106	F _{1x} -210,09 F _{1y} 63,03	-142,86	-10,50	-1,32	-9,18	1,98	8,52	37,82	3,18	0,43	2,75	-0,43	-2,75
107	F _{1x} -63,03 F _{1y} -210,09	-42,86	-3,15	-0,39	-2,76	0,59	2,56	-126,05	-10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16
108	F _{1x} 63,03 F _{1y} -210,09	42,86	3,15	0,39	2,76	-0,59	-2,56	-126,05	-10,59	-1,43	-9,16	1,43	9,16

Πίνακας 2.13 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 1 – σημείου 4

2^η ΣτάθμηΣυνδυασμός 1 : $E = + E_x + 0,3 E_y$

101-401

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p*F2xi (KN)	p*F2yi*0,3 (KN)
K ₁	-120,05	0,040	14,52	4,36
T ₁	-454,00	0,151	54,92	16,48
K ₄	-82,05	0,027	9,93	2,98
K ₆	-261,45	0,087	31,63	9,49
K ₇	-181,95	0,060	22,01	6,60
T ₂	-495,45	0,164	59,94	17,98
T ₃	-406,35	0,135	49,16	14,75
K ₁₀	-213,20	0,071	25,79	7,74
K ₁₁	-150,45	0,050	18,20	5,46
K ₁₃	-41,70	0,014	5,04	1,51
K ₁₄	-95,55	0,032	11,56	3,47
T ₄	-419,00	0,139	50,69	15,21
K ₁₇	-94,45	0,031	11,43	3,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	364,81	109,44

Πίνακας 2.14 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 1, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 2 : $E = + E_x - 0,3 E_y$

102-402

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p*F2xi (KN)	p*-F2yi*0,3 (KN)
K ₁	-120,05	0,040	14,52	-4,36
T ₁	-454,00	0,151	54,92	-16,48
K ₄	-82,05	0,027	9,93	-2,98
K ₆	-261,45	0,087	31,63	-9,49
K ₇	-181,95	0,060	22,01	-6,60
T ₂	-495,45	0,164	59,94	-17,98
T ₃	-406,35	0,135	49,16	-14,75
K ₁₀	-213,20	0,071	25,79	-7,74
K ₁₁	-150,45	0,050	18,20	-5,46
K ₁₃	-41,70	0,014	5,04	-1,51
K ₁₄	-95,55	0,032	11,56	-3,47
T ₄	-419,00	0,139	50,69	-15,21
K ₁₇	-94,45	0,031	11,43	-3,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	364,81	-109,44

Πίνακας 2.15 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 2, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 3 : $E = + E_y + 0,3 E_x$

103 – 403

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p*0,3F2xi$ (KN)	$p*F2yi$ (KN)
K ₁	-120,05	0,040	4,36	14,52
T ₁	-454,00	0,151	16,48	54,92
K ₄	-82,05	0,027	2,98	9,93
K ₆	-261,45	0,087	9,49	31,63
K ₇	-181,95	0,060	6,60	22,01
T ₂	-495,45	0,164	17,98	59,94
T ₃	-406,35	0,135	14,75	49,16
K ₁₀	-213,20	0,071	7,74	25,79
K ₁₁	-150,45	0,050	5,46	18,20
K ₁₃	-41,70	0,014	1,51	5,04
K ₁₄	-95,55	0,032	3,47	11,56
T ₄	-419,00	0,139	15,21	50,69
K ₁₇	-94,45	0,031	3,43	11,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	109,44	364,81

Πίνακας 2.16 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 3, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 4 : $E = + E_y - 0,3 E_x$

104 - 404

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$-p*0,3F2xi$ (KN)	$p*F2yi$ (KN)
K ₁	-120,05	0,040	-4,36	14,52
T ₁	-454,00	0,151	-16,48	54,92
K ₄	-82,05	0,027	-2,98	9,93
K ₆	-261,45	0,087	-9,49	31,63
K ₇	-181,95	0,060	-6,60	22,01
T ₂	-495,45	0,164	-17,98	59,94
T ₃	-406,35	0,135	-14,75	49,16
K ₁₀	-213,20	0,071	-7,74	25,79
K ₁₁	-150,45	0,050	-5,46	18,20
K ₁₃	-41,70	0,014	-1,51	5,04
K ₁₄	-95,55	0,032	-3,47	11,56
T ₄	-419,00	0,139	-15,21	50,69
K ₁₇	-94,45	0,031	-3,43	11,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	-109,44	364,81

Πίνακας 2.17 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 4, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 5 : $E = -E_x - 0,3 E_y$

105 - 405

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρ_i	$\rho^* - F2xi$ (KN)	$\rho^* - 0,3F2yi$ (KN)
K ₁	-120,05	0,040	-14,52	-4,36
T ₁	-454,00	0,151	-54,92	-16,48
K ₄	-82,05	0,027	-9,93	-2,98
K ₆	-261,45	0,087	-31,63	-9,49
K ₇	-181,95	0,060	-22,01	-6,60
T ₂	-495,45	0,164	-59,94	-17,98
T ₃	-406,35	0,135	-49,16	-14,75
K ₁₀	-213,20	0,071	-25,79	-7,74
K ₁₁	-150,45	0,050	-18,20	-5,46
K ₁₃	-41,70	0,014	-5,04	-1,51
K ₁₄	-95,55	0,032	-11,56	-3,47
T ₄	-419,00	0,139	-50,69	-15,21
K ₁₇	-94,45	0,031	-11,43	-3,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	-364,81	-109,44

Πίνακας 2.18 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 5, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 6 : $E = -E_x + 0,3 E_y$

106 – 406

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρ_i	$\rho^* - F2xi$ (KN)	$\rho^* 0,3F2yi$ (KN)
K ₁	-120,05	0,040	-14,52	4,36
T ₁	-454,00	0,151	-54,92	16,48
K ₄	-82,05	0,027	-9,93	2,98
K ₆	-261,45	0,087	-31,63	9,49
K ₇	-181,95	0,060	-22,01	6,60
T ₂	-495,45	0,164	-59,94	17,98
T ₃	-406,35	0,135	-49,16	14,75
K ₁₀	-213,20	0,071	-25,79	7,74
K ₁₁	-150,45	0,050	-18,20	5,46
K ₁₃	-41,70	0,014	-5,04	1,51
K ₁₄	-95,55	0,032	-11,56	3,47
T ₄	-419,00	0,139	-50,69	15,21
K ₁₇	-94,45	0,031	-11,43	3,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	-364,81	109,44

Πίνακας 2.19 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 6, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 7 : $E = -E_y - 0,3 E_x$

107 - 407

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^* - 0,3 F_{2xi}$ (KN)	$p^* - F_{2yi}$ (KN)
K ₁	-120,05	0,040	-4,36	-14,52
T ₁	-454,00	0,151	-16,48	-54,92
K ₄	-82,05	0,027	-2,98	-9,93
K ₆	-261,45	0,087	-9,49	-31,63
K ₇	-181,95	0,060	-6,60	-22,01
T ₂	-495,45	0,164	-17,98	-59,94
T ₃	-406,35	0,135	-14,75	-49,16
K ₁₀	-213,20	0,071	-7,74	-25,79
K ₁₁	-150,45	0,050	-5,46	-18,20
K ₁₃	-41,70	0,014	-1,51	-5,04
K ₁₄	-95,55	0,032	-3,47	-11,56
T ₄	-419,00	0,139	-15,21	-50,69
K ₁₇	-94,45	0,031	-3,43	-11,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	-109,44	-364,81

Πίνακας 2.20 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 7, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 8 : $E = -E_y + 0,3 E_x$

108 - 408

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^* - 0,3 F_{2xi}$ (KN)	$p^* - F_{2yi}$ (KN)
K ₁	-120,05	0,040	4,36	-14,52
T ₁	-454,00	0,151	16,48	-54,92
K ₄	-82,05	0,027	2,98	-9,93
K ₆	-261,45	0,087	9,49	-31,63
K ₇	-181,95	0,060	6,60	-22,01
T ₂	-495,45	0,164	17,98	-59,94
T ₃	-406,35	0,135	14,75	-49,16
K ₁₀	-213,20	0,071	7,74	-25,79
K ₁₁	-150,45	0,050	5,46	-18,20
K ₁₃	-41,70	0,014	1,51	-5,04
K ₁₄	-95,55	0,032	3,47	-11,56
T ₄	-419,00	0,139	15,21	-50,69
K ₁₇	-94,45	0,031	3,43	-11,43
ΣΥΝΟΛΟ	-3015,65	1,00	109,44	-364,81

Πίνακας 2.21 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 8, στα σημεία 1 – 4

ΣΗΜΕΙΟ 1

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή			
					K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	65,66	5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	109,44												
102	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	-65,66	-5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	-109,44												
103	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	218,89	18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	364,81												
104	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	218,89	18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	364,81												
105	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	-65,66	-5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	-109,44												
106	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	65,66	5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	109,44												
107	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	-218,89	-18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	-364,81												
108	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	-218,89	-18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	-364,81												

Πίνακας 2.22 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 1

ΣΗΜΕΙΟ 2

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή			
					K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	65,66	5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	109,44												
102	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	-65,66	-5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	-109,44												
103	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	218,89	18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	364,81												
104	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	218,89	18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	364,81												
105	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	-65,66	-5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	-109,44												
106	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	65,66	5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	109,44												
107	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	-218,89	-18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	-364,81												
108	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	-218,89	-18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	-364,81												

Πίνακας 2.23 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 2

ΣΗΜΕΙΟ 3

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή			
					K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	65,66	5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	109,44												
102	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	-65,66	-5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	-109,44												
103	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	218,89	18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	364,81												
104	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	218,89	18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	364,81												
105	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	-65,66	-5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	-109,44												
106	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	65,66	5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	109,44												
107	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	-218,89	-18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	-364,81												
108	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	-218,89	-18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	-364,81												

Πίνακας 2.24 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 3

ΣΗΜΕΙΟ 4

Συνδυασμός	$F_{2x} - F_{2y}$		M_{2x}	FM_{2x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{2y}	FM_{2y}	Περιμετρική Κατανομή			
					K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	65,66	5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	109,44												
102	F_{2x}	364,81	248,07	18,24	2,28	15,96	-3,42	-14,82	-65,66	-5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	-109,44												
103	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	218,89	18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	364,81												
104	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	218,89	18,39	2,49	15,90	-2,49	-15,90
	F_{2y}	364,81												
105	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	-65,66	-5,52	-0,75	-4,77	0,75	4,77
	F_{2y}	-109,44												
106	F_{2x}	-364,81	-248,07	-18,24	-2,28	-15,96	3,42	14,82	65,66	5,52	0,75	4,77	-0,75	-4,77
	F_{2y}	109,44												
107	F_{2x}	-109,44	-74,42	-5,47	-0,68	-4,79	1,02	4,45	-218,89	-18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	-364,81												
108	F_{2x}	109,44	74,42	5,47	0,68	4,79	-1,02	-4,45	-218,89	-18,39	-2,49	-15,90	2,49	15,90
	F_{2y}	-364,81												

Πίνακας 2.25 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 2 – σημείου 4

3^η ΣτάθμηΣυνδυασμός 1 : $E = + E_x + 0,3 E_y$

101-401

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p*F3χι (KN)	p*F3γι*0,3 (KN)
K ₁	-76,25	0,031	13,84	4,15
T ₁	-380,60	0,156	69,07	20,72
K ₄	-49,55	0,020	8,99	2,70
K ₆	-222,45	0,091	40,37	12,11
K ₇	-148,65	0,061	26,97	8,09
T ₂	-419,85	0,172	76,19	22,86
T ₃	-363,75	0,149	66,01	19,80
K ₁₀	-182,30	0,075	33,08	9,92
K ₁₁	-120,65	0,049	21,89	6,57
K ₁₃	-14,20	0,006	2,58	0,77
K ₁₄	-58,55	0,024	10,62	3,19
T ₄	-346,00	0,142	62,79	18,84
K ₁₇	-60,75	0,025	11,02	3,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	443,42	133,03

Πίνακας 2.26 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 1, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 2 : $E = + E_x - 0,3 E_y$

102-402

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p*F3χι (KN)	- p*F3γι*0,3 (KN)
K ₁	-76,25	0,031	13,84	-4,15
T ₁	-380,60	0,156	69,07	-20,72
K ₄	-49,55	0,020	8,99	-2,70
K ₆	-222,45	0,091	40,37	-12,11
K ₇	-148,65	0,061	26,97	-8,09
T ₂	-419,85	0,172	76,19	-22,86
T ₃	-363,75	0,149	66,01	-19,80
K ₁₀	-182,30	0,075	33,08	-9,92
K ₁₁	-120,65	0,049	21,89	-6,57
K ₁₃	-14,20	0,006	2,58	-0,77
K ₁₄	-58,55	0,024	10,62	-3,19
T ₄	-346,00	0,142	62,79	-18,84
17	-60,75	0,025	11,02	-3,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	443,42	-133,03

Πίνακας 2.27 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 2, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 3 : $E = + E_y + 0,3 E_x$

103 - 403

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$p^*0,3F3xi$ (KN)	p^*F3yi (KN)
K ₁	-76,25	0,031	4,15	13,84
T ₁	-380,60	0,156	20,72	69,07
K ₄	-49,55	0,020	2,70	8,99
K ₆	-222,45	0,091	12,11	40,37
K ₇	-148,65	0,061	8,09	26,97
T ₂	-419,85	0,172	22,86	76,19
T ₃	-363,75	0,149	19,80	66,01
K ₁₀	-182,30	0,075	9,92	33,08
K ₁₁	-120,65	0,049	6,57	21,89
K ₁₃	-14,20	0,006	0,77	2,58
K ₁₄	-58,55	0,024	3,19	10,62
T ₄	-346,00	0,142	18,84	62,79
K ₁₇	-60,75	0,025	3,31	11,02
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	133,03	443,42

Πίνακας 2.28 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 3, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 4 : $E = + E_y - 0,3 E_x$

104 - 404

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	$- p^*0,3F3xi$ (KN)	p^*F3yi (KN)
K ₁	-76,25	0,031	-4,15	13,84
T ₁	-380,60	0,156	-20,72	69,07
K ₄	-49,55	0,020	-2,70	8,99
K ₆	-222,45	0,091	-12,11	40,37
K ₇	-148,65	0,061	-8,09	26,97
T ₂	-419,85	0,172	-22,86	76,19
T ₃	-363,75	0,149	-19,80	66,01
K ₁₀	-182,30	0,075	-9,92	33,08
K ₁₁	-120,65	0,049	-6,57	21,89
K ₁₃	-14,20	0,006	-0,77	2,58
K ₁₄	-58,55	0,024	-3,19	10,62
T ₄	-346,00	0,142	-18,84	62,79
K ₁₇	-60,75	0,025	-3,31	11,02
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	-133,03	443,42

Πίνακας 2.29 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 4, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 5 : $E = -E_x - 0,3 E_y$

105 - 405

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	- ρ* F3xi (KN)	- ρ* 0,3F3yi (KN)
K ₁	-76,25	0,031	-13,84	-4,15
T ₁	-380,60	0,156	-69,07	-20,72
K ₄	-49,55	0,020	-8,99	-2,70
K ₆	-222,45	0,091	-40,37	-12,11
K ₇	-148,65	0,061	-26,97	-8,09
T ₂	-419,85	0,172	-76,19	-22,86
T ₃	-363,75	0,149	-66,01	-19,80
K ₁₀	-182,30	0,075	-33,08	-9,92
K ₁₁	-120,65	0,049	-21,89	-6,57
K ₁₃	-14,20	0,006	-2,58	-0,77
K ₁₄	-58,55	0,024	-10,62	-3,19
T ₄	-346,00	0,142	-62,79	-18,84
K ₁₇	-60,75	0,025	-11,02	-3,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	-443,42	-133,03

Πίνακας 2.30 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 5, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 6 : $E = -E_x + 0,3 E_y$

106 – 406

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	ρ* F3xi (KN)	ρ* 0,3F3yi (KN)
K ₁	-76,25	0,031	-13,84	4,15
T ₁	-380,60	0,156	-69,07	20,72
K ₄	-49,55	0,020	-8,99	2,70
K ₆	-222,45	0,091	-40,37	12,11
K ₇	-148,65	0,061	-26,97	8,09
T ₂	-419,85	0,172	-76,19	22,86
T ₃	-363,75	0,149	-66,01	19,80
K ₁₀	-182,30	0,075	-33,08	9,92
K ₁₁	-120,65	0,049	-21,89	6,57
K ₁₃	-14,20	0,006	-2,58	0,77
K ₁₄	-58,55	0,024	-10,62	3,19
T ₄	-346,00	0,142	-62,79	18,84
K ₁₇	-60,75	0,025	-11,02	3,31
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	-443,42	133,03

Πίνακας 2.31 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 6, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 7 : $E = -E_y - 0,3 E_x$

107 – 407

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p* - 0,3 F3xi (KN)	p* - F3yi (KN)
K ₁	-76,25	0,031	-4,15	-13,84
T ₁	-380,60	0,156	-20,72	-69,07
K ₄	-49,55	0,020	-2,70	-8,99
K ₆	-222,45	0,091	-12,11	-40,37
K ₇	-148,65	0,061	-8,09	-26,97
T ₂	-419,85	0,172	-22,86	-76,19
T ₃	-363,75	0,149	-19,80	-66,01
K ₁₀	-182,30	0,075	-9,92	-33,08
K ₁₁	-120,65	0,049	-6,57	-21,89
K ₁₃	-14,20	0,006	-0,77	-2,58
K ₁₄	-58,55	0,024	-3,19	-10,62
T ₄	-346,00	0,142	-18,84	-62,79
K ₁₇	-60,75	0,025	-3,31	-11,02
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	-133,03	-443,42

Πίνακας 2.32 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 7, στα σημεία 1 – 4

Συνδυασμός 8 : $E = -E_y + 0,3 E_x$

108 - 408

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	κατακόρυφο φορτίο P (KN)	ρi	p* 0,3F3xi (KN)	p* - F3yi (KN)
K ₁	-76,25	0,031	4,15	-13,84
T ₁	-380,60	0,156	20,72	-69,07
K ₄	-49,55	0,020	2,70	-8,99
K ₆	-222,45	0,091	12,11	-40,37
K ₇	-148,65	0,061	8,09	-26,97
T ₂	-419,85	0,172	22,86	-76,19
T ₃	-363,75	0,149	19,80	-66,01
K ₁₀	-182,30	0,075	9,92	-33,08
K ₁₁	-120,65	0,049	6,57	-21,89
K ₁₃	-14,20	0,006	0,77	-2,58
K ₁₄	-58,55	0,024	3,19	-10,62
T ₄	-346,00	0,142	18,84	-62,79
K ₁₇	-60,75	0,025	3,31	-11,02
ΣΥΝΟΛΟ	-2443,55	1,00	133,03	-443,42

Πίνακας 2.33 Μόνιμα και κινητά φορτία υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό 8, στα σημεία 1 – 4

ΣΗΜΕΙΟ 1

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$	M_{1x}	FM_{1x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{3x} 443,42 F_{3y} 133,03	301,53	22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	79,82	6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
102	F_{3x} 443,42 F_{3y} -133,03	301,53	22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	-79,82	-6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
103	F_{3x} 133,03 F_{3y} 443,42	90,46	6,65	-0,84	-5,81	1,26	5,39	266,05	22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34
104	F_{3x} -133,03 F_{3y} 443,42	-90,46	-6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	266,05	22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34
105	F_{3x} -443,42 F_{3y} -133,03	-301,53	-22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	-79,82	-6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
106	F_{3x} -443,42 F_{3y} 133,03	-301,53	-22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	79,82	6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
107	F_{3x} -133,03 F_{3y} -443,42	-90,46	-6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	-266,05	-22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34
108	F_{3x} 133,03 F_{3y} -443,42	90,46	6,65	-0,84	-5,81	1,26	-5,39	-266,05	-22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34

Πίνακας 2.34 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 1

ΣΗΜΕΙΟ 2

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$	M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{3x} 443,42 F_{3y} 133,03	301,53	22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	79,82	6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
102	F_{3x} 443,42 F_{3y} -133,03	301,53	22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	-79,82	-6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
103	F_{3x} 133,03 F_{3y} 443,42	90,46	6,65	-0,84	-5,81	1,26	5,39	266,05	22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34
104	F_{3x} -133,03 F_{3y} 443,42	-90,46	-6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	266,05	22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34
105	F_{3x} -443,42 F_{3y} -133,03	-301,53	-22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	-79,82	-6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
106	F_{3x} -443,42 F_{3y} 133,03	-301,53	-22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	79,82	6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
107	F_{3x} -133,03 F_{3y} -443,42	-90,46	-6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	-266,05	-22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34
108	F_{3x} 133,03 F_{3y} -443,42	90,46	6,65	-0,84	-5,81	1,26	-5,39	-266,05	-22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34

Πίνακας 2.35 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 2

ΣΗΜΕΙΟ 3

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$	M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{3x} 443,42 F_{3y} 133,03	301,53	22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	79,82	6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
102	F_{3x} 443,42 F_{3y} -133,03	301,53	22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	-79,82	-6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
103	F_{3x} 133,03 F_{3y} 443,42	90,46	6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	266,05	22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34
104	F_{3x} -133,03 F_{3y} 443,42	-90,46	-6,65	-0,84	-5,81	1,26	5,39	266,05	22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34
105	F_{3x} -443,42 F_{3y} -133,03	-301,53	-22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	-79,82	-6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
106	F_{3x} -443,42 F_{3y} 133,03	-301,53	-22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	79,82	6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
107	F_{3x} -133,03 F_{3y} -443,42	-90,46	-6,65	-0,84	-5,81	1,26	5,39	-266,05	-22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34
108	F_{3x} 133,03 F_{3y} -443,42	90,46	6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	-266,05	-22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34

Πίνακας 2.36 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 3

ΣΗΜΕΙΟ 4

Συνδυασμός	$F_{3x} - F_{3y}$	M_{3x}	FM_{3x}	Περιμετρική Κατανομή				M_{3y}	FM_{3y}	Περιμετρική Κατανομή			
				K_1, K_{14}	T_2	K_4, K_{13}, K_{17}	T_3			K_1, K_4	T_1	K_{14}, K_{17}	T_4
101	F_{3x} 443,42 F_{3y} 133,03	301,53	22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	79,82	6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
102	F_{3x} 443,42 F_{3y} -133,03	301,53	22,17	2,78	19,39	-4,17	-18,00	-79,82	-6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
103	F_{3x} 133,03 F_{3y} 443,42	90,46	6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	266,05	22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34
104	F_{3x} -133,03 F_{3y} 443,42	-90,46	-6,65	-0,84	-5,81	1,26	5,39	266,05	22,36	3,02	19,34	-3,02	-19,34
105	F_{3x} -443,42 F_{3y} -133,03	-301,53	-22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	-79,82	-6,71	-0,91	-5,80	0,91	5,80
106	F_{3x} -443,42 F_{3y} 133,03	-301,53	-22,17	-2,78	-19,39	4,17	18,00	79,82	6,71	0,91	5,80	-0,91	-5,80
107	F_{3x} -133,03 F_{3y} -443,42	-90,46	-6,65	-0,84	-5,81	1,26	5,39	-266,05	-22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34
108	F_{3x} 133,03 F_{3y} -443,42	90,46	6,65	0,84	5,81	-1,26	-5,39	-266,05	-22,36	-3,02	-19,34	3,02	19,34

Πίνακας 2.37 Συνοπτικός πίνακας κατανομής δυνάμεων στάθμης 3 – σημείου 4



3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το νέο στατικό μοντέλο του κτιρίου και οι αριθμήσεις των φορτίσεων και των συνδυασμών.

4 ΕΛΕΓΧΟΙ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΛΕΓΧΟΙ

4.1.1 Έλεγχος επάρκειας τοιχωμάτων

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ, για να θεωρηθεί επαρκής ο αριθμός και οι διατομές των τοιχωμάτων ενός κτιρίου σε κάθε μια από τις κύριες διευθύνσεις του, πρέπει ο λόγος η_v = τέμνουσα τοιχωμάτων στη βάση δια της συνολικής τέμνουσας στη βάση στη διεύθυνση αυτή να ικανοποιεί τη συνθήκη $\eta_v > 0,60$.

Αυτό οδηγεί σε απαλλαγή από την απαίτηση ελέγχου των λοιπών υποστυλωμάτων από τη διαδικασία του ικανοτικού σχεδιασμού, εφόσον τα τοιχώματα είναι επαρκή ώστε να παραλάβουν το μεγαλύτερο μέρος των σεισμικών τεμνουσών δυνάμεων.

Για τον παραπάνω έλεγχο τα τοιχώματα και τα υποστυλώματα θεωρούνται πλήρως πακτωμένα στη βάση και στην κορυφή τους.

Η τέμνουσες δυνάμεις που προκύπτουν από την επίλυση του κτιρίου μετά την επιβολή της σεισμικής δύναμης, στην βάση των υποστυλωμάτων ανά όροφο στο κτίριο που επεμβαίνουμε είναι οι εξής :

Στάθμη	Συνολική F κατά x (kN)	F τοιχωμάτων κατά x (kN)	η_v κατά x	Συνολική F κατά y (kN)	F τοιχωμάτων κατά y (kN)	η_v κατά y
1	210,09	128,57	0,61	63,03	38,58	0,61
	63,03	38,58	0,61	210,09	128,57	0,61
2	364,81	214,71	0,60	109,44	64,42	0,60
	109,44	64,42	0,60	364,81	214,71	0,60
3	443,42	274,06	0,62	133,03	82,22	0,62
	133,03	82,22	0,62	443,42	274,06	0,62

Πίνακας 4.1 Τέμνουσες δυνάμεις κτιρίου – έλεγχος επάρκειας τοιχωμάτων ανά όροφο

Από τον πίνακα 4.1 φαίνεται πως τα τοιχώματα παραλαμβάνουν πάνω από 60% της τέμνουσας δύναμης του σεισμού στις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου, και ο έλεγχος επιβεβαιώνεται για όλες τις στάθμες του.

Συνεπώς τα τοιχώματα που έχουμε τοποθετήσει στο υπάρχον κτίριο είναι επαρκή και στις δύο διευθύνσεις του και να παραλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των τεμνουσών δυνάμεων και των ροπών που προκύπτουν από τους σεισμικούς συνδυασμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική ανακούφιση των υποστυλωμάτων, που όπως αποδείξαμε στο Α' μέρος, δεν είχαν επαρκή διατομή για να φέρουν τον οπλισμό που απαιτούν οι ισχύοντες κανονισμοί.

4.1.2. Έλεγχος υποστυλωμάτων σε κάμψη

Στη συνέχεια για να δείξουμε τη μεγάλη διαφορά στις απαιτήσεις οπλισμού των υποστυλωμάτων μετά την προσθήκη των υποστυλωμάτων, ελέγχουμε σε κάμψη το υποστυλώμα K_1 (2002), στον σεισμικό συνδυασμό που έδινε το δυσμενέστερο $\omega_{tot} = 2,00$, στον συνδυασμό 1404 του επιπέδου ΥΟΖ.

Με τις δυνάμεις και τις ροπές που εφαρμόζοταν στο υποστυλώμα στον παραπάνω συνδυασμό, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, ο απαιτούμενος οπλισμός ήταν τέτοιος, ο οποίος δεν υπάρχει στο υποστυλώμα. Μετά την ανακούφιση των υποστυλωμάτων λόγω της προσθήκης των τοιχωμάτων, αναμένουμε ο απαιτούμενος οπλισμός σε αυτά να είναι πολύ μικρότερος και να καλύπτεται από τον ήδη υπάρχοντα.

Τα καινούρια εντατικά μεγέθη που προκύπτουν για τον συνδυασμό 1404 στη βάση του υποστυλώματος K_1 είναι :

$$N = -304,40 \text{ kN}$$

$$M_y = 1,87 \text{ kNm}$$

$$M_z = 4,96 \text{ kNm}$$

$$v_d = \frac{-304,40}{0,25 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = -0,457$$

$$\mu_{ysd} = \frac{M_{ysd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1,87}{0,25 \cdot 0,25^2 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,011$$

$$\mu_{zsd} = \frac{M_{zsd}}{b^2 \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{4,96}{0,25^2 \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{16}{1,50}\right) \cdot 10^3} = 0,030$$

$$\mu_{zsd} > \mu_{ysd}, \text{ άρα } \mu_{zsd} = \mu_1 \text{ και } \mu_{ysd} = \mu_2$$

$$\omega = 0$$

Για $\omega = 0$ οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως ο νέος απαιτούμενος οπλισμός των υποστυλωμάτων μετά την προσθήκη των τοιχωμάτων έχει περιοριστεί στον ελάχιστο απαιτούμενο οπλισμό σύμφωνα με τους κανονισμούς, ο οποίος και καλύπτεται από τον υπάρχοντα.

4.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.2.1 Διαστασιολόγηση τοιχωμάτων

Ένα κατακόρυφο στοιχείο θεωρείται τοίχωμα όταν το μήκος του, l_w είναι τουλάχιστον τετραπλάσιο του πλάτους b ($l_w \geq 4b$).

Τοιχώματα που καταλήγουν σε υποστυλώματα πρέπει να έχουν πάχος b τουλάχιστον 150mm. Στις άλλες περιπτώσεις πρέπει να έχουν πάχος b τουλάχιστον 250mm, ή 200mm, για τοιχώματα με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, αντιστοίχως.

Σε κάθε περίπτωση το πάχος δεν μπορεί να είναι μικρότερο από το 1/20 του ύψους του ορόφου, εκτός εάν γίνεται έλεγχος πλευρικής ευστάθειας.

Ως κρίσιμη περιοχή H_{cr} θεωρείται το τμήμα του τοιχώματος μέχρις ύψους (από τη θεμελίωση) τουλάχιστον ίσο με το μέγιστο των l_w και $H_w/6$, όπου H_w το συνολικό ύψος από τη βάση έως την κορυφή του τοιχώματος.

Σε κάθε περίπτωση η κρίσιμη περιοχή καλύπτει ολόκληρο το ύψος του κάτω ορόφου, ενώ οι λεπτομέρειες οπλίσεώς της συνεχίζονται και σε έναν τουλάχιστον υποκείμενο όροφο (υπόγειο) εάν υπάρχει.

Πρέπει να ισχύουν τα εξής :

- $l_w \geq 4b$

$$3,25 > 4 \cdot 0,25 \Rightarrow 3,25\text{m} > 1,00\text{m}$$

- $b \geq 0,15\text{m}$ και $b \geq H / 20$

$$b \geq 3,00 / 20 \Rightarrow 0,25\text{m} > 0,15\text{m}$$

$$H_{cr} = \max(l_w, H_w/6)$$

$$H_{cr} = \max(3,25, 9,00/6) = \max(3,25\text{m}, 1,50\text{m})$$

$$H_{cr} = 3,25\text{m}$$

4.2.2 Όπλιση τοιχωμάτων

Κατακόρυφοι οπλισμοί τοιχωμάτων

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως κατακόρυφων οπλισμών τοιχωμάτων.

(α) Κορμός

Η ελάχιστη διάμετρος του κατακόρυφου οπλισμού τοιχώματος είναι 10mm. Η μέγιστη διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 1/10 του πάχους του τοιχώματος.

Στον κορμό του τοιχώματος, μεταξύ των ακραίων περιοχών, το συνολικό ποσοστό του κατακόρυφου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0,0025 στις κρίσιμες περιοχές τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Ο οπλισμός αυτός πρέπει να σχηματίζει με τις οριζόντιες ράβδους 2 εσχάρες, μία κοντά σε κάθε όψη του τοιχώματος, οι οποίες να συνδέονται με εγκάρσιο σιγμοειδή οπλισμό $4\varnothing 8/m^2$ (S220). Σε κάθε εσχάρα η απόσταση δύο γειτονικών κατακόρυφων ράβδων θα είναι γενικώς $s \leq 300mm$, πλην των κρίσιμων περιοχών στη βάση τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας όπου πρέπει $s \leq 200mm$.

(β) Άκρα

Οι ακραίες περιοχές των κρίσιμων περιοχών τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας πρέπει να διαμορφώνονται και να οπλίζονται σαν περισφιγμένα υποστυλώματα σε μήκος από το άκρο του τοιχώματος τουλάχιστον $1,5b$ ή $0,15l_w$, ή όπου η ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος ϵ_c είναι μεγαλύτερη από 2%. Στις ακραίες αυτές περιοχές ο κατακόρυφος οπλισμός πρέπει να είναι μεταξύ 0,01 και 0,04 της αντίστοιχης διατομής σκυροδέματος του υποτιθέμενου υποστυλώματος.

Για τον υπολογισμό της περισφίξεως (18.4.4.2 ΕΚΩΣ 2000) θα λαμβάνεται υπόψη για κάθε άκρο τοιχώματος ενεργή αξονική δύναμη ίση με :

$N_{eff} \approx 2/3 (N_{sd} / 2 + M_{sd} / Z)$, όπου Z η απόσταση των κέντρων των περισφιγμένων άκρων.

Πρέπει να αποφεύγεται η ένωση των κατακόρυφων ράβδων με υπερκάλυψη στην κρίσιμη περιοχή τοιχώματος με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, επιτρέπεται ένωση του 33% των κατακόρυφων ράβδων ή και του 100% των κατακόρυφων ράβδων, με συντελεστή α_1 ίσο με 1,4 ή 2,0, αντιστοιχώς. Δύο ενώσεις θεωρούνται ότι γίνονται στην ίδια θέση όταν απέχουν, στην κατακόρυφη διεύθυνση, απόσταση μικρότερη από 1,5 φορές το μήκος υπερκάλυψης.

Οριζόντιοι οπλισμοί κορμού τοιχωμάτων

Οι οριζόντιοι κορμοί θα τοποθετούνται προς την εξωτερική πλευρά του τοιχώματος και θα αγκυρώνονται κατάλληλα. Η ελάχιστη διάμετρος του οριζόντιου οπλισμού τοιχώματος είναι 8mm. Οι απαιτήσεις για το ελάχιστο ποσοστό τους, τη μέγιστη διάμετρό τους και τις μέγιστες αποστάσεις τους είναι ίδιες με τις αντίστοιχες του κατακόρυφου οπλισμού κορμού του τοιχώματος μεταξύ των ακραίων περιοχών.

Υπολογισμός οπλισμού τοιχώματος

$$1,5b = 1,5 \cdot 0,25 = 0,375 \text{ m}$$

$$0,15l_w = 0,15 \cdot 3,25 = 0,490 \text{ m}$$

$$10 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 25 \text{ mm}$$

$$\alpha' > (1,50b, 0,15l_w) \Rightarrow \alpha' > (0,375, 0,490) \Rightarrow \alpha' > 0,490 \text{ m} \Rightarrow \alpha' = 0,50 \text{ m}$$

4.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

4.3.1 Έλεγχος τοιχώματος σε κάμψη

Ο οπλισμός του τοιχώματος T_1 σε κάμψη στην ισχυρή διεύθυνσή του θα γίνει με βάση τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από την επίλυση του. Το τοιχείο θα εξεταστεί κατά τη διεύθυνση y .

Για τα ακραία υποστυλώματα

Χρησιμοποιούμε τους τύπους :

$$v_d = \frac{N_{sd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \leq 0,65 \text{ και } \mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

Συνδυασμός	Nsd (kN)	vsd	Msd (kNm)	μ_{sd}	ω
1101	-1425,90	-0,16	-841,06	0,03	0,00
1102	-1446,30	-0,17	609,17	0,02	0,00
1103	-1426,60	-0,16	-2406,77	0,09	0,00
1104	-1537,10	-0,18	-2301,15	0,08	0,00
1105	-1516,30	-0,17	959,72	0,03	0,00
1106	-1495,90	-0,17	-490,51	0,02	0,00
1107	-1515,60	-0,17	2525,43	0,09	0,00
1108	-1494,60	-0,17	2420,21	0,09	0,00
1201	-1424,30	-0,16	-936,27	0,03	0,00
1202	-1447,90	-0,17	704,38	0,02	0,00
1203	-1421,20	-0,16	-2731,44	0,10	0,00
1204	-1442,20	-0,17	-2626,21	0,09	0,00
1205	-1517,90	-0,18	1054,93	0,04	0,00
1206	-1494,30	-0,17	-585,72	0,02	0,00
1207	-1521,00	-0,18	2850,10	0,10	0,00
1208	-1500,00	-0,17	2744,88	0,10	0,00
1301	-1432,00	-0,16	-557,93	0,02	0,00
1302	-1452,50	-0,17	892,30	0,03	0,00
1303	-1428,40	-0,16	-2321,81	0,08	0,00
1304	-1445,70	-0,17	-2386,50	0,08	0,00
1305	-1510,20	-0,17	676,60	0,02	0,00
1306	-1489,70	-0,17	-773,64	0,03	0,00
1307	-1513,80	-0,17	2440,48	0,09	0,00
1308	-1496,50	-0,17	2505,16	0,09	0,00
1401	-1430,50	-0,16	-653,14	0,02	0,00
1402	-1454,10	-0,17	987,51	0,04	0,00
1403	-1423,10	-0,16	-2646,48	0,09	0,00
1404	-1440,40	-0,17	-2711,17	0,10	0,00
1405	-1511,70	-0,17	771,81	0,03	0,00
1406	-1488,10	-0,17	-868,85	0,03	0,00
1407	-1519,10	-0,17	2765,15	0,10	0,00
1408	-1501,80	-0,17	2829,83	0,10	0,00

Πίνακας 4.2 Δεδομένα ελέγχου τοιχώματος K_1 σε κάμψη

Από τον πίνακα 4.2, παρατηρούμε ότι όλα τα $\omega=0$, οπότε στα ακραία υποστυλώματα του τοιχείου θα τοποθετηθεί ελάχιστος διαμήκης οπλισμός :

$$\Sigma A_s = \rho_{\min} \cdot (a' \cdot b') = 0,01 \cdot (50\text{cm} \cdot 25\text{cm}) = 12,50\text{cm}^2.$$

Σε κάθε ακραίο υποστύλωμα θα πρέπει ο ελάχιστος οπλισμός να είναι $\Sigma A_s = 12,50 \text{ cm}^2$.

Επιλέγουμε να τοποθετήσουμε :

Στη μεγάλη διεύθυνση $4\text{Ø}16$ με $A_s = 8,04 \text{ cm}^2$ και στη μικρή διεύθυνση $4\text{Ø}18$ με $A_s = 10,16 \text{ cm}^2$ ($\Sigma A_s = 18,20 \text{ cm}^2$).

Έλεγχος οπλισμού ακραίων υποστυλωμάτων

$$\rho/\delta_{\text{ιατ}} = \frac{(4\text{Ø}16 + 4\text{Ø}18)}{A_c} = \frac{(8,04 + 10,16)}{25 \cdot 50} = \frac{18,2}{1250} = 0,015$$

$$0,01 < 0,015 < 0,04$$

Για τον κορμό :

$$l = 3,25 \text{ m} - (2 \cdot 0,50) = 2,25 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{\Sigma A_s}{b \cdot (l_w - 2a')} \geq 0,0025 \Rightarrow \Sigma A_s = 0,0025 \cdot b \cdot (l_w - 2a')$$

$$\Sigma A_s = 0,0025 \cdot 25 \text{ cm} \cdot (325 \text{ cm} - 2 \cdot 50 \text{ cm}) = 14,06 \text{ cm}^2.$$

$1\text{Ø}10 = 0,790 \text{ cm}^2$, άρα επιλέγουμε να τοποθετήσουμε $22\text{Ø}10$ ($\Sigma A_s = 17,38 \text{ cm}^2$) στον κορμό μας, δηλαδή $11\text{Ø}10$ σε κάθε εσχάρα, ανά 20 cm .

Υπολογισμός μέγιστης ροπής σύμφωνα με τον τελικό οπλισμό

$$A_{s_{\text{tot}}} = 18,20 \text{ cm}^2$$

$$\omega = \frac{A_{s_{\text{tot}}} \cdot f_{yd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{18,20 \cdot \frac{500}{1,15}}{25 \cdot 325 \cdot \frac{16}{1,5}} \Rightarrow \omega = 0,09$$

Από τον πίνακα 4.6.β για $\omega = 0,09$ και $\nu_d = 0,18$ (συνδυασμός με δυσμενέστερη ροπή 1207), βρίσκουμε $\mu_{sd} = 0,10$.

$$M_{sd} = \mu_{sd} \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd} = 0,10 \cdot 0,25 \cdot 3,25^2 \cdot (16/1,5) \cdot 10^3 = 2816,67 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = M_{R,WO} = 2816,67 \text{ kNm}$$

4.3.2 Έλεγχος τοιχώματος σε διάτμηση

Υπολογισμός τέμνουσας σχεδιασμού: Διατομή 2018αρχή (επίπεδο ΥΟΖ)

Η τέμνουσα σχεδιασμού της περιοχής πλαστικής άρθρωσης που είναι πιθανόν να δημιουργηθεί στην θέση της μέγιστης ροπής, δηλαδή στη βάση του τοιχώματος, θα υπολογίζεται από την καμπτική υπεραντοχή της πλαστικής άρθρωσης ως εξής:

$$V_{cd,w0} = \alpha_{CD} \cdot V_{E,w0}$$

$$\alpha_{CD} = \frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{R,w0}}{M_{E,w0}} \leq q, \text{ όπου:}$$

$\gamma_{Rd} = 1,30$ είναι ο συντελεστής υπεραντοχής για τους χάλυβες.
 $M_{E,w0}$ και $V_{E,w0}$ είναι αντίστοιχα οι μέγιστη ροπή και τέμνουσα που προκύπτουν από τη σεισμική δράση στη διατομή πλαστικής άρθρωσης (βάση).
 $M_{R,w0}$ είναι η υπολογιστική αντοχή σε κάμψη με αξονική δύναμη της ίδιας διατομής.

$$\alpha_{CD} = \frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{R,w0}}{M_{E,w0}} \leq q \Rightarrow \alpha_{CD} = \frac{1,30 \cdot 2816,67 \text{ KNm}}{2790,77 \text{ KNm}} \leq 3,5 \Rightarrow \alpha_{CD} = 1,31 < 3,5 \Rightarrow$$

$$\alpha_{CD} = 1,31$$

$$\text{άρα, } V_{cd,w0} = \alpha_{CD} \cdot V_{E,w0} \Rightarrow V_{cd,w0} = 1,31 \cdot 509,49 \text{ KN} = 667,43 \text{ KN}$$

Συνεπώς η τέμνουσα σχεδιασμού τοιχείου: $V_{cd,w0} = 667,43 \text{ KN}$

Για να μην απαιτείται αλλαγή διαστάσεων διατομής πρέπει : $V_{cd,w0} \leq V_{Rd2}$
Ως ενεργό στατικό ύψος του τοιχείου λαμβάνεται : $d = 0,8 \cdot l_w$ (ΕΚΩΣ § 11.2.3.1)

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,70 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot \beta_w \cdot 0,90 \cdot d \Rightarrow$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,70 - \frac{16}{200}\right) \cdot \frac{16}{1,5} \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 0,90 \cdot (0,8 \cdot 3,25) \text{ m} \Rightarrow$$

$$V_{Rd2} = 1934,4 \text{ KN}$$

$V_{cd,w0} \leq V_{Rd2} \Rightarrow 667,43 \text{ KN} < 1934,4 \text{ KN}$, δεν απαιτείται αλλαγή διαστάσεων διατομής.

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,20 + 40\rho_l) + 0,15\sigma_{cp}] \cdot \beta_w \cdot d, \text{ όπου}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{\beta_w \cdot d} \leq 0,02 \Rightarrow \frac{18,20 \text{ cm}^2}{25 \cdot 260 \text{ cm}^2} = 0,0028 < 0,02 \Rightarrow \rho_l = 0,0028$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{1432,7 \text{ KN} + (0,3 \cdot 127,9 \text{ KN})}{(0,25 \cdot 2,60) \text{ m}^2} = 2263,18 \text{ KN/m}^2$$

$$k=1,6-d=1,6-2,6=-1,0 \Rightarrow k=1$$

$$\tau_{Rd}=0,22 \text{ κατά EC2, πιν.11.1 (παράρτημα)}$$

$$\text{άρα, } V_{Rd1}=[0,22 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2 \cdot (1,20+40 \cdot 0,0028)+0,15 \cdot 2263,18 \text{ KN/m}^2] \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 2,60 \text{ m}$$

$$\Rightarrow V_{Rd1}=408,28 \text{ KN}$$

Για να μην απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει:

$$V_{cd,w0} \leq V_{Rd1} \Rightarrow 667,43 \text{ KN} > 408,28 \text{ KN}, \text{ άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης.}$$

Συνδυασμοί δράσεων που δεν περιλαμβάνουν σεισμό

$$V_{cd,w0} = V_{sd}$$

$$V_{cd} = V_{Rd1} \text{ και πρέπει } V_{sd} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \Rightarrow V_{sd} = V_{wd} + V_{Rd1} \Rightarrow V_{wd} = V_{sd} - V_{Rd1}$$

$$\Rightarrow V_{wd} = 667,43 \text{ KN} - 408,28 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow V_{wd} = 259,15 \text{ KN}$$

Επιλέγω οπλισμό διάτμησης $A_{sw} \text{ } \emptyset 14$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S} \cdot 0,90 \cdot d \cdot f_{ywd} \Rightarrow S = \frac{1,54 \text{ cm}^2}{259,15 \text{ KN}} \cdot 0,90 \cdot 26,0 \text{ cm} \cdot \frac{500}{1,15} \cdot 10^{-1} \text{ KN/cm}^2 \Rightarrow$$

$$S = 6,05 \Rightarrow 8 \text{ cm, στην κρίσιμη περιοχή } \emptyset 14/8.$$

Συνδυασμοί δράσεων που περιλαμβάνουν σεισμό

$$v_d = \frac{N_{sd}}{\beta \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-1471,07 \text{ KN}}{0,25 \text{ m} \cdot 2,60 \text{ m} \cdot \frac{16}{1,5} \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2} = -0,21 < -0,10$$

Για $v_d < -0,10$ (στοιχεία υπό κάμψη με θλιπτική δύναμη), στις κρίσιμες περιοχές τοιχωμάτων, με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ο όρος V_{cd} ισούται με :

$$V_{cd} = 0,70 \cdot V_{Rd1} = 0,70 \cdot 408,28 \text{ KN} = 285,80 \text{ KN}$$

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \Rightarrow V_{sd} = V_{wd} + 0,70 \cdot V_{Rd1} \Rightarrow V_{wd} = V_{sd} - 0,70 \cdot V_{Rd1}$$

$$\Rightarrow V_{wd} = 667,43 \text{ KN} - 285,80 \text{ KN} = 381,63 \text{ KN}$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S} \cdot 0,90 \cdot d \cdot f_{ywd} \Rightarrow S = \frac{1,54 \text{ cm}^2}{381,63 \text{ KN}} \cdot 0,90 \cdot 26,0 \text{ cm} \cdot \frac{500}{1,15} \cdot 10^{-1} \text{ KN/cm}^2 \Rightarrow$$

$$S = 4,10 \Rightarrow 8 \text{ cm, στην κρίσιμη περιοχή } \emptyset 14/8.$$

Η αντοχή του οπλισμού του κορμού του τοιχώματος V_{wd} υπολογίζεται από §11.2.3.2β του κεφ.4 του ΕΚΩΣ 2000.

$$\text{Λόγος διατμήσεως } \alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w} = \frac{2816,67 \text{ KN/m}}{667,43 \text{ KN} \cdot 3,25 \text{ m}} = 1,29$$

Όταν ο λόγος διατμήσεως $\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w}$ είναι $\alpha_s \leq 1,30$, ο όρος V_{wd} υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$V_{sd} = [\rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot (\alpha_s - 0,30) + \rho_v \cdot f_{yd,v} \cdot (1,30 - \alpha_s)] \cdot \beta_w \cdot z, \text{ όπου}$$

ρ_h, ρ_v το ποσοστό οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού του κορμού.

$f_{yd,h}, f_{yd,v}$ τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού.

Άρα,

$$V_{sd} = [0,014 \cdot (500/1,15) \cdot 10^{-1} \text{KN/cm}^2 \cdot (1,29 - 0,30) + 0,014 \cdot (500/1,15) \cdot 10^{-1} \text{KN/cm}^2 \cdot (1,30 - 1,29)] \cdot 25 \text{ cm} \cdot 0,90 \cdot 26 \text{ cm} \Rightarrow V_{sd} = 356,09 \text{ KN}$$

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \Rightarrow V_{sd} = V_{wd} + 0,70 \cdot V_{Rd1} \Rightarrow V_{wd} = V_{sd} - 0,70 \cdot V_{Rd1} \\ \Rightarrow V_{wd} = 356,09 \text{ KN} - 285,80 \text{ KN} = 70,29 \text{ KN}$$

Επιλέγω για τον κορμό οπλισμό διάτμησης $A_{sw} \text{ } \varnothing 12$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S} \cdot 0,90 \cdot d \cdot f_{ywd} \Rightarrow S = \frac{1,13 \text{ cm}^2}{70,29 \text{ KN}} \cdot 0,90 \cdot 26,0 \text{ cm} \cdot \frac{500}{1,15} \cdot 10^{-1} \text{ KN/cm}^2 \Rightarrow$$

$$S = 16,35 \Rightarrow 18 \text{ cm, στην κρίσιμη περιοχή } \varnothing 12/18.$$

Κρίσιμη περιοχή

$$\min \varnothing_w = (\max 8 \text{ mm}, \max \varnothing_L/3) = \max(8 \text{ mm}, \frac{16 \text{ mm}}{3}) = 8 \text{ mm}$$

$$\max S = \min(8 \min \varnothing_L, \min \beta/2, 100 \text{ mm}) = \min(8 \cdot 16 \text{ mm}, 125 \text{ mm}, 100 \text{ mm}) = 100 \text{ mm}$$

Για την κρίσιμη περιοχή τοποθετούμε $\varnothing 14/8$ στα ακραία υποστυλώματα και $\varnothing 12/18$ στον κορμό του τοιχείου.

5. ΣΥΝΔΕΣΗ ΝΕΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Διατμητικοί σύνδεσμοι – αγκύρια

Μεταλλικοί σύνδεσμοι που αγκυρώνονται σε υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος μπορούν να δρουν είτε ως είτε ως αγκύρια, ανάλογα με τον τύπο του φορτίου που καταπονούνται. Ως βλήτρα χαρακτηρίζονται, όταν καταπονούνται σε διάτμηση, ενώ ως αγκύρια όταν καταπονούνται σε αξονικό φορτίο.

Στην πράξη, διατίθενται ένα πλήθος από βιομηχανοποιημένους συνδέσμους που αγκυρώνονται στα στοιχεία σκυροδέματος με χημικό ή μηχανικό τρόπο. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τμήματα ράβδων οπλισμού ή δομικού χάλυβα που πακτώνονται με χημικό τρόπο σε τρύπες που διανοίγονται στα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος.

Η χημική πάκτωση των συνδέσμων, που αποτελεί τη συχνότερη επιλογή στην πράξη, γίνεται σχεδόν πάντοτε με εποξειδικές ρητίνες. Για την εκτέλεση της εργασίας επισημαίνονται τα εξής :

- (α) Η διάμετρος της οπής της τρύπας γίνεται 2-6 mm μεγαλύτερη από τη διάμετρο του συνδέσμου για να υπάρξει ο απαραίτητος χώρος για τη ρητίνη.
- (β) Όπως έχει προκύψει πειραματικά, η αγκύρωση των συνδέσμων είναι καλύτερη όταν ο καθαρισμός της τρύπας γίνεται με αναρρόφηση της σκόνης από το εσωτερικό της. Τα αποτελέσματα έχουν προκύψει ακόμα καλύτερα όταν τα τοιχώματα στο εσωτερικό της τρύπας εκτραχύνονται χρησιμοποιώντας μία λεπτή συρματόβουρτσα.
- (γ) Γενικά προτιμώνται ρητίνες με μικρό ιξώδες (μεγάλη ρευστότητα)
- (δ) Για οριζόντιες αγκυρώσεις, ο άξονας της τρύπας είναι ελαφρώς κεκλιμένος για να μην χάνεται η ρητίνη έξω από την τρύπα.
- (ε) Για κατακόρυφες αγκυρώσεις οροφής χρησιμοποιούνται ειδικές κάψουλες ρητίνων που τοποθετούνται με κατάλληλο εξοπλισμό.
- (στ) Επαρκής ποσότητα ρητίνης θα πρέπει να τοποθετηθεί στην τρύπα πριν την είσοδο του συνδέσμου, έτσι ώστε στην τελική φάση η ρητίνη να καλύπτει πλήρως το κενό μεταξύ συνδέσμου και τοιχωμάτων της τρύπας.

Αγκυρώσεις – συγκολλήσεις νέων ράβδων οπλισμού

Οι αγκυρώσεις νέων ράβδων οπλισμού στον υφιστάμενο φορέα καθώς και οι συνδέσεις παλαιών και νέων ράβδων αποτελούν συχνή πρακτική στις ενισχύσεις κατασκευών από Ο.Σ.

Οι αγκυρώσεις ράβδων οπλισμού σε σκληρυμένο σκυρόδεμα γίνονται με χημικό τρόπο, χρησιμοποιώντας κάποια εποξειδική ρητίνη. Η όλη διαδικασία εκτέλεσης της εργασίας είναι ίδια ακριβώς με αυτή που αναπτύχθηκε πιο πάνω για τους μεταλλικούς συνδέσμους.

Για τις συγκολλήσεις των ράβδων οπλισμού εφαρμόζονται πιστά οι διατάξεις περί συγκολλήσεως του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2000β).

Η πλέον ενδεδειγμένη διαδικασία συγκόλλησης είναι η ηλεκτροσυγκόλληση. Η οξυγονοκόλληση φαίνεται να είναι ιδιαίτερα προβληματική και πρέπει να αποφεύγεται.

Εφόσον οι ράβδοι μπορούν να παρατεθούν σε επαφή, η ηλεκτροσυγκόλληση γίνεται από τη μία μόνο πλευρά, με δύο ραφές συγκόλλησης μήκους $5d_b$, όπου ως διάμετρος d_b λαμβάνεται η μικρότερη από τις ράβδους. Οι ραφές της συγκόλλησης ξεκινούν από τα άκρα των ράβδων και προχωρούν προς το εσωτερικό σε μήκος $5d_b$, έτσι ώστε να απομένει ανάμεσα στις απολήξεις ένα διάκενο 20mm περίπου.

Δύο προβλήματα που αφορούν τη σύνδεση των τοιχωμάτων με τα περιβάλλοντα πλαίσια απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

Το πρώτο πρόβλημα οφείλεται στα αποτελέσματα της συστολής ξήρανσης του νέου σκυροδέματος, και εκδηλώνεται με ρηγμάτωση της διεπιφάνειας, εκεί όπου το υψηλότερο τμήμα του τοιχώματος εφάπτεται στον πυθμένα της δοκού του πλαισίου. Εδώ η συστολή ξήρανσης αντιμετωπίζεται συνήθως με σκυρόδεμα ειδικής σύνθεσης, όπου έχουν χρησιμοποιηθεί ειδικά πρόσθετα. Εναλλακτικά, πολλές φορές το τοίχωμα σκυροδετείται μέχρι ύψος 20cm περίπου χαμηλότερα από τον πυθμένα της δοκού και μετά από πάροδο ικανού χρόνου από την ημέρα σκυροδέτησης, συμπληρώνεται το υπόλοιπο με εποξειδικό ή πολυεστερικό κονίαμα.

Το δεύτερο πρόβλημα αφορά μόνο την περίπτωση των έγχυτων τοιχωμάτων και ειδικότερα τη δυσκολία σκυροδέτησης του υψηλότερου τμήματος του τοιχώματος λόγω ανεπαρκούς πρόσβασης από την κορυφή. Γι αυτό η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, αποτελεί έναν πρόσθετο λόγο προτίμησης.

Η περίσφυξη δεν απαιτείται σε όλο το μήκος τους.

Διαστάσεις βλήτρων – αγκυρίων

Βλήτρα :

Τοποθετούμε ενδεικτικά για τη σύνδεση των υποστυλωμάτων με τα νέα τοιχώματα βλήτρα Ø10/30 εναλλάξ σε κάθε υποστύλωμα. Το μήκος έμπηξης των βλήτρων είναι περίπου 8d, δηλαδή για Ø10, $8 \cdot 1\text{cm} = 8\text{cm}$.

Αγκύρια :

Για την αγκύρωση του κατακόρυφου οπλισμού τοποθετούμε αγκύρια μεγαλύτερα κατά μία διατομή από τη διατομή του οπλισμού. Το μήκος προκύπτει από τον τύπο $5d_b$ και φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Διατομή Οπλισμού	Διατομή Αγκυρίου	Μήκος Αγκυρίου (m)
Ø10	Ø12	0,70
Ø16	Ø18	0,90
Ø18	Ø20	1,00

Πίνακας 5.1 Μήκη αγκυρώσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στην παρούσα πτυχιακή έγινε επίλυση μίας τυπικής τριώροφης κατοικίας, κατασκευασμένης σύμφωνα με παλαιότερους κανονισμούς και ελέγχθηκε η αντοχή και η επάρκειά της σε σχέση με τους ισχύοντες κανονισμούς, ΕΑΚ 2000 και ΕΚΩΣ 2000.

Αρχικά υπολογίστηκαν όλα τα κατακόρυφα φορτία του κτιρίου και εν συνεχεία καθορίστηκαν οι οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις του κτιρίου για κάθε όροφο. Σύμφωνα με τις υποδείξεις του ΕΑΚ 2000, λόγω της τυχηματικής εκκεντρότητας προέκυψαν 32 σεισμικοί συνδυασμοί. Με χρήση του προγράμματος Sofistic, έγινε ελαστική ανάλυση και βρέθηκαν τα εντατικά μεγέθη του κτιρίου. Ακολούθησε έλεγχος επάρκειας των διατομών σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς που μας οδήγησε στο συμπέρασμα πως το κτίριό μας έχει ανάγκη ενίσχυσης.

Ακολούθως, παρουσιάστηκε μέθοδος ενίσχυσης του κτιρίου, με χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων. Αφού επιλέχτηκαν προσεκτικά κατάλληλες θέσεις για την τοποθέτηση των τοιχωμάτων, ακολούθησε νέα επίλυση του κτιρίου με τα καινούρια δεδομένα.

Αρχικά, αποδείχτηκε ότι ο υπάρχον οπλισμός δεν ικανοποιούσε τις απαιτήσεις των ισχύοντων κανονισμών.

Με την προσθήκη των αντισεισμικών τοιχωμάτων, και με δεδομένη την κατάλληλη σύνδεσή τους με τα υπάρχοντα υποστυλώματα, παρατηρήσαμε την σημαντική ανακούφιση του συνόλου της κατασκευής. Τα τοιχώματα παραλαμβάνουν το 60% των σεισμικών δυνάμεων, ενώ τα υποστυλώματα δέχονται πλέον πολύ μικρότερες τέμνουσες δυνάμεις και ροπές λόγω του σεισμού, οι οποίες καλύπτονται από τον υπάρχοντα οπλισμό.

Μετά από τη διερεύνηση της μεταβολής της κατανομής της αναπτυσσόμενης σεισμικής έντασης στα φέροντα στοιχεία ενός τυπικού υφιστάμενου κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με την χρήση αντισεισμικών τοιχωμάτων, ακολούθησε διαστασιολόγηση και σε λεπτομέρειες όπλισης των νέων στοιχείων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δρίτσος Σ., “Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Παν. Πατρών, Πάτρα 2005

Σπυράκος Κωνσταντίνος, “Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία”, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα 2004

Dritsos S., “Seismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings in Greece”, Journal of Structural Engineering Vol 22(1), 11-22, 1995

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000”, Αθήνα 2000

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος 2000”, Αθήνα 2000

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Κανονισμός Επεμβάσεων”, Τελικό Σχέδιο Κειμένου 3, Αθήνα 2009

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Συστάσεις για Προσεισμικές και Μετασεισμικές Επεμβάσεις σε Κτίρια”, Αθήνα 2000

Γεωργόπουλος Α. Θεοφάνης, “Ωπλισμένο Σκυρόδεμα”, τόμος Α', Πάτρα 2004

Γεωργόπουλος Α. Θεοφάνης, “Ωπλισμένο Σκυρόδεμα”, τόμος Γ', Πάτρα 2004

Αναστασιάδης Κυριάκος, “Αντισεισμικές Κατασκευές Ι”, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 1989



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1:
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ**



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2:
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΚΤΙΡΙΟΥ**



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ