



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, ΜΕΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ**

ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ, ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ/ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ, Μ. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο πλαίσιο του αντισεισμικού σχεδιασμού των σύγχρονων κτηρίων και της αντιμετώπισης όλων των πιθανών αστοχιών που μπορούν να προκληθούν από έναν σεισμό, συντάχθηκε ο Ευρωκώδικας 8 (και ο ΕΚ2 για κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα), ως ένα ενιαίο Πρότυπο σχεδιασμού για τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης. Για κάθε χώρα, όμως, ισχύουν και τα αντίστοιχα εθνικά προσαρτήματα.

Η Ελλάδα παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή σεισμική δραστηριότητα, την υψηλότερη στην Ευρώπη και από τις μεγαλύτερες σε παγκόσμια κλίμακα. Σκοπός του αντισεισμικού σχεδιασμού είναι να ενισχύσει τα κτήρια και να βελτιώσει τα μέτρα εκείνα που περιορίζουν τις καταστροφικές συνέπειές τους. Ιδιαίτερα γιατί το πρόβλημα με τους σεισμούς είναι ότι σε καμία χώρα δεν μπορούν να υπάρξουν ακριβείς προβλέψεις όσον αφορά, το πότε και το που θα γίνουν κλπ..

Έτσι, κύριος στόχος σήμερα αναδεικνύεται η πρόληψη που επιτυγχάνεται κυρίως με την αντισεισμική θωράκιση των κατασκευών. Στην κατεύθυνση αυτή θα πρέπει να επισημανθεί ότι στον υφιστάμενο αντισεισμικό κανονισμό, που βέβαια αφορά τα νέα κτήρια, έχουν ενσωματωθεί αυστηρότερες προδιαγραφές όπως προέκυψαν από τις πλέον πρόσφατες γνώσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας.

Μία από τις πλέον αποτελεσματικές και οικονομικότερες μεθόδους σχεδιασμού, όπως έχει παρατηρηθεί σε μεγάλους σεισμούς σε Χιλή και Τουρκία (και αλλού), αποτελεί η χρήση τοιχωμάτων στα κτήρια. Όταν ειδικά πρόκειται για μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, η σεισμική απόκριση του φορέα βελτιώνεται πολύ περισσότερο. Σε αυτήν την κατεύθυνση κινήθηκε και η παρούσα διπλωματική εργασία, που σκοπό είχε τον αντισεισμικό σχεδιασμό δύο κτηρίων με υπόγειο τα οποία αποτελούνταν κυρίως από τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα, με μικρή συμμετοχή των λοιπών κατακόρυφων στοιχείων στην ανάληψη της σεισμικής καταπόνησης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντά μου κ. Μ. Χρονόπουλο για τις ώρες που αφιέρωσε και τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις που μου έδωσε καθώς επίσης και την κ. Ε. Βιντζηλαίου για τις πρόσθετες διορθώσεις και υποδείξεις που έκανε προκειμένου να ολοκληρωθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για την υποστήριξη που μου προσέφεραν αυτά τα πέντε χρόνια, στο πλαίσιο του κύκλου σπουδών μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον αντισεισμικό σχεδιασμό δύο κτηρίων με υπόγειο, ενός διώροφου και ενός τριώροφου.

Σε πρώτη φάση στο κεφάλαιο 1 έγινε μια αναφορά στους Ευρωκώδικες 2 & 8 παρουσιάζοντας τα βασικά τους σημεία και τα στοιχεία που θα αφορούσαν τη διπλωματική εργασία. Ο Ευρωκώδικας 2 αναφέρεται στους γενικούς κανόνες στο σχεδιασμό φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ ο Ευρωκώδικας 8 αναφέρεται στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κτηρίων, τους γενικούς και ειδικούς κανόνες και τις σεισμικές δράσεις.

Στην συνέχεια, στο κεφάλαιο 2, γίνεται αναφορά στα τοιχώματα, στα πλεονεκτήματά τους και τα μειονεκτήματά τους στο σχεδιασμό έναντι των πλαισιωτών συστημάτων και γίνεται ο διαχωρισμός τους σε πλάστιμα τοιχώματα και μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα (TMEO). Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια πιο εκτενής αναφορά στα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, μιας και αυτά μας αφορούν στην ανάλυση των δύο κτηρίων που έγινε, με επισήμανση των ιδιαιτεροτήτων του σχεδιασμού τους.

Στο κεφάλαιο 4 ακολούθησε η περιγραφή των δύο κτηρίων και ο τρόπος προσομοίωσής τους στο πρόγραμμα ανάλυσης SAP2000, ενώ στο κεφάλαιο 5 δίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του προγράμματος για σεισμό κατά δύο διευθύνσεις, X και Y, κυρίως όσο αφορά τα TMEO.

Στη συνέχεια, με βάση τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού που προέκυψαν από την ανάλυση, έγιναν οι βασικοί έλεγχοι που απαιτούνται στην οριακή κατάσταση αστοχίας και με βάση αυτούς έγινε η λεπτομερής όπλιση και η διαστασιολόγηση των TMEO των δύο κτηρίων και βρέθηκαν οι αντοχές των τοιχωμάτων.

Τέλος, δίνονται τα συμπεράσματα στα οποία οδηγούμαστε από τον αντισεισμικό σχεδιασμό των κτηρίων με μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα και γίνονται οι απαραίτητες παρατηρήσεις πάνω σε αυτά.

ABSTRACT

As mentioned previously, this thesis discusses the seismic design of two buildings with basement, a two-storey and a three-storey.

At first, in Chapter 1 reference was made to Eurocodes 2 and 8 presenting their key points and rules related with this thesis. Eurocode 2 refers to the general rules in the design of reinforced concrete, while Eurocode 8 states in the seismic design of buildings, the general and specific rules and seismic actions.

Then, in Chapter 2, a reference was made to the walls, the advantages and disadvantages in planning against framed systems and the distinction in ductile walls and large and lightly walls. Chapter 3 provides a more extensive reference to large, lightly reinforced walls, as they relate to our analysis of the two buildings, highlighting the peculiarities of the design.

In Chapter 4, followed by the description of the two buildings and how was their simulation in analysis program SAP2000, while in Chapter 5 are given the results of the analysis of the program for earthquake in two directions, X and Y, as regards large and lightly reinforced walls.

Then, based on the sizes of intensive planning that emerged from the analysis, were the key checks required in the ultimate limit state and became the basis of these detailed arming and sizing of large and lightly reinforced walls of the two buildings and found the strength of the walls.

Finally, given the conclusions which led the seismic design of buildings with large, lightly reinforced walls and make necessary comments on them.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ 2 & 8 ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΝΕΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	7
1.1 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα (σε συνδυασμό με τις πρόσθετες διατάξεις του ΕΚ8 για λόγους πληρότητας).....	8
1.1.1 Διαστασιολόγηση και όπλιση υποστρωμάτων (διατάξεις σχεδιασμού ΕΚ2 και πρόσθετες διατάξεις από ΕΚ8).....	8
1.1.2 Διαστασιολόγηση και όπλιση τοιχωμάτων (διατάξεις σχεδιασμού ΕΚ2 και πρόσθετες διατάξεις από ΕΚ8).....	11
1.2 Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός σχεδιασμών κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	13
1.2.1 Απαιτήσεις συμπεριφοράς και κριτήρια συμμόρφωσης.....	13
1.2.2 Χαρακτηριστικά αντισεισμικών κτηρίων.....	14
1.2.3 Κριτήρια για δομική κανονικότητα.....	16
1.2.3.1 Κριτήρια για κανονικότητα σε κάτοψη.....	16
1.2.3.2 Κριτήρια για κανονικότητα καθ' ύψος.....	17
1.2.4 Μέθοδοι ανάλυσης.....	20
1.2.5 Τύποι δομητικών συστημάτων.....	23
1.2.6 Δείκτες συμπεριφοράς q για οριζόντιες σεισμικές δράσεις.....	24
1.2.7 Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ- ΠΛΑΣΤΙΜΑ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ.....	27
2.1 Γενικά στοιχεία, πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα κτηρίων με τοιχώματα	28
2.2 Μορφές αστοχίας τοιχωμάτων.....	30
2.3 Πλάστιμα τοιχώματα, λυγηρά ή χθαμαλά.....	31
2.4 Τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα (ΤΜΕΟ).....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ (ΤΜΕΟ), ΟΙ ΙΔΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥΣ.....	34
3.1 Εισαγωγή -Γενικά στοιχεία.....	35
3.2 Βάσεις σχεδιασμού- Τύποι συστημάτων.....	37
3.3 Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων.....	37
3.4 Θέματα θεμελιώσεων.....	41
3.5 Θέματα πλάτους b_w	41
3.6 Θέματα συνδέσμων (tying systems).....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SAP2000.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SAP2000.....	56

5.1 Ανάλυση του Α κτηρίου (διώροφο).....	57
5.2 Ανάλυση του Β κτηρίου (τριώροφο).....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΤΗΡΙΩΝ.....	64
6.1 Έλεγχοι στο Α κτήριο.....	65
6.1.1 Όπλιση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (υπό M/N) ...	71
6.1.2 Έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας σε διάτμηση.....	73
6.1.3 Έλεγχος σε οριζόντια ολίσθηση στους αρμούς κατασκευής των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (βάση).....	74
6.1.4 Έλεγχος μεταφοράς τέμνουσας δύναμης από τα διαφράγματα στα μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα	74
6.2 Έλεγχοι στο Β κτήριο.....	76
6.2.1 Όπλιση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (υπό M/N).....	82
6.2.2 Έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας σε διάτμηση.....	84
6.2.3 Έλεγχος σε οριζόντια ολίσθηση στους αρμούς κατασκευής των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (βάση).....	84
6.2.4 Έλεγχος μεταφοράς τέμνουσας δύναμης από τα διαφράγματα στα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα.....	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ.....	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Προσομοίωση-ανάλυση και όπλιση του κτηρίου Α.....	94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Προσομοίωση-ανάλυση και όπλιση του κτηρίου Β.....	95

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ 2 & 8 ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
ΝΕΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

1.1 ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 2- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΟΡΕΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

1.1.1 Διαστασιολόγηση και όπλιση υποστυλωμάτων (με πρόσθετες διατάξεις από ΕΚ8)

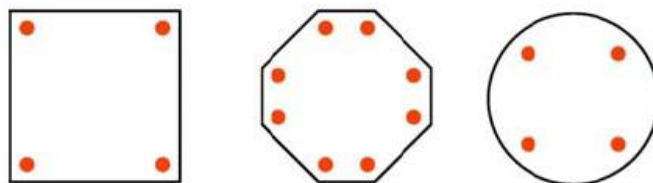
Οι κρίσιμες περιοχές για κάθε ακραία διατομή σε υποστυλώματα μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας, σύμφωνα με το Ευρωκώδικα 8 είναι: $l_{cr} = \max \{ h_c; l_{cl}/6; 0,45 \}$ (m) όπου h_c είναι η μέγιστη διάσταση του υποστυλώματος, και l_{cl} είναι το καθαρό ύψος του υποστυλώματος. (ΕΚ8 5.14). Εάν $l_c/h_c < 3$, ολόκληρο το ύψος του κύριου σεισμικού υποστυλώματος θα θεωρείται ως κρίσιμη.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2, η μέγιστη διάσταση h_c πρέπει να μην υπερβαίνει το τετραπλάσιο της μικρότερης διάστασης b_c .

Διαμήκεις οπλισμοί

Οι διατάξεις που αφορούν την όπλιση των υποστυλωμάτων με διαμήκη οπλισμό σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 είναι:

- Οι διαμήκεις οπλισμοί δεν πρέπει να έχουν διάμετρο μικρότερη από την \varnothing_{min} . Η τιμή του \varnothing_{min} αναφέρεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας και η συνιστώμενη τιμή είναι 8 mm.
- Η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από την συνιστώμενη τιμή $A_{s,min} = \min(0,10N_{Ed}/f_{yd}; 0,002A_c)$. Η τιμή του $A_{s,min}$ αναφέρεται και στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας.
- Η διατομή του διαμήκους οπλισμού δεν θα πρέπει να ξεπερνά την συνιστώμενη τιμή $A_{s,max} = 0,04A_c$ εκτός των περιοχών υπερκάλυψης των οπλισμών και $A_{s,max} = 0,08A_c$ εντός των περιοχών υπερκάλυψης των οπλισμών. Η τιμή του $A_{s,max}$ αναφέρεται και στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας.
- Για υποστυλώματα που έχουν πολυγωνική διατομή, πρέπει τουλάχιστον μια ράβδος πρέπει να τοποθετείται σε κάθε γωνία. Ο αριθμός των διαμήκων ράβδων σε μια κυκλική διατομή δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 4 (Σχήμα 5).



Εικόνα 1: Πολυγωνικές και κυκλικές διατομές, ελάχιστες διαμήκεις ράβδοι

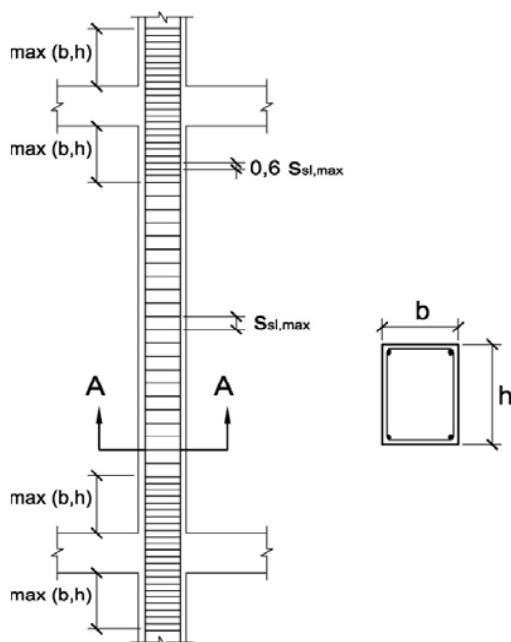
Οι πρόσθετες διατάξεις για την όπλιση των υποστυλωμάτων με απαιτήσεις αυξημένης πλαστιμότητας (στην παρούσα διπλωματική μας αφορά η μέση κατηγορία πλαστιμότητας και οι αντίστοιχες διατάξεις) σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 είναι:

- Η τιμή της ανηγμένης αξονικής δύναμης δεν θα υπερβαίνει το 0,65 ($v_d \leq 0,65$) στα κύρια σεισμικά υποστυλώματα .
- Η διαξονική κάμψη μπορεί να ληφθεί υπόψη απλοποιητικά, εκτελώντας τον έλεγχο ξεχωριστά για κάθε διεύθυνση με την μονοαξονική ροπή αντοχής μειωμένη κατά 30%.
- Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών: $0,01 \leq \rho_l \leq 0,04$. Σε συμμετρικές διατομές πρέπει να προβλέπεται συμμετρικός οπλισμός ($\rho = \rho'$).
- Κατά τον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης ή του μήκους παράθεσης των ράβδων του διαμήκους οπλισμού των υποστυλωμάτων που συμμετέχουν στην καμπτική αντοχή των κρίσιμων περιοχών, ο λόγος του εμβαδόν του απαιτούμενου οπλισμού προς το παρεχόμενο εμβαδό του οπλισμού $A_{s,req}/A_{s,prov}$ πρέπει να λαμβάνεται ίσος με 1.
- Εάν, από τον συνδυασμό σεισμικής φόρτισης, σε κάποιο υποστυλώμα προκύπτει εφελκυστική αξονική δύναμη, τα μήκη αγκύρωσης πρέπει να αυξάνονται κατά 50% από αυτά που υπολογίζονται από τον Ευρωκώδικα 2.

Εγκάρσιοι οπλισμοί

Οι διατάξεις που αφορούν την όπλιση των υποστυλωμάτων με εγκάρσιο οπλισμό σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 είναι:

- Διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού (συνδετήρες, βρόχοι ή σπειροειδής οπλισμός) $\varnothing_{min} = \max\{ 6 \text{ mm}; 1/4 \varnothing_{L,max}\}$, όπου $\varnothing_{L,max}$ είναι η μέγιστη διάμετρος των διαμήκων οπλισμών. Σε περίπτωση χρήσης συγκολλητών δομικών πλεγμάτων $\varnothing_{min} = 5 \text{ mm}$.



- Ο εγκάρσιος οπλισμός θα πρέπει να αγκυρώνεται επαρκώς. Οι αποστάσεις μεταξύ των εγκάρσιων οπλισμών κατά μήκος του υποστυλώματος δεν θα πρέπει να ξεπερνούν το $s_{cl,tmax}$. Η τιμή του $s_{cl,tmax}$ αναφέρεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας. Η συνιστώμενη τιμή είναι: $s_{cl,tmax} = \min\{20\varnothing_{L,min}; b_{min}; 400\text{mm}\}$, όπου $\varnothing_{L,min}$ είναι η μικρότερη διάμετρος των διαμήκων ράβδων και b_{min} είναι μικρότερη διάσταση του υποστυλώματος (Σχήμα 6)

Εικόνα 2: Διάταξη εγκάρσιων οπλισμών σε υποστυλώματα

- Η μέγιστη απόσταση που ορίστηκε παραπάνω πρέπει να μειωθεί στο 60% (Σχήμα 6):

α) σε τμήματα του υποστυλώματος μήκους ίσου με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής πάνω ή κάτω από δοκό ή πλάκα.

β) σε περιοχές υπερκάλυψης, εφόσον η μέγιστη διάμετρος των διαμήκων ράβδων είναι μεγαλύτερη από 14 mm. Απαιτείται να τοποθετούνται κατ' ελάχιστο 3 συνδετήρες ανά ίσες αποστάσεις εντός του μήκους υπερκάλυψης.

Οι πρόσθετες διατάξεις για την όπλιση των υποστυλωμάτων στις κρίσιμες περιοχές με εγκάρσιο οπλισμό με απαιτήσεις αυξημένης πλαστιμότητας (στην παρούσα διπλωματική μας αφορά η μέση κατηγορία πλαστιμότητας και οι αντίστοιχες διατάξεις) σύμφωνα με των Ευρωκώδικα 8 είναι:

- Προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 8 όσο αφορά την τιμή της πλαστιμότητας καμπυλοτήτων, μ_ϕ , που απαιτείται στις κρίσιμες περιοχές, πρέπει να παρέχεται η επαρκής περίσφιγξη στον πυρήνα του σκυροδέματος. Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού περίσφιγξης πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση: $\omega_{wd} \geq 30\mu_\phi v_d \cdot \epsilon_{sy,d} \cdot b_c / b_o - 0,035$ όπου:

ω_{wd} είναι το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό των συνδετήρων περίσφιγξης μέσα στις κρίσιμες περιοχές που δίνεται από τη σχέση: $\omega_{wd} = (\text{όγκος των βρόχων περίσφιγξης} / \text{όγκος του σκυροδέματος του πυρήνα}) \cdot (f_{yd} / f_{cd})$

v_d είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού ($v_d = N_{Ed} / A_c \cdot f_{cd}$)

$\epsilon_{sy,d}$ είναι η τιμή σχεδιασμού της ανηγμένης εφελκυστικής παραμόρφωσης του χάλυβα στην διαρροή

h_c είναι το ύψος της συνολικής διατομής

h_o είναι το ύψος του περισφιγμένου πυρήνα (έως τον άξονα των συνδετήρων)

b_c είναι το πλάτος της συνολικής διατομής

b_o είναι το πλάτος του περισφιγμένου πυρήνα (έως τον άξονα των συνδετήρων)

α είναι ο συντελεστής αποτελεσματικότητας της περίσφιγξης, ίσος με $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$.
όπου

α) Για ορθογωνικές διατομές:

$$\alpha_n = 1 - \sum_n b_i^2 / 6b_o h_o$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2b_o)(1 - s / 2h_o)$$

όπου

n είναι το συνολικό πλήθος διαμηκών ράβδων που συγκρατούνται από κλειστούς συνδετήρες ή μονοσκελείς συνδετήρες, και

b_i είναι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών ράβδων που συγκρατούνται με συνδετήρες (βλέπε Σχήμα 5.7 - επίσης για b_o , h_o , s).

β) Για κυκλικές διατομές με κυκλικούς συνδετήρες και διάμετρο περισφιγμένου πυρήνα D_o (έως τον άξονα των συνδετήρων):

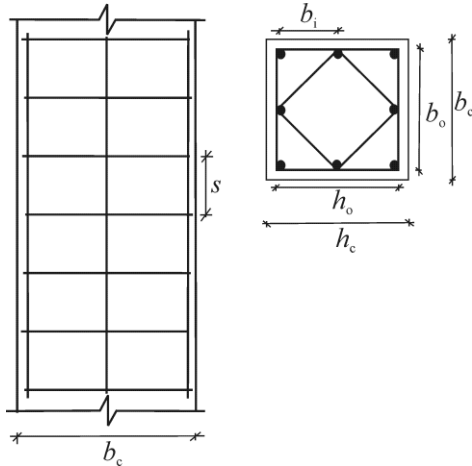
$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2D_o)^2$$

γ) Για κυκλικές διατομές με σπειροειδείς συνδετήρες:

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2D_o)$$



Εικόνα 3: Περίσφιγξη πυρήνα σκυροδέματος

- Η ελάχιστη τιμή του το μηχανικού ογκομετρικού ποσοστού των συνδετήρων περίσφιγξης είναι $\omega_{wd} \geq 0,08$.
- Η απόσταση μεταξύ των συνδετήρων δεν υπερβαίνει την τιμή $s = \min\{b_o/2; 175; 8d_{bL}\}$ όπου b_o (mm) είναι η ελάχιστη διάσταση του πυρήνα σκυροδέματος, και d_{bL} είναι η ελάχιστη διάμετρος των διαμήκων ράβδων (mm).
- Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών διαμήκων ράβδων συγκρατούμενων με συνδετήρες δεν υπερβαίνει τα 200 mm, λαμβάνοντας υπόψη και τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 2.

1.1.2 Διαστασιολόγηση και όπλιση τοιχωμάτων (με πρόσθετες διατάξεις από ΕΚ8)

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 οι διατάξεις που αφορούν την όπλιση των τοιχωμάτων είναι:

Κατακόρυφος οπλισμός

- Ελάχιστη διατομή κατακόρυφου οπλισμού $A_{s,vmin} = 0,002A_c$ και η μέγιστη διατομή του κατακόρυφου οπλισμού είναι $A_{s,vmax} = 0,04A_c$ εκτός των περιοχών υπερκάλυψης οπλισμών. Το όριο αυτό μπορεί να διπλασιαστεί στις περιοχές υπερκάλυψης των οπλισμών. Τα παραπάνω όρια αποτελούν τις συνιστώμενες τιμές. Οι αντίστοιχες τιμές μπορούν να βρεθούν και στο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας.

- Εφόσον κατά το σχεδιασμό προκύπτει η ελάχιστη διατομή οπλισμού $A_{s,vmin}$, θα πρέπει να τοποθετείται ο μισός σε κάθε επιμήκη παρειά.
- Η απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών κατακόρυφων ράβδων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την τιμή: $s_{max} = \min\{3b_w; 400mm\}$, όπου b_w το πάχος του τοιχώματος.

Οριζόντιος οπλισμός

- Η ελάχιστη διατομή του οριζόντιου οπλισμού είναι $A_{s,hmin} = \max\{0,25A_{s,v}; 0,01A_c\}$. Τιμή αυτή αναφέρεται και στο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας.
- Η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών οριζόντιων ράβδων δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 400 mm.

Εγκάρσιος οπλισμός

- Σε οποιαδήποτε θέση του τοιχώματος όπου η συνολική επιφάνεια του κατακόρυφου οπλισμού στις δύο όψεις υπερβαίνει το $0,02A_c$, πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός σε μορφή συνδέσμων σύμφωνα με τις απαιτήσεις για υποστυλώματα.
- Εφόσον ο κύριος οπλισμός τοποθετείται στις όψεις του τοιχώματος, πρέπει επίσης να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός με μορφή συνδέσμων τουλάχιστον σε 4 θέσεις ανά m^2 επιφάνειας τοιχώματος.
- Δεν χρειάζεται να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός όταν χρησιμοποιούνται συγκολλητά δομικά πλέγματα και ράβδοι διαμέτρου $\varnothing \leq 16$ mm με επικάλυψη σκυροδέματος μεγαλύτερη από $2\varnothing$.

Διαμόρφωση λεπτομερειών για τοπική πλαστιμότητα (EK8)

Το ύψος της κρίσιμης περιοχής h_{cr} πάνω από την βάση του τοιχώματος, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, δίνεται από τη σχέση: $h_{cr} = \max[l_w, h_w / 6]$

αλλά

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot l_w \\ h_s & \text{για } n \leq 6 \text{ ορόφους} \\ 2 \cdot h_s & \text{για } n \geq 7 \text{ ορόφους} \end{cases}$$

όπου h_s είναι το καθαρό ύψος ορόφου και η βάση ορίζεται ως η στάθμη της θεμελίωσης ή της οροφής υπόγειων ορόφων με άκαμπτα διαφράγματα και περιμετρικά τοιχώματα.

1.2 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ EN 1998-1:2004 - ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8

1.2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

A) Θεμελιώδεις απαιτήσεις

Σύμφωνα με την §2.1 του EN 1998-1:2004 όλοι οι φορείς σε σεισμικές περιοχές θα πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε:

A) Απαίτηση μη-κατάρρευσης

B) Απαίτηση περιορισμού βλαβών

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την απαίτηση σε μη-κατάρρευση, ο φορέας θα πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται ώστε να αναλαμβάνει τη σεισμική δράση σχεδιασμού, χωρίς τοπική ή γενική κατάρρευση, διατηρώντας κατά συνέπεια τη στατική ακεραιότητα και φέρουσα ικανότητα του μετά τα σεισμικά γεγονότα. Η σεισμική δράση σχεδιασμού εκφράζεται με:

α) την τιμή αναφοράς της σεισμικής δράσης που αντιστοιχεί στην τιμή αναφοράς της πιθανότητας υπέρβασης, P_{NCR} , σε 50 έτη ή σε εκείνη της περιόδου επαναφοράς, T_{NCR} . Οι συνιστώμενες τιμές είναι $P_{NCR} = 10\%$ για $T = 50$ έτη και $T_{NCR} = 475$ έτη.

β) τον συντελεστή σπουδαιότητας γ_I , ο οποίος εξαρτάται από την αξιοπιστία –στόχο και καθορίζεται από τις Εθνικές αρχές για τους διαφορετικούς τύπους κτιρίων ή έργων πολιτικού μηχανικού βάσει των συνεπειών της αστοχίας. Η διαφοροποίηση της αξιοπιστίας εφαρμόζεται μέσω της ταξινόμησης των φορέων σε διαφορετικές κατηγορίες σπουδαιότητας. Τα διαφορετικά επίπεδα αξιοπιστίας λαμβάνονται υπόψη με πολλαπλασιασμό της σεισμικής δράσης αναφοράς ή –εφόσον χρησιμοποιείται γραμμική ανάλυση– των αντίστοιχων εντατικών μεγεθών ή μετακινήσεων, με αυτόν τον συντελεστή σπουδαιότητας.

Όσον αφορά την απαίτηση σε περιορισμό των βλαβών, ο φορέας θα σχεδιάζεται και θα κατασκευάζεται για να αναλαμβάνει σεισμική δράση με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης από τη σεισμική δράση σχεδιασμού, χωρίς την εμφάνιση βλαβών και συνεπακόλουθους περιορισμούς χρήσης, οι δαπάνες των οποίων θα ήταν δυσανάλογα υψηλές σε σύγκριση με την δαπάνη του ίδιου του φορέα. Η σεισμική δράση που λαμβάνεται υπόψη για την "απαίτηση περιορισμού βλαβών" έχει πιθανότητα υπέρβασης, P_{DLR} , σε 10 έτη και περίοδο επαναφοράς, T_{DLR} . Ο συντελεστής μείωσης της σεισμικής δράσης σχεδιασμού που ορίζεται στην §4.4.3.2 (2) του Ευρωκώδικα 8 για τον έλεγχο της απαίτησης περιορισμού των βλαβών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της σεισμικής δράσης, λόγω έλλειψης ακριβέστερων πληροφοριών. Οι συνιστώμενες τιμές είναι $P_{DLR} = 10\%$ για $T = 10$ έτη και $T_{DLR} = 95$ έτη.

B) Κριτήρια συμμόρφωσης

1) Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι θεμελιώδεις απαιτήσεις της Α) , θα πρέπει να ελέγχονται οι ακόλουθες οριακές καταστάσεις:

Α) Οριακές καταστάσεις αστοχίας, οι οποίες συνδέονται με κατάρρευση ή άλλης μορφής δομικής αστοχίας και ενδέχεται να είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη ζωή.

Β) Καταστάσεις περιορισμού βλαβών, οι οποίες συνδέονται με βλάβες πέρα των οποίων δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις λειτουργικότητας.

2) Προκειμένου να περιορισθούν οι αβεβαιότητες και να επιτευχθεί η καλή συμπεριφορά των φορέων υπό την επίδραση σεισμικών δράσεων ισχυρότερων από τη σεισμική δράση σχεδιασμού, θα λαμβάνονται διάφορα μέτρα όπως:

α)Οι φορείς θα πρέπει να έχουν απλές και κανονικές μορφές τόσο σε κάτοψη, όσο και καθ' ύψος.

β)Για να εξασφαλίζεται πλάστιμη συμπεριφορά που προσφέρει απόδοση ενέργειας, θα αποφεύγεται η ψαθυρή αστοχία ή ο πρόωρος σχηματισμός ασταθών μηχανισμών.

γ) Η διαμόρφωση των λεπτομερειών του φορέα ως συνόλου και των περιοχών ή μελών αυτών, θα γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται η ικανότητα να μεταφέρει τις αναγκαίες δυνάμεις και να αποδίδει ενέργεια υπό ανακυκλικές συνθήκες.

δ)Η ανάλυση θα βασίζεται σε επαρκές δομικό προσομοίωμα, το οποίο όταν είναι αναγκαίο θα λαμβάνει υπόψη του την επιρροή της εδαφικής παραμορφωσιμότητας ή άλλων θεμάτων.

1.2.2 Χαρακτηριστικά αντισεισμικών κτηρίων

Οι αρχές που διέπουν την μελέτη διαμόρφωσης του φορέα είναι:

- απλότητα
- ομοιομορφία, συμμετρία και υπερστατικότητα
- αντοχή και δυσκαμψία στις δύο διευθύνσεις
- στρεπτική αντοχή και δυσκαμψία
- διαφραγματική δράση στα επίπεδα των ορόφων
- επαρκής θεμελίωση

Πιο αναλυτικά έχουμε για το καθένα από τα παραπάνω:

Όσον αφορά την απλότητα, ο φορέας πρέπει να χαρακτηρίζεται από σαφείς και άμεσες οδεύσεις μεταφοράς των σεισμικών δυνάμεων για να υπόκεινται ο φορέας σε μικρότερες αβεβαιότητες και να είναι η πρόβλεψη της σεισμικής συμπεριφοράς είναι πολύ πιο αξιόπιστη.

Η ομοιομορφία και η συμμετρία του φορέα είναι σημαντική τόσο σε κάτοψη όσο και καθ' ύψος διότι η μεν πρώτη προσφέρει ομαλή κατανομή των φερόντων στοιχείων και επιτρέπει την άμεση και βραχεία μεταφορά των αδρανειακών δυνάμεων που δρουν στις κατανεμημένες μάζες του κτηρίου. Εάν είναι απαραίτητο η ομοιομορφία αυτή μπορεί να επιτευχθεί με την υποδιαίρεση του κτηρίου σε δυναμικά ανεξάρτητες μονάδες, με την χρήση σεισμικών αρμών. Η δε ομοιομορφία καθ' ύψος οδηγεί στην αποφυγή δημιουργίας ευαίσθητων ζωνών, στις οποίες οι συγκεντρώσεις έντασης και ή οι μεγάλες απαιτήσεις πλαστιμότητας μπορούν να οδηγήσουν σε πρόωρη κατάρρευση.

Ο ομοιομορφία του φορέα προσφέρει επιπλέον την ομαλή συσχέτιση μεταξύ των μαζών και κατανομή της αντοχής και της δυσκαμψίας έτσι ώστε να αποφεύγονται οι μεγάλες εκκεντρότητες μεταξύ των κέντρων μάζας και δυσκαμψίας.

Η αντοχή και δυσκαμψία στις δύο διευθύνσεις είναι απαραίτητη διότι η οριζόντια σεισμική κίνηση είναι ένα διαξονικό φαινόμενο. Για αυτό το λόγο τα φέροντα στοιχεία πρέπει να διατάσσονται σε κάτοψη σε ορθογωνική διάταξη που εξασφαλίζει παρόμοια χαρακτηριστικά αντοχής και δυσκαμψίας και στις δύο κύριες διευθύνσεις. Η επιλογή των χαρακτηριστικών δυσκαμψίας πρέπει επιπλέον να περιορίζει την ανάπτυξη υπερβολικών μετακινήσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε αστάθεια λόγω αποτελεσμάτων δευτέρας τάξεως ή σε υπερβολικές βλάβες.

Εκτός από την μεταφορική αντοχή και δυσκαμψία, οι φορείς κτηρίων πρέπει να παρουσιάζουν επαρκή στρεπτική αντοχή και δυσκαμψία προκειμένου να περιορίζεται η ανάπτυξη των στρεπτικών κινήσεων που οδηγούν τα διάφορα φέροντα στοιχεία σε ανομοιομορφη καταπόνηση. Για αυτό το λόγο, καλό είναι τα κύρια στοιχεία που αναλαμβάνουν τη σεισμική δράση να είναι κατανεμημένα στην περίμετρο του κτηρίου.

Όσον αφορά τη διαφραγματική λειτουργία, οι δίσκοι στα επίπεδα των δαπέδων (συμπεριλαμβανομένου και του δώματος) παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη συνολική σεισμική συμπεριφορά του φορέα. Ενεργούν ως οριζόντια διαφράγματα που συλλέγουν και μεταφέρουν τις αδρανειακές δυνάμεις στα κατακόρυφα φέροντα συστήματα και εξασφαλίζουν ότι αυτά τα συστήματα συνεργάζονται αποτελεσματικά στην ανάληψη της οριζόντιας σεισμικής δράσης. Για αυτό το λόγο πρέπει να διαθέτουν επαρκή αντοχή και δυσκαμψία στο επίπεδο τους. (§4.2.1.5 EN1998)

Τέλος, η μελέτη και η κατασκευή των θεμελίων και η σύνδεση τους με την ανωδομή θα εξασφαλίζουν ότι ολόκληρο το κτήριο υπόκειται σε ομοιομορφη σεισμική δράση. Για φορείς που αποτελούνται από μεμονωμένα φέροντα τοιχώματα, που πιθανόν να διαφέρουν σε πλάτος και δυσκαμψία, πρέπει γενικά να επιλέγεται δύσκαμπτη κιβωτιοειδής ή κυψελοειδής θεμελίωση, που περιλαμβάνει πλάκα θεμελίωσης και πλάκα κάλυψης. Για κτήρια με μεμονωμένα στοιχεία θεμελίωσης (πέδιλα ή πασσάλους) συνίσταται η χρήση πλάκας θεμελίωσης ή χρήση συνδετήριων δοκών.

1.2.3 Κριτήρια για δομική κανονικότητα

Οι φορείς των κτηρίων ταξινομούνται σε κανονικούς ή μη-κανονικούς για την αντισεισμική μελέτη. Αυτή η διάκριση έχει επιπτώσεις στα ακόλουθα θέματα της σεισμικής μελέτης:

- στο στατικό προσομοίωμα, το οποίο μπορεί να είναι είτε απλουστευμένο επίπεδο προσομοίωμα ή χωρικό προσομοίωμα
- στην μέθοδο ανάλυσης, που μπορεί να είναι είτε απλουστευμένη ανάλυση φάσματος απόκρισης (μέθοδος οριζόντιας φόρτισης) ή ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης
- στην τιμή του συντελεστή q , που θα είναι μειωμένη για μη-κανονικά καθ' ύψος κτήρια

Τα χαρακτηριστικά κανονικότητας του κτηρίου σε κάτοψη και καθ' ύψος εξετάζονται ξεχωριστά όσον αφορά τις επιπτώσεις της κανονικότητας στην ανάλυση και τη μελέτη (Πίνακας 1). Η κανονικότητα ενός κτηρίου εξαρτάται από την κανονικότητα σε κάτοψη αλλά και καθ' ύψος.

Κανονικότητα σε		Επιτρεπόμενη απλοποίηση		Συντελεστής συμπεριφοράς
Κάτοψη	Όψη	Προσομοίωμα	Γραμμική-ελαστική ανάλυση	(για γραμμική ανάλυση)
Ναι	Ναι	Επίπεδο	Οριζόντια φόρτιση	Τιμή αναφοράς
Ναι	Όχι	Επίπεδο	Ιδιομορφική ανάλυση	Μειωμένη τιμή
Όχι	Ναι	Χωρικό	Οριζόντια φόρτιση	Τιμή αναφοράς
Όχι	Όχι	Χωρικό	Ιδιομορφική ανάλυση	Μειωμένη τιμή

Πίνακας 1: Επιπτώσεις κανονικότητας στην ανάλυση και στη μελέτη

Τα κριτήρια κανονικότητας που δίνονται στις επόμενες παραγράφους αποτελούν αναγκαίες συνθήκες που πρέπει να ισχύουν σε ένα κτήριο προκειμένου να αποδειχθεί η κανονικότητα του.

1.2.3.1 Κριτήρια για κανονικότητα σε κάτοψη

Για να χαρακτηριστεί ένα κτήριο ως κανονικό σε κάτοψη πρέπει να ικανοποιεί όλους τους παρακάτω όρους:

- Το κτήριο θα είναι κατά προσέγγιση συμμετρικό σε κάτοψη, σε σχέση με τους ορθογώνιους άξονες όσον αφορά την αντοχή σε οριζόντια φορτία
- Η διαμόρφωση της κάτοψης θα είναι συμπαγής, δηλαδή, κάθε πλάκα ορόφου θα οριοθετείται από κυρτή πολυγωνική γραμμή. Εάν υπάρχουν

ανωμαλίες στην περίμετρο (εισέχουσες γωνίες ή εσοχές στην περίμετρο), η κανονικότητα σε κάτοψη μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται, υπό τον όρο ότι οι ανωμαλίες αυτές δεν έχουν επιπτώσεις στην δυσκαμψία της πλάκας στο επίπεδο της και ότι, σε κάθε ανωμαλία, η περιοχή μεταξύ του περιγράμματος της πλάκας και της κυρτής πολυγωνικής γραμμής που περιβάλλει την πλάκα δεν υπερβαίνει 5% της επιφάνειας του ορόφου

- Η δυσκαμψία των πλακών ορόφων μέσα στο επίπεδο τους θα είναι αρκετά μεγάλης σε σύγκριση με την οριζόντια δυσκαμψία των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων, έτσι ώστε η παραμόρφωση την πλάκας να έχει μικρή επίδραση στην κατανομή των δυνάμεων μεταξύ των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων. Από αυτήν την άποψη, κατόψεις με μορφή L, Π, Η, Ι, και Χ πρέπει αν εξετάζονται προσεκτικά, ειδικότερα όσον αφορά την δυσκαμψία των κλάδων, προκειμένου να ικανοποιηθεί η συνθήκη άκαμπτου διαφράγματος
- Η λυγηρότητα του κτηρίου σε κάτοψη, $\lambda = L_{\max}/L_{\min}$, δεν θα είναι μεγαλύτερη του 4, όπου το L_{\max} και το L_{\min} είναι αντίστοιχα η μεγαλύτερη και η μικρότερη διάσταση του κτηρίου σε κάτοψη, μετρούμενη σε ορθογώνιες διευθύνσεις
- Σε κάθε επίπεδο και για κάθε διεύθυνση την ανάλυσης x και y , η στατική εκκεντρότητα e_o και η ακτίνα δυστρεψίας r πρέπει να ικανοποιούν τις δύο παρακάτω συνθήκες:
 - Διεύθυνση της ανάλυσης x : $e_{oy} \leq 0,30 \cdot r_y$
 $r_y \geq l_s$
 - Διεύθυνση της ανάλυσης y : $e_{ox} \leq 0,30 \cdot r_x$
 $r_x \geq l_s$

όπου e_{oy} , e_{ox} είναι η απόσταση μεταξύ του κέντρου δυσκαμψίας και του κέντρου μάζας, r_y , r_x είναι οι τετραγωνικές ρίζες του λόγου δυστρεψίας προς τη μεταφορική δυσκαμψία κατά x και y αντίστοιχα και l_s είναι η ακτίνα αδρανείας της μάζας της πλάκας ορόφου σε κάτοψη.

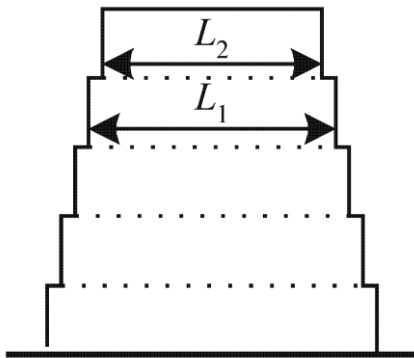
1.2.3.2 Κριτήρια για κανονικότητα καθ' ύψος

Για να χαρακτηριστεί ένα κτήριο ως κανονικό καθ' ύψος πρέπει να ικανοποιεί όλους τους παρακάτω όρους:

- Όλα τα συστήματα ανάλυσης οριζοντίων φορτίων θα είναι συνεχή χωρίς διακοπή από τα θεμέλια έως την άνω επιφάνεια του κτηρίου
- Η μεταφορική δυσκαμψία και η μάζα των επιμέρους ορόφων θα παραμένουν σταθερές ή θα μειώνονται βαθμιαία, χωρίς απότομες αλλαγές, από τη βάση προς την κορυφή του κτηρίου
- Σε κτήρια με πλαισιωτό σύστημα ο λόγος της πραγματικής αντοχής των ορόφων προς την αντοχή που απαιτείται από την ανάλυση δεν πρέπει να διαφέρει δυσανάλογα μεταξύ συνεχόμενων ορόφων

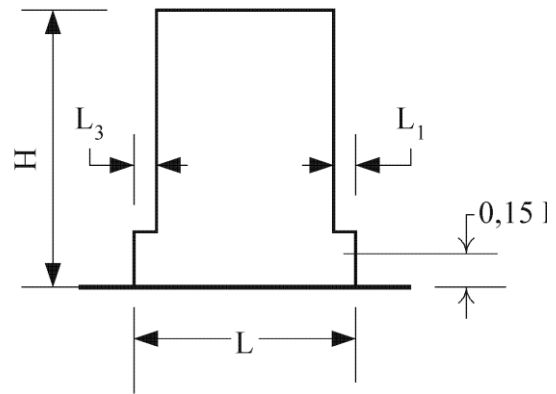
- Όταν υπάρχουν εσοχές, ισχύουν οι ακόλουθες πρόσθετες συνθήκες:
 - για βαθμιδωτές εσοχές που διατηρούν την αξονική συμμετρία του φορέα, η εσοχή σε οποιονδήποτε όροφο δεν θα είναι μεγαλύτερη από το 20% της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη στην διεύθυνση της εσοχής (Εικόνα 4 & 5)
 - για μεμονωμένη εσοχή μέσα σε ύψος μικρότερο από 15% του συνολικού ύψους του κύριου στατικού συστήματος, η εσοχή δεν θα είναι μεγαλύτερη από το 50% της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη (Εικόνα 6). Σε τέτοια περίπτωση το κάτω μέρος του φορέα που περιλαμβάνεται μέσα σε κατακόρυφη προβολή της περιμέτρου των ανωτέρων ορόφων πρέπει να μελετηθεί ώστε να αναλαμβάνει τουλάχιστον 75% των οριζοντίων τεμνουσών δυνάμεων που θα αναπτύσσονταν στην ίδια ζώνη σε παρόμοιο κτήριο χωρίς τη διεύρυνση του κάτω μέρους
 - εάν οι εσοχές δεν διατηρούν τη συμμετρία του φορέα, το άθροισμα των εσοχών όλων των ορόφων σε κάθε όψη δεν θα είναι μεγαλύτερο από το 30% της διάστασης της κάτοψης στο ισόγειο επάνω από την θεμελίωση ή επάνω από την άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου, και κάθε επιμέρους εσοχή δεν θα είναι μεγαλύτερη από το 10% της προηγούμενης διάστασης κάτοψης (Εικόνα 7).

Εικόνα 4



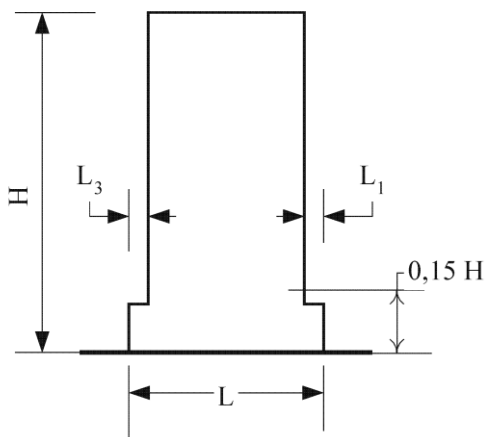
Κριτήριο: $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,20$

Εικόνα 5 (εσοχή πάνω από 0,15H)



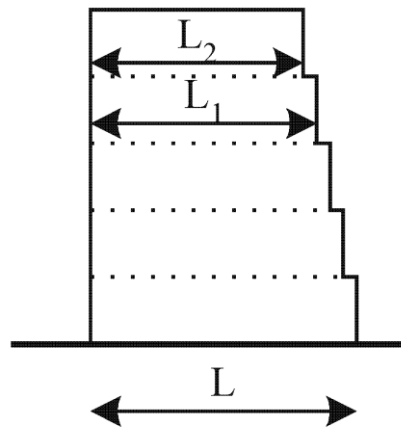
Κριτήριο: $\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0,20$

Εικόνα 6 (εσοχή κάτω από 0,15H)



Κριτήριο: $\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0,50$

Εικόνα 7



Κριτήρια: $\frac{L - L_2}{L} \leq 0,30$

$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,10$

1.2.4 Ανάλυση

Τυχηματικές στρεπτικές επιδράσεις

Προκειμένου να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες στη θέση των κέντρων μαζών και στη χωρική μεταβολή της σεισμικής κίνησης, το υπολογιζόμενο κέντρο μάζας σε κάθε όροφο θα θεωρείται ως μετατοπισμένο από την ονομαστική θέση του σε κάθε διεύθυνση κατά την ακόλουθη τυχηματική εκκεντρότητα:

$$e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i$$

όπου e_{ai} είναι η τυχηματική εκκεντρότητα του κέντρου μάζας ορόφου i από την ονομαστική θέση του, εφαρμοζόμενη στην ίδια διεύθυνση σε όλους τους ορόφους και L_i είναι η διάσταση του ορόφου, κάθετη προς την διεύθυνση της σεισμικής δράσης.

Μέθοδοι ανάλυσης

Τα σεισμικά αποτελέσματα και τα αποτελέσματα των άλλων δράσεων που περιλαμβάνονται στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού μπορούν να υπολογιστούν με βάση γραμμική – ελαστική συμπεριφορά του φορέα.

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φορέα του κτηρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας από τους ακόλουθους δύο τύπους γραμμικής-ελαστικής ανάλυσης:

- α) η "μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης" για κτήρια που ικανοποιούν τις συνθήκες που ακολουθούν στην επόμενη παράγραφο,
- β) η "ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης", η οποία μπορεί να εφαρμοστεί για όλους τους τύπους κτηρίων

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας ικανοποιούνται οι συνθήκες που απαιτούνται από την "μέθοδο ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης". Για αυτό το λόγο θα αναπτυχθεί μόνο αυτή η μέθοδος.

Μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης

Γενικά

Αυτός ο τύπος ανάλυσης μπορεί να εφαρμοστεί σε κτήρια η απόκριση των οποίων σε κάθε κύρια διεύθυνση δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις συμβολές ιδιομορφών ταλάντωσης υψηλότερων από τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο. Αυτή η απαίτηση ικανοποιείται σε ένα κτήριο εφόσον ισχύουν οι δύο παρακάτω όροι:

- α) έχει θεμελιώδη ιδιοπερίοδο ταλάντωσης T_1 , στις δύο κύριες διευθύνσεις, μικρότερη από τις ακόλουθες τιμές:

$$T_1 \leq 4 \cdot T_c \text{ και } T_1 \leq 2,0s$$

- β) ικανοποιούν τα κριτήρια κανονικότητας καθ' ύψος

Τέμνουσα δύναμη βάσης

Η σεισμική τέμνουσα δύναμη βάσης F_b , για κάθε οριζόντια διεύθυνση κατά την οποία μελετάται το κτήριο, θα καθορίζεται με χρήση της ακόλουθης έκφρασης:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda \quad \text{όπου}$$

$S_d(T_1)$: είναι η τετμημένη του φάσματος σχεδιασμού στην περίοδο T_1 ,

T_1 : είναι η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος ταλάντωσης του κτηρίου για οριζόντια κίνηση στην εξεταζόμενη διεύθυνση,

m : είναι η συνολική μάζα του κτηρίου πάνω από την θεμελίωση ή πάνω από την άνω επιφάνεια άκαμπτης βάσης, και

λ : είναι συντελεστής διόρθωσης, η τιμή του οποίου ισούται με:

$\lambda = 0,85$ εάν $T_1 < 2 T_C$ και το κτήριο έχει πάνω από δύο ορόφους ή $\lambda = 1,0$ σε κάθε άλλη περίπτωση.

Για τον υπολογισμό της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εκφράσεις:

α) Για κτήρια με ύψος μέχρι 40 m η τιμή T_1 (σε s) μπορεί να προσεγγιστεί με την ακόλουθη έκφραση: $T_1 = C_t \cdot H^{3/4}$ όπου:

- C_t : είναι 0,085 για χαλύβδινα πλαίσια, 0,075 για πλαίσια από σκυρόδεμα και χαλύβδινα πλαίσια με έκκεντρους δικτυωτούς συνδέσμους και 0,050 για κάθε άλλο φορέα,
- H : είναι το ύψος του κτιρίου, σε m, από την θεμελίωση ή από την άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου.

Εναλλακτικά, για φορείς με τοιχώματα από σκυρόδεμα ή από τοιχοποιία, η τιμή του C_t μπορεί να ληφθεί ως:

$$C_t = 0,075 / \sqrt{A_c}$$

Όπου
$$A_c = \sum \left[A_i \cdot (0,2 + (l_{wi} / H))^2 \right]$$

A_c : είναι η συνολική δρώσα επιφάνεια των τοιχωμάτων στον πρώτο όροφο του κτιρίου, σε m^2

A_i : είναι η δρώσα επιφάνεια της διατομής του τοιχώματος i στη θεωρούμενη κατεύθυνση στον πρώτο όροφο του κτιρίου, σε m^2

H : είναι το ύψος του κτιρίου, σε m, από την θεμελίωση ή από την άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου,

l_{wi} : είναι το μήκος του τοιχώματος i στον πρώτο όροφο σε διεύθυνση παράλληλη με την εφαρμοζόμενη φόρτιση, με τον περιορισμό ότι l_{wi}/H δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,9.

β) Εναλλακτικά, η εκτίμηση του T_1 (σε s) μπορεί να γίνει με τη χρήση της ακόλουθης έκφρασης:

$$T_1 = 2 \cdot \sqrt{d}$$

όπου

d : είναι η οριζόντια ελαστική μετακίνηση του δώματος του κτιρίου, σε m, υπό την δράση των φορτίων βαρύτητας εφαρμοζόμενων στην (εξεταζόμενη) οριζόντια διεύθυνση.

Κατανομή των οριζόντιων σεισμικών φορτίων

Τα σεισμικά εντατικά μεγέθη θα καθορίζονται με την εφαρμογή, στα δύο επίπεδα προσομοιώματα, οριζόντιων φορτίων F_i σε όλους τους ορόφους.

$$F_i = F_b \cdot \frac{s_i \cdot m_i}{\sum s_j \cdot m_j}$$

όπου

F_i : είναι το οριζόντιο φορτίο που ασκείται στον όροφο i ,

F_b : είναι η σεισμική τέμνουσα βάσεως,

s_i, s_j : είναι οι μετακινήσεις των μαζών m_i, m_j που αντιστοιχούν στην θεμελιώδη ιδιομορφή,

m_i, m_j : είναι οι μάζες ορόφων

Όταν η θεμελιώδης ιδιομορφή προσεγγίζεται από οριζόντιες μετακινήσεις που αυξάνονται γραμμικά με το ύψος, τα οριζόντια φορτία F_i θα λαμβάνονται από την έκφραση:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

Όπου:

z_i, z_j : είναι τα ύψη των μαζών m_i, m_j πάνω από το επίπεδο εφαρμογής της σεισμικής δράσης (θεμελίωση ή άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου).

Τα οριζόντια φορτία F_i που καθορίζονται σύμφωνα με την παρούσα θα κατανέμονται στο σύστημα ανάληψης οριζόντιων φορτίων υποθέτοντας ότι οι πλάκες των ορόφων είναι άκαμπτες στο επίπεδό τους.

Στρεπτικές επιδράσεις

Εάν η οριζόντια δυσκαμψία και η μάζα έχουν συμμετρική κατανομή σε κάτοψη και εφόσον η τυχηματική εκκεντρότητα δεν λαμβάνεται υπόψη με ακριβέστερη μέθοδο, οι τυχηματικές στρεπτικές επιδράσεις μπορούν να ληφθούν υπόψη πολλαπλασιάζοντας τα εντατικά μεγέθη και τις μετακινήσεις των επιμέρους φερόντων στοιχείων, επί συντελεστή δ :

$$\delta = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e} \quad (1)$$

όπου

x : είναι η απόσταση του εξεταζόμενου στοιχείου από το κέντρο μάζας του κτιρίου σε κάτοψη, μετρούμενη κάθετα προς την διεύθυνση της εξεταζόμενης σεισμικής δράσης

L_e : είναι η απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων φερόντων στοιχείων του συστήματος ανάληψης οριζόντιων φορτίων, μετρούμενη κάθετα προς την διεύθυνση της εξεταζόμενης σεισμικής δράσης

Εάν η ανάλυση εκτελείται σε δύο επίπεδα προσομοιώματα, ένα για κάθε κύρια οριζόντια διεύθυνση, οι στρεπτικές επιδράσεις μπορούν να καθοριστούν

διπλασιάζοντας την τυχηματική εκκεντρότητα e_{ai} , με τον συντελεστή 0,6 της έκφρασης (1) αυξημένο σε 1,2.

1.2.5 Τύποι δομητικών συστημάτων

Τα κτήρια από σκυρόδεμα θα κατατάσσονται σε έναν από τους ακόλουθους τύπους δομητικών συστημάτων, ανάλογα με τη συμπεριφορά τους υπό τις οριζόντιες σεισμικές δράσεις:

α) *πλαισιωτό σύστημα*, όπου τόσο τα κατακόρυφα όσο και τα οριζόντια φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από τα χωρικά πλαίσια των οποίων η διατμητική αντοχή στην βάση του κτηρίου δεν υπερβαίνει το 65% την συνολικής διατμητικής αντοχής του όλου συστήματος.

β) *διπλό σύστημα (ισοδύναμο με πλαισιωτό ή με σύστημα τοιχωμάτων)*, όπου τα κατακόρυφα φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από ένα χωρικό πλαίσιο και η αντοχή σε οριζόντια φορτία παρέχεται εν μέρει από το πλαισιωτό σύστημα και εν μέρει από φέροντα τοιχώματα, συζευγμένα ή όχι. Εάν η διατμητική αντοχή των πλαισίων του κτηρίου στη βάση του κτηρίου είναι μεγαλύτερη του 50% της συνολικής διατμητικής αντοχής, τότε το σύστημα ονομάζεται διπλό σύστημα ισοδύναμο προς πλαισιωτό, ενώ αν η διατμητική αντοχή των τοιχωμάτων του κτηρίου είναι μεγαλύτερη από το 50% της συνολικής σεισμικής αντοχής τότε το σύστημα ονομάζεται διπλό σύστημα ισοδύναμο με σύστημα τοιχωμάτων.

γ) *σύστημα πλάστιμων τοιχωμάτων (συζευγμένων ή όχι)*, όπου τόσο τα κατακόρυφα όσο και τα οριζόντια φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από τα κατακόρυφα φέροντα τοιχώματα, με ή χωρίς σύζευξη, των οποίων η διατμητική αντοχή στην βάση του κτηρίου υπερβαίνει το 65% της συνολικής διατμητικής αντοχής όλου του συστήματος.

δ) *σύστημα μεγάλων ελαφρά ωπλισμένων τοιχωμάτων*, όπου στο κτήριο υπάρχουν τοιχώματα με μεγάλες διαστάσεις διατομής, δηλαδή την μία οριζόντια διάσταση l_w τουλάχιστον ίση με 4 m ή τα δύο τρίτα του ύψους h_w του τοιχώματα, όποιο είναι μικρότερο. Αυτά τα τοιχώματα αναμένεται να αναπτύξουν περιορισμένη ρηγμάτωση και μετελαστική συμπεριφορά υπό τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

ε) *σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς*, όπου το 50% ή περισσότερο της μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους του φορέα, ή στο οποίο η απόδοση ενέργειας λαμβάνει χώρα κυρίως στη βάση ενός μεμονωμένου κτηριακού στοιχείου.

ζ) *στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα*, διπλό σύστημα ή σύστημα τοιχωμάτων που δεν διαθέτει μια ελάχιστη τιμή στρεπτικής δυσκαμψίας.

Τα κτήρια επιτρέπεται να κατατάσσονται σε έναν τύπο δομητικού συστήματος στη μια διεύθυνση και σε διαφορετικό στην άλλη, με εξαίρεση τα κτήρια που ανήκουν στον τύπο των στρεπτικά εύκαμπτων συστημάτων.

1.2.6 Δείκτες συμπεριφοράς για οριζόντιες σεισμικές δράσεις

Ο δείκτης συμπεριφοράς q είναι μια προσέγγιση του λόγου των σεισμικών δυνάμεων στις οποίες θα υποβαλλόταν ο φορέας εάν η απόκριση του ήταν απεριόριστα ελαστική με ιξώδη απόσβεση 5%, προς τις σεισμικές δυνάμεις που προκύπτουν από το προσομοίωμα για ελαστική ανάλυση. Η τιμή του δείκτη συμπεριφοράς q μπορεί να είναι διαφορετική για κάθε οριζόντια διεύθυνση του φορέα, αλλά η κατηγορία πλαστιμότητας θα είναι η ίδια σε όλες τις διευθύνσεις. Η ανώτατη τιμή αυτού του δείκτη μπορεί να υπολογιστεί για κάθε διεύθυνση ως εξής:

$$q = q_0 k_w \geq 1,5$$

Όπου q_0 είναι η βασική τιμή του δείκτη συμπεριφοράς, που εξαρτάται από τον τύπο του συστήματος και την κανονικότητα καθ' ύψος του κτηρίου και k_w είναι ένας συντελεστής που εκφράζει την επικρατούσα μορφή αστοχίας σε συστήματα με τοιχώματα.

Για κτήρια κανονικά καθ' ύψος, οι βασικές τιμές του q_0 δίνονται στον Πίνακα 2.

ΤΥΠΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Πλαισιωτό σύστημα, διπλό σύστημα, σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων	$3,0\alpha_u/\alpha_1$	$4,5\alpha_u/\alpha_1$
Σύστημα ασύζευκτων τοιχωμάτων	3,0	$4,0\alpha_u/\alpha_1$
Στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα	2,0	3,0
Σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς	1,5	2,0

Πίνακας 2: Βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q_0 , για συστήματα κανονικά καθ' ύψος

Για κτήρια μη κανονικά καθ' ύψος, η τιμή του q_0 πρέπει να μειώνεται κατά 20%. Τα α_1 και α_u ορίζονται ως εξής:

α_1 : είναι η τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστεί η οριζόντια σεισμική δράση σχεδιασμού ώστε για πρώτη φορά η καμπτική επιπόνηση να γίνει ίση με τη καμπτική αντοχή σε οποιοδήποτε στοιχείο του φορέα, ενώ όλες οι άλλες δράσεις σχεδιασμού παραμένουν σταθερές,

α_u : είναι η τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστεί η οριζόντια σεισμική δράση σχεδιασμού για να αναπτυχθούν πλαστικές αρθρώσεις σε τόσες θέσεις ώστε να σχηματιστεί πλήρως πλαστικός μηχανισμός, ενώ όλες οι άλλες δράσεις σχεδιασμού παραμένουν σταθερές. Ο συντελεστής α_u μπορεί να υπολογιστεί από μη-γραμμική στατική ανάλυση.

Για κτήρια κανονικά σε κάτοψη μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω προσεγγιστικές τιμές, όταν δεν έχει υπολογιστεί με ειδικό τρόπο ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής α_u/α_1 :

α) Πλαισιωτά συστήματα ή ισοδύναμα προς πλαισιωτά διπλά συστήματα.

- μονώροφα κτίρια: $\alpha_u/\alpha_1=1,1$
- πολυώροφα δίστυλα πλαισιωτά κτίρια: $\alpha_u/\alpha_1=1,2$
- πολυώροφα πολύστυλα πλαισιωτά κτίρια ή ισοδύναμα προς αυτά διπλά συστήματα: $\alpha_u/\alpha_1=1,3$.

β) Συστήματα τοιχωμάτων ή ισοδύναμα προς αυτά διπλά συστήματα.

- Συστήματα τοιχωμάτων με μόνον δύο ασύζευκτα τοιχώματα σε κάθε οριζόντια διεύθυνση: $\alpha_u/\alpha_1=1,0$
- Άλλα συστήματα ασύζευκτων τοιχωμάτων: $\alpha_u/\alpha_1=1,1$
- Ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα ή συστήματα συζευγμένων τοιχωμάτων: $\alpha_u/\alpha_1=1,2$.

Για κτήρια μη κανονικά σε κάτοψη, η προσεγγιστική τιμή του α_u/α_1 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αν δεν γίνει ειδικός υπολογισμός για την αποτίμηση του, είναι ίση με τη μέση τιμή μεταξύ (α) 1.0 και (β) της τιμής που δίνεται στην παραπάνω παράγραφο.

Υψηλότερες τιμές από αυτές που δίνονται παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον επιβεβαιώνονται από μη-γραμμική ανάλυση. Η μέγιστη τιμή του α_u/α_1 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη είναι 1,5.

Ο συντελεστής k_w που εκφράζει την κυριαρχούσα μορφή αστοχίας σε συστήματα με τοιχώματα θα υπολογίζεται ως εξής:

$$k_w = \left\{ \begin{array}{l} 1,00, \text{ για πλαισιωτά και ισοδύναμα προς πλαισιωτά συστήματα τοιχωμάτων} \\ (1 + \alpha_o)/3 \leq 1, \text{ αλλά όχι μικρότερη από } 0,5, \text{ για συστήματα τοιχωμάτων,} \\ \text{ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα και στρεπτικά εύστρεπτα} \\ \text{συστήματα} \end{array} \right.$$

όπου α_o είναι η δεσπόζουσα τιμή του λόγου πλευρών (στην κύρια όψη). Εάν οι λόγοι πλευρών h_{wi}/l_{wi} όλων των τοιχωμάτων i του συστήματος δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές, η δεσπόζουσα τιμή του λόγου πλευρών μπορεί να υπολογιστεί από την έκφραση:

$$\alpha_o = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$$

όπου h_{wi} είναι το ύψος του τοιχώματος i και l_{wi} είναι το μήκος της διατομής του τοιχώματος i .

1.2.7 Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία

Ο φέρων οργανισμός ενός κτηρίου αποτελείται από κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία τα οποία φέρουν τα φορτία βαρύτητας και παράλληλα συμμετέχουν και στην ανάληψη των οριζόντιων φορτίων λόγω των σεισμικών δράσεων.

Αυτή η συμμετοχή των στοιχείων του φορέα στην αντισεισμική συμπεριφορά του κτηρίου μπορεί να είναι σημαντική έως αμελητέα, δηλαδή αρκετά περιορισμένη έτσι ώστε να μπορεί να αγνοηθεί. Για αυτό το λόγο τα φέροντα στοιχεία διακρίνονται σε Πρωτεύοντα/Κύρια και Δευτερεύοντα με σημαντική ή περιορισμένη, αντιστοίχως, συμμετοχή στη γενική απόκριση του φέροντος οργανισμού του κτηρίου.

Η διάκριση αυτή των στοιχείων είναι δυναμική και όχι υποχρεωτική και ισχύει εφόσον ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- Πρωτεύοντα/Κύρια σεισμικά μέλη: Έτσι ορίζονται τα περισσότερα σεισμικά μέλη τα οποία περιλαμβάνονται στο προσομοίωμα για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και ελέγχονται πλήρως και διαμορφώνονται με κατάλληλες λεπτομέρειες, κατά τον ΕΚ 8, έτσι ώστε να προσφέρουν αξιόπιστη αντίσταση στο σεισμό.
- Δευτερεύοντα σεισμικά μέλη: Έτσι ορίζονται περιορισμένα σε πλήθος μέλη, τα οποία δεν θεωρούνται ως τμήματα του φέροντος οργανισμού του κτηρίου και των οποίων η αντίσταση σε σεισμό αγνοείται. Αυτά τα στοιχεία, είτε είναι οριζόντια μέλη είτε κατακόρυφα, δεν χρειάζεται να συμμορφώνονται με όλους του κανονισμούς του ΕΚ 8. Αρκεί τόσο αυτά όσο και οι συνδέσεις τους να ελέγχονται και οι λεπτομέρειες τους να διαμορφώνονται έτσι ώστε να διατηρούν την ικανότητα τους έναντι κατακόρυφων φορτίων υπό τις μετακινήσεις, στροφές, κλπ. που προκαλούνται κατά τον σεισμό, με κατάλληλη πρόβλεψη έναντι των φαινομένων δευτέρας τάξεως.

Ο χαρακτηρισμός τους αυτός δεν επιτρέπεται να μεταβάλλει την ταξινόμηση του κτηρίου από μη-κανονικό σε κανονικό. Η συνολική συνεισφορά όλων των δευτερευόντων στοιχείων στην οριζόντια δυσκαμψία και δυστημψία δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15% της αντίστοιχης συνεισφοράς των πρωτευόντων στοιχείων.

Τα δευτερεύοντα μέλη σχεδιάζονται μόνο για αντοχή και όχι για απόδοση υστερητικής ενέργειας σε αντίθεση με τα πρωτεύοντα. Έτσι αυτά τα στοιχεία σχεδιάζονται ουσιαστικά με βάση τον ΕΚ 2, αλλά για την ένταση και τις μετακινήσεις, στροφές, κλπ. κατά τον σεισμό σχεδιασμού με βάση τον ΕΚ 8. Για αυτά τα στοιχεία δεν τίθεται θέμα ικανοτικού σχεδιασμού, ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων, περίσφιγξης κλπ., χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν διαθέτουν πλαστιμότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΑΠΟ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ- ΠΛΑΣΤΙΜΑ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΑ
ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

2.1 Τοιχώματα

Γενικά στοιχεία- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κτηρίων με τοιχώματα

Τα τοιχώματα χρησιμοποιούνται για την ανάληψη τόσο των κατακόρυφων φορτίων των κτηρίων όσο και των οριζόντιων λόγω των σεισμικών δράσεων. Οι οριζόντιες δράσεις μεταβιβάζονται στα τοιχώματα μέσω της σύνδεσης με τις πλάκες και τις δοκούς, εφόσον σε αυτές υπάρχει διαφραγματική λειτουργία.

Ένα από τα πλεονεκτήματά τους έναντι των συστημάτων με πλαίσια είναι η σημαντική αύξηση της αντοχής των κτηρίων που τα συμπεριλαμβάνουν λόγω της μεγάλης δυσκαμψίας και δυστημψίας που διαθέτουν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των φαινομένων 2^{ης} τάξεως (P-Δ) λόγω λυγισμού και την μικρή ευαισθησία έναντι γενικών ή τοπικών προβλημάτων από την ύπαρξη τοιχοπληρώσεων, λοιπών μη-φερόντων στοιχείων κλπ.. Παράλληλα η μεγάλη δυσκαμψία που προσφέρουν τα τοιχώματα μειώνει: α) τις μεγάλες μετακινήσεις των ορόφων με αποτέλεσμα τη μείωση των βλαβών των μη-φερόντων στοιχείων και την μείωση των βλαβών σε περίπτωση συχνότερου/ασθενέστερου σεισμού και β) τις μεγάλες επιταχύνσεις των ορόφων οι οποίες δημιουργούν ψυχολογικό «σοκ» στον κόσμο που βρίσκεται μέσα στα κτήρια. Ειδικά για τα κτήρια με μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά προσφέρουν πρόσθετες "αντιστάσεις" και "σταθεροποιητικά" φαινόμενα (βλ. και στα επόμενα).

Όσον αφορά τη φέρουσα ικανότητα των κτηρίων με τοιχώματα μετά τη ρηγμάτωση, έχει παρατηρηθεί ότι παρουσιάζουν σημαντική φέρουσα ικανότητα μετά την ρηγμάτωση σε αντίθεση με τα πλαίσια κτήρια τα οποία δεν συμπεριφέρονται αντίστοιχα και χάνουν τη φέρουσα ικανότητα. Εκτός από αυτό, είναι πιο εύκολο να κατασκευαστούν πλαστικά τοιχώματα παρά πλαστικά πλαίσια, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις ελληνικές συνθήκες.

Επιπλέον, τα κτήρια με συστήματα τοιχωμάτων παρουσιάζουν πιο αξιόπιστη συμπεριφορά έναντι των συστημάτων με πλαίσια διότι: α) αποφεύγεται ο κίνδυνος σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων σε έναν όροφο εφόσον στα τοιχώματα προβλέπεται δημιουργία πλαστικής άρθρωσης μόνο στη βάση τους, β) η επιρροή των ασύμμετρα διατεταγμένων τοιχοπληρώσεων είναι μικρότερη με αποτέλεσμα οι αβεβαιότητες της συνεισφοράς στην γενική αντοχή και στην δυσκαμψία να μειώνονται και στις περισσότερες των περιπτώσεων λόγω της μικρής έκτασης των τοιχοπληρώσεων να αγνοούνται στην προσομοίωση, γ) έχουν μικρότερη ευαισθησία έναντι "κακοτεχνιών" που μπορούν να υπάρξουν κατά την κατασκευή του κτηρίου και μπορούν να αφορούν τις λεπτομέρειες όπλισης αλλά και τα υλικά (π.χ. το σκυρόδεμα κλπ.), δ) διαθέτουν εξαιρετική προστασία έναντι κατάρρευσης εφόσον είναι φυσικός αδύνατος ο σχηματισμός "μηχανισμού ορόφου", με βλάβες στα άκρα όλων των υπολοίπων κατακόρυφων στοιχείων.

Τέλος, τα τοιχώματα στα κτήρια αποτελούν και τα κατεξοχήν κύρια/πρωτεύοντα στοιχεία του φέροντα οργανισμού. Έτσι, τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία του σκελετού μπορούν να ελεγχθούν και να διαστασιοποιηθούν ως δευτερεύοντα (υπό σεισμό), με σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο με τον Ευρωκώδικα 8. Γενικά, οι κατασκευές με τοιχώματα θεωρούνται οικονομικότερη

λύση για αντισεισμικές κατασκευές και ειδικά για κτήρια με μικρότερο αριθμό ορόφων (π.χ. μέχρι 4) και με υπόγειο (ή υπόγεια), για λόγους θεμελίωσης.

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν τα τοιχώματα είναι η μη επαρκής πλαστιμότητα (μ_δ ή μ_ϕ) λόγω της επιρροής της τέμνουσας δύναμης, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη μικρότερη υπεραντοχή (α_u/α_1) και το σχεδιασμό κτηρίων με μικρούς δείκτες συμπεριφοράς q . Επιπλέον, η συμπεριφορά των τοιχωμάτων υπό το σεισμό έχει αυξημένες αβεβαιότητες, εφόσον τα πειραματικά και θεωρητικά δεδομένα είναι λιγότερα, ενώ τα προσομοιώματα είναι πιο πολύπλοκα, ιδίως για στοιχεία με ανοίγματα ή με σύνθετο σχήμα. Επίσης, τα θέματα της "γεωμετρικής μη-γραμμικότητας" είναι δύσκολα και δεν μπορούν να καλυφθούν με απλούς και πρακτικούς κανόνες.

Η περιορισμένη ανακατανομή της έντασης και οι περιορισμένες "γραμμές άμυνας" λόγω του μικρού πλήθους στοιχείων (ανά κατεύθυνση), τα οποία έχουν σαν αποτέλεσμα τη μικρή δυνατότητα ανακατανομής και τη μικρή υπερστατικότητα, αποτελούν άλλα μειονεκτήματα των τοιχωμάτων. Επιπλέον, υπάρχει ανάγκη για καλύτερη κατανομή των κυρίων στοιχείων στην κάτοψη. Απαιτείται συμμετρία στην κατανομή των στοιχείων παρόμοιου μήκους και η αποφυγή εκκεντροτήτων ή στρεπτικής ευαισθησίας, ενώ καλό είναι να μη γίνεται αποκλειστική χρήση τοιχωμάτων. Είναι προτιμότερο, από στατικής/αντισεισμικής αλλά και από οικονομικής άποψης, να υπάρχουν και υποστυλώματα με δοκούς, τα οποία θα μεταφέρουν ένα σημαντικό ποσοστό των φορτίων βαρύτητας.

Μπορούν να δημιουργηθούν, επίσης, τυχόν αρχιτεκτονικά προβλήματα λόγω της μονιμότητας των τοιχωμάτων, σε αντίθεση με τα πλαίσια τα οποία προσφέρουν μεγαλύτερο φάτνωμα προς εκμετάλλευση και τοποθέτηση της τοιχοποιίας και άρα αρχιτεκτονικά συμφέρουν περισσότερο. Αρχιτεκτονικοί περιορισμοί υπάρχουν επίσης ιδιαίτερος στις όψεις των κτηρίων. Τα κάθε είδους ανοίγματα συνεπάγονται προβλήματα στη συμπεριφορά και στο σχεδιασμό του κτηρίου.

Οι δύο βασικές κατηγορίες τοιχωμάτων είναι τα πλάστιμα τοιχώματα (κάτω πακτωμένα) που μπορούν να σχεδιασθούν για μέση και υψηλή κατηγορία πλαστιμότητας και τα μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα (ΤΜΕΟ) τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν μόνο για μέση κατηγορία πλαστιμότητας. Η βασική τους διαφορά έγκειται στην πλαστιμότητα που μπορούν να αναπτύξουν σε ένα σεισμό και στις υπεραντοχές που παρουσιάζουν μετά τη διαρροή. Τα πλάστιμα τοιχώματα αναπτύσσουν πιο πλάστιμη συμπεριφορά και μπορούν να σχεδιασθούν με μεγαλύτερους συντελεστές συμπεριφοράς q σε σχέση με τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα που αναφέρονται σε αυτή τη διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών τοιχωμάτων, σχηματικώς.



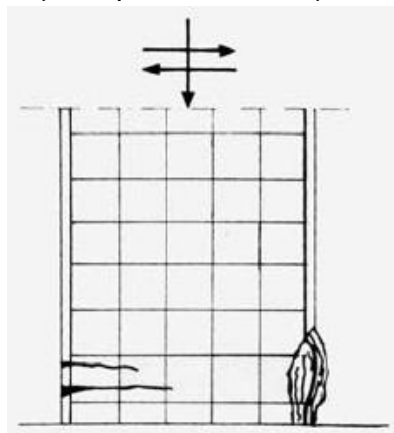
Διάγραμμα 1 : Διαφορά μεταξύ ενός μεγάλου ελαφρά οπλισμένου τοιχώματος σε μέση κατηγορία πλαστιμότητας και ενός πλάστιμου τοιχώματος σε υψηλή κατηγορία πλαστιμότητας, όπου $\alpha_u/\alpha_1=1,0\div1,2(1,5)$

2.2 Μορφές αστοχίας τοιχωμάτων

Αν οι ακραίες περιοχές έχουν επαρκή περίσφιγξη, δηλαδή κρυφοκολώνες με πυκνούς συνδετήρες, τότε τα τοιχώματα διαθέτουν υψηλή πλαστιμότητα αντίστοιχη των υποστλωμάτων. Η αύξηση του ποσοστού του κατακόρυφου οπλισμού στον κορμό μειώνει (γενικώς) την διαθέσιμη πλαστιμότητα, ενώ η συγκέντρωση του κατακόρυφου οπλισμού στα άκρα αυξάνει την πλαστιμότητα και την αντοχή.

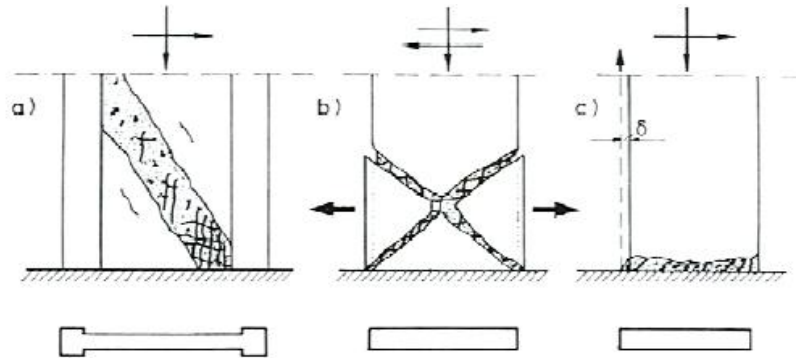
Οι συνήθεις μορφές αστοχίας υπό ανακυκλική ένταση είναι:

- Οριζόντια ρηγμάτωση τμήματος της διατομής του πόδα, αποφλοίωση του σκυροδέματος στο άλλο άκρο και λυγισμός των ράβδων του κατακόρυφου οπλισμού, η οποία είναι καμπτικού τύπου αστοχία (Εικόνα 1).



Εικόνα 8: Βλάβη καμπτικού τύπου

- Αστοχία από θλίψη (συντριβή) του σκυροδέματος του κορμού. Αυτή η μορφή αστοχίας οφείλεται στον μη επαρκή σχεδιασμό έναντι τέμνουσας και εκτός από την αστοχία από θλίψη του κορμού του σκυροδέματος άλλες μορφές αυτής της αστοχίας μπορούν να είναι ο διαγώνιος εφελκυσμός εφόσον δεν υπάρχουν επαρκείς οριζόντιοι ράβδοι ή η διατμητική ολίσθηση κατά μήκος ανοικτής καμπτικής ρωγμής που μπορεί να οφείλεται σε ισχυρή ανακυκλιζόμενη τέμνουσα ή/και σε κακότεχνη κατασκευή των αρμών διακοπής των εργασιών (Εικόνα 2).



Εικόνα 9: Μορφές αστοχίας λόγω τέμνουσας

2.3 Πλάστιμα τοιχώματα, λυγηρά ή χθαμαλά

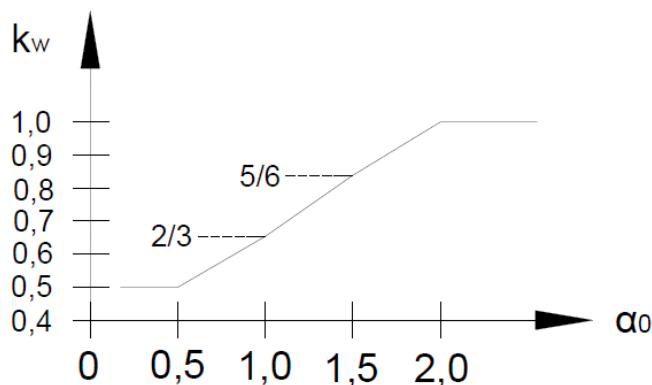
Γενικά στοιχεία

Είναι τα τοιχώματα τα οποία είναι πακτωμένα στη βάση τους έτσι ώστε να αποτρέπεται η σχετική περιστροφή της βάσης σε σχέση με την θεμελίωση και η ανύψωση των μαζών. Αυτό προϋποθέτει ότι, υπό οριζόντια σεισμική φόρτιση, το τοίχωμα δρα κατά κύριο λόγο ως καμπτικός πρόβολος. Ελέγχονται και διαμορφώνονται με ειδικές λεπτομέρειες ώστε να αποδίδεται ενέργεια σε μια ζώνη καμπτικής πλαστικής άρθρωσης η οποία πρέπει να είναι απαλλαγμένη από ανοίγματα ή μεγάλες οπές. Τυχαία ανοίγματα πρέπει γενικά να αποφεύγονται, εκτός και αν η επιρροή τους λαμβάνεται καταλλήλως υπόψη.

Τα τοιχώματα κατατάσσονται σε λυγηρά και χθαμαλά με όριο να είναι το 2 όσο αφορά το λόγο πλευρών. Η δεσπόζουσα τιμή του λόγου πλευρών δίνεται από τον τύπο $\alpha_0 = \Sigma h_w / \Sigma l_w$, ενώ ο λόγος πλευρών κάθε τοιχώματος δίνεται από τον τύπο $\alpha = h_w / l_w$.

Παρακάτω δίνεται ένα διάγραμμα, το οποίο μας δείχνει πως διαμορφώνεται ο συντελεστής k_w (που επηρεάζει την τιμή του q) συναρτήσει της δεσπόζουσας τιμής του λόγου πλευρών των τοιχωμάτων α_0 . Στον κατακόρυφο άξονα έχουμε το k_w ενώ στον οριζόντιο το α_0 . Το k_w εκφράζει την επικρατούσα μορφή αστοχίας και δίνεται από τον τύπο $k_w = 0,5 \leq (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1,0$.

- Λυγηρά τοιχώματα: $\alpha > 2$ (§5.4.2.4 (4)Α ΕΚ 8)
- Χθαμαλά τοιχώματα: $\alpha \leq 2$ (§5.5.2.4.2 (1)Α ΕΚ 8)



Διάγραμμα 2: Συντελεστής k_w συναρτήσει της δεσπόζουσας τιμής του λόγου πλευρών α_0 (Μ. Χρονόπουλος, ΕΩΣ/ΕΜΠ, σημειώσεις για τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα)

Όσον αφορά την κατηγορία πλαστιμότητας, τα κτήρια που διαθέτουν πλάστιμα τοιχώματα μπορούν να καταταγούν στην κατηγορίας μέσης και υψηλής πλαστιμότητας, ενώ το σύστημα στο οποίο μπορούν να ανήκουν είναι σε αμιγή συστήματα τοιχωμάτων ή σε υβριδικά συστήματα, διπλά ή μικτά. Απαγορεύεται όμως να ανήκουν σε στρεπτικά ευαίσθητα συστήματα. Επιπλέον, απαγορεύεται σε όποια κατηγορία πλαστιμότητας και αν ανήκει το κτήριο να υπάρχουν ασυνεχή τοιχώματα (φυτευτά) εδραζόμενα σε δοκούς ή πλάκες.

Απαιτήσεις υλικών και γεωμετρίας

Για κατηγορία μέσης πλαστιμότητας

- Ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος: C16/20
- Χάλυβας B500C ή B500B (με προσοχή)

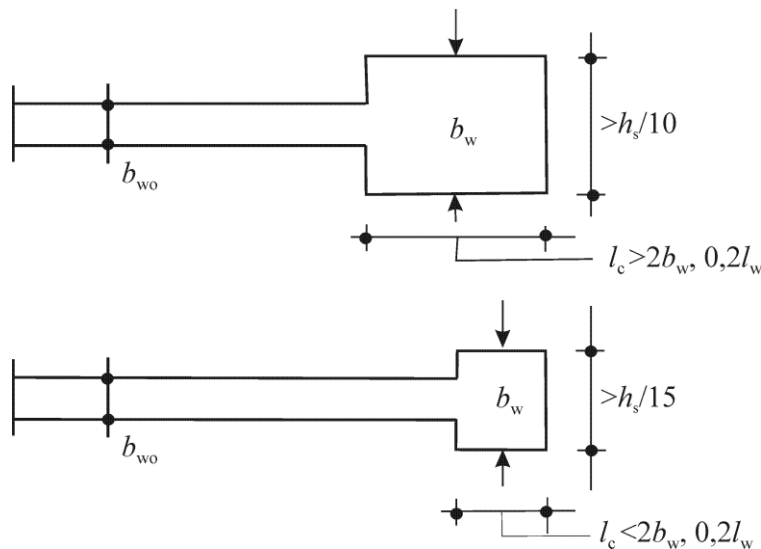
Για κατηγορία υψηλής πλαστιμότητας

- Ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος C20/25
- Χάλυβας B500C

Για οποιαδήποτε κατηγορία πλαστιμότητας το ελάχιστο πάχος του κορμού του τοιχώματος θα δίνεται από τον τύπο: $b_{wo} \geq \max(0,15m; h_s(m)/20)$, όπου $h_s(m)$ το καθαρό ύψος του ορόφου.

Όσον αφορά το πάχος των περισφιγμένων άκρων, για οποιαδήποτε κατηγορία πλαστιμότητας, θα ισχύει: $b_w \geq 0,20 m$ και $b_w \geq h_s(m)/15$ ή 10, αναλόγως του l_c (Εικόνα 3).

- Αν $l_c < (0,2l_w; 2b_w)$ τότε $b_w \geq h_s/15$
- Αν $l_c > (0,2l_w; 2b_w)$ τότε $b_w \geq h_s/10$



Εικόνα 10: Ελάχιστο πάχος περισφιγμένων στοιχείων άκρων

Εντατικά μεγέθη

Οι αβεβαιότητες της ανάλυσης και της επιρροής των μετελαστικών δυναμικών επιδράσεων πρέπει να λαμβάνονται καταλλήλως υπόψη μέσω διάφορων διατάξεων που αφορούν τις περιβάλλουσες ροπών κάμψεως σχεδιασμού και τους συντελεστές μεγέθυνσης των τεμνουσών δυνάμεων, αναλόγως του τύπου του τοιχώματος (λυγηρό, χθαμαλό) και της κατηγορίας πλαστιμότητας. Για οποιαδήποτε κατηγορία πλαστιμότητας, επιτρέπεται ανακατανομή έως και 30 % των σεισμικών εντατικών μεγεθών, εφόσον δεν μειώνεται η συνολική αντοχή, χωρίς σημαντική επιρροή στον λόγο M/V . Σε συζευγμένα τοιχώματα επιτρέπεται ανακατανομή έως 20% των σεισμικών εντατικών μεγεθών μέσω των δοκών σύζευξης διαφορετικών ορόφων. Οι διατάξεις που ισχύουν για κάθε κατηγορία τοιχώματος, λυγηρό ή χθαμαλό, αναφέρονται στον ΕΚ8 §5.4.2.4.

Διαστασιολόγηση και διαμόρφωση λεπτομερειών όπλισης για επιπλέον απαιτήσεις πλαστιμότητας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τη μέση κατηγορία πλαστιμότητας και για αυτό το λόγο οι επόμενες διατάξεις αφορούν μόνο αυτή την κατηγορία.

Σε κύρια σεισμικά τοιχώματα η τιμή του ανηγμένου αξονικού φορτίου v_d δεν θα υπερβαίνει την τιμή 0,4.

Ο κατακόρυφος οπλισμός του κορμού θα λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της καμπτικής αντοχής του τοιχώματος. Οι απαιτήσεις για τους διάφορους τύπους οπλισμών υπάρχουν στο κεφάλαιο με τον Ευρωκώδικα 2 της παρούσας διπλωματικής.

2.4 Μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων ακολουθεί γενικώς τις διατάξεις του σχεδιασμού και της διαστασιολόγησης των πλάστιμων τοιχωμάτων. Υπάρχουν όμως και κάποιες ιδιαίτερες ή πρόσθετες διατάξεις όσον αφορά τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, οι οποίες διαφοροποιούν τις δύο αυτές κατηγορίες τοιχωμάτων, και οι οποίες αναφέρονται στο κεφάλαιο με τις ιδιαιτερότητες των τοιχωμάτων αυτών της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ (ΤΜΕΟ), ΟΙ ΙΔΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥΣ

3.1 Γενικά στοιχεία

Ορίζονται ως «ελαφρώς οπλισμένα» επειδή το μεγάλο μήκος και ποσοστό της επιφάνειας των τοιχωμάτων ελαχιστοποιεί το ποσοστό του οπλισμού (και των συνδετήρων) σε αυτά τα τοιχώματα. Έρευνες έχουν δείξει ότι μια αύξηση στο ποσοστό της επιφάνειας των τοιχωμάτων μειώνει τις απαιτήσεις των τάσεων και το ποσοστό του οπλισμού που τοποθετείται στα μέλη. Ο Ευρωκώδικας 8 δεν παρέχει ξεκάθαρες προδιαγραφές όσον αφορά ιδιαίτερες απαιτήσεις για τον ελάχιστο διαμήκη και εγκάρσιο οπλισμό για τέτοιες κατασκευές.

Εισαγωγή

Το ενδιαφέρον και η μελέτη των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων συνδέεται με τις εξαιρετικές επιδόσεις που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια μεγάλων σεισμών. Πράγματι, μετά το σεισμό στη Χιλή το 1985 (ή στην Τουρκία το 1999), σχεδόν το 80% από τα περίπου 130 κτήρια με τοιχώματα ελαφρά οπλισμένα δεν υπέστησαν βλάβες ή κατέρρευσαν, ενώ μεγάλο πλήθος πλαισιωτών κτηρίων υπέστησαν σοβαρές βλάβες. Η ικανότητα να ελεγχθούν οι απαιτήσεις των μετακινήσεων υπό συνθήκες φόρτισης, είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της απόκρισης αυτών των κατασκευών.

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός και η απόκριση κατά μία διεύθυνση σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα στις οποίες τα τοιχώματα είναι αυτά που παρέχουν την διατμητική αντίσταση στην κατασκευή, σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από το λόγο της διατομής των τοιχωμάτων ανά κατεύθυνση προς την επιφάνεια κάτοψης του κτηρίου. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την σεισμική απόκριση των κτηρίων με τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα, είναι η λυγνότητα (ο λόγος πλευρών/στην όψη) που ορίζεται ως ο λόγος ανάμεσα στο ύψος H προς το μήκος L του τοιχώματος, και ο αριθμός των ορόφων N του κτηρίου.

Εξαιτίας των διαστάσεων τους, ή λόγω έλλειψης πάκτωσης στη βάση τους, ή λόγω σύνδεσης με μεγάλα εγκάρσια τοιχώματα που εμποδίζουν τη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στη βάση τους, τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα δεν μπορούν να σχεδιαστούν αποτελεσματικά για απόδοση ενέργειας μέσω της δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων στη βάση τους (με σίγουρη καμπτική και όχι διατμητική συμπεριφορά). Βέβαια τα μεγάλα τοιχώματα ρηγματώνονται στη βάση τους (διαγώνιες ή δισδιαγώνιες διατμητικές ρωγμές και οριζόντιες ρωγμές ολίσθησης) και παρουσιάζουν και αυτά περιορισμένη μη-γραμμικότητα (όσο αφορά το υλικό, το οπλισμένο σκυρόδεμα), (EN 1998-1:2004 §5.1.2).

Όμως η σχετικώς καλή υπό σεισμό συμπεριφορά τους οφείλεται κυρίως σε "γεωμετρική μη-γραμμικότητα", η οποία δεν συμβαίνει σε άλλα κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος, όπως έχει παρατηρηθεί και σε περιπτώσεις πολύ ισχυρών σεισμών (π.χ. Χιλή/1985, Τουρκία/1999), ως εξής:

- Αυξημένη απόσβεση "ακτινοβολίας" (radiation damping), όσο αφορά τη θεμελίωση και το υπέδαφος, και

- Λικνισμός (rocking), σχεδόν ως στέρεο σώμα, λόγω της περιορισμένης (ή μηδενικής) δέσμευσης στη βάση.

Αυτός ο λικνισμός των μεγάλων τοιχωμάτων, μετά την οριζόντια ρωγμή στη βάση τους ή μαζί με το πέδιλο τους/ ως προς το έδαφος, ενεργοποιεί δύο "σταθεροποιητικούς" μηχανισμούς που αφορούν τη συμπεριφορά των μεγάλων τοιχωμάτων υπό το σεισμό, ως εξής:

- 1) Μέρος της εισαγόμενης υπό σεισμό κινητικής ενέργειας μετατρέπεται σε "ακίνδυνη" δυναμική (και όχι μόνο κινητική) ενέργεια, με την ανύψωση των μαζών των ορόφων του κτηρίου που αντιστοιχούν στα μεγάλα/ χθαμαλά τοιχώματα, για αυτό και απαιτείται να αναλαμβάνουν συνολικώς το 20% των μαζών ανά κατεύθυνση, μειώνοντας έτσι την ενέργεια που θα πρέπει να αναληφθεί μέσω των παραμορφώσεων από το ίδιο το τοίχωμα, και
- 2) Η ανύψωση (uplifting) των ορόφων, στο μεγάλο εφελκόμενο μέρος του κορμού των μεγάλων τοιχωμάτων, προκαλεί την ανύψωση των δοκών, οι οποίες προσφέρουν σταθεροποιητικές τέμνουσες δυνάμεις (αύξηση της αξονικής δύναμης N και μείωση της ροπής M που δρουν στα μεγάλα τοιχώματα, με θετική επιρροή στην αντοχή και δυσκαμψία/δυστημσία).

Όμως ο λικνισμός οδηγεί και σε προσκρούσεις μετά την ανύψωση των μαζών, στη ρωγμή ή στο έδαφος, ένα φαινόμενο που περιγράφεται ως HARD IMPACT και συνεπάγεται υψίσυχη κατακόρυφη ταλάντωση του μεγάλων τοιχωμάτων, με αυξομείωση της αξονικής δύναμης N . Για αυτό το λόγο ο ΕΚ8 προβλέπει "πρόσθετη" αξονική δύναμη $N_{dyn} = \pm 50\%N$, για $q > 2$, αλλά και αυξημένη οριακή ανηγμένη παραμόρφωση ϵ_{cu2} για μη-περισφιγμένο σκυρόδεμα έως και 5,0‰ (αντί 3,5‰).

Συνεπώς, τα κριτήρια σχεδιασμού των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων, όπως περιγράφονται από τον Ευρωκώδικα 8, είναι διαφορετικά από αυτά των πλάστιμων τοιχωμάτων. Το κριτήριο, που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό των πλάστιμων τοιχωμάτων και στοχεύει στην απόδοση ενέργειας σε μια ζώνη καμπτικής πλαστικής άρθρωσης στη βάση τους, η οποία είναι απαλλαγμένη από ανοίγματα ή μεγάλες οπές, αντικαθίσταται από το κριτήριο, που χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων που στοχεύει στην απόδοση ενέργειας μέσω ρωγμών που θα αναπτυχθούν κατά το ύψος όλου του τοιχώματος στους διάφορους ορόφους. Με αυτό τον τρόπο οι πλευρικές παραμορφώσεις των τοιχωμάτων, που συμπεριφέρονται σαν κατακόρυφοι πρόβολοι, θα είναι ένας συνδυασμός της στροφής στο επίπεδο της θεμελίωσης εφόσον αυτή είναι επιφανειακή ή των στροφών στην στάθμη κάθε ορόφου εφόσον υπάρχει υπόγειο, κάνοντας έτσι το τοίχωμα να συμπεριφέρεται σαν μια ομάδα από άκαμπτα στοιχεία. Πράγματι, το κριτήριο για τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα ορίζει μικρό ποσοστό οπλισμού στις διατομές των τοιχωμάτων, προκειμένου να επιτευχθεί απόδοση ενέργειας μέσω ρωγμών, σαν μια άλλη μορφή αξιόπιστης κατανάλωσης ενέργειας.

3.2 Βάσεις σχεδιασμού-Τύποι συστημάτων/ Ευρωκώδικας 8 (EN 1998-1:2004 §5.2.2.1)

Εκτός από την απαίτηση σύμφωνα με την οποία τα συστήματα τοιχωμάτων είναι συστήματα στα οποία τα οριζόντια (και τα κατακόρυφα) φορτία αναλαμβάνονται κυρίως από τα κατακόρυφα φέροντα τοιχώματα, είτε είναι συζευγμένα είτε όχι, των οποίων η διατμητική αντοχή στο κτήριο υπερβαίνει το 65% της συνολικής διατμητικής αντοχής ολόκληρου του συστήματος, ένα σύστημα τοιχωμάτων θα πρέπει να κατατάσσεται σαν σύστημα μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων εάν ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

- Στην οριζόντια διεύθυνση που εξετάζεται θα περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο τοιχώματα με οριζόντια διάσταση όχι μικρότερη από 4m ή $2h_w/3$, όπου είναι μικρότερο
- Φέρουν από κοινού τουλάχιστον το 20% του συνολικού υπερκείμενου φορτίου βαρύτητας στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, δηλαδή το 40% και για τις δύο διευθύνσεις
- Έχει θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T1, με την υπόθεση πάκτωσης στη βάση, μικρότερη ή ίση με 0,5s.
- Διατάσσονται το ελάχιστο 2 τοιχώματα ανά οριζόντια διεύθυνση. Η ύπαρξη ενός μόνον τοιχώματος που ικανοποιεί τις ανωτέρω συνθήκες σε μία από τις δύο διευθύνσεις, είναι επαρκής υπό τον όρο ότι:

A) Η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, q_0 , σε αυτήν την διεύθυνση προκύπτει από την τιμή που δίνεται στον Πίνακα 5.1 του αντίστοιχου κεφαλαίου των Ευρωκωδίκων μετά από διαίρεση με συντελεστή 1,5. Ουσιαστικά $q_0' = 2/3q_0 (\geq 1.0)$.

B) Υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοιχώματα που ικανοποιούν τις προαναφερθείσες συνθήκες στην ορθογώνια διεύθυνση.

3.3 Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, τα μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα μπορούν να σχεδιασθούν για κατηγορία μέσης πλαστιμότητας, επειδή δεν διαθέτουν αξιόπιστη απόδοση ενέργειας μέσω πλαστικών αρθρώσεων λόγω του μεγάλου μήκους τους και του λόγου πλευρών α (όπως αναφέρεται στον ΕΚ 8), λαμβάνοντας υπόψη τις ακόλουθες διατάξεις:

1. Έχουν σχεδιασθεί στην οριακή κατάσταση αστοχίας σε κάμψη, χωρίς επαύξηση των ροπών κάμψεως που προκύπτουν από την ανάλυση στη βάση του τοιχώματος.
2. Η αντοχή σε διάτμηση στο τοίχωμα είναι περίπου δύο φορές η διάτμηση που προκύπτει από την ανάλυση, αποφεύγοντας έτσι με κάθε τρόπο την αστοχία από διάτμηση.

3. Ο ελάχιστος οριζόντιος οπλισμός που προβλέπεται από τον Ευρωκώδικα 2 ίσως να μην απαιτείται, όταν ο έλεγχος σε διάτμηση δείξει $V_{Ed} = ((q+1)/2) * V'_{Ed} \leq V_{Rd,c}$, παρά το γεγονός πως τελικώς και πρακτικώς θα διαταχθεί οπλισμός κορμού (κατακορύφως και οριζοντίως).

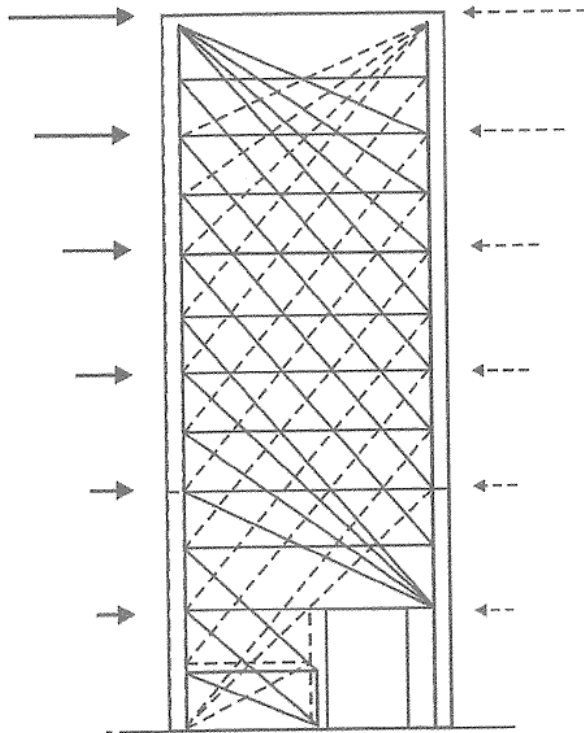
Πιο αναλυτικά, για να εξασφαλίζεται ότι η καμπτική αστοχία προηγείται της διατμητικής αστοχίας, θα αυξάνεται η τέμνουσα δύναμη V'_{Ed} από την ανάλυση. Αυτή η απαίτηση θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν σε κάθε όροφο του τοιχώματος, η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού V_{Ed} λαμβάνεται από την τέμνουσα δύναμη που υπολογίζεται από την ανάλυση, V'_{Ed} , σύμφωνα με την ακόλουθη έκφραση:

$$V_{Ed} = V'_{Ed} \frac{q+1}{2}$$

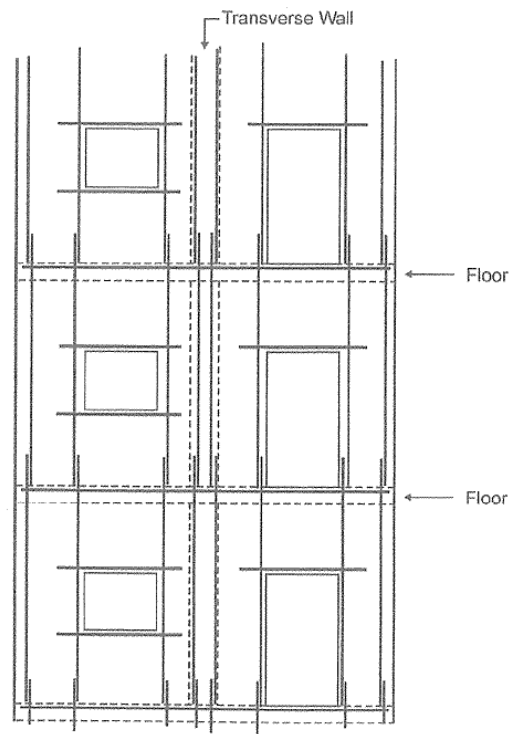
Για $V_{Ed} = ((q+1)/2) * V'_{Ed} > V_{Rd,c}$ οι έλεγχοι θα γίνονται κατά τον ΕΚ2, για μεταβλητή γωνία της θλιβόμενης διαγωνίου ($22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$), ή με μεθόδους θλιπτήρων-ελκυστήρων, για τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα με ανοίγματα (ή με μεταβλητό μήκος l_w καθ' ύψος/ από όροφο σε όροφο), οπότε υπάρχει και σχετική πρόβλεψη για το πλάτος του θλιπτήρα σκυροδέματος: $w = \min(4b_w; 0,2l_w)$. Γενικά, τα ανοίγματα στη βάση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων δεν απαγορεύονται, όπως για τις βάσεις των πλαστικών τοιχωμάτων, αλλά και δεν συνιστώνται. Σε περιπτώσεις που επιλεγεί να κατασκευαστούν ανοίγματα, επιβάλλεται πολύπλοκος σχεδιασμός με μεθόδους θλιπτήρων-ελκυστήρων, καθώς και διάταξη οπλισμού "συνδέσεως", σε κάθε ακμή κάθε ανοίγματος (βλ. χαρακτηριστικά παραδείγματα, Fardis, 2009), (Εικόνα 4 & 5). Πειραματικά και θεωρητικά δεδομένα, δείχνουν πως στη βάση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (σε ύψος περίπου ίσο με το μήκος l_w του τοιχώματος) οι θλιπτήρες έχουν μορφή "βεντάλιας" (fan pattern), ενώ από εκεί και πάνω η γωνία τους είναι περίπου σταθερή και ίση με 45° (Εικόνα 4 & 5).

Βέβαια, οι θλιπτήρες συνήθως τέμνουν τους ορόφους του κτηρίου, ενώ στον οριζόντιο οπλισμό κορμού (παραλλήλως του l_w) συνυπολογίζονται:

- ο συνεχής οπλισμός "συνδέσεων" (tying systems) και
- οι συνεχείς οπλισμοί πλακών (κοντά στο τοίχωμα) π.χ. σε αποστάσεις b_w .



Εικόνα 11: Παράδειγμα θλιπτήρων-ελκυστήρων για μεγάλα τοιχώματα με άνοιγμα στη βάση του



Εικόνα 12: Οπλισμός "συνδέσεως" σε διάφορες περιοχές ενός μεγάλου τοιχώματος με ανοίγματα

Πρόσθετες αξονικές δυνάμεις δυναμικής προέλευσης που αναπτύσσονται σε μεγάλα τοιχώματα λόγω αποκόλλησης από το έδαφος, ή λόγω ανοίγματος και κλεισίματος των ρωγμών, θα λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο ΟΚΑ του τοιχώματος για κάμψη με αξονική δύναμη. Εκτός και αν διατίθεται αποτελέσματα ακριβέστερου υπολογισμού, η δυναμική συνιστώσα της αξονικής δύναμης μπορεί να ληφθεί ως το 50% της αξονικής δύναμης στο τοίχωμα λόγω των φορτίων βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Η δύναμη αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται με θετικό ή αρνητικό πρόσημο, όποιο είναι δυσμενέστερο. Εάν η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q δεν υπερβαίνει το 2.0, η επίδραση την δυναμικής αξονικής δύναμης, που αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να αγνοηθεί.

Τα μεγάλα και ελαφρώς οπλισμένα τοιχώματα είναι χθαμαλά, με λόγο πλευρών $\alpha = h_w/l_w \leq 1,5$. Η δεσπόζουσα τιμή του λόγου πλευρών $\alpha_o = \Sigma h_w / \Sigma l_w$ δεν πρέπει να διαφέρει σημαντικά από τις τιμές α των επιμέρους στοιχείων. Εάν διαφέρουν (πάνω από 25%) τότε πρέπει να εκτιμώνται τα k_{wi} και να κρατείται το ελάχιστο (για $\min \alpha_i$).

Τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα μπορούν να είναι συζευγμένα ή όχι, με την προϋπόθεση ότι οι δοκοί σύζευξης θα είναι πλάστιμες, με ικανότητα μείωσης των ροπών σχεδιασμού που αναπτύσσονται στην βάση των τοιχωμάτων μεγαλύτερης του 25% (μείωση $\Sigma M_{ET} > 25\%$). Για συζευγμένες δοκούς υπάρχουν πρόσθετες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται, οι οποίες αφορούν την υψηλή κατηγορία πλαστιμότητας (πλάστιμα τοιχώματα). Εφόσον τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα σχεδιάζονται μόνο για μέση κατηγορία πλαστιμότητας δεν μας αφορούν αυτές οι πρόσθετες απαιτήσεις (γενικώς).

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 §5.2.2.1(2) και §3.2.2.5 (3)Α, επιτρέπεται στο κτήριο με τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα να χρησιμοποιείται διαφορετικός δείκτης συμπεριφοράς σε κάθε κύρια διεύθυνση q_x, q_y , καθώς επίσης να υπάρχει διαφορετικό δομητικό σύστημα στην κάθε διεύθυνση. Ειδικά όμως για δομητικά συστήματα με μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα συνίσταται να μην χρησιμοποιείται διαφορετικό δομητικό σύστημα ανά διεύθυνση. Αυτό γιατί τα μεγάλα τοιχώματα δεν "συνάδουν" από άποψη συμπεριφοράς με τα υπόλοιπα κατακόρυφα στοιχεία, όπως τα υποστυλώματα ή τα "μικρά" τοιχώματα.

Τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα ανήκουν εξ ορισμού στην κατηγορία των πρωτευόντων φερόντων στοιχείων και η ύπαρξη πολλών από αυτά στη κτήριο δίνει τη δυνατότητα ύπαρξης και δευτερευόντων στοιχείων στο κτήριο, υπό τις προϋποθέσεις που θέτει ο Ευρωκώδικας 8 (§1.5.2(1), 4.2.2(1)Α-(5), 5.2.3.6(1)Α-(5), 5.7).

3.4 Θέματα θεμελιώσεων

Για κτήρια που αποτελούνται από διακεκριμένα/ μεμονωμένα πλάστιμα τοιχώματα ή τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα, με πιθανές διαφορές στα I_w και στις δυσκαμψίες και δυσστησίες, πρέπει γενικά να επιλέγονται κιβωτιοειδείς ή κυψελοειδείς θεμελιώσεις, με κάτω πλάκα θεμελίωσης και πάνω πλάκα κάλυψης (υπόγειο). Η παραμορφωσιμότητα της θεμελίωσης θα λαμβάνεται υπόψη είτε έχει δυσμενή επιρροή είτε ευμενή. Λόγω προβληματικής πάκτωσης των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων καλό είναι να επιλέγεται η ύπαρξη υπογείου.

3.5 Θέματα πλάτους b_w

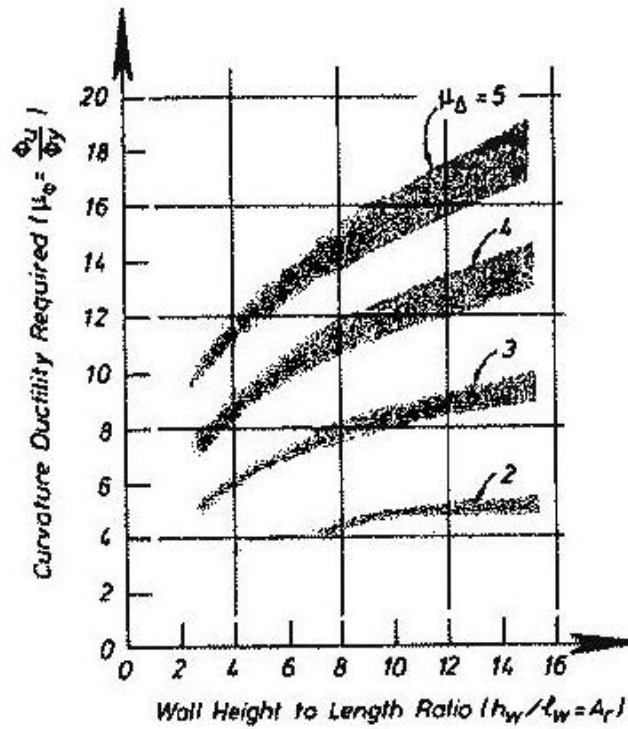
Προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα όπως συμπεριφορά εκτός επιπέδου(out-of-plane), δυναμική αστάθεια υπό σεισμό και εκκεντρότητες πρέπει να γίνονται διάφοροι έλεγχοι που αφορούν κυρίως την αξονική δύναμη N . Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τους κανονισμούς ισχύει:

- 1) Κατά τον ΕΚ2(2004), δεν υπάρχουν απαιτήσεις για τα γεωμετρικά στοιχεία των τοιχωμάτων, πέραν της απαίτησης $I_w \geq 4 \cdot b_w$. Όμως, με μια προσεκτικότερη ανάγνωση του κεφαλαίου για άοπλα στοιχεία (ή στοιχεία με οπλισμό λιγότερο του απαιτούμενου) του ίδιου Ευρωκώδικα, οδηγεί σε κάποιες απαιτήσεις, όπως αναφέρονται σε ΣΗΜΕΙΩΣΗ στο τέλος αυτής της παραγράφου με τα θέματα πλάτους.
- 2) Κατά τον ΕΚ8(2005), και ειδικά για μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, στοιχεία δηλαδή που σχεδιάζονται για μέση κατηγορία πλαστιμότητας, ισχύει η επόμενη απαίτηση, η οποία καλύπτεται για τα κτήρια και τα στοιχεία που ελέγχθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία: $b_w \geq \max(0,15m ; h_{s,cl}/20)$, όπου $h_{s,cl}$ είναι το "καθαρό" ύψος ορόφου, γενικώς της τάξεως των $2,5 \div 3,0m$ για τα συνήθη κτήρια.
- 3) Τα μεγάλα τοιχώματα που ελέγχθηκαν καλύπτουν ακόμη και τις απαιτήσεις του ΕΚ8 για πλάστιμα τοιχώματα, κατηγορίας πλαστιμότητας μέσης και υψηλής, και μάλιστα για τις ακραίες περισφιγμένες περιοχές τους και όχι μόνο για το κορμό τους, για τις οποίες ισχύουν τα εξής:
 - $b_w \geq 0,20 m$, γενικώς, και
 - $b_w \geq h_{s,cl}/15$ ή $h_{s,cl}/10$
- 4) Κατά τον ισχύοντα ακόμη ΕΚΩΣ 2000, απαιτούνται τα εξής, για κάθε είδους τοιχώματα:
 - $b_w \geq h_{s,cl}/20$, γενικώς, και
 - $b_w \geq 0,20 m$ ή $0,25 m$, για στοιχεία χωρίς ή με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

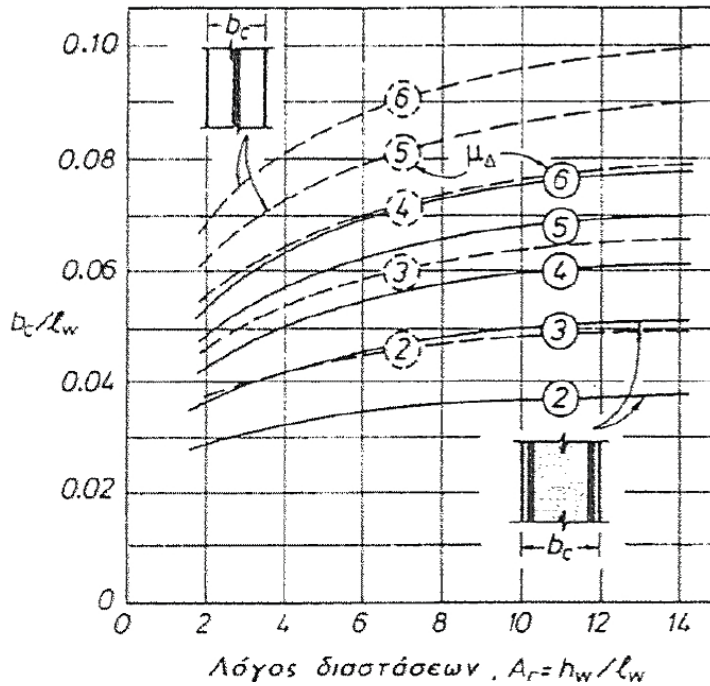
Τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα που ελέγχθησαν καλύπτουν πλήρως και αυτές τις απαιτήσεις .

- 5) Όμως, υπάρχουν θέματα έλεγχου του πλάτους των τοιχωμάτων, όπως προκύπτει από σχετική τεχνική βιβλιογραφία (βλ. π.χ. Paulay/Priestley, 1992),

έτσι ώστε να μην υπάρξουν θέματα δυναμικής αστάθειας- λυγισμού εκτός επιπέδου υπό ανακύκλιση, ενδεικτικώς όπως ακολουθεί στα επόμενα σχήματα και συμπεράσματα.



Εικόνα 13: Σχέση λόγου ύψους/πλευρών ($\alpha = h_w/l_w$) και των δεικτών πλαστιμότητας για τοιχώματα



Εικόνα 14: Σχέση του πλάτους των τοιχωμάτων με το λόγο ύψους/πλευρών και την πλαστιμότητα, για δύο τρόπους όπλισης (δύο εσχάρες στις δύο όψεις ή μία εσχάρα στο μέσο του κορμού)

Τα βασικά συμπεράσματα από τα προηγούμενα δύο διαγράμματα είναι τα εξής:

- Ειδικά για μεγάλα και χθαμαλά τοιχώματα, με σαφώς διατμητική και όχι καμπτική συμπεριφορά, η μικρή πλαστιμότητα μετακινήσεων (ή γωνιών στροφής χορδής) δεν σχετίζεται με την πλαστιμότητα καμπλοτήτων ($\mu_\phi = \mu_{1/r}$) αλλά σχεδόν αποκλειστικώς με το λόγο ύψους/πλευρών ($\alpha = h_w/l_w$), ως εξής:

$$1,0 \leq \mu_\delta (= \mu_\phi) \approx 0,5 \cdot (3\alpha + 1) \leq 3,0 \div 3,5$$

και όχι με τη γνωστή σχέση $\mu_\delta \approx 0,5(\mu_\theta + 1)$.

- Έτσι, αναλόγως της πλαστιμότητας, και του λόγου α , το απαιτούμενο ελάχιστο πλάτος των ακραίων περιοχών του τοιχώματος, προς αποφυγήν φαινομένων αστάθειας, μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

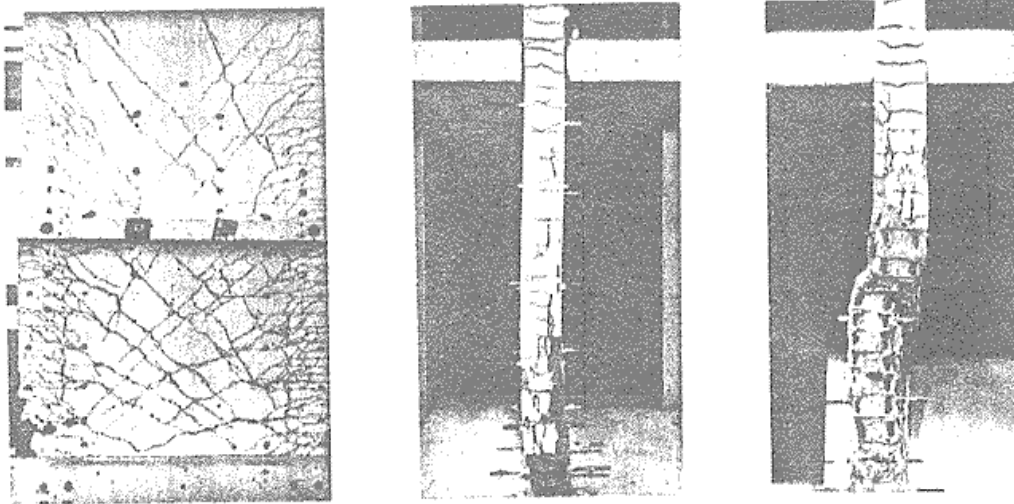
$$b_w \geq 0,02 \cdot (\pm 15\%) \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_\phi},$$

όπου το (+) ισχύει για τοιχεία με μία εσχάρα και το (-) για τοιχώματα με δύο εσχάρες στον κορμό. Αντίστοιχη πρόβλεψη υπάρχει και στον ΕΚΩΣ, για λόγους πλευρικής ευστάθειας, κατά τον οποίο απαιτείται το εξής για δύο εσχάρες οπλισμού:

$$b_w \geq l_w \cdot q/60$$

Οι προηγούμενες δύο απαιτήσεις είναι σχεδόν οι ίδιες, αν υποθεθεί πως $\mu_\phi \approx q^2(\pm)$.

Με βάση αυτά, και για τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα (ΤΜΕΟ) που ελέγχθηκαν, μόνο για ένα (ΤΜΕΟ5, Β ΚΤΗΡΙΟ) θα έπρεπε να αυξηθεί (κατά λίγο) το πάχος του, ή να μειωθεί το μήκος του.



Εικόνα 2: Αστοχία του άκρου μεγάλου/χθαμαλού τοιχείου υπό σεισμό, θραύση σκυροδέματος και οπλισμού (λόγω ανεπαρκούς πάχους)

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Κατά τον ΕΚ2, και εφόσον τα μεγάλα τοιχώματα (ΤΜΕΟ) θεωρηθούν "άοπλα", παρά το γεγονός πως ικανοποιούν τις σχετικές απαιτήσεις των ΕΚ2 και ΕΚ8, βλ. και Fardis, 2009, μπορούν να ληφθούν υπόψη και πρόσθετες απαιτήσεις ως εξής:

- Για επιτόπου στοιχεία, από έγχυτο σκυρόδεμα, και όχι προκατασκευασμένα, πρέπει:
 - $b_w \geq 0,12 \text{ m}$
 - $\lambda(\text{λυγηρότητα}) = h_{s,cl}/i \leq 85$, ή $b_w \geq h_{s,cl}/25$ (για $i \approx 0,3 b_w$)
- Οι συντελεστές α_{cc} και α_{ct} , για τις αντοχές του σκυροδέματος, πρέπει να λαμβάνονται ίσοι με 0,8.
- Για τους ελέγχους σε ορθή ένταση (υπό αξονική δύναμη N), η αντοχή του σκυροδέματος πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί ένα μειωτικό συντελεστή Φ, ως εξής:

$$\Phi = \min\{1 - 2 \cdot e/b_w ; 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e/b_w) - 0,02 \cdot I_{s,cl}/b_w\}$$
, όπου e είναι η "ονομαστική" αθέλητη εκκεντρότητα εκτός επιπέδου του τοιχώματος, ίση με $I_{s,cl}/400$.

Για τα κτήρια και τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα που ελέγχθηκαν, και αν ίσχυαν οι σχετικές απαιτήσεις του ΕΚ2, ο μειωτικός συντελεστής θα είχε ως εξής (για γεωμετρική ατέλεια-αθέλητη εκκεντρότητα $e \approx 1 \text{ cm}$, και $2 \cdot e/b_w \approx 0,08$):

$$\Phi = \min\{0,92 ; 0,85\} \approx 0,85$$

Όμως, οι προβλέψεις αυτές, ακόμη και αν συνισχύουν δεν είναι κρίσιμες για τα κτήρια και τα μεγάλα τοιχώματα που ελέγχθηκαν. Είναι σαφές ότι πιο κρίσιμες είναι οι απαιτήσεις για δυναμική αστάθεια υπό σεισμό των άκρων των μεγάλων τοιχωμάτων (βλ. προηγούμενη παράγραφο 5)

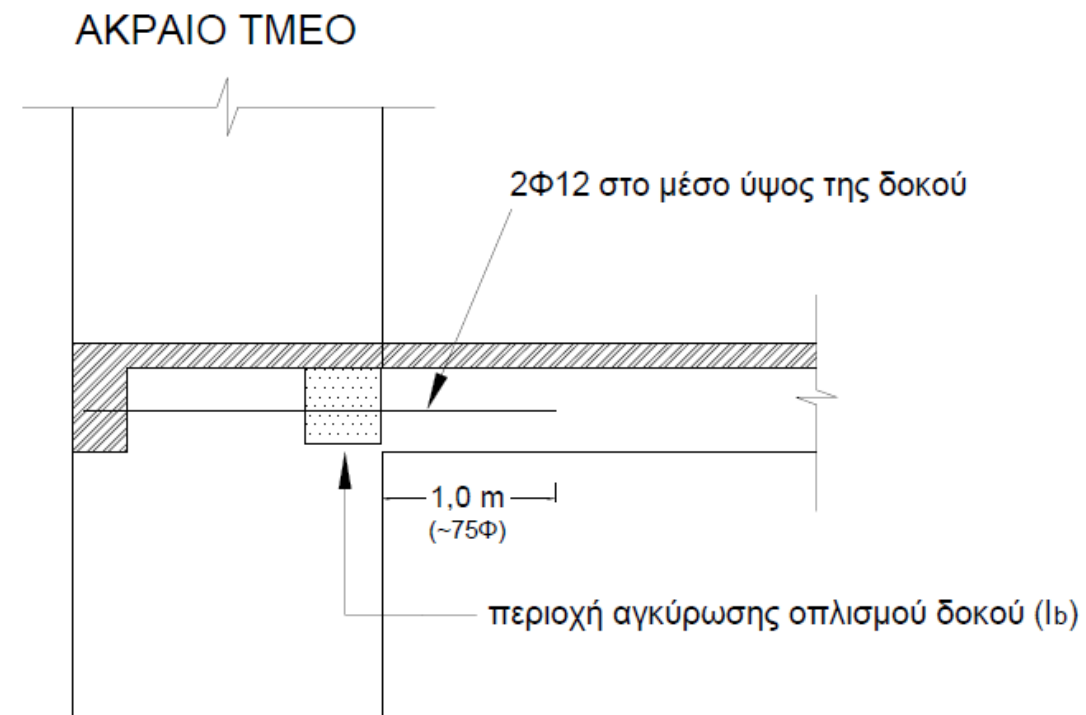
3.6 Θέματα συνδέσμων (Tying Systems)

Με βάση σχετική αναφορά του ΕΚ8 (2005), με παραπομπή στον ΕΚ2 (2004), ειδικώς για τα μεγάλα τοιχώματα (ΤΜΕΟ), απαιτείται συνεκτίμηση και των θεμάτων περί συνδέσμων, προς αποφυγή αστοχίας υπό τυχηματικές δράσεις.

Όμως, για τα μεγάλα τοιχώματα, τα οποία σχεδιάζονται μόνο για μέση κατηγορία πλαστιμότητας, και τα οποία αποτελούν κατεξοχήν κύρια/πρωτεύοντα αντισεισμικά στοιχεία και μάλιστα μονολιθικών και όχι προκατασκευασμένων κτηρίων, οι απαιτήσεις του ΕΚ8 και του ΕΚ2 θεωρείται πως καλύπτουν τα θέματα πρόωρης/ψαθυρής αστοχίας. Παρ' όλα αυτά, ελέγχονται και τα περί συνδέσμων, γύρω από τα ανοίγματα (δεν αφορούν την παρούσα διπλωματική εργασία εφόσον τα μεγάλα τοιχώματα των δύο κτηρίων δεν διαθέτουν ανοίγματα) και στις επαφές (διεπιφάνειες) μεταξύ των μεγάλων τοιχωμάτων ή μεταξύ των μεγάλων τοιχωμάτων και των πλακών/δοκών των ορόφων των κτηρίων.

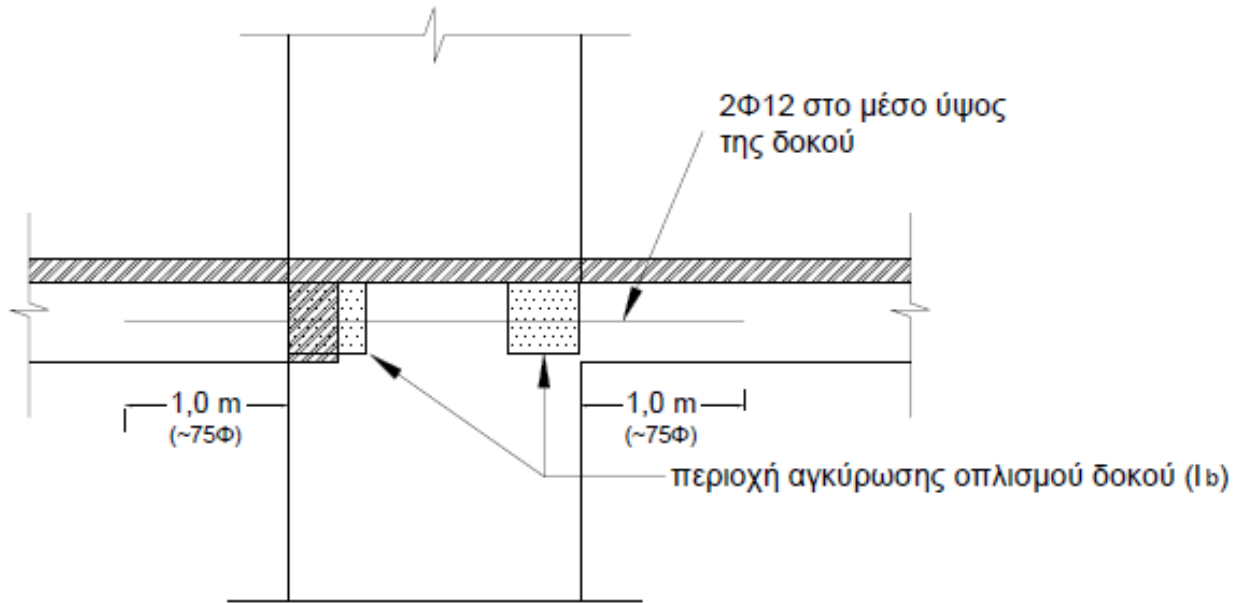
- Στις γωνίες μεταξύ των μεγάλων τοιχωμάτων (ή μεταξύ των μεγάλων τοιχωμάτων και των λοιπών κατακόρυφων στοιχείων), διατάσσεται ούτως ή άλλως πλήθος οπλισμού "συρραφής" αλλά και διαμήκους, χωρίς να απαιτούνται κάποιοι άλλοι έλεγχοι για αυτές.

- Στις στάθμες των ορόφων και κάθετα στο επίπεδο των μεγάλων τοιχωμάτων, απαιτούνται πολύ καλά αγκυρωμένοι οπλισμοί των πλακών και των δοκών (ως δευτερευόντων στοιχείων από αντισεισμική άποψη), ιδιαίτερος αν πρόκειται για μεγάλα τοιχώματα στην περίμετρο του κτηρίου, με μονόπλευρη επαφή. Για αυτήν την περίπτωση, η σχετική απαίτηση του ΕΚ2 αφορά οπλισμούς ικανούς να παραλάβουν δύναμη τουλάχιστον 70 kN ή 20 kN/m, η οποία καλύπτεται από άλλους οπλισμούς των πλακών (καλά αγκυρωμένων). Άλλωστε, προτείνονται και ειδικοί έλεγχοι μεταφοράς της τέμνουσας δύναμης V από τα διαφράγματα προς τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα.
- Στις στάθμες των ορόφων και μέσα στο επίπεδο του μεγάλου μήκους των μεγάλων τοιχωμάτων (ΤΜΕΟ), απαιτείται συνεχής και καλά αγκυρωμένος οπλισμός σύνδεσης, μέσα στις συντρέχουσες δοκούς, χωρίς να συνυπολογίζεται η ένωση (μάτισμα) μεταξύ των οπλισμών των δοκών και του οριζώντιου οπλισμού του κορμού των τοιχωμάτων. Για αυτή την περίπτωση, η σχετική απαίτηση του ΕΚ2 αφορά οπλισμούς ικανούς να παραλάβουν δύναμη τουλάχιστον 70 kN. Έτσι, προβλέπονται "ιδιαίτεροι" οπλισμοί, κατά τα σκαριφήματα που ακολουθούν, παρά το γεγονός πως αντικειμενικώς είναι ελάχιστοι.

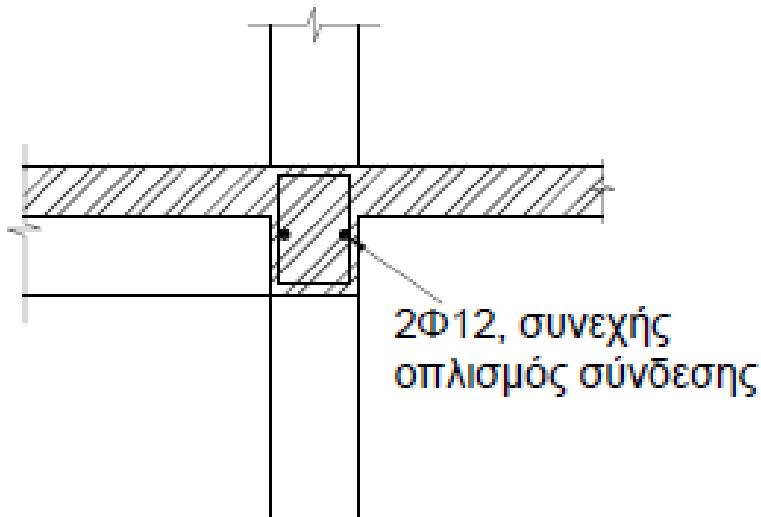


Εικόνα 3: Επιπλέον οπλισμός ορόφων για ακραίο μεγάλο τοίχωμα (ΤΜΕΟ) ("σύνδεση")

ΜΕΣΑΙΟ ΤΜΕΟ



Εικόνα 17: Επιπλέον οπλισμός ορόφων για μεσαίο μεγάλο τοίχωμα ("σύνδεση")



Εικόνα 18: Επιπλέον οπλισμός ορόφων στα μεγάλα τοιχώματα (τομή)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SAP2000

Προσομοίωση και περιγραφή των κτηρίων

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον αντισεισμικό σχεδιασμό δύο κτηρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με έμφαση στα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα. Η χρήση τους προβλέπεται να είναι κατοικίες. Η ιδιαιτερότητα που διαθέτουν τα 2 αυτά κτήρια είναι ότι αποτελούνται από μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, μέσης πλαστιμότητας. Πρόκειται για ένα διώροφο κτήριο με υπόγειο και απόληξη και για ένα τριώροφο με πιλοτή, υπόγειο και απόληξη αντίστοιχα. Οι διαστάσεις τους σε κάτοψη είναι: Στο διώροφο κτήριο 16,20 X 14,50 με σχεδόν ορθογωνική κάτοψη, λόγω της ύπαρξης μικρών εσοχών, στο τριώροφο κτήριο 28,75 X 16,50 με μικρές εσοχές και μία μεγαλύτερη με εμβαδόν $5,75 \cdot 2,75 = 15,8 \text{ m}^2 < 5\%$ της συνολικής κάτοψης του κτηρίου = $5\% \cdot 28,75 \cdot 16,50 = 23,72 \text{ m}^2$, οπότε δεν επηρεάζει αυτή η εσοχή την κανονικότητα σε κάτοψη του κτηρίου. Πιο αναλυτικά οι κατόψεις των δύο κτηρίων παρατίθενται στα Παραρτήματα Α και Β.

Η ανάλυση των φορέων έγινε με τη χρήση του προγράμματος SAP2000. Τα προσομοιώματα των δύο κτηρίων απεικονίζουν επαρκώς την κατανομή της δυσκαμψίας και της μάζας, έτσι ώστε όλες οι σημαντικές μορφές παραμόρφωσης και δυνάμεις αδραναίας να αντιπροσωπεύονται κατάλληλα στο πλαίσιο της εξεταζόμενης σεισμικής δράσης. Τα δύο κτήρια αναλύθηκαν σε χωρικά προσομοιώματα, τα οποία περιελάμβαναν τα στοιχεία τα οποία προσφέρουν στην αντοχή και δυσκαμψία του κτηρίου (δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα, πλάκες). Για αυτό το λόγο δεν προσομοιώθηκαν οι τοιχοπληρώσεις των κτηρίων, διότι η χρήση των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων περιορίζει (ή μηδενίζει) την επιρροή των τοιχοπληρώσεων (όσο αβέβαιη και αν είναι). Για την προσομοίωση των δοκών, των υποστυλωμάτων και των τοιχωμάτων χρησιμοποιήθηκαν γραμμικά ραβδωτά στοιχεία, ενώ για τα τοιχώματα υπογείου και τις πλάκες επιφανειακά.

Πιο αναλυτικά, στο διώροφο κτήριο έχουμε ορθογωνικές δοκούς διαστάσεων 25/50 και υποστυλώματα διατομής 30/30 και 25/25, όπου τα τελευταία βρίσκονται στην απόληξη του κτηρίου. Οι πλάκες έχουν όλες πάχος 15 cm ενώ τα τοιχώματα έχουν πάχος 25 cm. Στο κτήριο αυτό συναντάμε δύο είδη τοιχωμάτων. Αυτά είναι: τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα, τα οποία είναι και πρωτεύοντα στο φορέα, και τα δευτερεύοντα. Τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα είναι στο σύνολο έξι και βρίσκονται περιμετρικά του κτηρίου αλλά και στο εσωτερικό του και έχουν μήκη: ένα των 5 m, δύο των 4,5 m, δύο των 4,35 m και ένα των 6m. Τα δευτερεύοντα τοιχώματα είναι τέσσερα στο σύνολο και έχουν μήκη: δύο των 1,5 m και δύο των 1,00 m. Το ύψος υπογείου αλλά και κάθε ορόφου είναι 3m.

Στο τριώροφο κτήριο έχουμε ορθογωνικές δοκούς διαστάσεων 25/50 και 30/50 (αύξηση διατομής δοκού για την αποφυγή φαινομένων στρέψης στα δοκάρια λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων), ενώ τα υποστυλώματα έχουν διατομή 30/30 και 25/25 όπου τα τελευταία βρίσκονται στην απόληξη του κτηρίου. Οι πλάκες έχουν πάχος 15 cm και 20 cm, όπου τα ανοίγματα είναι μεγάλα και τα τοιχώματα παντού 25 cm. Σε

αυτό το κτήριο έχουμε και την κατασκευή φρεατίου από τοιχώματα για την τοποθέτηση ανελκυστήρα. Τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα είναι στο σύνολο οχτώ και βρίσκονται περιμετρικά του κτηρίου αλλά και στο εσωτερικό του και έχουν μήκη: επτά των 6 m και ένα των 7,25 m. Υπάρχουν και δευτερεύοντα τοιχώματα με αντίστοιχα μήκη: δύο των 2,5 m και ένα των 4,25 m.

Όσον αφορά τις επικαλύψεις των δύο κτηρίων υπολογίστηκε $c_{\min} = 2,5\text{cm}$ και $\Delta c_{\text{dev}} = 0,5\text{ cm}$. Άρα $c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 3\text{cm}$ και για τις επικαλύψεις των τοιχωμάτων χρησιμοποιήθηκε 3,5 cm επικάλυψη.

Όσον αφορά την προσομοίωση των τοιχωμάτων και τη σύνδεση με τα γραμμικά στοιχεία, προκειμένου να δοθεί στο κάθε στοιχείο η απαιτούμενη δυσκαμψία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα βοηθητικό υλικό με την ονομασία R (RIGID), το οποίο έχει μηδενικό βάρος και πολύ μεγάλο μέτρο ελαστικότητας της τάξης του $200\text{E}+6\text{ GPa}$ και μια αντίστοιχη διατομή δοκού με την ονομασία R, η οποία αποτελείται από το παραπάνω βοηθητικό και η οποία έχει πολύ μικρές διαστάσεις (0,05/0,05).

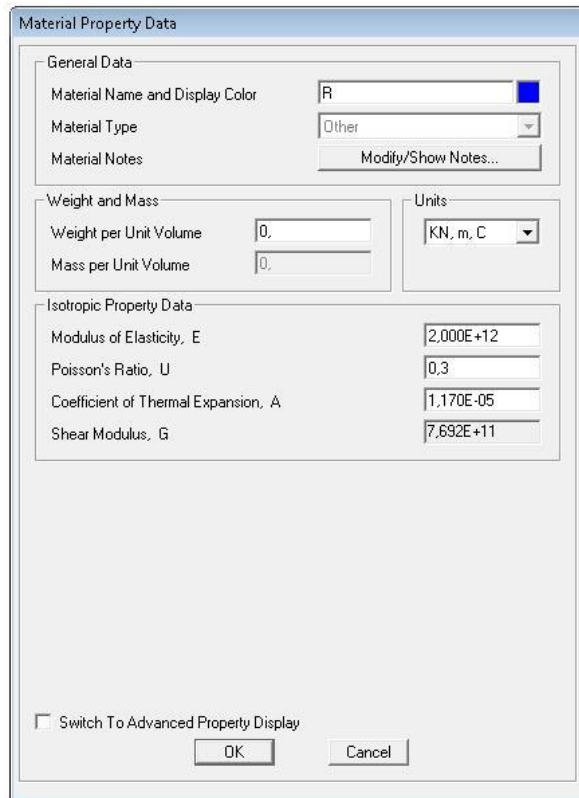
Για την σύνδεση των πλακών οροφής του υπογείου με τα τοιχώματα του υπογείου τα οποία είναι επιφανειακά στοιχεία, χρησιμοποιήθηκε ένα άλλο βοηθητικό υλικό με την ονομασία D (DUMMY), το οποίο έχει μηδενικό βάρος και πολύ μικρό μέτρο ελαστικότητας $E = 2\text{ GPa}$. Αντίστοιχα χρησιμοποιήθηκε μια διατομή δοκού με την ονομασία D, η οποία αποτελείται από το παραπάνω βοηθητικό υλικό και η οποία έχει πολύ μικρές διαστάσεις (0,05/0,05).

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

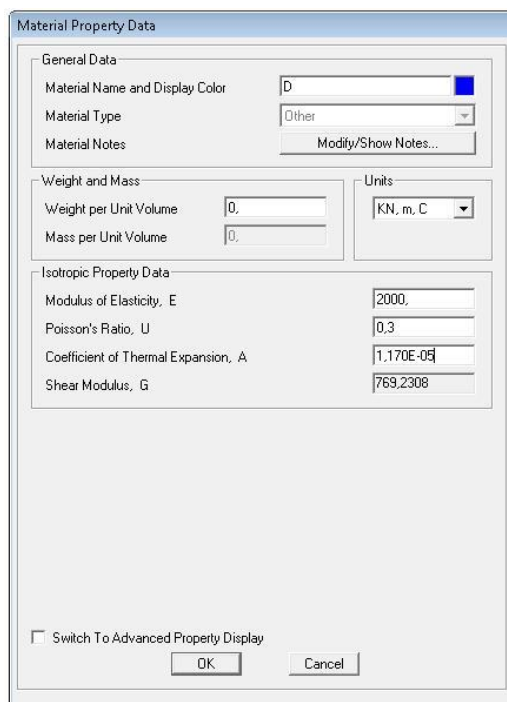
- Σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25,
Μέτρο ελαστικότητας $E_c = 30\text{GPa}$
Ειδικό βάρος $\gamma = 25\text{ kN/m}^3$
Συντελεστής Poisson $\nu = 0,2$
- Χάλυβας κατηγορίας B500C,
Μέτρο ελαστικότητας $E_s = 200\text{ GPa}$
Ειδικό βάρος $\gamma = 78,5\text{ kN/m}^3$
Συντελεστής Poisson $\nu = 0,2$

Για τα παραπάνω αναφερθέντα υλικά και διατομές παραθέτουμε ορισμένα ενδεικτικά, από την διαδικασία προσομοίωσης τους στο πρόγραμμα.

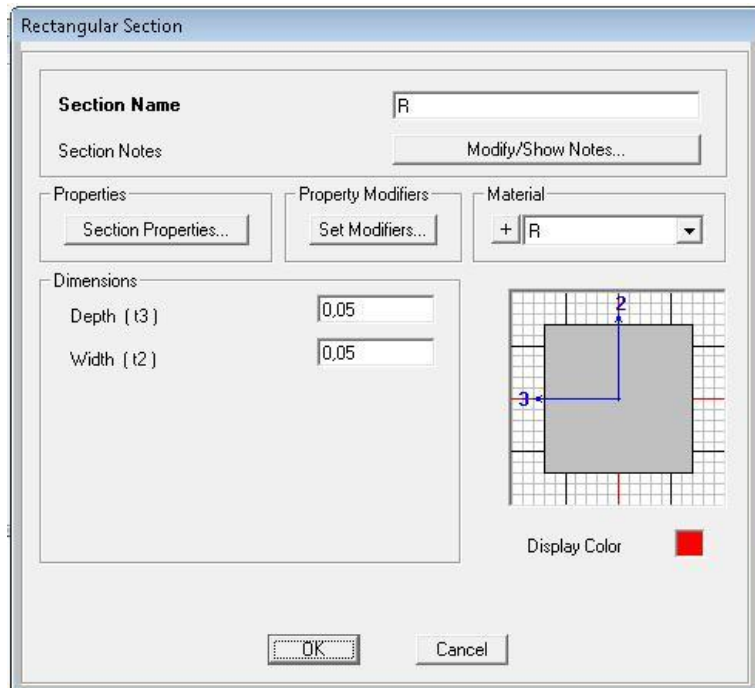
Επισημαίνεται πως έγιναν πολλές, διαδοχικές επιλύσεις και διορθώσεις, καθώς και έλεγχοι, έτσι ώστε να βεβαιωθούμε πως τα αποτελέσματα της ανάλυσης ήταν "αποδεκτά".



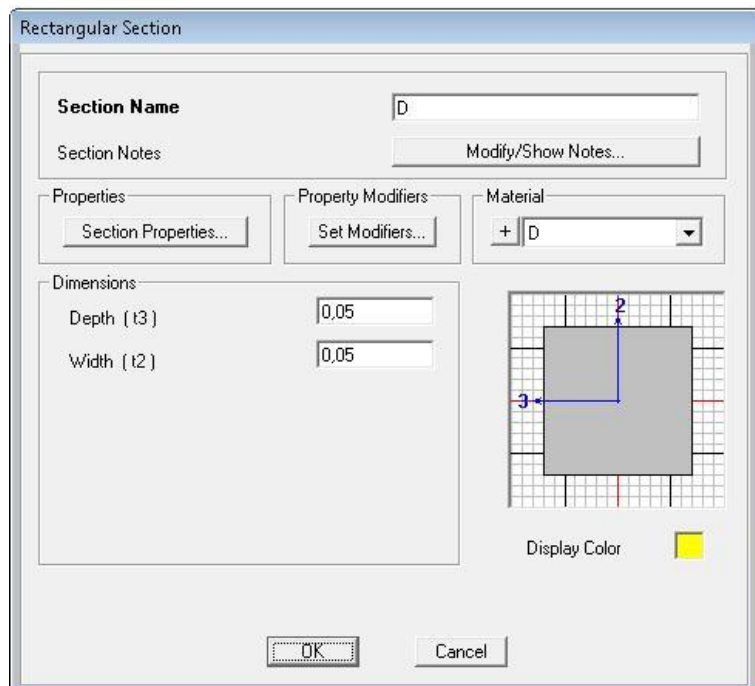
Εικόνα 19: Ορισμός υλικού R (RIGID)



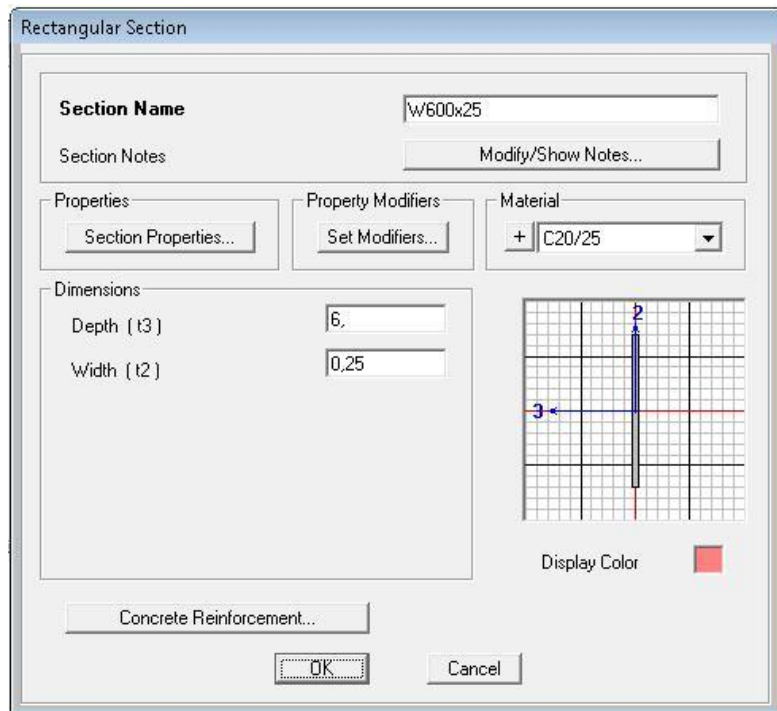
Εικόνα 4: Ορισμός υλικού D (DUMMY)



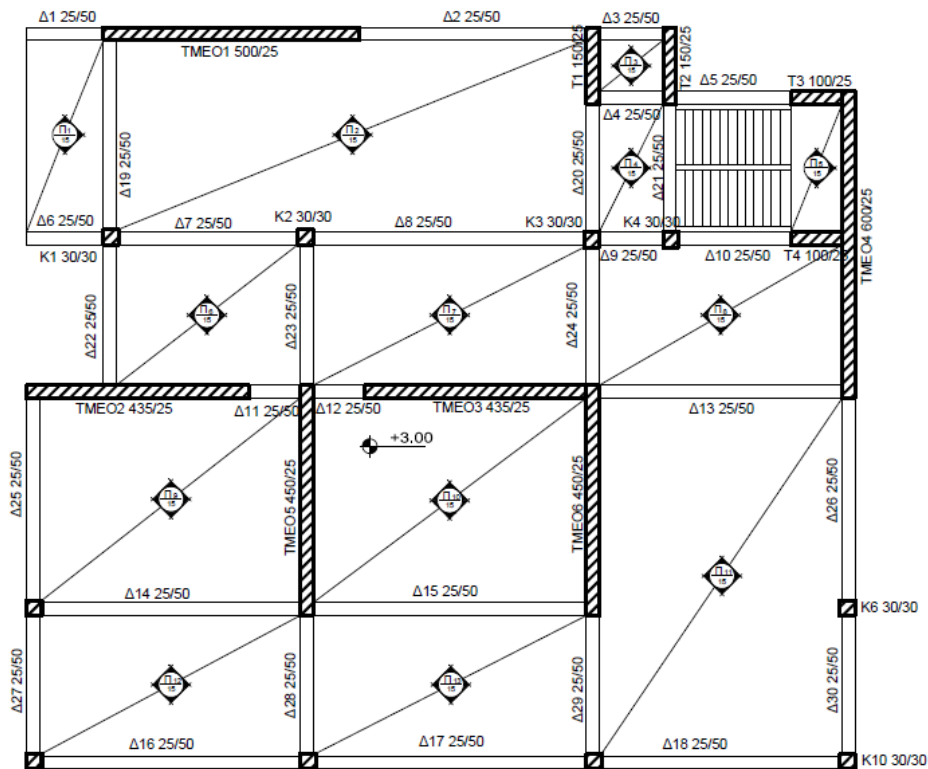
Εικόνα 5: Ορισμός διατομής R (RIGID)



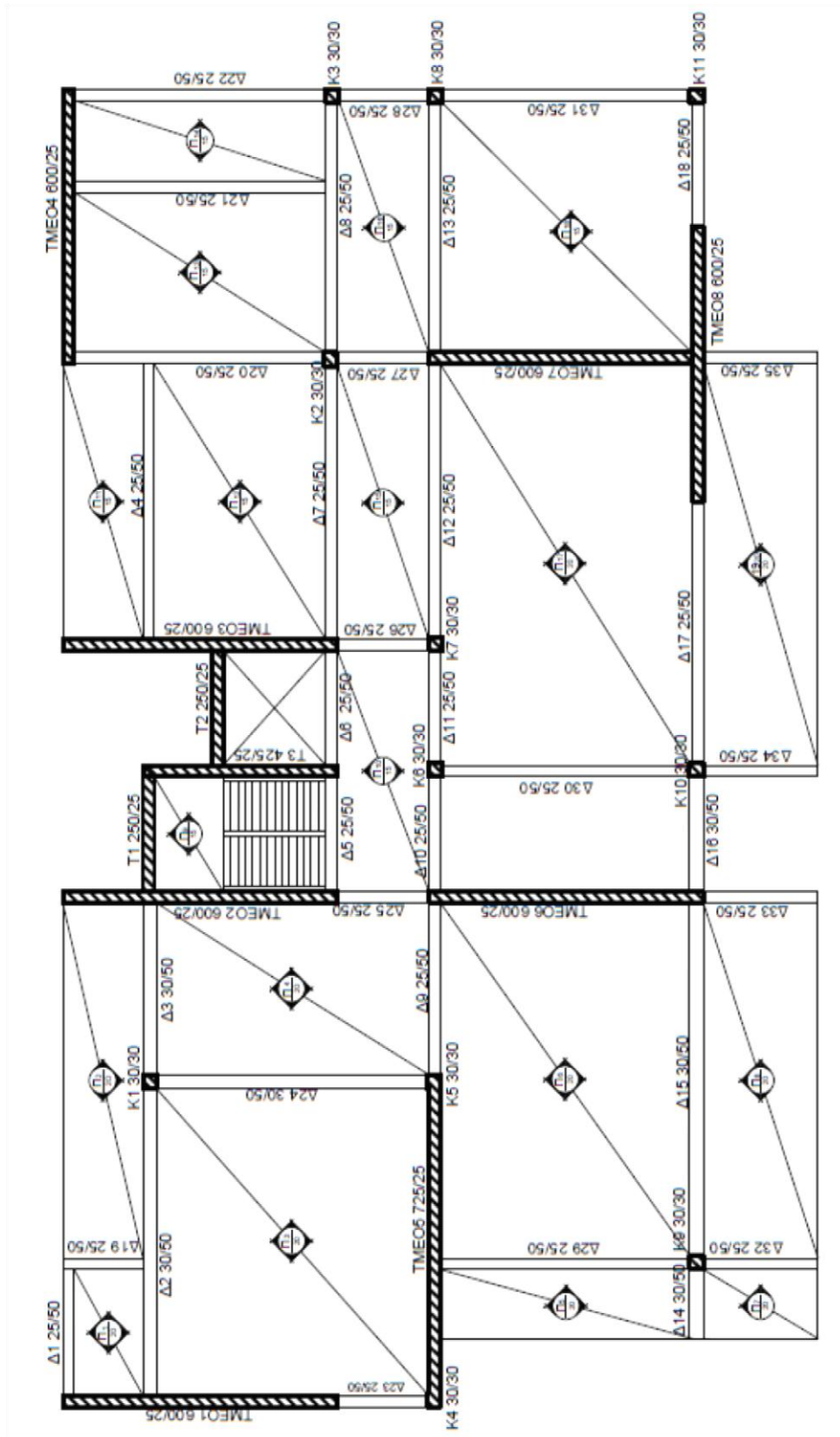
Εικόνα 22: Ορισμός διατομής D (DUMMY)



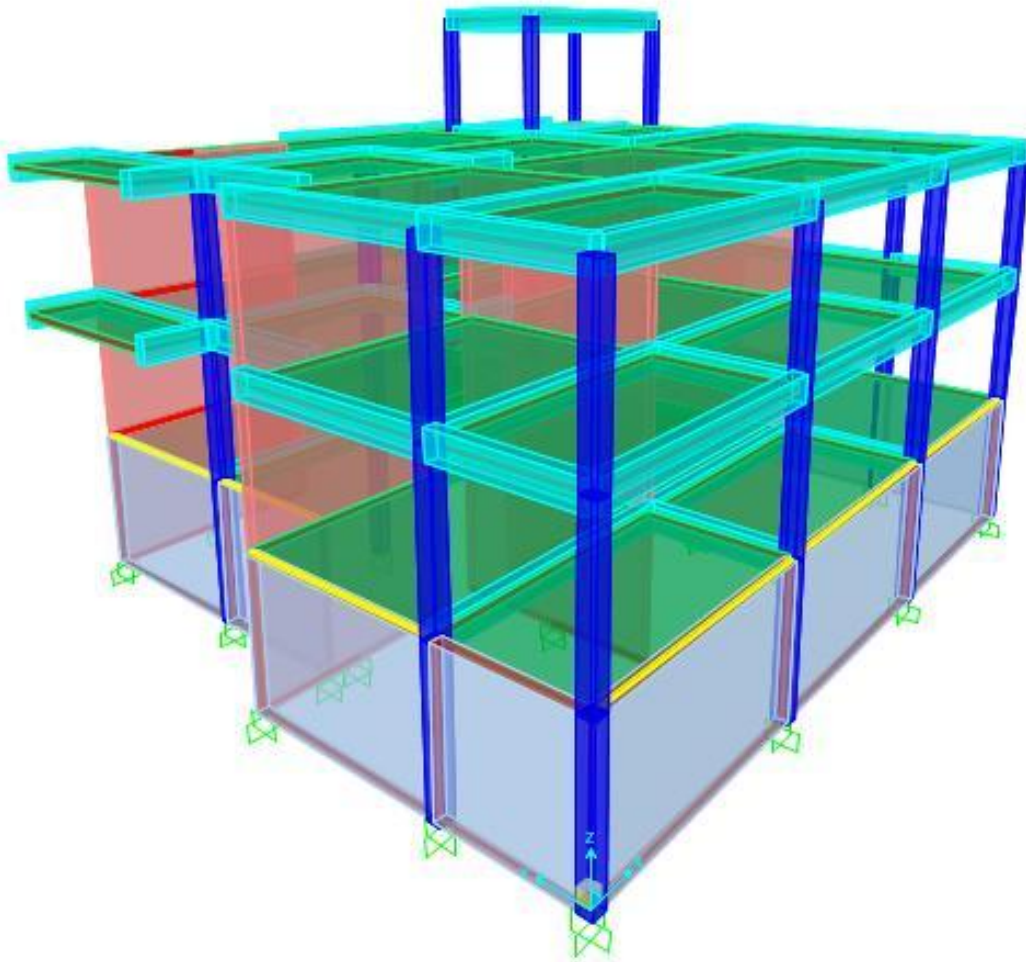
Εικόνα 23: Ορισμός διατομής μεγάλων τοιχωμάτων



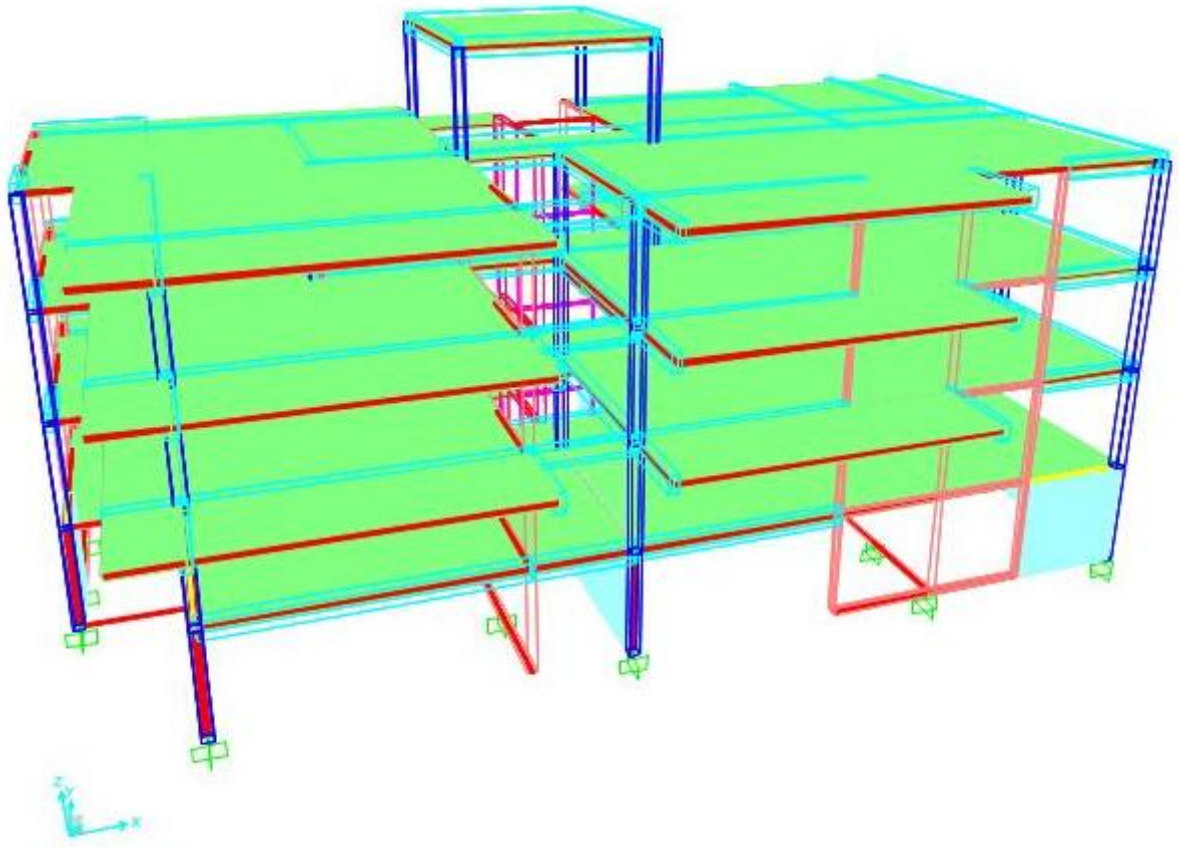
Εικόνα 6: Κάτοψη διώροφου κτηρίου (Α κτήριο)



Εικόνα 25: Κάτοψη τριώροφου κτηρίου (B κτήριο)

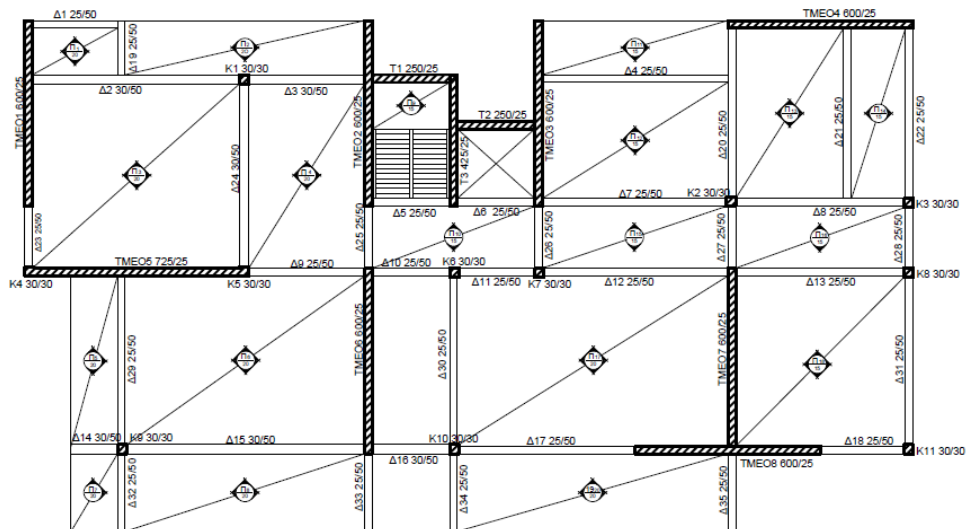
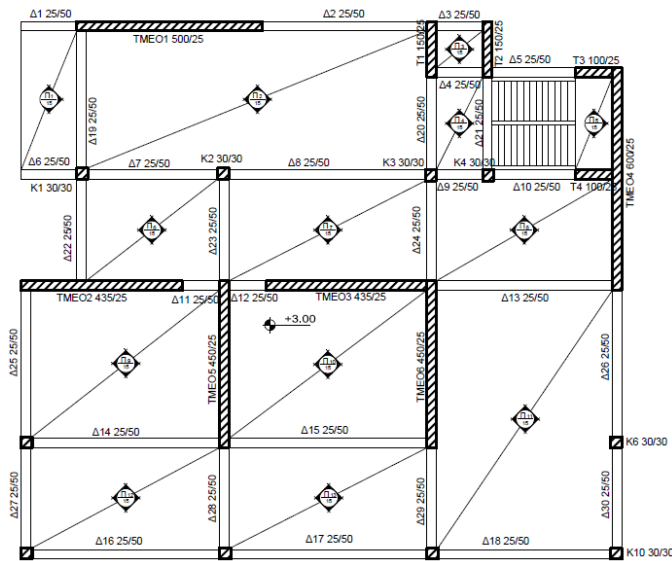


Εικόνα 26: Διώροφο κτήριο (Α ΚΤΗΡΙΟ)



Εικόνα 27: Τριώροφο κτήριο (Β ΚΤΗΡΙΟ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SAP2000



5.1 ΑΝΑΛΥΣΗ Α ΚΤΗΡΙΟΥ (ΔΙΩΡΟΦΟ)

Όσον αφορά την ανάλυση, για τα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα συνιστάται γραμμική-ελαστική ανάλυση και έλεγχοι με όρους δύναμης. Η γραμμική-ελαστική ανάλυση εκτελέστηκε με χωρικά προσομοιώματα, όπου η σεισμική δράση σχεδιασμού εφαρμόστηκε στις δύο κύριες διευθύνσεις x, y. Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος οριζόντιας φόρτισης, εφόσον τα δύο κτήρια ικανοποιούν τις συνθήκες που απαιτούνται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 §4.3.3.2 (πλήρης κανονικότητα).

Τα τοιχώματα θεωρήθηκε ότι είναι πακτωμένα στην οροφή του υπογείου. Έτσι, σε πρώτη φάση η ύπαρξη του υπογείου δεν προσφέρει κάτι στην ανάλυση και δεν αναπτύσσονται εντατικά μεγέθη από τις διάφορες φορτίσεις. Για αυτό το λόγο στο τελικό προσομοίωμα αφαιρέθηκε το υπόγειο, για λόγους απλοποίησης του προσομοιώματος, και επικεντρωθήκαμε στον υπόλοιπο φορέα και στα τοιχώματα που σε πρώτη φάση μας αφορούσε να διαστασιολογηθούν με βάση τα εντατικά μεγέθη υπό τις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, για λόγους ακριβέστερης προσέγγισης της επιρροής των φαινομένων ρηγματώσης στην δυσκαμψία και δυσστησία των κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων του φέροντα οργανισμού θεωρήθηκε ότι διαθέτουν δυσκαμψία και δυσστησία ίση με το ήμισυ των αντίστοιχων τιμών των μη ρηγματωμένων στοιχείων.

Οι πλάκες κάθε ορόφου και η σύνδεση τους με τα κατακόρυφα στοιχεία θεωρήθηκε ότι παραμένουν απαραμόρφωτες στο επίπεδο τους κατά την οριακή σεισμική διέγερση, συμπεριφέρονται δηλαδή ως ένα ενιαίο διάφραγμα. Έτσι μειώνονται σημαντικά οι βαθμοί ελευθερίας κατά την επίλυση, οπότε επιτυγχάνεται και μείωση του μητρώου δυσκαμψίας του φορέα. Τα διαφράγματα αυτά μπορούν να ληφθούν ως άκαμπτα μέσα στο επίπεδό τους και οι μάζες και οι ροπές αδρανείας μπορούν να συγκεντρωθούν στο κέντρο βάρους κάθε διαφράγματος. Τα διαφράγματα θεωρούνται άκαμπτα εφόσον, κατά την προσομοίωση με την πραγματική εντός του επιπέδου ευκαμψία τους, οι οριζόντιες μετακινήσεις δεν υπερβαίνουν πουθενά αυτές που προκύπτουν από την υπόθεση άκαμπτου διαφράγματος κατά περισσότερο από 10% των αντίστοιχων απόλυτων οριζόντιων μετακινήσεων κατά τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

Όπως αναφέρθηκε αρχικά, οι τοιχοπληρώσεις θεωρήθηκε ότι δεν συμβάλουν στη δυσκαμψία και αντοχή του φορέα και στην ανάληψη της σεισμικής δράσης, λόγω των μεγάλων τοιχωμάτων.

Όσον αφορά τους λόγους του εμβαδού των τοιχωμάτων στην εκάστοτε διεύθυνση προς την συνολική κάτοψη του κτηρίου έχουμε:

Κατά X:

Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων (TΜΕΟ): 3,425 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης: 226,4 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων: 2*226,4=452,8 m²

Λόγος 1= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,5%

Λόγος 2= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων)=0,8%

Κατά Υ:

Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων: 3,75 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης: 226,4 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων: 452,8 m²

Λόγος 1= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,7%

Λόγος 2= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων)=0,83%

Τα φορτία που λήφθηκαν υπόψη για την ανάλυση ήταν:

– Μόνιμα φορτία (Dead)

Ιδία βάρη των στοιχείων της κατασκευής

Επικαλύψεις δαπέδων ίσες με 1kN/m²

Δρομική οπτοπλινθοδομή ίση με 2 kN/m²

Μπατική οπτοπλινθοδομή ίση με 3,5 kN/m²

– Κινητά φορτία (Live)

Κινητό φορτίο ορόφων ίσο με 2 kN/m²

Κινητό φορτίο εξωστών ίσο με 5 kN/m²

Κινητό φορτίο κλιμακοστάσιων ίσο με 5 kN/m²

– Σεισμικά φορτία (Quake)

Η ανάλυση έγινε για κτήριο σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Z3=0,36g και κατηγορία σπουδαιότητας II με $\gamma_i = 1.00$ (συνήθη κτήρια). Η κατηγορία εδάφους στην οποία ανήκουν τα δύο κτήρια είναι η D με συντελεστή εδάφους S= 1,35.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και τη μέθοδο οριζόντιας φόρτισης, η ιδιοπερίοδος του κτηρίου δίνεται στους παρακάτω πίνακες και παράλληλα γίνεται και ο έλεγχος για τον αν η ιδιοπερίοδος που προκύπτει είναι μικρότερη των 0,5 sec όπως απαιτείται για το σχεδιασμό των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (ορίστηκε σαν A κτήριο το διώροφο κτήριο). Ο υπολογισμός του συνολικού ύψους του κτηρίου έγινε από τη στάθμη πάκτωσης του, όπου στην προκειμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι είναι στην οροφή του υπογείου.

Α ΚΤΗΡΙΟ	X	Y	Ai	X	Y	Έλεγχος		
						Ac,x	Ac,y	Lw,i/H<=0.9
H=9m								
ΤΜΕΟ1 500/25	5,00	0,25	1,25	0,71	0,06	X	Y	
ΤΜΕΟ2 435/25	4,35	0,25	1,09	0,51	0,06	0,56	0,03	
ΤΜΕΟ3 435/25	4,35	0,25	1,09	0,51	0,06	0,48	0,03	
ΤΜΕΟ4 600/25	0,25	6,00	1,50	0,08	1,13	0,48	0,03	
ΤΜΕΟ5 450/25	0,25	4,50	1,13	0,06	0,55	0,03	0,67	
ΤΜΕΟ6 450/25	0,25	4,50	1,13	0,06	0,55	0,03	0,50	
T1	0,25	1,50	0,38	0,02	0,05	0,03	0,50	
T2	0,25	1,50	0,38	0,02	0,05	0,03	0,17	
T3	1,00	0,25	0,25	0,02	0,01	0,03	0,17	
T4	1,00	0,25	0,25	0,02	0,01	0,11	0,03	
				SUM	4,11	0,11	0,03	
				Ct	0,04			
				T1	0,21	<0,5 sec		

Πίνακας 3: Ιδιοπερίοδοι Α κτηρίου

Οι μάζες, η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού, η τέμνουσα βάση και οι οριζόντιες δυνάμεις που προκύπτουν από την ανάλυση του Α κτηρίου για κατηγορία σπουδαιότητας II ($\gamma_i = 1.00$) δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Ο υπολογισμός των μαζών έγινε λαμβάνοντας υπόψη την τον σεισμικό συνδυασμό για τα κατακόρυφα φορτία $G+0,3Q$, όπου G είναι το σύνολο των μόνιμων φορτίων της κατασκευής και Q το σύνολο των κινητών φορτίων.

Α ΚΤΗΡΙΟ			
ΜΑΖΕΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ	kN s ² /m		
M1 (ΙΣΟΓΕΙΟ) =	248,68		
M2 (ΟΡΟΦΟΣ) =	190,4		
M3 (ΔΩΜΑ) =	13,12		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΑΖΑ =	488,6		
Υπολογισμός τέμνουσας βάσης			
Κατηγορία σπουδαιότητας II		$S_d(T1)=0,36*9,81*1,0*1,35*2,5/2,25$ (m/s ²) =	5,29
$\gamma=1,00$		$F_b=S_d(T1)*\mu\sigma\lambda$ (kN) =	2588,31
	Z1=3	$F_1=F_b*m_1*z_1/(z_1*m_1+z_2*m_2+z_3*m_3)$ (kN) =	962,354
	Z2=6	$F_2=F_b*m_2*z_2/(z_1*m_1+z_2*m_2+z_3*m_3)$ (kN) =	1473,638
	Z3=9	$F_3=F_b*m_3*z_3/(z_1*m_1+z_2*m_2+z_3*m_3)$ (kN) =	152,3172

Πίνακας 4: Μάζες, φασματική επιτάχυνση, τέμνουσα δύναμη και οριζόντιες δυνάμεις Α κτηρίου

Οι συνδυασμοί φόρτισης που λήφθηκαν υπόψη για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών που καταπονούν τα δύο κτήρια είναι:

$$1,35G + 1,5Q$$

$$G + 0,3Q + Ex$$

$$G + 0,3Q - Ex$$

$$G + 0,3Q + Ey$$

$$G + 0,3Q - Ey$$

Στην παραπάνω ανάλυση λήφθηκε υπόψη δείκτη συμπεριφοράς, ο οποίος προκύπτει μέσω του λόγου πλευρών των τοιχωμάτων, όπως ορίζει ο Ευρωκώδικας 8. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι πίνακες υπολογισμού του δείκτη συμπεριφοράς q και της πλαστιμότητας καμπυλοτήτων μ_ϕ του Α κτηρίου.

<u>Α ΚΤΗΡΙΟ</u>			
TΜΕΟ1 500/25	$\alpha=6,00/5,00=$	1,20	
TΜΕΟ2 435/25	$\alpha=6,00/4,35=$	1,38	
TΜΕΟ3 435/25	$\alpha=6,00/4,35=$	1,38	$\alpha = 6 \cdot 6 / (5 + 4,35 \cdot 2 + 4,5 \cdot 2 + 6) =$ 1,25
TΜΕΟ4 600/25	$\alpha=6,00/6,00=$	1,00	
TΜΕΟ5 450/25	$\alpha=6,00/4,50=$	1,33	
TΜΕΟ6 450/25	$\alpha=6,00/4,50=$	1,33	
ΔΙΑΦΟΡΑ $\alpha - \alpha_0$			
TΜΕΟ1 $ \alpha - \alpha_0 =$	0,05	$\leq 0,25$	
TΜΕΟ2 $ \alpha - \alpha_0 =$	0,12	$\leq 0,25$	
TΜΕΟ3 $ \alpha - \alpha_0 =$	0,12	$\leq 0,25$	
TΜΕΟ4 $ \alpha - \alpha_0 =$	0,25	$\leq 0,25$	
TΜΕΟ5 $ \alpha - \alpha_0 =$	0,08	$\leq 0,25$	
TΜΕΟ6 $ \alpha - \alpha_0 =$	0,08	$\leq 0,25$	

Για συστήματα τοιχωμάτων, μέσης πλαστιμότητας, ισχύει: $q_0=3 \rightarrow k_w=1+a_0/3= 0,75$
 $\rightarrow q_A=k_w \cdot q_0=2,25$

Πίνακας 5: Υπολογισμός δείκτη συμπεριφοράς q

Τελικά επιλέχθηκε ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς και για τα δύο κτήρια ίσος με $q=2,25$ ($\rightarrow \mu_\phi=2q_0-1= 2 \cdot 3-1 \approx 5$).

5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ Β ΚΤΗΡΙΟΥ (ΤΡΙΩΡΟΦΟ)

Στο Β κτήριο ισχύουν οι ίδιες παραδοχές του υποτέθηκαν και στο Α κτήριο. Έγινε γραμμική-ελαστική ανάλυση με θεώρηση πάκτωσης στην οροφή του υπογείου. Λήφθηκαν υπόψη τα ίδια φορτία και οι ίδιοι σεισμικοί συνδυασμοί κατά τις δύο διευθύνσεις.

$$1,35G + 1,5Q$$

$$G + 0,3Q + E_x$$

$$G + 0,3Q - E_x$$

$$G + 0,3Q + E_y$$

$$G + 0,3Q - E_y$$

Όσον αφορά τους λόγους του εμβαδού των τοιχωμάτων στην εκάστοτε διεύθυνση προς την συνολική κάτοψη του κτηρίου έχουμε:

Κατά X:

Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων: 4,813 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης: 414,13 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων: 3*414,13=1242,39 m²

Λόγος 1= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,2%

Λόγος 2= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων)=0,4%

Κατά Y:

Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων: 7,5 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης: 414,13 m²

Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων: 3*414,13=1242,39 m²

Λόγος 1= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,8%

Λόγος 2= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=0,6 %

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και τη μέθοδο οριζόντιας φόρτισης, η ιδιοπερίοδος του κτηρίου δίνεται στους παρακάτω πίνακες και παράλληλα γίνεται και ο έλεγχος για τον αν η ιδιοπερίοδος που προκύπτει είναι μικρότερη των 0,5 sec όπως απαιτείται για το σχεδιασμό των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων (ορίστηκε σαν Β κτήριο το τριώροφο κτήριο). Ο υπολογισμός του συνολικού ύψους του κτηρίου έγινε από τη στάθμη πάκτωσης του, όπου στην προκειμένη περίπτωση θεωρήθηκε ότι είναι στην οροφή του υπογείου.

Β ΚΤΗΡΙΟ				X	Y	Έλεγχος	
H=12m	X	Y	Ai	Ac,x	Ac,y	Iw,i/H<0.9	
TΜΕΟ1 600/25	0,25	6,00	1,50	0,07	0,74	X	Y
TΜΕΟ2 600/25	0,25	6,00	1,50	0,07	0,74	0,02	0,50
TΜΕΟ3 600/25	0,25	6,00	1,50	0,07	0,74	0,02	0,50
TΜΕΟ4 600/25	6,00	0,25	1,50	0,74	0,07	0,02	0,50
TΜΕΟ5 725/25	7,25	0,25	1,81	1,17	0,09	0,50	0,02
TΜΕΟ6 600/25	0,25	6,00	1,50	0,07	0,74	0,60	0,02
TΜΕΟ7 600/25	0,25	6,00	1,50	0,07	0,74	0,02	0,50
TΜΕΟ8 600/25	6,00	0,25	1,50	0,74	0,07	0,02	0,50
T1	2,50	0,25	0,63	0,10	0,03	0,50	0,02
T2	2,50	0,25	0,63	0,10	0,03	0,21	0,02
T3	0,25	4,25	1,06	0,05	0,33	0,21	0,02
				SUM	6,85	0,02	0,35
				Ct	0,03		
				T1	0,20	<0,5 sec	

Πίνακας 6: Ιδιοπερίοδοι Β κτηρίου

Οι μάζες, η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού, η τέμνουσα βάσης και οι οριζόντιες δυνάμεις που προκύπτουν από την ανάλυση του Β κτηρίου για κατηγορία σπουδαιότητας ΙΙ ($\gamma_i = 1.00$) δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Ο υπολογισμός των μαζών έγινε λαμβάνοντας υπόψη την τον σεισμικό συνδυασμό για τα κατακόρυφα φορτία $G+0,3Q$, όπου G είναι το σύνολο των μόνιμων φορτίων της κατασκευής και Q το σύνολο των κινητών φορτίων.

Β ΚΤΗΡΙΟ			
ΜΑΖΕΣ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ	kN s ² /m		
M1 (PILOTIS) =	458,8		
M2 (Α ΟΡΟΦΟΣ) =	457,08		
M3 (Β ΟΡΟΦΟΣ) =	362,2		
M4 (ΔΩΜΑ) =	25,04		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΜΑΖΑ =	1362,74		
Υπολογισμός τέμνουσας βάσης			
Κατηγορία σπουδαιότητας ΙΙ		$S_d(T1) = 0,36 * 9,81 * 1,0 * 1,35 * 2,5 / 2,25$ (m/s ²) =	5,29
$\gamma = 1,00$		$F_b = S_d(T1) * m_o * \lambda$ (kN) =	7218,979
	Z1=3	$F1 = F_b * m1 * z1 / (z1 * m1 + z2 * m2 + z3 * m3 + z4 * m4)$ (kN) =	1293,918
	Z2=6	$F2 = F_b * m2 * z2 / (z1 * m1 + z2 * m2 + z3 * m3 + z4 * m4)$ (kN) =	2578,134
	Z3=9	$F3 = F_b * m3 * z3 / (z1 * m1 + z2 * m2 + z3 * m3 + z4 * m4)$ (kN) =	3064,453
	Z4=12	$F4 = F_b * m4 * z4 / (z1 * m1 + z2 * m2 + z3 * m3 + z4 * m4)$ (kN) =	282,4734

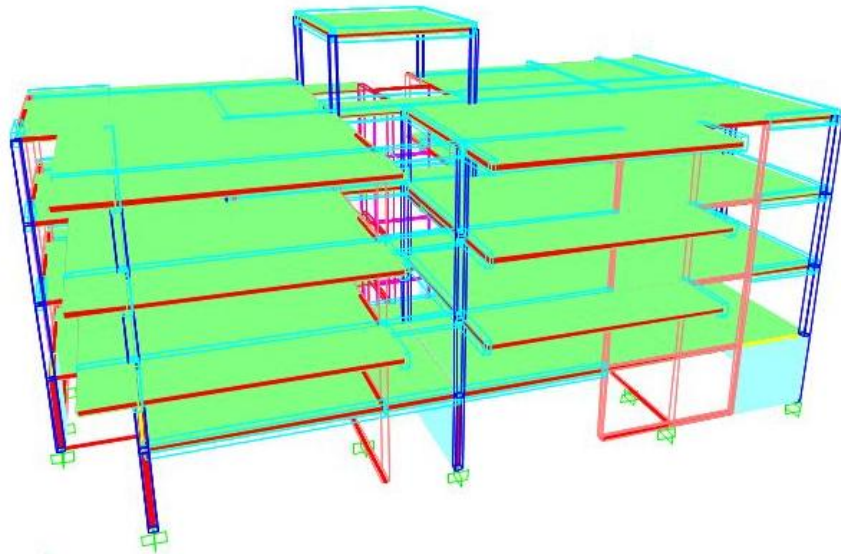
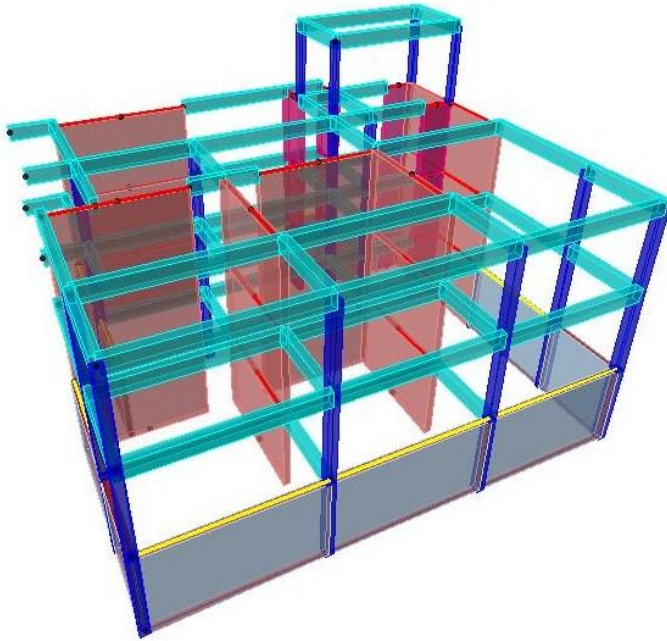
Πίνακας 7: Μάζες, φασματική επιτάχυνση, τέμνουσα δύναμη και οριζόντιες δυνάμεις Β κτηρίου

Παρακάτω δίνονται αναλυτικά ο πίνακας υπολογισμού του δείκτη συμπεριφοράς q και της πλαστιμότητας καμπυλοτήτων μ_{ϕ} του Β κτηρίου. Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση του Α κτηρίου, ο δείκτης συμπεριφοράς που επιλέχθηκε και για τα δύο κτήρια είναι $q=2,25$ ($\rightarrow \mu_{\phi}=2q_0-1=2 \cdot 3-1 \approx 5$)

B ΚΤΗΡΙΟ						
TΜΕΟ1 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50				
TΜΕΟ2 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50				
TΜΕΟ3 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50	\rightarrow	$\alpha^0 = 9 \cdot 8 / (7 \cdot 6 + 7,25) =$	1,46	\rightarrow
TΜΕΟ4 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50				
TΜΕΟ5 725/25	$\alpha=9,00/7,25=$	1,24				
TΜΕΟ6 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50				
TΜΕΟ7 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50				
TΜΕΟ8 600/25	$\alpha=9,00/6,00=$	1,50				
ΔΙΑΦΟΡΑ $\alpha - \alpha^0$						
TΜΕΟ1	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
TΜΕΟ2	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
TΜΕΟ3	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
TΜΕΟ4	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
TΜΕΟ5	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,22	\leq	0,25		
TΜΕΟ6	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
TΜΕΟ7	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
TΜΕΟ8	$ \alpha - \alpha^0 =$	0,04	\leq	0,25		
Για συστήματα τοιχωμάτων, μέσης πλαστιμότητας, ισχύει: $q_0=3 \rightarrow kw=1+a_0/3=0,82$ $\rightarrow q_B=kw \cdot q_0=2,45$						

Πίνακας 8: Υπολογισμός δείκτη συμπεριφοράς q

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΤΗΡΙΩΝ



Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο της ανάλυσης, η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον αντισεισμικό σχεδιασμό δύο κτηρίων με μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα. Βεβαίως, κύριος στόχος ήταν οι ιδιαιτερότητες των μεγάλων τοιχωμάτων, και έτσι στα επόμενα δεν παρουσιάζονται οι συνήθεις έλεγχοι για τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία, καθώς και για τη θεμελίωση.

6.1 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ/ΟΠΛΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Α ΚΤΗΡΙΟΥ

Ξεκινώντας με το διώροφο κτήριο (**Α κτήριο**), κατά την διεύθυνση Χ συναντάμε τρία τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα, δύο διαστάσεων 4,35* 0,25 m και ένα διαστάσεων 5,00* 0,25 m και δύο μικρότερα και πλάστιμα τοιχώματα διαστάσεων 1,00* 0,25 m ενώ κατά την διεύθυνση Υ συναντάμε και πάλι τρία τοιχώματα, δύο με διαστάσεις 4,50* 0,25 m και ένα με διαστάσεις 6,00* 0,25 m και δύο μικρότερα πλάστιμα τοιχώματα διαστάσεων 1,50* 0,25 m. Τα στοιχεία του κτηρίου φαίνονται πιο αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Παρακάτω παρατίθενται τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν στο κάθε τοίχωμα για τον εκάστοτε σεισμικό συνδυασμό και τα συνολικά αθροίσματα τους σε κάθε διεύθυνση κατά απόλυτη τιμή. Επίσης παρατίθενται ενδεικτικά τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών σε δύο μεγάλα τοιχώματα ανά κατεύθυνση.

ΛΞΟΝΙΚΕΣ (kN)

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ1 500/25	-409,81	
ΤΜΕΟ2 435/25	-209,84	
ΤΜΕΟ3 435/25	-243,90	
T3 100/25	-146,12	
T4 100/25	168,12	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	1.177,79	> 957,87

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ1 500/25	-445,42	
ΤΜΕΟ2 435/25	-506,74	
ΤΜΕΟ3 435/25	-443,55	
T3 100/25	-12,51	
T4 100/25	-411,21	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	1.819,43	> 957,87

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ4 600/25	-290,58	
ΤΜΕΟ5 450/25	-410,05	
ΤΜΕΟ6 450/25	-390,50	
T1 150/25	-352,17	
T2 150/25	-133,83	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	1.577,13	> 957,87

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ4 500/25	-457,17	
ΤΜΕΟ5 435/25	-700,45	
ΤΜΕΟ6 435/25	-752,45	
T1 100/25	-210,64	
T2 100/25	-51,45	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2.172,16	> 957,87

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ (kN)

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ1 500/25	621,04	
ΤΜΕΟ2 435/25	838,49	
ΤΜΕΟ3 435/25	858,27	
T3 100/25	49,79	
T4 100/25	83,11	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2.450,70	> 2.198,3

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ1 500/25	-640,41	
ΤΜΕΟ2 435/25	-835,24	
ΤΜΕΟ3 435/25	-864,15	
T3 100/25	-73,59	
T4 100/25	-44,98	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2.458,37	> 2.198,3

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ4 600/25	582,37	
ΤΜΕΟ5 450/25	1.036,87	
ΤΜΕΟ6 450/25	699,79	
T1 150/25	81,23	
T2 150/25	67,75	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2.468,01	> 2.198,3

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ4 600/25	-578,55	
ΤΜΕΟ5 450/25	-1.038,22	
ΤΜΕΟ6 450/25	-707,92	
T1 150/25	-77,35	
T2 150/25	-63,90	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2.465,94	> 2.198,3

ΡΟΠΕΣ (kNm)

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ1 500/25	2.916,16	
ΤΜΕΟ2 435/25	3.421,37	
ΤΜΕΟ3 435/25	3.381,27	
T3 100/25	118,98	
T4 100/25	164,13	

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ1 500/25	-3.118,78	
ΤΜΕΟ2 435/25	-3.406,19	
ΤΜΕΟ3 435/25	-3.347,56	
T3 100/25	-118,83	
T4 100/25	164,13	

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ4 600/25	2.522,48	
ΤΜΕΟ5 450/25	3.978,84	
ΤΜΕΟ6 450/25	2.660,28	
T1 150/25	208,57	
T2 150/25	177,10	

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ4 600/25	-3.182,62	
ΤΜΕΟ5 450/25	-4.572,34	
ΤΜΕΟ6 450/25	-3.072,56	
T1 150/25	-222,04	
T2 150/25	1.193,60	

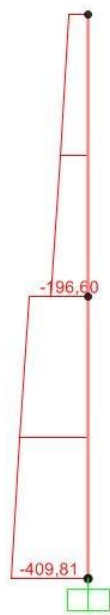
Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, στα συστήματα των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων, τα τοιχώματα πρέπει να φέρουν τουλάχιστον το 20% του συνολικού υπερκείμενου φορτίου υπό το σεισμικό συνδυασμό και παράλληλα να αναλαμβάνουν τουλάχιστον το 85% της συνολικής σεισμικής τέμνουσας βάσης στην κάθε διεύθυνση ώστε να είναι κύρια. Από το πρόγραμμα ανάλυσης SAP2000 έχουν προκύψει η τέμνουσα βάσης: $F_b = 2.586,27 \text{ kN}$ και η συνολική αξονική δύναμη: $F_z = 4.789,33 \text{ kN}$. Η απαίτηση για το 85% στις τέμνουσες προκύπτει από τον Ευρωκώδικα 8 και από το γεγονός ότι θέλουμε δομητικό σύστημα με πρωτεύοντα τοιχώματα που να αναλαμβάνουν εξ ολοκλήρου το σεισμό και τα δευτερεύοντα υποστυλώματα και τοιχώματα θα αναλαμβάνουν μόλις το 15%.

- $0,20 * F_z = 0,20 * 4.789,33 = 957,87 \text{ kN}$
- $0,85 * F_b = 0,85 * 2.586,27 = 2198,33 \text{ kN}$

Οι έλεγχοι αυτοί γίνονται στους παραπάνω πίνακες, και ικανοποιούνται πλήρως.

Διαγράμματα εντατικών μεγεθών Α κτηρίου:

Axial Force Diagram (G+0,3Q+EX)



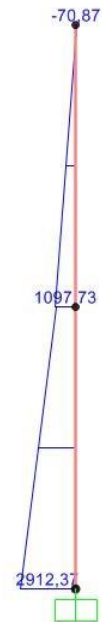
TME01, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q+EX)



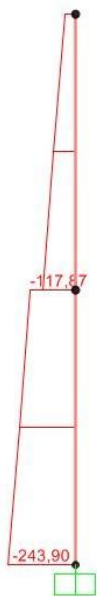
TME01, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ

Moment 3-3 Diagram (G+0,3Q+EX)



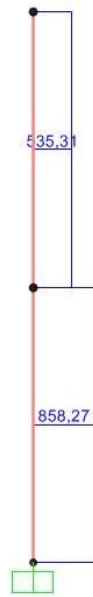
TME01, ΡΟΠΗ

Axial Force Diagram (G+0,3Q+EX)



TME03, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q+EX)



TME03, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ

Moment 3-3 Diagram (G+0,3Q+EX)

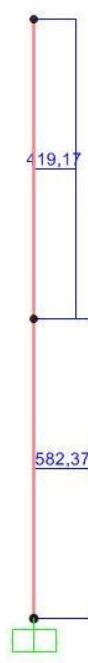


TME03, ΡΟΠΗ

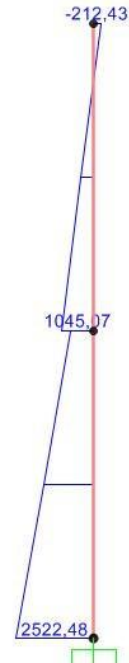
Axial Force Diagram (G+0.3Q+EY)
Shear Force 2-2 Diagram (G+0.3Q+EY)
Moment 3-3 Diagram (G+0.3Q+EY)



ΤΜΕΟ4, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

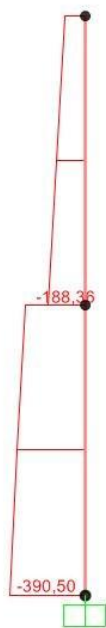


ΤΜΕΟ4, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ



ΤΜΕΟ4, ΡΟΠΗ

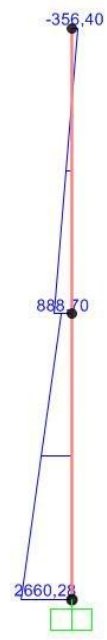
Axial Force Diagram (G+0.3Q+EY)
Shear Force 2-2 Diagram (G+0.3Q+EY)
Moment 3-3 Diagram (G+0.3Q+EY)



ΤΜΕΟ6, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ



ΤΜΕΟ6, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ



ΤΜΕΟ6, ΡΟΠΗ

6.1.1 ΟΠΛΙΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Α ΚΤΗΡΙΟΥ

Τα τοιχώματα διαστασιολογήθηκαν με την δυσμενέστερη ένταση που προέκυψε από τους σεισμικούς συνδυασμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω με την παραδοχή επιπεδότητας των διατομών. Για την διαστασιολόγηση τους λήφθηκαν υπόψη έλεγχοι που αφορούν την κάμψη με ορθή δύναμη, τη διάτμηση, την οριζόντια ολίσθηση στις διεπιφάνειες/αρμούς της κατασκευής και έλεγχοι μεταφοράς των οριζοντίων δυνάμεων μεταξύ των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων και των διαφραγμάτων. Στο παράρτημα Α παρατίθενται και τα αντίστοιχα σχέδια που αφορούν την όπλιση.

Για την εύρεση της ροπής αντοχής λήφθηκαν υπόψη τρεις αξονικές δυνάμεις, αυτή που προκύπτει από το πρόγραμμα ανάλυσης N_{Sd} καθώς επίσης και οι $1,5N_{Sd}$ και $0,5N_{Sd}$. Τελικά όμως η όπλιση έγινε με βάση την αξονική $0,5N_{Sd}$. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες υπολογισμού των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού και οι ροπές αντοχής των μεγάλων τοιχωμάτων (ΤΜΕΟ) μετά την όπλιση τους.

	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	M_{Sd} (kNm)	N_{Sd} (kN)	$1,5N_{Sd}$ (kN)	$0,5N_{Sd}$ (kN)	vd (NSd)	V_{Sd} (kN)	$V_{Sd}*(q+1)/2$ (kN), q=2,25
ΤΟΙΧΕΙΑ		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EX (τοιχώματα κατά X)						
ΤΜΕΟ1	500/25	2.916,16	409,81	-614,72	-204,91	-0,02	621,04	1.009,19
ΤΜΕΟ2	435/25	3.421,37	-209,84	-314,76	-104,92	-0,01	838,49	1.362,55
ΤΜΕΟ3	435/25	3.381,27	-243,90	-365,85	-121,95	-0,02	858,27	1.394,69
		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EX (τοιχώματα κατά X)						
ΤΜΕΟ1	500/25	3.118,78	-445,42	-668,13	-222,71	-0,03	640,41	1.040,67
ΤΜΕΟ2	435/25	3.406,19	-506,74	-760,11	-253,37	-0,03	835,24	1.357,27
ΤΜΕΟ3	435/25	3.347,56	-443,55	-665,33	-221,78	-0,03	864,15	1.404,24
		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EY (τοιχώματα κατά Y)						
ΤΜΕΟ4	600/25	2.522,48	-290,58	-435,87	-145,29	-0,01	582,37	946,35
ΤΜΕΟ5	450/25	3.978,84	-410,05	-615,08	-205,03	-0,03	1.036,87	1.684,91
ΤΜΕΟ6	450/25	2.660,28	-390,50	-585,75	-195,25	-0,03	699,79	1.137,16
		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EY (τοιχώματα κατά Y)						
ΤΜΕΟ4	600/25	3.182,62	-457,17	-685,76	-228,59	-0,02	578,55	940,14
ΤΜΕΟ5	450/25	4.572,34	-700,45	-1.050,68	-350,23	-0,05	1.038,22	1.687,11
ΤΜΕΟ6	450/25	3.072,56	-752,45	-1.128,68	-376,23	-0,05	707,92	1.150,37

Πίνακας 9: Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού τοιχωμάτων

Ροπή αντοχής M_{Rd}							ΤΕΛΙΚΗ V_{Sd}
Οπλισμοί	M_{Rd} (N_{Sd})	M_{Rd} ($1,5N_{Sd}$)	ΠΡΕΠΕΙ $M_{Rd} > M_{Sd}$ M_{Rd} ($0,5N_{Sd}$)	M_{Rd}/M_{Sd}	ΤΕΛΙΚΗ M_{Rd} (N_{Sd})	ΤΕΛΙΚΗ M_{Rd}/M_{Sd}	$Av M_{Rd}/M_{Sd}$ $>1,625 \rightarrow$ $V_{Sd} \cdot M_{Rd}/M_{Sd}$
Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EX (τοιχώματα κατά X)							
8Φ12 ΠΕΡΣΦ +2Φ12/40 ΚΟΡΜ	5.776,96	6.138,31	5.401,23	1,98	4.449,39	1,53	1.009,19
10Φ12 ΠΕΡΣΦ +2Φ12/25 ΚΟΡΜ	4.380,41	4.544,60	4.213,87	1,28	4.380,41	1,28	1.362,55
10Φ12 ΠΕΡΙΣΦ+ 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	4.435,32	4.623,81	4.242,55	1,31	4.435,32	1,31	1.394,69
Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EX (τοιχώματα κατά X)							
8Φ12 ΠΕΡΣΦ+ 2Φ12/40 ΚΟΡΜ	5.839,07	6.230,76	5.434,80	1,87	4.520,90	1,45	1.040,67
10Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	4.840,55	5.209,04	4.447,86	1,42	4.840,55	1,42	1.357,27
10Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	4.744,13	5.072,53	4.399,27	1,42	4.744,13	1,42	1.404,24
Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EY (τοιχώματα κατά Y)							
8Φ12 ΠΕΡΣΦ+ 2Φ12/40 ΚΟΡΜ	7.734,78	8.057,42	7.406,54	3,07	5.573,53	2,21	1.286,77
10Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	4.779,05	5.102,77	4.444,45	1,20	4.779,05	1,20	1.684,91
10Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	4.748,30	5.058,48	4.427,90	1,78	4.748,30	1,78	1.249,05
Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EY (τοιχώματα κατά Y)							
8Φ12 ΠΕΡΣΦ+ 2Φ12/40 ΚΟΡΜ	8.102,53	8.591,24	7.595,78	2,55	5.980,27	1,88	1.087,12
10Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	5.233,48	5.752,48	4.681,74	1,14	5.233,48	1,14	1.687,11
10Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	5.312,03	5.861,21	4.723,98	1,73	5.312,03	1,73	1.223,90

Πίνακας 10: Οπλισμός μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, η τελική όπλιση των μεγάλων τοιχωμάτων προέκυψε συνδυάζοντας δύο βασικές παραμέτρους που έπρεπε να ισχύουν. Αυτές ήταν:

- Για τη ροπή αντοχής M_{Rd} , που προκύπτει για ροπή σχεδιασμού υπό την μικρή αξονική $0,5N_{Sd}$, πρέπει να ισχύει: $M_{Rd} \geq M_{Sd}$
- Ο λόγος M_{Rd} / M_{Sd} πρέπει να είναι μικρότερος του $(q + 1)/2 = 1,625$. Στην περίπτωση που είναι μεγαλύτερος, όπως προέκυψε για τα ΤΜΕΟ4 και ΤΜΕΟ6, μειώθηκε ο οπλισμός αλλά και πάλι ο λόγος δεν ικανοποιήθηκε οπότε έπρεπε να πολλαπλασιαστεί η τέμνουσα που αντιστοιχεί σε αυτά τα ΤΜΕΟ με το λόγο αυτό προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη πλαστιμότητα στο κτήριο.

Στην συνέχεια έγιναν οι έλεγχοι σε τέμνουσα, οι οποίοι πληρούνται σε όλα τα μεγάλα τοιχώματα του κτηρίου. Από τους ελέγχους προέκυψε οριζόντιος οπλισμός **2Φ8/100**. Παρακάτω παρατίθεται ενδεικτικά για λόγους πληρότητας ο έλεγχος σε τέμνουσα στα μεγάλα τοιχώματα στα οποία αναπτύσσεται η μεγαλύτερη τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού V_{Sd} , ένας για κάθε διαφορετικό μήκος l_w (ΤΜΕΟ1, ΤΜΕΟ3, ΤΜΕΟ4, ΤΜΕΟ5).

6.1.2 Οριακή κατάσταση αστοχίας από διάτμηση

- Αν $V_{sd} \leq V_{Rd,c}$ δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης.
- Αν $V_{sd} > V_{Rd,c}$ τότε απαιτείται οπλισμός διάτμησης για την ανάληψη της τέμνουσας δύναμης σχεδιασμού και ακολουθεί η παρακάτω διαδικασία:

Η τιμή σχεδιασμού της αντοχής σε τέμνουσα $V_{Rd,c}$ δίνεται από τη σχέση:

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (\text{kN}) \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

όπου $k_1 = 0,15$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) \approx 4\% \text{ για τα μεγάλα τοιχώματα του Α κτηρίου}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c \quad (N_{Sd} > 0 \text{ για θλίψη})$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12 \quad (\text{C20/25})$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Θεωρήθηκε ότι για τα μεγάλα τοιχώματα ισχύει $z = 0,9 \cdot l_w$ και $d = 0,95 \cdot l_w$.

Προκειμένου να καλυφθεί η ενδεχόμενη δυσμενής επιρροή της καμπτικής υπεραντοχής ($M_{Rd} \geq M_{Sd}$), η οποία θα οδηγούσε σε επαύξηση της δρώσας τέμνουσας δύναμης αποφασίστηκε να ληφθεί $\theta = 45^\circ$, προς μεγιστοποίηση του οπλισμού διάτμησης.

Η τελική αντοχή σε τέμνουσα θα είναι: $V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}; V_{Rd,s})$ όπου

- $V_{Rd,max} = 0,5 \cdot a_{cw} \cdot 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cd}$ για $\theta = 45^\circ$ { $V_{Rd,max} = a_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$, $v_l = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$ } (kN)
- $A_{sw}/s = V_{Sd} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta)$
- $V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} / s$ (kN)

Παρατίθενται ενδεικτικά τα αποτελέσματα σε τέσσερα μεγάλα τοιχώματα του κτηρίου:

	TΜΕΟ4 (600/25)	TΜΕΟ1 (500/25)	TΜΕΟ3 (435/25)	TΜΕΟ5 (450/25)
$k_1 = 0,15$	0,15	0,15	0,15	0,15
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0,10	0,18	0,20	0,31
$\rho_l = 0,004$	0,004	0,004	0,004	0,004
$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	1,19	1,21	1,22	1,22
$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$	0,12	0,12	0,12	0,12
$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	0,20	0,21	0,21	0,21
$V_{Rd,c} = (0,12 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$ (kN) =	426,77	375,22	334,10	361,89
$V_{\min} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d =$	309,27	277,66	249,51	274,30
$\theta = 45^\circ$				
$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot a_{cw} \cdot 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) \cdot b \cdot z \cdot f_{cd}$ (kN) =	4.968,00	4.140,00	3.601,80	3.726,00
$a_{cw} = 1$				
$z = 0,9 l_w$	5,40	4,50	3,92	4,05
$d = 0,95 l_w$	5,70	4,75	4,13	4,28
$A_{sw}/s = V_{Ed} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta) =$	0,55	0,53	0,66	0,96
$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} / s$ (επιλέγεται οπλισμός 2Φ8/100) =	2.361,91	1.968,26	1.712,39	1.771,43

Πίνακας 11: Έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας από θλίψη

6.1.3 Έλεγχος οριζόντιας ολίσθησης, στις διεπιφάνειες/ αρμούς κατασκευής των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων σύμφωνα με τον ΕΚ2

Η διατμητική τάση στη διεπιφάνεια σκυροδεμάτων που έχουν διαστρωθεί σε διαφορετικό χρόνο πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση: $v_{Edi} \leq v_{Rdi}$ όπου v_{Edi} είναι η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής τάσης στη διεπιφάνεια και δίνεται από τη σχέση $v_{Edi} = \beta V_{Ed} / (z b_i)$, όπου β είναι ο λόγος της διαμήκου δύναμης στη νέα στρώση σκυροδέματος προς τη συνολική δύναμη και συνήθως λαμβάνει τιμή ίση με τη μονάδα και v_{Rdi} είναι η διατμητική αντοχή σχεδιασμού στη διεπιφάνεια που δίνεται από τη σχέση $v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd}$ όπου c , μ είναι δείκτες εξαρτώμενοι από την τραχύτητα της διεπιφάνειας, σ_n είναι η τάση ανά μονάδα επιφάνειας και δίνεται από τη σχέση $\sigma_n = N_{Sd} / A_c$ ($\sigma_n < 0,6f_{cd}$ και $\sigma_n > 0$ για θλίψη, $\sigma_n < 0$ για εφελκυσμό), $\rho = 4\%$ για τα μεγάλα τοιχώματα του Α κτηρίου και $f_{ctd} = 1 \text{MPa}$ για C20/25. Η αξονική δύναμη N_{Sd} που λήφθηκε υπόψη ήταν η N_{Sd} που δίνει η ανάλυση και όχι κάποια από τις $\pm 50\% N_{Sd}$. Όσον αφορά τους δείκτες για την τραχύτητα ελήφθησαν οι τιμές που αντιστοιχούν για τραχεία επιφάνεια με τραχύτητα τουλάχιστον 3 mm ανά αποστάσεις περίπου 40 mm, που επιτυγχάνεται με λοξή εγχάραξη, έκθεση των αδρανών, ή άλλες μεθόδους που δίνουν παρόμοια συμπεριφορά. Αυτές οι τιμές ήταν: $c = 0,45$ και $\mu = 0,7$ και επειδή όταν τα φορτία προκαλούν κόπωση ή είναι δυναμικά η τιμή του δείκτη c πρέπει να λαμβάνεται ίση με το ήμισυ, η τελική τιμή που λήφθηκε υπόψη ήταν $c = 0,45/2 = 0,225$.

Παρακάτω παρατίθενται οι υπολογισμοί σε τέσσερα μεγάλα τοιχώματα του κτηρίου. Ο έλεγχος έγινε σε κάθε ένα μεγάλο τοίχωμα με διαφορετικό μήκος και με την μεγαλύτερη τέμνουσα δύναμη έτσι ώστε εφόσον ικανοποιείται αυτός, θα ικανοποιείται και στα υπόλοιπα μεγάλα τοιχώματα του κτηρίου.

	TΜΕΟ1 (500/25)	TΜΕΟ3 (435/25)	TΜΕΟ5 (450/25)	TΜΕΟ4 (600/25)
$v_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (b \cdot z)$ (kN/m ²) =	925,04	1.434,73	1.666,28	953,16
$z = 0,9l_w$	4,50	3,92	4,05	5,40
$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd}$ ($\mu \sin \alpha + \cos \alpha$) (kN/m ²)	1.467,10	1.503,17	1.645,70	1.353,04
$v_{Rdi} \leq 0,5 v f_{cd}$ (kN/m ²) =	3.680,00	3.680,00	3.680,00	3.680,00
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) =$	0,55	0,55	0,55	0,55
	$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$	$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$	$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$	$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$

Πίνακας 12: Έλεγχος σε οριζόντια ολίσθηση στους αρμούς κατασκευής των τοιχωμάτων

6.1.4 Έλεγχος μεταφοράς τέμνουσας δύναμης από τα διαφράγματα στα μεγάλα τοιχώματα: $\gamma_d \cdot V_{Sd} < 1,5 \cdot f_{ctd} \cdot A_i$ (όχι εκτεταμένη ρηγμάτωση)

Παρά το γεγονός ότι δεν απαιτείται αυτός ο έλεγχος, εφόσον γίνεται μόνο για συστήματα "πυρήνων" σε κατηγορία υψηλής πλαστιμότητας, γίνεται για λόγους πληρότητας και για να ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην σύνδεση των μεγάλων τοιχωμάτων με τα διαφράγματα των πλακών. Το A_i είναι το εμβαδόν της διεπιφάνειας μεταξύ του μεγάλου τοιχώματος και πλάκας/δοκών και είναι περίπου

ίσο με το μήκος του μεγάλου τοιχώματος επί το πάχος της πλάκας. Στην περίπτωση που σε κάποιο τοίχωμα έχουμε πλάκα αμφίπλευρα τότε η τιμή A_i πολλαπλασιάζεται επί 2. Το γ_d λήφθηκε ίσο με 1,3 για ψαθυρό μηχανισμό μεταφοράς λόγω σκυροδέματος. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ο οποίος ικανοποιείται για όλα τα μεγάλα τοιχώματα.

Η τέμνουσα δύναμη που λήφθηκε υπόψη δεν ήταν η τέμνουσα που προκύπτει μετά την προσαύξηση με το $(q+1)/2$, αλλά ήταν η τέμνουσα δύναμη που προκύπτει από πρόγραμμα μετά την ανάλυση του κτηρίου υπό το σεισμό.

		$\gamma_d * V_{Sd}$, $\gamma_d=1,3$	$1,5 * f_{ctd} * A_i$	Έλεγχος
ΤΟΙΧΕΙΑ	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EX			
TΜΕΟ1	500/25	807,35	1.125,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ2	435/25	1.090,04	1.957,50	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ3	435/25	1.115,75	1.957,50	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EX			
TΜΕΟ1	500/25	832,53	1.125,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ2	435/25	1.085,81	1.957,50	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ3	435/25	1.123,40	1.957,50	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EY			
TΜΕΟ4	600/25	757,08	1.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ5	450/25	1.347,93	2.025,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ6	450/25	909,73	2.025,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EY			
TΜΕΟ4	600/25	752,12	1.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ5	450/25	1.349,69	2.025,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
TΜΕΟ6	450/25	920,30	2.025,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$

Πίνακας 13: Έλεγχος μεταφοράς τέμνουσας δύναμης από τα διαφράγματα στα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

6.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ/ΟΠΛΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Β ΚΤΗΡΙΟΥ

Συνεχίζοντας με το τριώροφο κτήριο (Β κτήριο), κατά την διεύθυνση Χ συναντάμε τρία τοιχώματα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τα δύο διαστάσεων 6,00* 0,25 m και ένα διαστάσεων 7,25*0,25 m και δύο μικρότερα πλάστιμα τοιχώματα διαστάσεων 2,75* 0,25 m και 2,50*0,25 m αντίστοιχα ενώ κατά την διεύθυνση Υ συναντάμε πέντε μεγάλα τοιχώματα διαστάσεων 6,00* 0,25 m και ένα μικρότερο πλάστιμο τοιχώματα διαστάσεων 4,00* 0,25m. Τα στοιχεία του κτηρίου φαίνονται πιο αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Παρακάτω παρατίθενται τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν στο κάθε τοίχωμα για τον εκάστοτε σεισμικό συνδυασμό και τα συνολικά αθροίσματα τους σε κάθε διεύθυνση κατά απόλυτη τιμή.

ΑΞΟΝΙΚΕΣ (kN)

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ5 725/25	-1.171,42	
ΤΜΕΟ4 600/25	-959,30	
ΤΜΕΟ8 600/25	-1.080,15	
T2 250/25	-179,17	
T1 275/25	-331,26	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	3.721,30	> 2.672,78

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ5 725/25	-1.109,00	
ΤΜΕΟ4 600/25	-924,46	
ΤΜΕΟ8 600/25	-1.294,06	
T2 250/25	-5,33	
T1 275/25	49,70	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	3.382,55	> 2.672,78

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ1 600/25	-964,90	
ΤΜΕΟ6 600/25	-1.034,19	
ΤΜΕΟ2 600/25	-690,10	
ΤΜΕΟ3 600/25	-1.262,37	
ΤΜΕΟ7 600/25	-1.450,08	
T3 400/25	298,08	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	5.699,72	> 2.672,78

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ1 600/25	-776,18	
ΤΜΕΟ6 600/25	-1.367,78	
ΤΜΕΟ2 600/25	-926,21	
ΤΜΕΟ3 600/25	-689,43	
ΤΜΕΟ7 600/25	-465,64	
Τ3 400/25	-868,83	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	5.094,07	> 2.672,78

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ (kN)

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ5 725/25	2.186,76	
ΤΜΕΟ4 600/25	1.549,69	
ΤΜΕΟ8 600/25	1.731,12	
Τ2 250/25	501,50	
Τ1 275/25	448,42	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	6.417,49	> 5.679,7

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ5 725/25	-2.256,64	
ΤΜΕΟ4 600/25	-1.514,73	
ΤΜΕΟ8 600/25	-1.676,33	
Τ2 250/25	-516,30	
Τ1 275/25	-437,80	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	6.401,80	> 5.679,7

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ1 600/25	762,56	
ΤΜΕΟ6 600/25	1.152,06	
ΤΜΕΟ2 600/25	1.125,37	
ΤΜΕΟ3 600/25	1.265,42	
ΤΜΕΟ7 600/25	1.469,34	
Τ3 400/25	710,73	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	6.485,48	> 5.679,7

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ1 600/25	-774,64	
ΤΜΕΟ6 600/25	-1.092,15	
ΤΜΕΟ2 600/25	-1.119,47	
ΤΜΕΟ3 600/25	-1.286,12	
ΤΜΕΟ7 600/25	-1.570,09	
T3 400/25	-704,19	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	6.546,66	> 5.679,7

ΡΟΠΕΣ (kNm)

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ5 725/25	13.796,98	
ΤΜΕΟ4 600/25	8.764,30	
ΤΜΕΟ8 600/25	9.404,70	
T2 250/25	1.193,60	
T1 275/25	1.182,01	

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EX		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Χ:		
ΤΜΕΟ5 725/25	-14.276,75	
ΤΜΕΟ4 600/25	9.138,52	
ΤΜΕΟ8 600/25	10.495,97	
T2 250/25	-1.214,41	
T1 275/25	-1.203,01	

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q+EY		
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:		
ΤΜΕΟ1 600/25	5.125,80	
ΤΜΕΟ6 600/25	6.672,50	
ΤΜΕΟ2 600/25	7.644,22	
ΤΜΕΟ3 600/25	6.545,48	
ΤΜΕΟ7 600/25	8.538,30	
T3 400/25	3.222,65	

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ G+O,3Q-EY	
ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ Υ:	
ΤΜΕΟ1 600/25	-4.824,35
ΤΜΕΟ6 600/25	-6.941,97
ΤΜΕΟ2 600/25	-8.029,91
ΤΜΕΟ3 600/25	7.072,00
ΤΜΕΟ7 600/25	-8.815,09
Τ3 400/25	-3.363,93

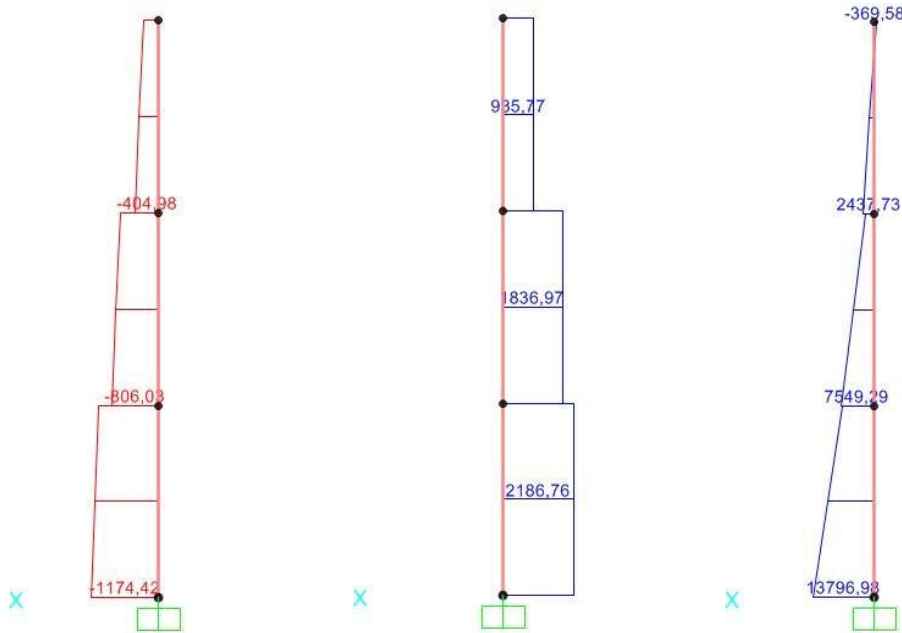
Οι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν και σε αυτό το κτήριο αφορούν τις τέμνουσες και τις αξονικές όπως και στο Α κτήριο. Τα τοιχώματα πρέπει να φέρουν τουλάχιστον το 20% του συνολικού υπερκείμενου φορτίου υπό το σεισμικό συνδυασμό και παράλληλα να αναλαμβάνουν τουλάχιστον το 85% της συνολικής σεισμικής τέμνουσας βάσης στην κάθε διεύθυνση. Από το πρόγραμμα ανάλυσης SAP2000 έχουν προκύψει η τέμνουσα βάσης: $F_b = 6681,96 \text{ kN}$ και η συνολική αξονική δύναμη: $F_z = 13363,91 \text{ kN}$.

- $0,20 * F_z = 0,20 * 13.363,91 = 2.672,78 \text{ kN}$
- $0,85 * F_b = 0,85 * 6.681,96 = 5.679,67 \text{ kN}$

Οι έλεγχοι αυτοί γίνονται στους παραπάνω πίνακες, και ικανοποιούνται πλήρως.

Διαγράμματα εντατικών μεγεθών Β κτηρίου:

Axial Force Diagram (G+0,3Q+EX)
Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q+EX)
Moment 3-3 Diagram (G+0,3Q+EX)

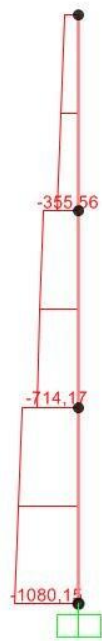


TME05, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

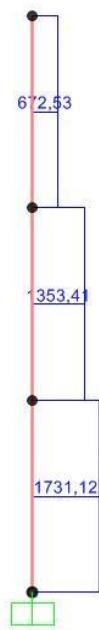
TME05, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ

TME05, ΡΟΠΗ

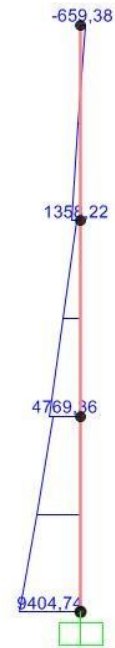
Axial Force Diagram (G+0,3Q+EX)
Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q+EX)
Moment 3-3 Diagram (G+0,3Q+EX)



TME08, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ



TME08, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ

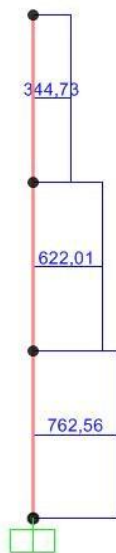


TME08, ΡΟΠΗ

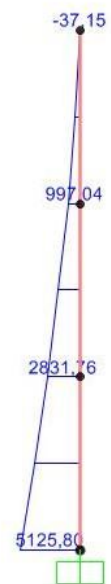
Axial Force Diagram (G+0,3Q+EY)
Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q+EY)
Moment 3-3 Diagram (G+0,3Q+EY)



TME01, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

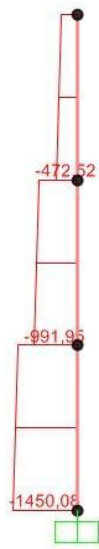


TME01, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ



TME01, ΡΟΠΗ

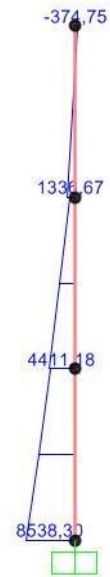
 Axial Force Diagram (G+0,3Q+EY)
  Shear Force 2-2 Diagram (G+0,3Q+EY)
  Moment 3-3 Diagram (G+0,3Q+EY)



ΤΜΕΟ7, ΑΞΟΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ



ΤΜΕΟ7, ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ



ΤΜΕΟ7, ΡΟΠΗ

6.2.1 ΟΠΛΙΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Β ΚΤΗΡΙΟΥ

Τα τοιχώματα και του Β κτηρίου διαστασιολογήθηκαν με την δυσμενέστερη ένταση που προέκυψε από τους σεισμικούς συνδυασμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω με την παραδοχή επιπεδότητας των διατομών. Για την διαστασιολόγησή τους λήφθηκαν υπόψη έλεγχοι που αφορούν την κάμψη με ορθή δύναμη, τη διάτμηση, την οριζόντια ολίσθηση στις διεπιφάνειες στους αρμούς της κατασκευής και έλεγχοι μεταφοράς των οριζοντίων δυνάμεων μεταξύ των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων και των διαφραγμάτων. Στο παράρτημα Β παρατίθενται και τα αντίστοιχα σχέδια που αφορούν την όπλιση.

Για την εύρεση της ροπής αντοχής λήφθηκαν υπόψη τρεις αξονικές δυνάμεις, αυτή που προκύπτει από το πρόγραμμα ανάλυσης N_{Sd} καθώς επίσης και οι $1,5N_{Sd}$ και $0,5N_{Sd}$. Τελικά όμως η όπλιση έγινε με βάση την αξονική $0,5N_{Sd}$. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες υπολογισμού των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού και οι ροπές αντοχής των μεγάλων τοιχωμάτων μετά την όπλιση τους.

	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	M_{Sd} (kNm)	N_{Sd} (kN)	$1,5*N_{Sd}$ (kN)	$0,5*N_{Sd}$ (kN)	v_d (N_{Sd})	V_{Sd} (kN)	$V_{Sd}*(q+1)/2$ (kN) $q=2,25$
ΤΟΙΧΕΙΑ		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EX (τοιχώματα κατά X)						
TΜΕΟ5	725/25	13.796,98	-1.174,42	-1.761,63	-587,21	-0,05	2.186,76	3.553,49
TΜΕΟ4	600/25	8.764,30	-959,30	-1.438,95	-479,65	-0,05	1.549,69	2.518,25
TΜΕΟ8	600/25	9.404,70	-1.080,15	-1.620,225	-540,08	-0,05	1.731,12	2.813,07
		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EX (τοιχώματα κατά X)						
TΜΕΟ5	725/25	14.276,75	-1.109,00	-1.663,50	-554,50	-0,05	2.256,64	3.667,04
TΜΕΟ4	600/25	9.138,52	-924,46	-1.386,69	-462,23	-0,05	1.514,73	2.461,44
TΜΕΟ8	600/25	10.495,97	-1.294,06	-1.941,09	-647,03	-0,06	1.676,33	2.724,04
		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EY (τοιχώματα κατά Y)						
TΜΕΟ1	600/25	5.125,80	-964,90	-1.447,35	-482,45	-0,05	762,56	1.239,16
TΜΕΟ2	600/25	6.672,50	-690,10	-1.035,15	-345,05	-0,03	1.125,37	1.828,73
TΜΕΟ3	600/25	7.644,22	-1.262,37	-1.893,555	-631,19	-0,06	1.265,42	2.056,31
TΜΕΟ6	600/25	6.545,48	-1.034,19	-1.551,285	-517,10	-0,05	1.152,06	1.872,10
TΜΕΟ7	600/25	8.538,30	-1.450,08	-2.175,12	-725,04	-0,07	1.469,34	2.387,68
		Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EY (τοιχώματα κατά Y)						
TΜΕΟ1	600/25	4.824,35	-776,18	-1.164,27	-388,09	-0,04	774,64	1.258,79
TΜΕΟ2	600/25	6.941,97	-926,21	-1.389,31	-463,11	-0,05	1.119,47	1.819,14
TΜΕΟ3	600/25	8.029,91	-689,43	-1.034,14	-344,72	-0,03	1.286,12	2.089,95
TΜΕΟ6	600/25	7.072,00	-1.367,78	-2.051,67	-683,89	-0,07	1.092,15	1.774,74
TΜΕΟ7	600/25	8.815,09	-465,64	-698,46	-232,82	-0,03	1.570,09	2.551,40

Πίνακας 14: Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού τοιχωμάτων

ΟΠΛΙΣΗ	M_{Rd} (N_{Sd})	M_{Rd} ($1,5N_{Sd}$)	M_{Rd} ($0,5N_{Sd}$)	M_{Rd}/M_{Sd}
(6Φ18+4Φ16) ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	16.590,73	17.992,36	15.091,69	1,20
(3Φ16+7Φ14)ΠΕΡΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	10.449,54	11.397,21	9.441,83	1,19
10Φ16 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	16.429,56	12.436,01	10.269,21	1,21
(6Φ18+4Φ16) ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	16.429,56	17.763,94	15.007,42	-1,15
(3Φ16+7Φ14)ΠΕΡΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	10.380,92	11.302,81	9.403,11	1,14
10Φ16 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	11.818,50	13.016,11	10.497,48	1,13
8Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/40 ΚΟΡΜ	7.156,83	8.204,18	6.042,66	1,40
10Φ12 ΠΕΡΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	8.599,72	9.313,34	7.855,37	1,29
(3Φ14+7Φ12) ΠΕΡΙΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	10.081,44	11.260,63	8.791,70	1,32
10Φ12 ΠΕΡΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	9.311,38	10.317,08	8.231,29	1,42
10Φ16 ΠΕΡΣΦ+ 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	12.116,59	13.419,25	10.662,82	1,41
8Φ12 ΠΕΡΣΦ + 2Φ12/40 ΚΟΡΜ	6.725,12	7.602,85	5.812,19	1,39
10Φ12 ΠΕΡΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	9.094,20	10.012,99	8.115,48	1,31
(3Φ14+7Φ12) ΠΕΡΙΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	8.914,74	9.628,50	8.172,50	1,11
10Φ12 ΠΕΡΣΦ+2Φ12/25 ΚΟΡΜ	9.972,07	11.216,44	8.587,03	1,41
10Φ16 ΠΕΡΣΦ+ 2Φ12/25 ΚΟΡΜ	10.110,42	10.607,81	9.599,76	1,14

Πίνακας 15: Οπλισμός μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, η τελική όπλιση των μεγάλων τοιχωμάτων προέκυψε συνδυάζοντας τις βασικές παραμέτρους που έπρεπε να ισχύουν. Αυτές ήταν:

- Για τη ροπή αντοχής M_{Rd} , που προκύπτει για ροπή σχεδιασμού υπό την μικρή αξονική $0,5N_{Sd}$, πρέπει να ισχύει: $M_{Rd} \geq M_{Sd}$
- Ο λόγος M_{Rd} / M_{Sd} πρέπει να είναι μικρότερος του $(q + 1)/2 = 1,625$. Σε αυτό το κτήριο ικανοποιείται εξ αρχής αυτή η απαίτηση και για αυτό το λόγο δεν χρειάστηκε κάποια πρόσθετη προσαύξηση των τεμνουσών δυνάμεων σχεδιασμού πέραν του $(q + 1)/2$.
- Επιπλέον, η όπλιση στα ΤΜΕΟ5 και ΤΜΕΟ7 επηρεάστηκε από τον έλεγχο σε οριζόντια ολίσθηση στους αρμούς/διεπιφάνειες κατασκευής αυτών των ΤΜΕΟ.
- Επιπλέον στα ΤΜΕΟ4, ΤΜΕΟ5, ΤΜΕΟ7 και ΤΜΕΟ8 λόγω μη επάρκειας του κατακόρυφου οπλισμού έναντι οριζόντιας ολίσθησης στους αρμούς κατασκευής, προστέθηκαν από 3 βλήτρα σε κάθε περισφιγμένο άκρο προκειμένου να μην αυξηθεί ο κατακόρυφος οπλισμός των τοιχείων αυτών.

6.2.2 Οριακή κατάσταση αστοχίας από διάτμηση

Στην συνέχεια έγιναν οι έλεγχοι σε τέμνουσα, οι οποίοι πληρούνται σε όλα τα μεγάλα τοιχώματα του κτηρίου, οπότε δεν χρειάστηκε κάποιος επιπλέον κατακόρυφος οπλισμός παρά μόνο αυτός που προκύπτει από τον έλεγχο των τεμνουσών σαν οριζόντιος οπλισμός. Από τους ελέγχους προέκυψε οριζόντιος οπλισμός **2Φ10/100**. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά για λόγους πληρότητας ο έλεγχος σε τέμνουσα σε δύο μεγάλα τοιχώματα που αναπτύσσεται η μεγαλύτερη τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού V_{sd} (TΜΕΟ5, TΜΕΟ8). Σαν N_{ed} χρησιμοποιήθηκε η N_{sd} που έδινε το πρόγραμμα ανάλυσης και όχι κάποια από τις $\pm 50\% N_{sd}$.

	TΜΕΟ5 (725/25)	TΜΕΟ8 (600/25)
$k_1=0,15$	0,15	0,15
$\sigma_{cp}=N_{Ed}/Ac=$	0,306	0,360
$\rho_l=0,004$	0,004	0,004
$k=1+(200/d)^{1/2} < 2$	1,170	1,187
$C_{Rd,c}=0,18/\gamma_c=0,12$	0,12	0,12
$v_{min}=0,035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}$	0,20	0,20
$V_{Rd,c}=(0,12*k*(100*\rho_l*f_{ck})^{1/3}+k_1*\sigma_{cp})*b*d=$	562,69	483,02
$V_{min} = (v_{min}+k_1*\sigma_{cp})*b*d=$	420,28	365,53
$\theta=45^\circ$		
$V_{Rd,max}=0,5*a_{cw}*0,6*(1-f_{ck}/250)*b*z*f_{cd}$	6.003,00	4.968,00
$a_{cw}=1$		
$z=0,9l_w$	6,53	5,40
$d=0,95l_w$	6,89	5,70
$A_{sw}/s=V_{Ed}/(z*f_{ywd}*cot\theta)=$	12,93	11,98
$V_{Rd,s}=A_{sw}*z*f_{ywd}/s$ (επιλέγεται οπλισμός 2Φ10/100)=	4.454,02	3.686,09

Πίνακας 16: Έλεγχος σε οριακή κατάσταση αστοχίας από θλίψη

6.2.3 Έλεγχος οριζόντιας ολίσθησης, στις διεπιφάνειες/ αρμούς κατασκευής των μεγάλων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων σύμφωνα με τον ΕΚ2

Η διατμητική τάση στη διεπιφάνεια σκυροδεμάτων που έχουν διαστρωθεί σε διαφορετικό χρόνο πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση: $v_{Edi} \leq v_{Rdi}$ όπου v_{Edi} είναι η τιμή σχεδιασμού της διατμητικής τάσης στη διεπιφάνεια και δίνεται από τη σχέση $v_{Edi} = \beta V_{Ed} / (z b_i)$, όπου β είναι ο λόγος της διαμήκου δύναμης στη νέα στρώση σκυροδέματος προς τη συνολική δύναμη και συνήθως λαμβάνει τιμή ίση με τη μονάδα και v_{Rdi} είναι η διατμητική αντοχή σχεδιασμού στη διεπιφάνεια που δίνεται

από τη σχέση $v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd}$ όπου c , μ είναι δείκτες εξαρτώμενοι από την τραχύτητα της διεπιφάνειας, σ_n είναι η τάση ανά μονάδα επιφάνειας και δίνεται από τη σχέση $\sigma_n = N_{Sd} / A_c$ ($\sigma_n < 0,6f_{cd}$ και $\sigma_n > 0$ για θλίψη, $\sigma_n < 0$ για εφελκυσμό) και $f_{ctd} = 1 \text{MPa}$ για C20/25. Η αξονική δύναμη N_{Sd} που λήφθηκε υπόψη ήταν η N_{Sd} που δίνει η ανάλυση και όχι κάποια από τις $\pm 50\% N_{Sd}$. Όσον αφορά τους δείκτες για την τραχύτητα ελήφθησαν οι τιμές που αντιστοιχούν για τραχεία επιφάνεια με τραχύτητα τουλάχιστον 3 mm ανά αποστάσεις περίπου 40 mm, που επιτυγχάνεται με λοξή εγχάραξη, έκθεση των αδρανών, ή άλλες μεθόδους που δίνουν παρόμοια συμπεριφορά. Αυτές οι τιμές ήταν: $c = 0,45$ και $\mu = 0,7$ και επειδή όταν τα φορτία προκαλούν κόπωση ή είναι δυναμικά η τιμή του δείκτη c πρέπει να λαμβάνεται ίση με το ήμισυ, η τελική τιμή που λήφθηκε υπόψη ήταν $c = 0,45/2 = 0,225$.

Παρακάτω παρατίθενται οι υπολογισμοί σε όλα τα μεγάλα τοιχώματα του κτηρίου.

	TΜΕΟ5 (725/25)	TΜΕΟ8 (600/25)	TΜΕΟ4 (600/25)	TΜΕΟ2 (600/25)	TΜΕΟ6 (600/25)	TΜΕΟ3 (600/25)	TΜΕΟ1 (600/25)	TΜΕΟ7 (600/25)
$v_{Ed,i} = \beta \cdot V_{Ed} / (b \cdot z)$ (kN/m ²)=	2.247,99	2.083,76	1.823,29	1.354,61	1.386,74	1.548,11	932,44	1.889,92
$z = 0,91w$	6,53	5,40	5,40	5,40	5,40	5,40	5,40	5,40
$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$ (kN/m ²)	1.840,76	1.917,82	1.740,39	1.539,72	1.700,29	1.539,40	1.579,89	1.629,76
$v_{Rdi} \leq 0,5 v f_{cd}$ (kN/m ²)=	3.680,00	3.680,00	3.680,00	3.680,00	3.680,00	3.680,00	3.680,00	3.680,00
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) =$	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
$\alpha = 90^\circ$	$\rho = 4,64\%$	$\rho = 4,6\%$	$\rho = 4,3\%$	$\rho = 4,0\%$	$\rho = 4,0\%$	$\rho = 4,0\%$	$\rho = 4,0\%$	$\rho = 4,64\%$
$c = 0,23$								
$\mu = 0,70$								

Πίνακας 17: Έλεγχος σε οριζόντια ολίσθηση στους αρμούς κατασκευής των τοιχωμάτων

Η τοποθέτηση των βλήτρων κρίθηκε αναγκαία στα εξής μεγάλα τοιχώματα : TΜΕΟ5, TΜΕΟ8, TΜΕΟ4 και TΜΕΟ7.

- TΜΕΟ4 τοποθέτηση 3 βλήτρων Φ20 σε κάθε περισφιγμένο άκρο με συνολική συνεισφορά δύναμης 180 kN και μήκος $l = 40 \text{cm}$.
- TΜΕΟ7 τοποθέτηση 3 βλήτρων Φ25 σε κάθε περισφιγμένο άκρο με συνολική συνεισφορά δύναμης 294 kN και μήκος $l = 50 \text{cm}$.
- TΜΕΟ8 τοποθέτηση 3 βλήτρων Φ20 σε κάθε περισφιγμένο άκρο με συνολική συνεισφορά δύναμης 180 kN και μήκος $l = 40 \text{cm}$.
- TΜΕΟ5 τοποθέτηση 3 βλήτρων Φ25 σε κάθε περισφιγμένο άκρο με συνολική συνεισφορά δύναμης 294 kN και μήκος $l = 50 \text{cm}$.

Η δύναμη που αναλαμβάνει ένα βλήτρο υπολογίζεται από τη σχέση (βλ. ΕΚ8):

$$V_{dd} = \min \{ 1,3 \cdot A_s \cdot \sqrt{(f_{cd} \cdot f_{yd})} ; 0,25 \cdot A_s \cdot f_{yd} \}$$

6.2.4 Έλεγχος μεταφοράς τέμνουσας δύναμης από τα διαφράγματα στα μεγάλα τοιχώματα: $\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$ (όχι εκτεταμένη ρηγμάτωση)

Ομοίως με το Α κτήριο ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία. Το γ_d λήφθηκε ίσο με 1,3 για ψαθυρό μηχανισμό μεταφοράς λόγω σκυροδέματος. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ο οποίος ικανοποιείται για όλα τα ΤΜΕΟ.

Η τέμνουσα δύναμη που λήφθηκε υπόψη δεν ήταν η τέμνουσα που προκύπτει μετά την προσάξηση με το $(q+1)/2$, αλλά ήταν η τέμνουσα δύναμη που προκύπτει από το πρόγραμμα μετά την ανάλυση του κτηρίου υπό τον σεισμό.

	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΜΕΟ	$\gamma_d * V_{Sd}$, $\gamma_d=1,3$	$1,5 * f_{ctd} * A_i$	Έλεγχος
ΤΟΙΧΕΙΑ	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EX			
ΤΜΕΟ5	725/25	2.842,79	4.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ4	600/25	2.014,60	1.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ8	600/25	2.250,46	3.600,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EX			
ΤΜΕΟ5	725/25	2.933,63	4.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ4	600/25	1.969,15	1.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ8	600/25	2.179,23	3.600,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q+EY			
ΤΜΕΟ1	600/25	991,33	1.800,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ2	600/25	1.462,98	3.600,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ3	600/25	1.645,05	1.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ6	600/25	1.497,68	1.800,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ7	600/25	1.910,14	3.600,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
	Σεισμικός συνδυασμός G+0,3Q-EY			
ΤΜΕΟ1	600/25	1.007,03	1.800,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ2	600/25	1.455,31	3.600,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ3	600/25	1.671,96	1.350,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ6	600/25	1.419,80	1.800,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$
ΤΜΕΟ7	600/25	2.041,12	3.600,00	$\gamma_d * V_{Sd} < 1,5 * f_{ctd} * A_i$

Πίνακας 18: Έλεγχος μεταφοράς τέμνουσας δύναμης από τα διαφράγματα στα μεγάλα και ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από τα λίγα στοιχεία που υπάρχουν ή τις λίγες δημοσιεύσεις για αναλύσεις που έχουν γίνει σε υπάρχοντα κτήρια με μεγάλα τοιχώματα και την απόκριση που παρουσίασαν υπό την επίδραση σεισμικών δράσεων αλλά και μέσω των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την παρούσα διπλωματική εργασία, καταλήγουμε στις εξής παρατηρήσεις που αφορούν τη συμπεριφορά των κτηρίων με μεγάλα τοιχώματα:

1. Η καλή συμπεριφορά τους που οφείλεται στη γεωμετρική μη-γραμμικότητά τους, που δεν συμβαίνει σε όλα τα κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα καθιστά ως μια συμφέρουσα μορφή κτηρίων για μέση πλαστιμότητα. Αυτό γιατί το μεγάλο μέγεθός τους ελαχιστοποιεί το ποσοστό του οπλισμού (και τα προβλήματα από τη "συμφόρησή" του) και παράλληλα έχουμε μικρές μετατοπίσεις και βλάβες στο φορέα υπό το σεισμό, αφού τα μεγάλα τοιχώματα διαθέτουν μεγάλη δυσκαμψία και δυστημψία.
2. Η μέγιστη τιμή της σχετικής παραμόρφωσης (drift) σχεδόν ποτέ δεν ξεπερνά το 0,5% για κτήρια με λόγο εμβαδού τοιχωμάτων προς εμβαδόν κάτοψης του κτηρίου μεταξύ 2% - 4%.

Για τη κτήρια που ελέγχτηκαν, οι αντίστοιχοι λόγοι ήταν:

A κτήριο

ΚΑΤΑ X : Λόγος1= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,5%

Λόγος2= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων)=0,8%

ΚΑΤΑ Y: Λόγος1= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,7%

Λόγος2= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων)=0,83%

B κτήριο

ΚΑΤΑ X: Λόγος1= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,2%

Λόγος2= (Εμβαδόν μεγάλων τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης όλων των ορόφων)=0,4%

ΚΑΤΑ Y: Λόγος1= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=1,8%

Λόγος2= (Συνολικό εμβαδόν τοιχωμάτων)/ (Συνολικό εμβαδόν κάτοψης)=0,6 %

Όσο αφορά τον περιορισμό της σχετικής παραμόρφωσης των ορόφων ισχύει το εξής (σύμφωνα με τον ΕΚ8):

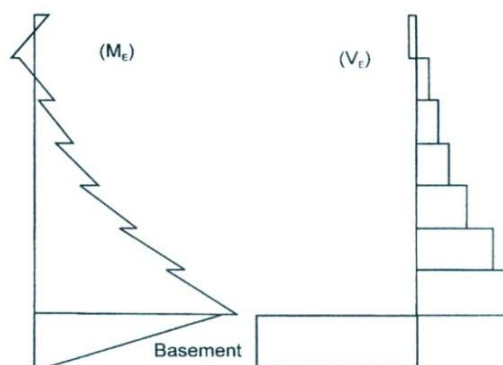
Για κτήρια με μη-φέροντα στοιχεία από ψαθυρό υλικό συνδεδεμένα με τον φορέα πρέπει $d_r \cdot v \leq 0,005h$ όπου $v=0,5$ για κατηγορία σπουδαιότητας I και II.

Και τα δύο κτήρια ικανοποιούν την παραπάνω απαίτηση και τα αποτελέσματα για σχετική παραμόρφωση του ισογείου (drift) για κάθε κτήριο και για τις δύο κατευθύνσεις για θετικό και αρνητικό σεισμό είναι:

Α ΚΤΗΡΙΟ			
ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ (drift)	dr·v v=0,5	Έλεγχος dr·v ≤ 0,005h=0,015
G+0,3Q+EX	0,0007	0,0003	OK
G+0,3Q-EX	-0,0007	-0,0003	OK
G+0,3Q+EY	0,0007	0,0004	OK
G+0,3Q-EY	-0,0008	-0,0004	OK
Β ΚΤΗΡΙΟ			
ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ (drift)	dr·v v=0,5	Έλεγχος dr·v ≤ 0,005h=0,015
G+0,3Q+EX	0,0009	0,0004	OK
G+0,3Q-EX	-0,0009	-0,0005	OK
G+0,3Q+EY	-0,0008	-0,0004	OK
G+0,3Q-EY	0,0008	0,0004	OK

Πίνακας 19: Έλεγχος για τον περιορισμό των σχετικών παραμορφώσεων των ορόφων

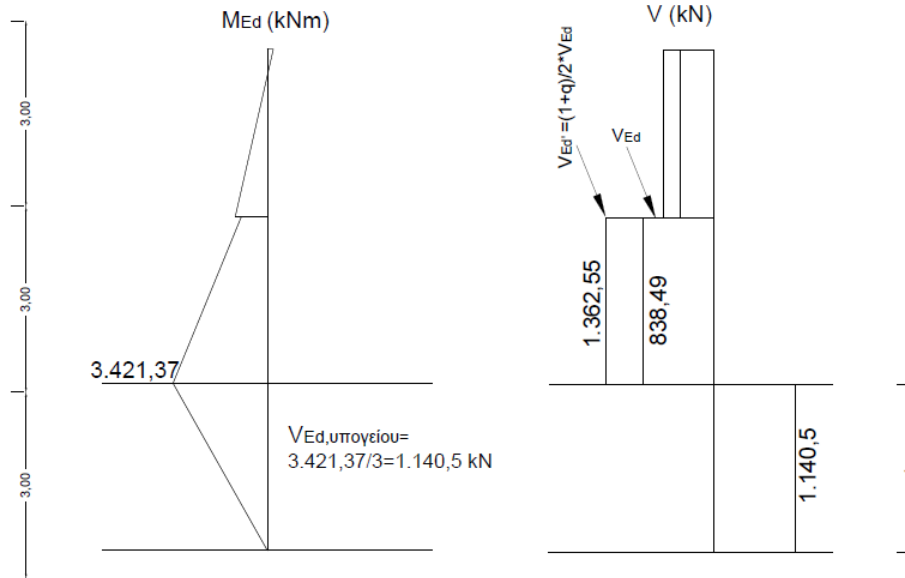
3. Παράλληλα, έγινε ο έλεγχος των τεμνουσών του υπογείου σε σύγκριση με τις τέμνουσες σχεδιασμού των τοιχείων (στο ισόγειο) και στα δύο κτήρια και παρατηρήθηκε ότι στο Α κτήριο δεν απαιτείται κάποιος πρόσθετος οπλισμός στο υπόγειο προκειμένου να αναληφθεί η τέμνουσα δύναμη που αναπτύσσεται λόγω του σεισμού, αλλά επαρκεί ο σχεδιασμός έναντι τέμνουσας που έγινε στο ισόγειο. Αντιθέτως, στο Β κτήριο υπάρχει μια μικρή υπέρβαση, με αποτέλεσμα να απαιτείται κάποιος πρόσθετος οπλισμός έναντι διάτμησης. Παρακάτω φαίνεται ενδεικτικά πως κατανέμεται η ένταση σε ένα τοίχωμα κατά Fardis/2009 ενώ δίνονται και τα διαγράμματα Μ και V που αφορούν δύο μεγάλα τοιχώματα από κάθε κτήριο μαζί με το υπόγειο. Πρακτικά, οι τέμνουσες δυνάμεις σε "εσωτερικά" τοιχώματα στο υπόγειο προκύπτουν από τις αντίστοιχες ροπές κάμψεως (στον πόδα του ισογείου) δια του ύψους του υπογείου, δηλαδή σαν να λειτουργούν τα τοιχώματα ως "ανεστραμμένοι πρόβολοι".



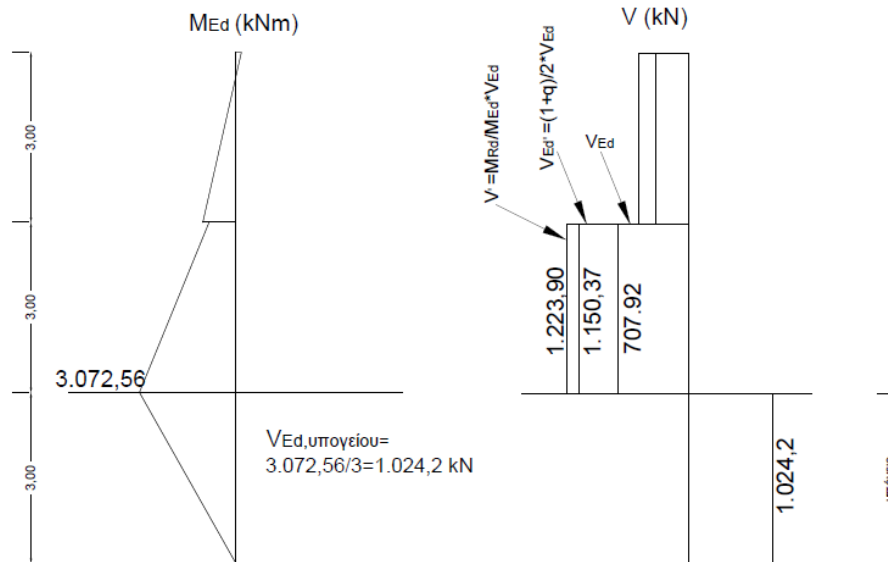
Εικόνα 28: Σεισμική ροπή και τέμνουσα σε εσωτερικό τοίχωμα κτηρίου με υπόγειο, Fardis/2009

Α ΚΤΗΡΙΟ

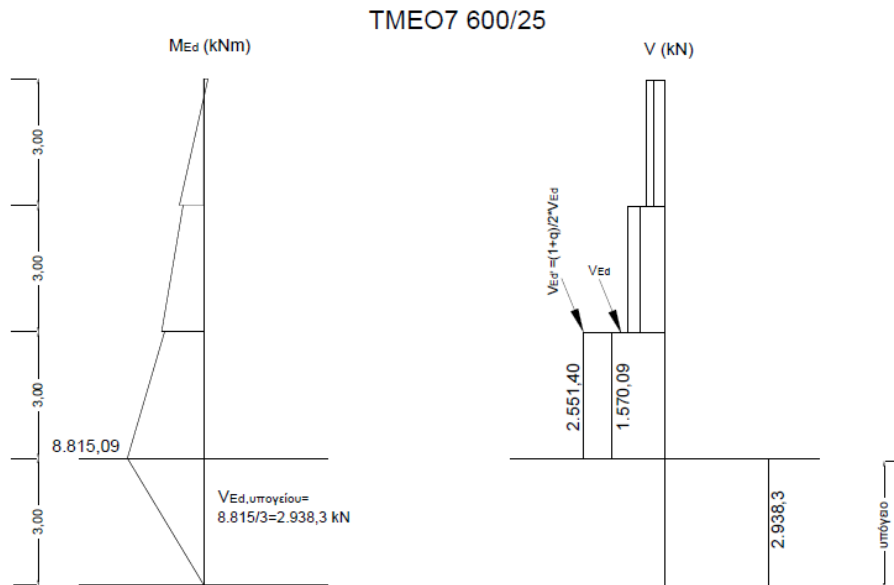
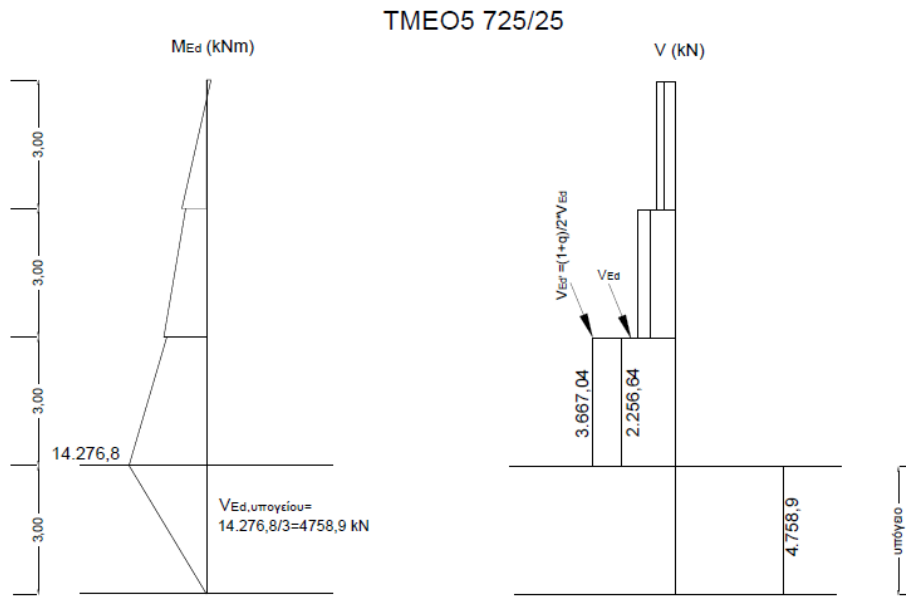
TΜΕΟ2 435/25



TΜΕΟ6 450/25



Β ΚΤΗΡΙΟ



4. Προσοχή πρέπει να δοθεί στα θέματα που αφορούν το πλάτος b_w των μεγάλων τοιχωμάτων. Προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα όπως δυσμενής συμπεριφορά εκτός επιπέδου (out-of-plane), δυναμική αστάθεια υπό σεισμό και εκκεντρότητες, πρέπει να γίνονται διάφοροι έλεγχοι που αφορούν κυρίως το πλάτος και την αξονική δύναμη N . Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι ειδικά για τα μεγάλα τοιχώματα, με διατμητική και όχι καμπτική συμπεριφορά, η μικρή πλαστιμότητα μετακινήσεων (ή

γωνιών στροφής χορδής) δεν σχετίζεται με την πλαστιμότητα καμπυλοτήτων ($\mu_\varphi = \mu_{1/r}$) αλλά σχεδόν αποκλειστικώς με το λόγο ύψους/πλευρών ($\alpha = h_w/l_w$), όπως έχει αναφερθεί και στην αντίστοιχη παράγραφο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και για αυτό το λόγο αναλόγως της πλαστιμότητας, και του λόγου α , το απαιτούμενο ελάχιστο πλάτος των ακραίων περιοχών του τοιχείου, προς αποφυγήν φαινομένων αστάθειας, μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση: $b_w \geq 0,02 \cdot (\pm 15\%) \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu_\varphi}$.

5. Ένας βασικός έλεγχος που πρέπει να γίνεται στα μεγάλα τοιχώματα είναι ο έλεγχος έναντι οριζόντιας ολίσθησης (στη βάση) διότι όπως προκύπτει μερικές φορές παρότι απαιτείται ελάχιστος οπλισμός έναντι M/N αυτός πρέπει να αυξηθεί προκειμένου να μην υπάρξει ολίσθηση στον αρμό κατασκευής του μεγάλου τοιχώματος. Συνήθως για να μην αυξάνεται όλος ο οπλισμός του μεγάλου τοιχώματος προτιμάται η χρήση βλήτρων στον αρμό, μέσα στα περισφιγμένα άκρα (για λόγους καλύτερης συμπεριφοράς).
6. Για λόγους αποφυγής πρόωρης-ψαθυρής αστοχίας και πλαστιμότητας, κρίθηκε απαραίτητο σε όποιο μεγάλο τοιχώματα ίσχυε: $M_{Rd}/M_{Sd} \geq (q+1)/2 = 1,625$ να πολλαπλασιαστεί η αντίστοιχη τέμνουσα δύναμη με αυτό τον λόγο ($V_{Ed}' = M_{Rd}/M_{Sd} \cdot V_{Ed}$), παρότι στον ΕΚ8 δεν γίνεται συγκεκριμένη αναφορά σε αυτόν τον έλεγχο.
7. Όσο αφορά τα ανοίγματα στα μεγάλα τοιχώματα καλό είναι να αποφεύγονται στη βάση χωρίς όμως να απαγορεύονται. Σε περιπτώσεις που επιλεχθεί να κατασκευαστούν ανοίγματα, επιβάλλεται πολύπλοκος σχεδιασμός με μεθόδους θλιπτήρων-ελκυστήρων, καθώς και διάταξη οπλισμού "συνδέσεως", σε κάθε ακμή κάθε ανοίγματος.
8. Από περιορισμένες αναλύσεις που έχουν γίνει σε κτήρια με μεγάλο πλήθος ορόφων έχει προκύψει ότι δεν ισχύει η τριγωνική κατανομή των φορτίων αλλά ορθογωνική κατανομή (σχεδόν ομοιόμορφη). Αυτό οδηγεί σε διαφορές στην ένταση αλλά και στην όπλιση των τοιχωμάτων.
9. Τελικώς, φαίνεται πως τα μεγάλα τοιχώματα είναι ένα αξιόπιστο και ασφαλές (έναντι σεισμού) δομητικό σύστημα για κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα (με μικρό, ή και μεγάλο αριθμό ορόφων), για αυτό άλλωστε "καλύπτονται" και από τον σύγχρονο ευρωπαϊκό κανονισμό, με πλήθος αναφορών, διατάξεων, κλπ..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ

1. Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα, Μέρος 1-1 Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια, 2004
2. Ευρωκώδικας 8: Μέρος 1, Αντισεισμικός σχεδιασμός, γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτήρια, 2004
3. M. N. Fardis
Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings
(based on Euro-code 8), SRPRINGER/2009
4. T. Paulay, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand
M. J. N. Priestley, Department of Applied Mechanics, University of California, San Diego, USA
Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings,
I.WILEY/1992
5. V. Pentangelo, G. Magliulo, & E. Cosenza, Department of Structural Engineering, University of Naples Federico II
Analysis of buildings with large and lightly reinforced walls
14 ECEE, Ohrid, 2010
6. Y.H. Chai, S.K. Kunnath, Department of Civil and Environmental Engineering, UC Davis, CA 95616, United States
Minimum thickness for ductile RC structural walls
7. M. Χρονόπουλος, ΕΩΣ/ΕΜΠ, 2010
Σημειώσεις για τα πλάστιμα τοιχώματα
8. M. Χρονόπουλος, ΕΩΣ/ΕΜΠ, 2010
Σημειώσεις για τα ΤΜΕΟ
9. Α. Ι. Κάππος, ΑΠΘ, 2011
Σημειώσεις για τα τοιχώματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ Α ΚΤΗΡΙΟΥ

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

1. ΥΛΙΚΑ

Ποιότητα σκυροδέματος	: C20/25
Χάλυβας κυρίων οπλισμών	: B500C
Επικαλύψεις	: $c_{min}=2,5cm$ $c_{nom}=3cm$

2. ΦΟΡΤΙΑ

2.1 ΜΟΝΙΜΑ

Ειδ. βάρος οπλ. σκυρ/τος	: 25 kN/m^3
Δρομική οπτοπλινθοδομή	: 2 kN/m^2
Μπατική οπτοπλινθοδομή	: $3,5 \text{ kN/m}^2$
Επικάλυψη δαπέδων	: 1 kN/m^2

2.2 ΚΙΝΗΤΑ

Κινητό φορτίο ορόφων	: 2 kN/m^2
Κινητό φορτίο εξωστών	: 5 kN/m^2
Κινητό φορτίο κλιμ/σιων	: 5 kN/m^2
Συντελεστής συνδυασμού ψ_2	: 0,3

2.3 ΣΕΙΣΜΟΣ

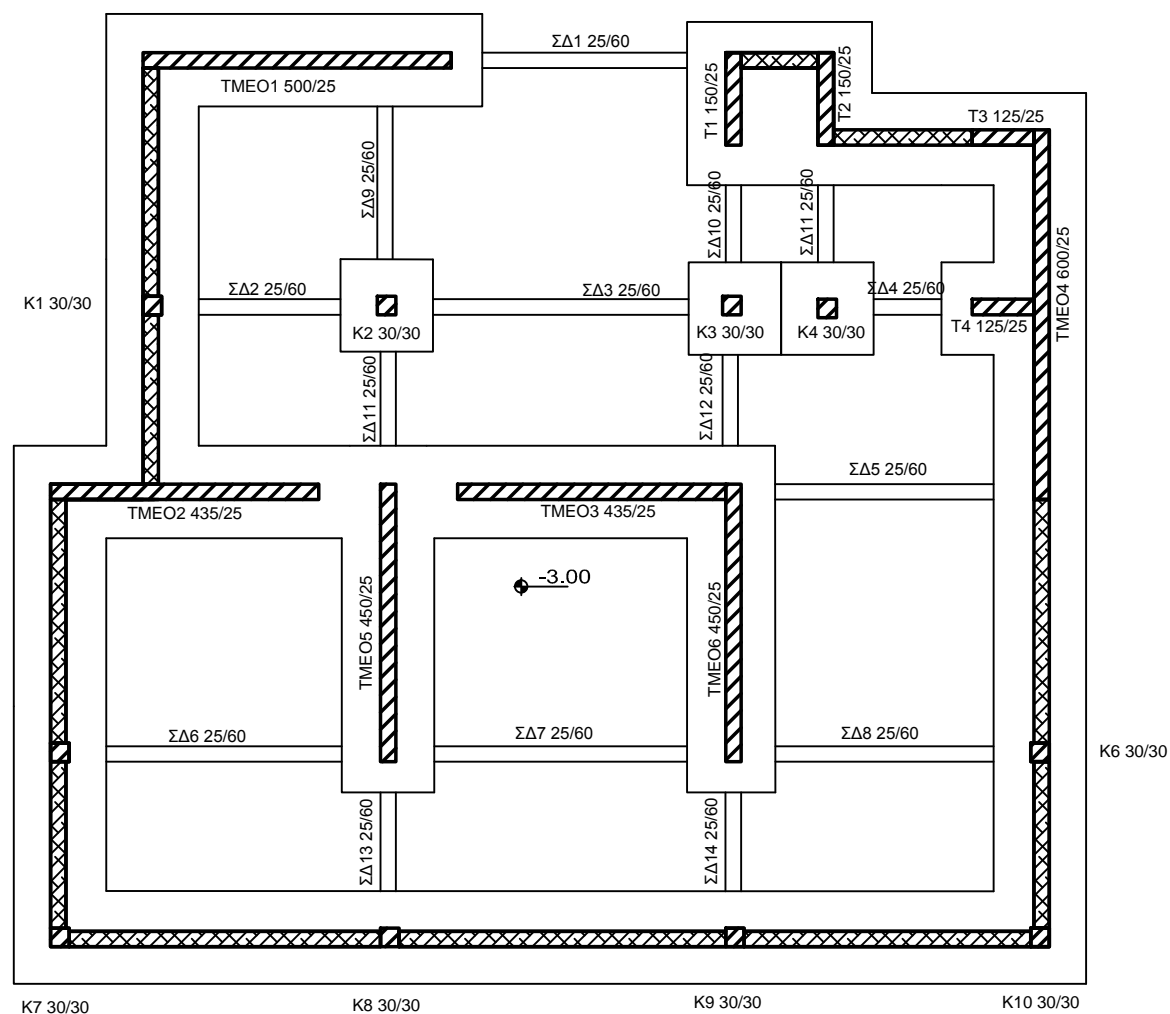
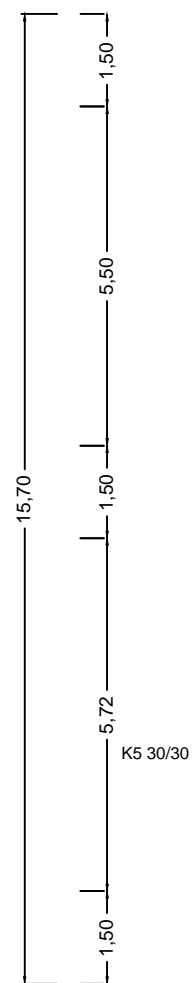
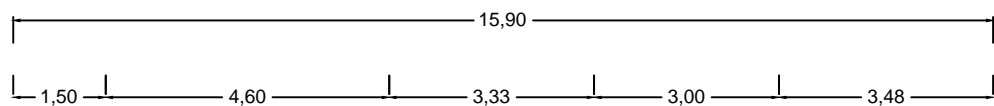
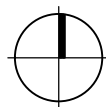
Ζώνη σεισμικής επικινδ.	: III
Εδαφική επιτάχυνση (α)	: 0.36
Σπουδαιότητα κτηρίου	: II
Συντελεστής σπουδαιότητας	: 1,0
Κατηγορία εδάφους	: D
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς q	: 2,25

3. ΕΔΑΦΟΣ

Επιτρεπόμενη τάση	: 250 KPa
Δείκτης εδάφους K_s	: 50000 kN/m^3

4. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ

Αριθμός ορόφων	: 0
----------------	-----



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 1

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

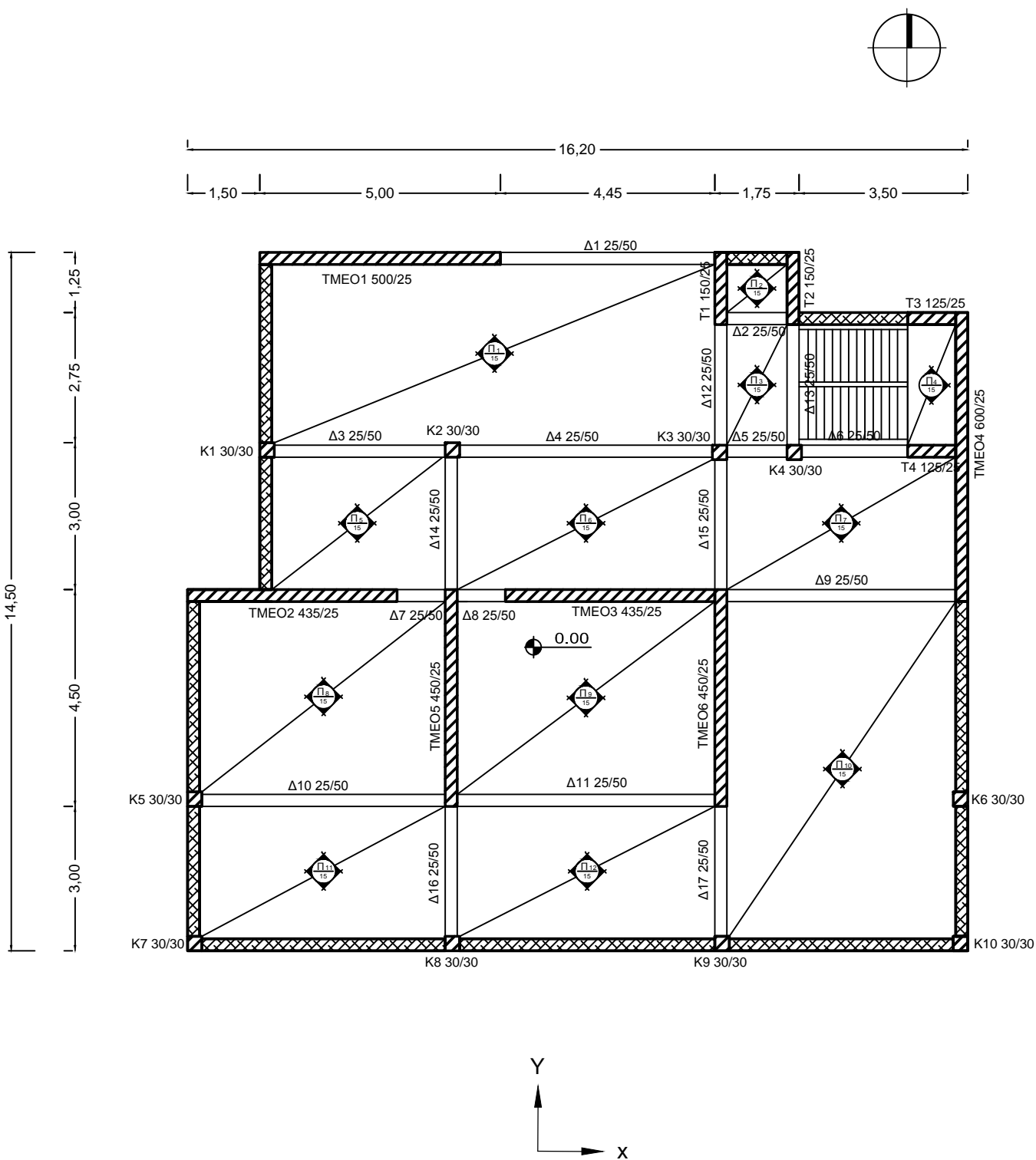
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 2

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

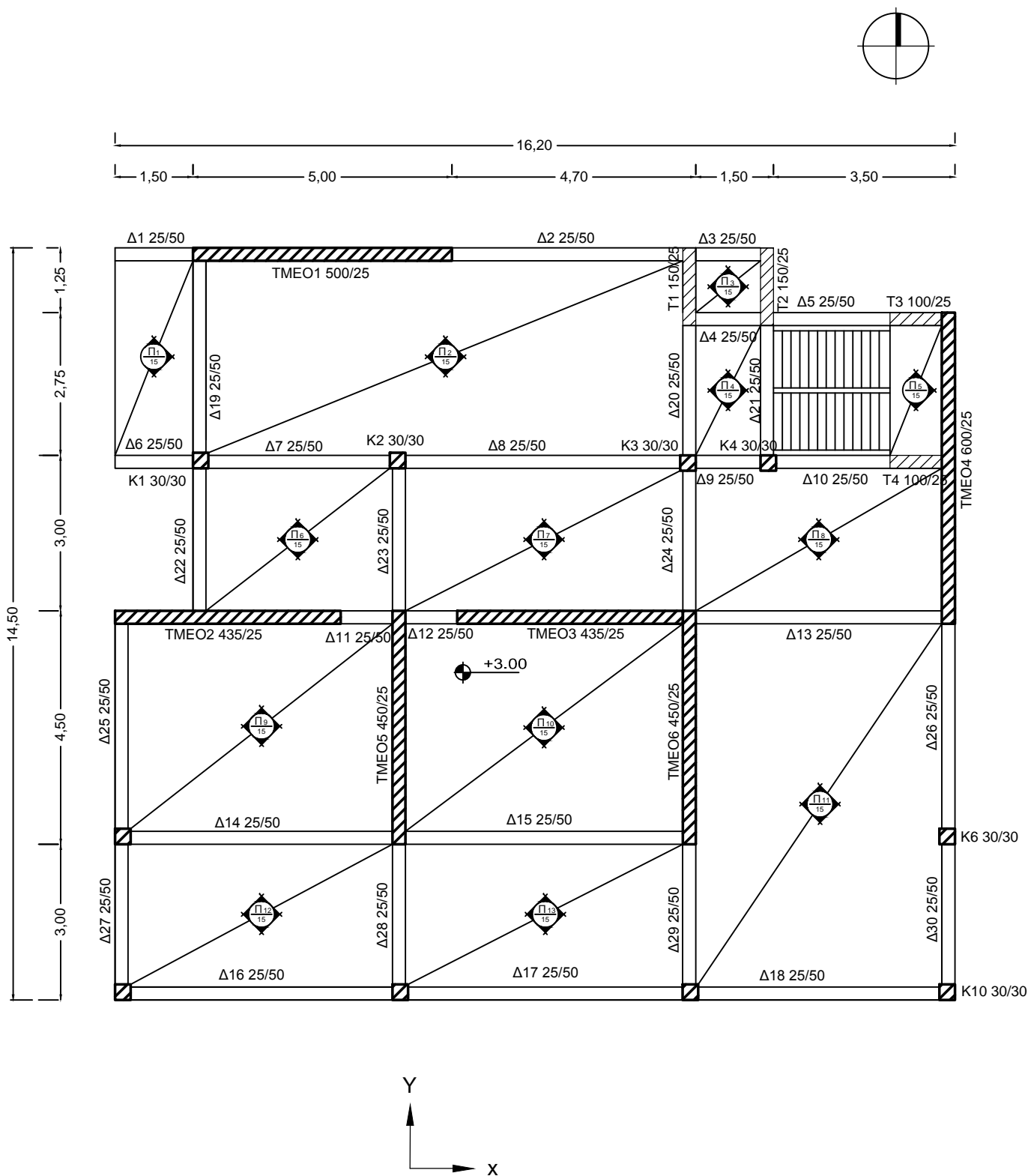
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 3

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

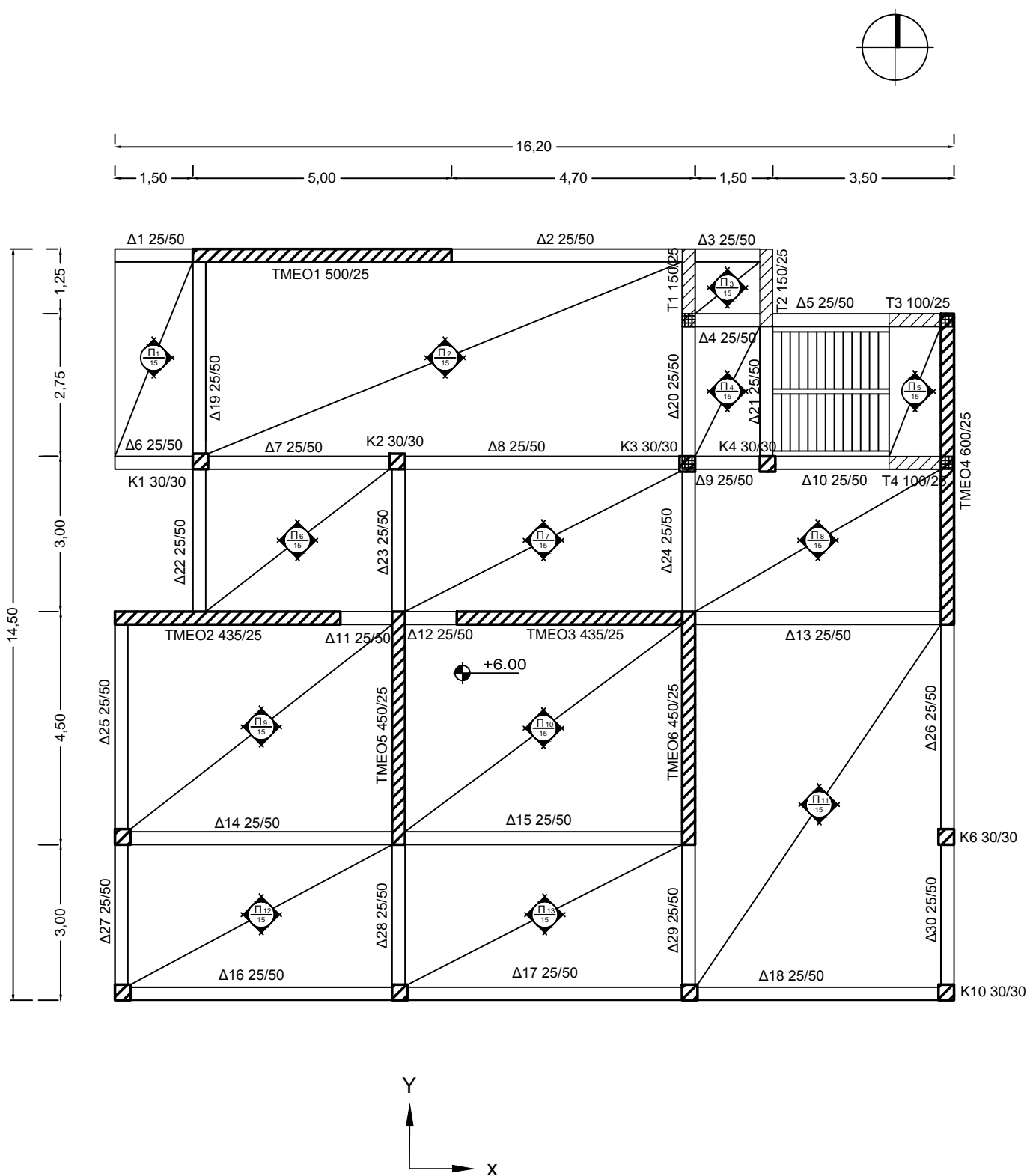
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΟΡΟΦΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 4

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

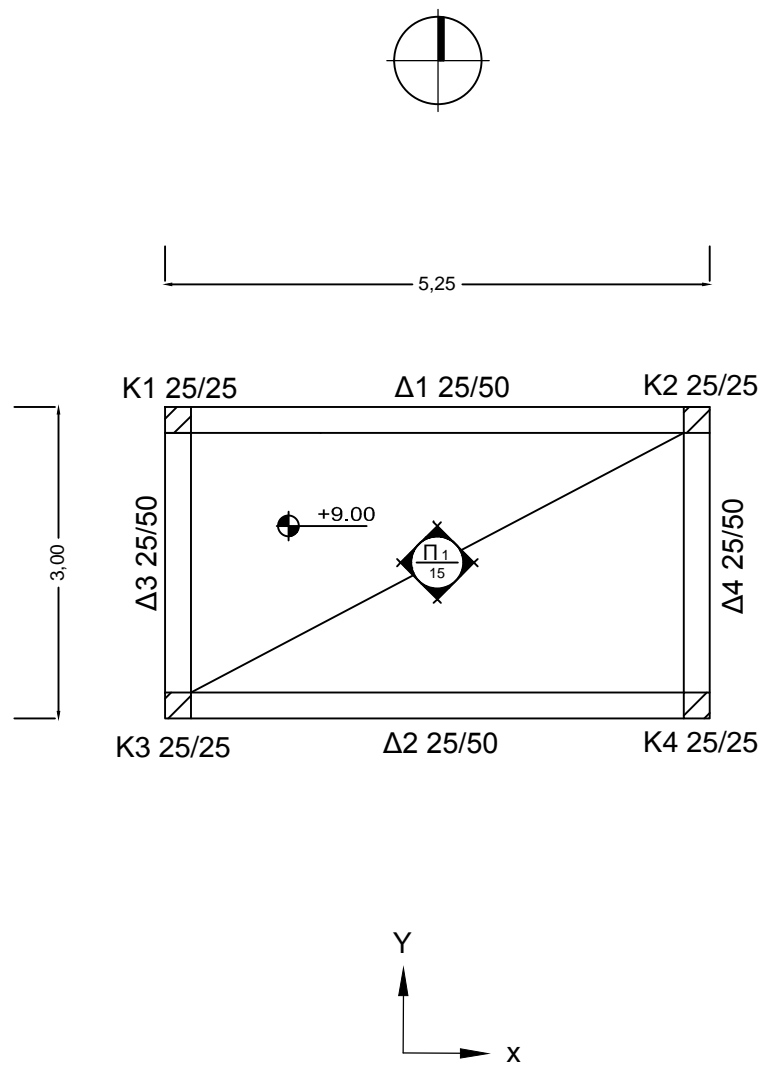
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
ΞΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΔΩΜΑΤΟΣ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :
A 5
ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

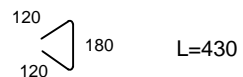
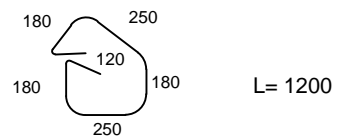
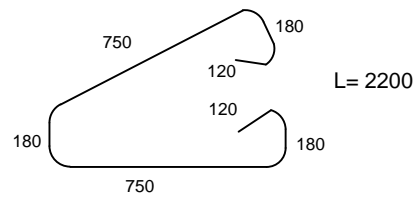
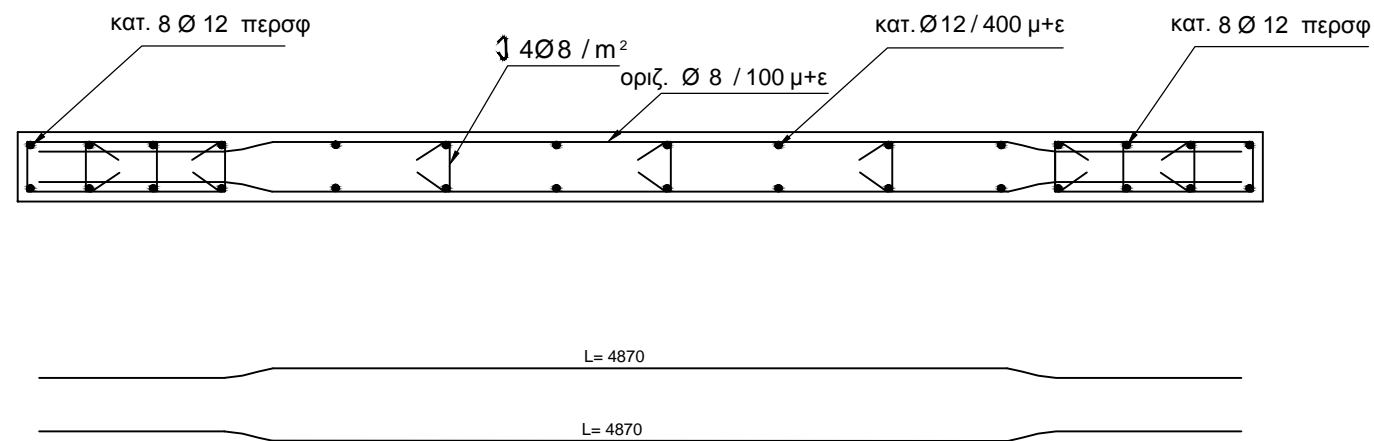
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

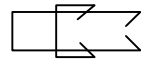
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ1 500/25

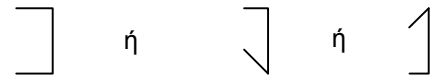


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 8Φ12, $\rho_{n\sim} 4,8\%$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ8/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



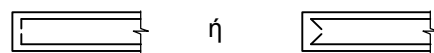
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ ($\sim \Phi 8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/400, $\rho_{n\sim} 2,0\%$

- Οριζοντίως: 2 Φ8/100, $\rho_{h\sim} 4,0\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_{n\sim} 3,5\% > 2,0\%$ και $\rho_{h\sim} 4,0\% > \max(2,0\%, 0,5\rho_n)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ1 500/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 6

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

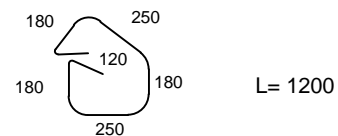
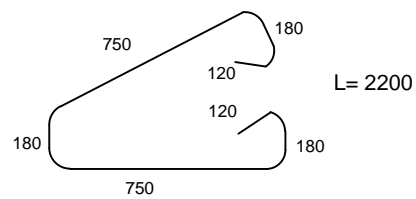
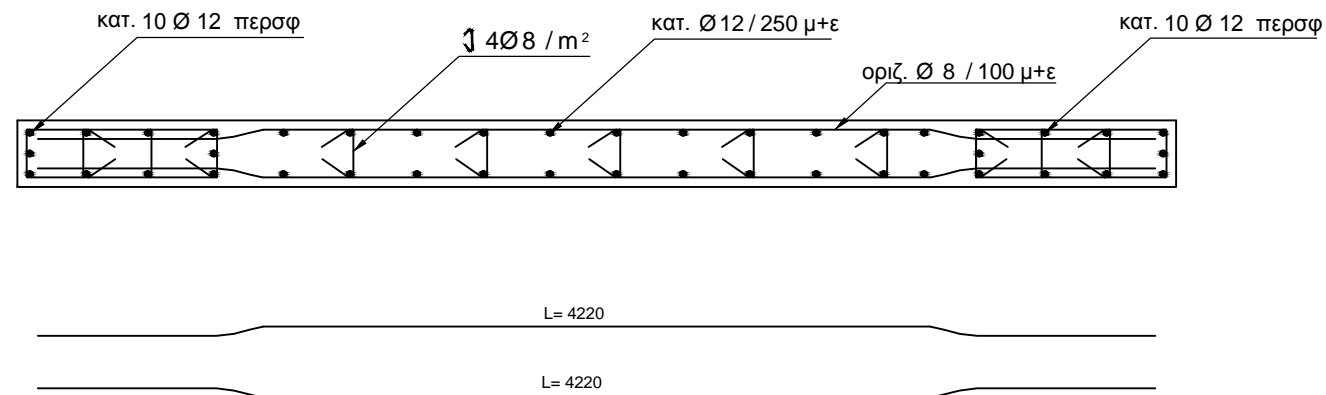
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

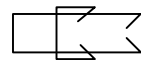
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ2 & ΤΜΕΟ3 435/25

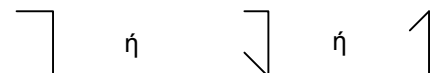


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 10Φ12, $\rho_n \sim 6 \text{ ‰}$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ8/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



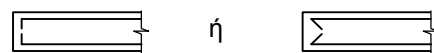
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ ($\sim \Phi 8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_n \sim 3,5 \text{ ‰}$

- Οριζοντίως: 2 Φ8/100, $\rho_h \sim 4,0 \text{ ‰}$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_n \sim 4,5 \text{ ‰} > 2,0 \text{ ‰}$ και $\rho_h \sim 4,0 \text{ ‰} > \max(2,0 \text{ ‰}, 0,5\rho_n)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ2 & ΤΜΕΟ3 435/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 7

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

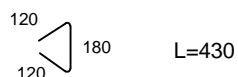
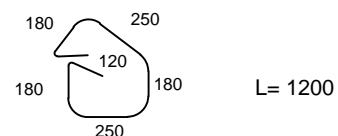
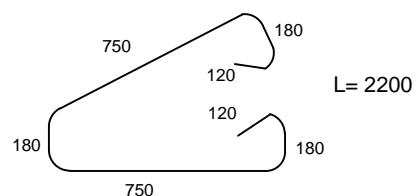
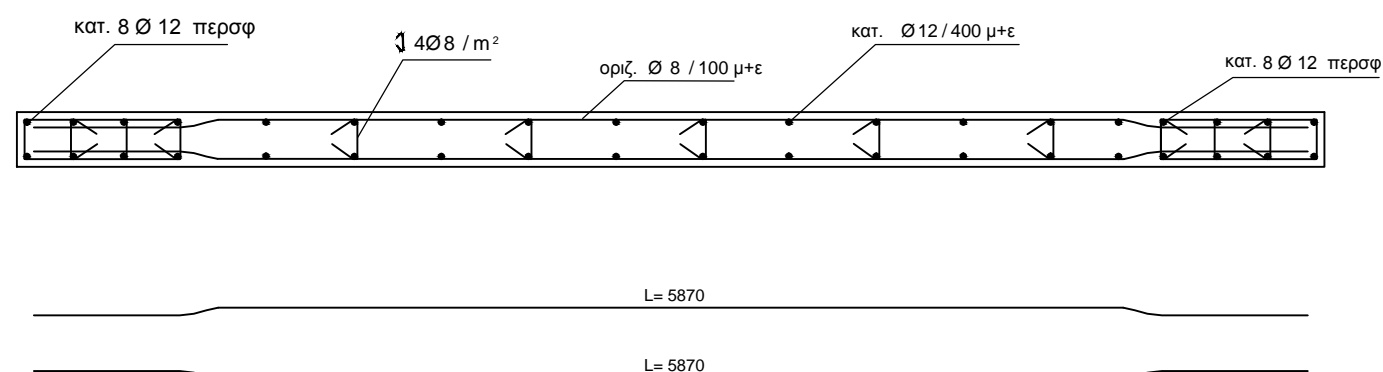
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ4 600/25

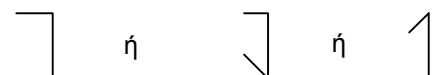


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 8Φ12, $\rho_v \sim 4,8\text{‰}$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ8/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



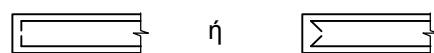
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ ($\sim \Phi 8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/400, $\rho_v \sim 2,2\text{‰}$

- Οριζοντίως: 2 Φ8/100, $\rho_h \sim 4,0\text{‰}$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 3,5\text{‰} > 2,0\text{‰}$ και $\rho_h \sim 4,0\text{‰} > \max(2,0\text{‰}, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ4 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 8

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

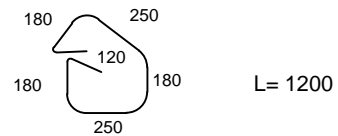
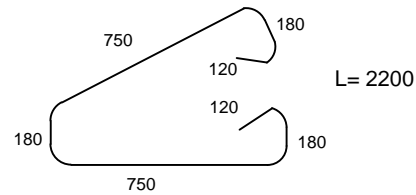
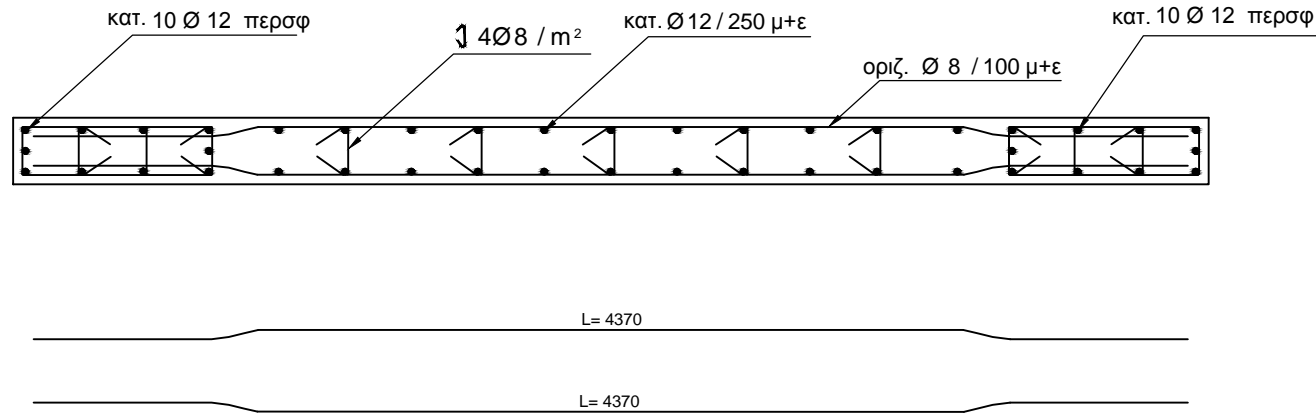
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

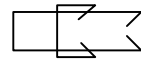
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ5 & ΤΜΕΟ6 450/25

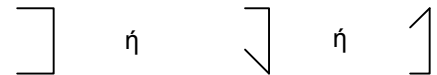


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 10Φ12, $\rho_v \sim 6\text{‰}$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ8/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



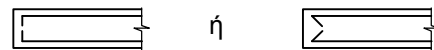
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ ($\sim \Phi 8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακορύφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,5\text{‰}$

- Οριζοντίως: 2 Φ8/100, $\rho_h \sim 4,0\text{‰}$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)

Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 4,5\text{‰} > 2,0\text{‰}$ και

$\rho_h \sim 4,0\text{‰} > \max(2,0\text{‰}, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Α ΚΤΗΡΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ5 & ΤΜΕΟ6 450/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

A 9

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΗ Β ΚΤΗΡΙΟΥ

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

1. ΥΛΙΚΑ

Ποιότητα σκυροδέματος	: C20/25
Χάλυβας κυρίων οπλισμών	: B500C
Επικαλύψεις	: $c_{min}=2,5cm$ $c_{nom}=3cm$

2. ΦΟΡΤΙΑ

2.1 ΜΟΝΙΜΑ

Ειδ. βάρος οπλ. σκυρ/τος	: 25 kN/m^3
Δρομική οπτοπλινθοδομή	: 2 kN/m^2
Μπατική οπτοπλινθοδομή	: $3,5 \text{ kN/m}^2$
Επικάλυψη δαπέδων	: 1 kN/m^2

2.2 ΚΙΝΗΤΑ

Κινητό φορτίο ορόφων	: 2 kN/m^2
Κινητό φορτίο εξωστών	: 5 kN/m^2
Κινητό φορτίο κλιμ/σιων	: 5 kN/m^2
Συντελεστής συνδυασμού ψ_2	: 0,3

2.3 ΣΕΙΣΜΟΣ

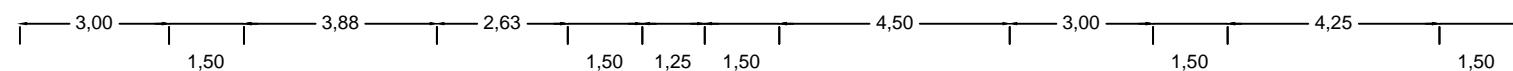
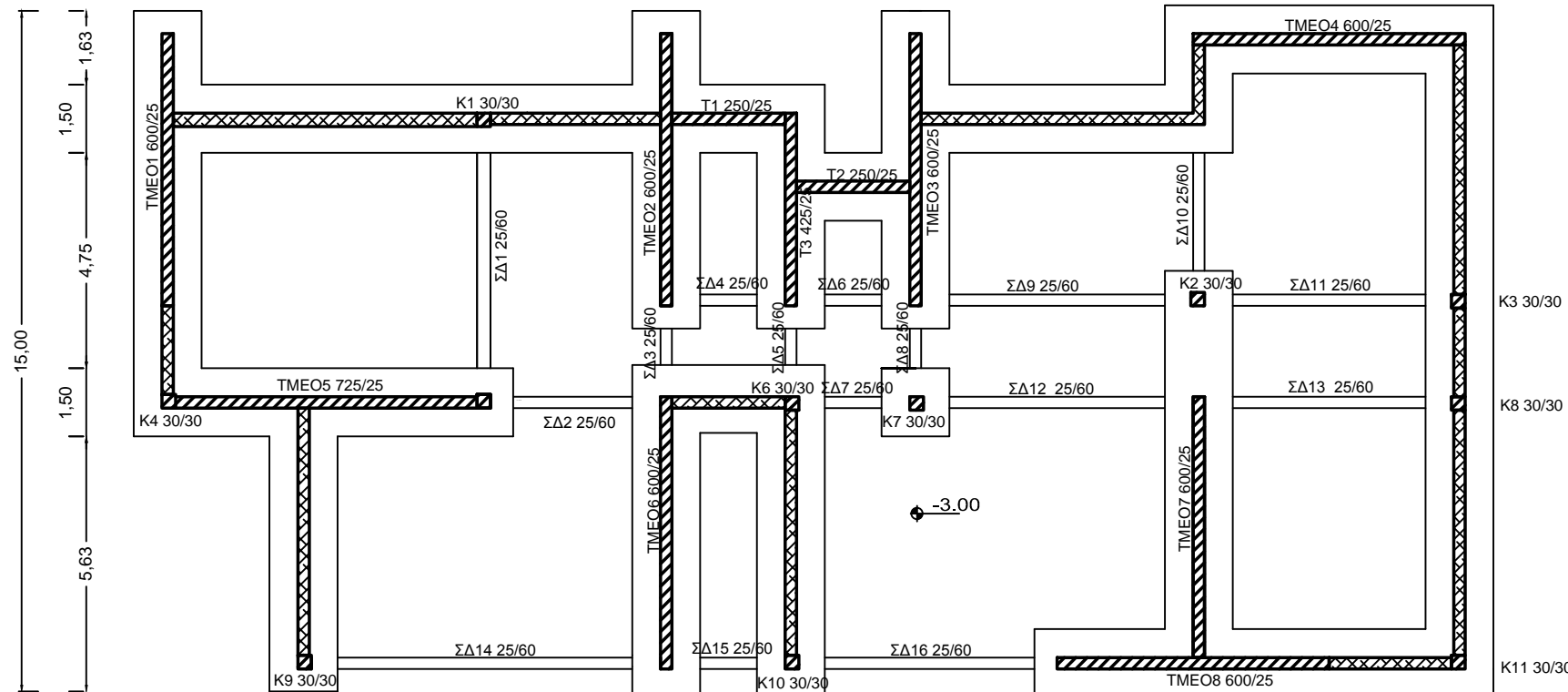
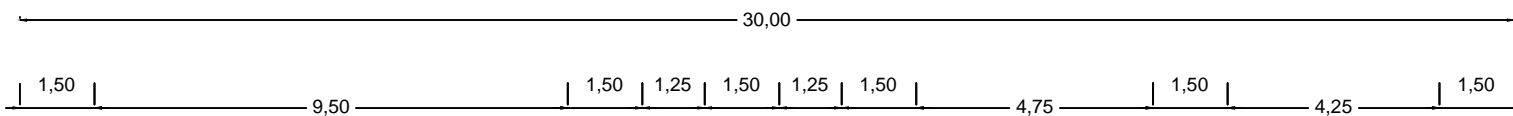
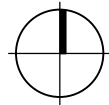
Ζώνη σεισμικής επικινδ.	: III
Εδαφική επιτάχυνση (α)	: 0.36
Σπουδαιότητα κτηρίου	: II
Συντελεστής σπουδαιότητας	: 1,0
Κατηγορία εδάφους	: D
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς q	: 2,25

3. ΕΔΑΦΟΣ

Επιτρεπόμενη τάση	: 250 KPa
Δείκτης εδάφους K_s	: 50000 kN/m^3

4. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ

Αριθμός ορόφων	: 0
----------------	-----



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 1

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

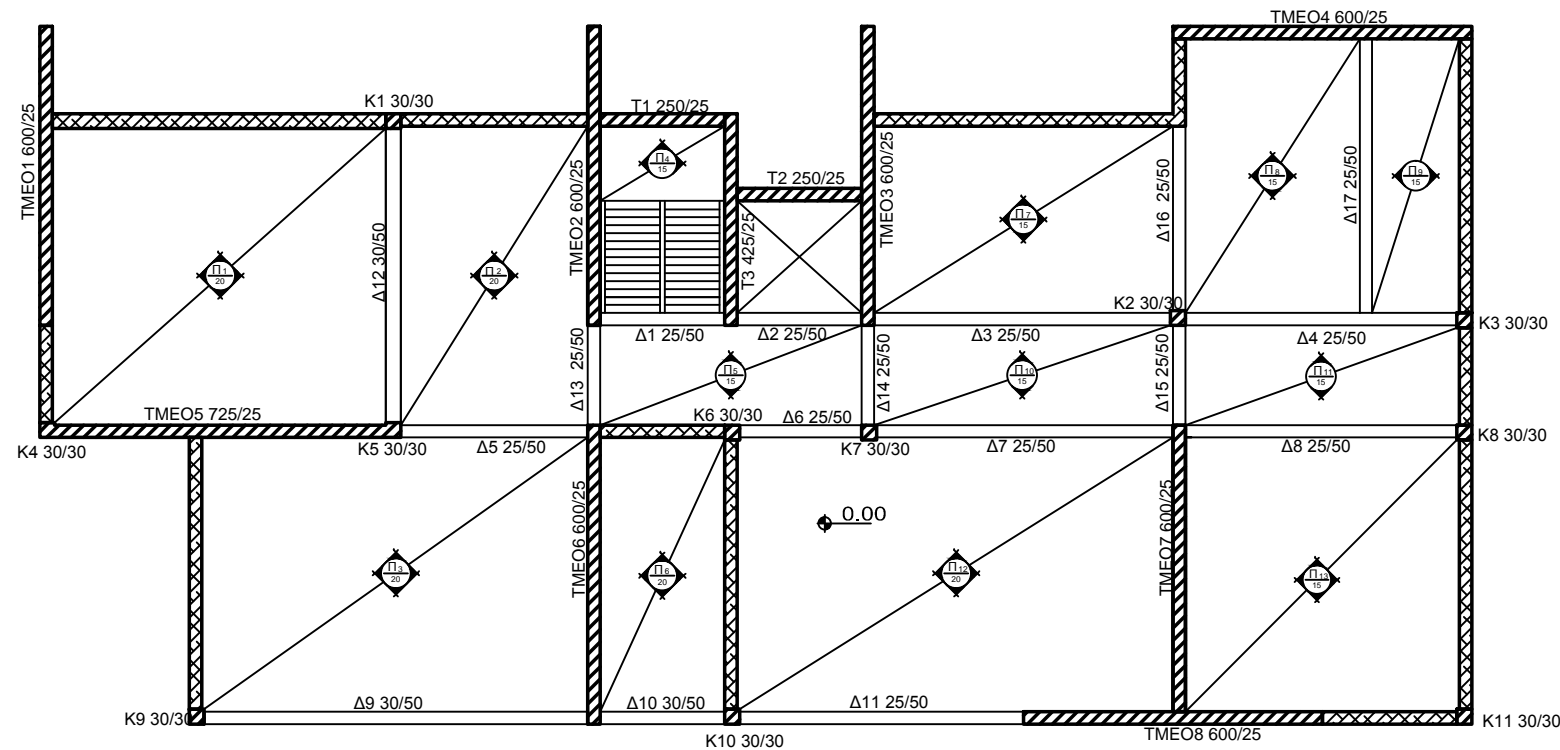
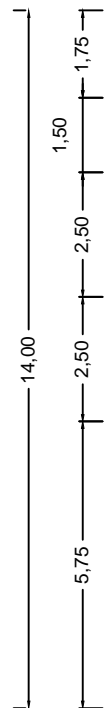
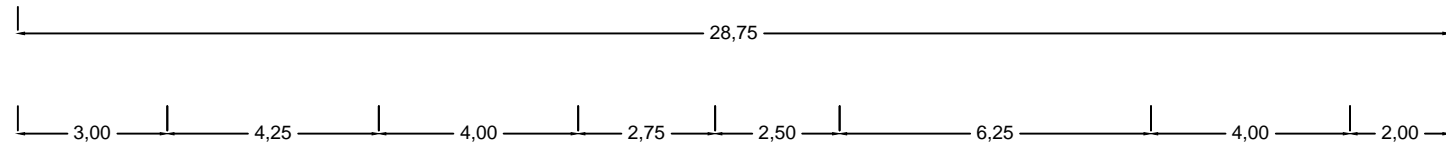
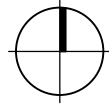
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 2

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

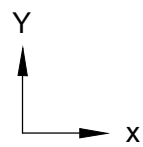
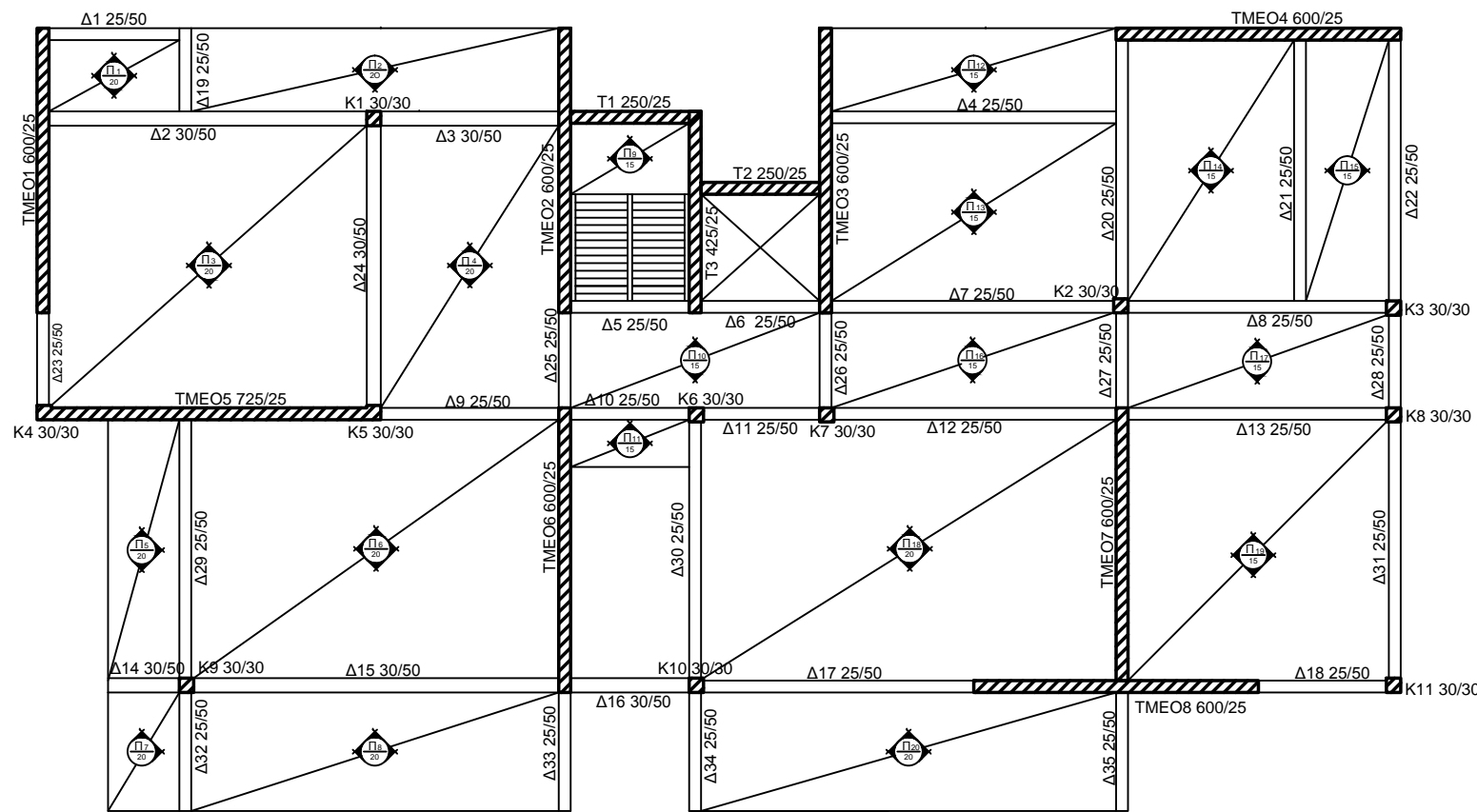
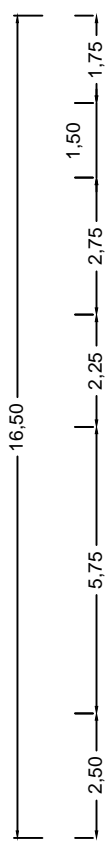
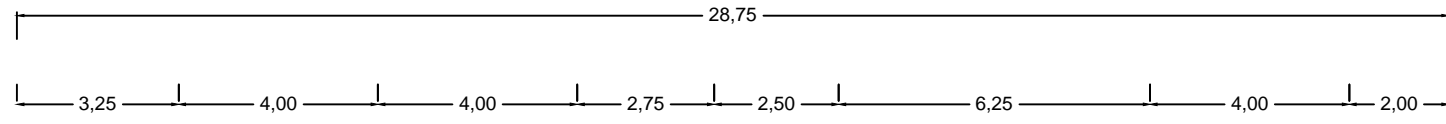
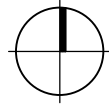
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : **ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ**

ΜΕΛΕΤΗ : **ΔΟΜΗΤΙΚΗ**

ΘΕΜΑ : **Β ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ(PILOTIS)**

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 3

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : **3ος - 9ος 2013**

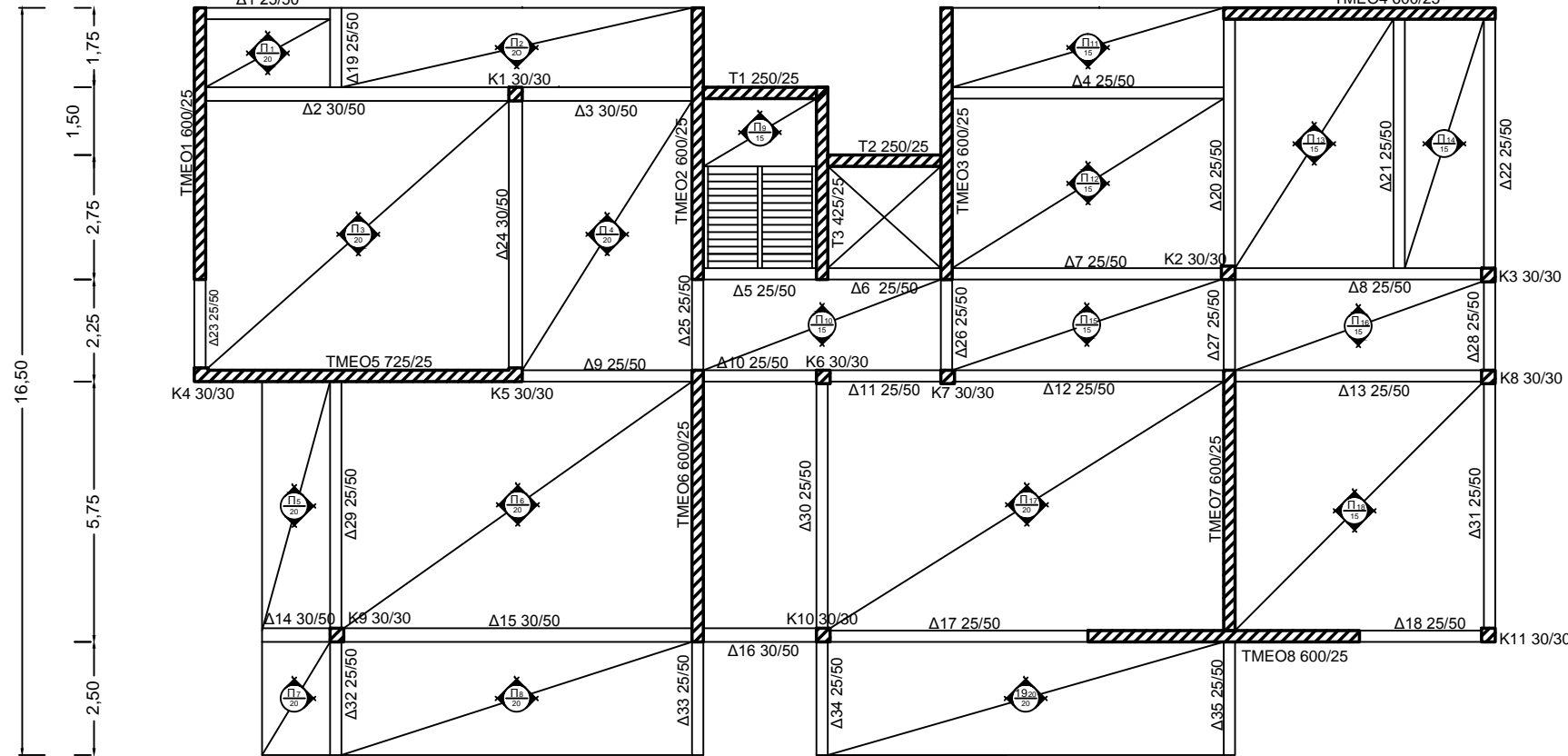
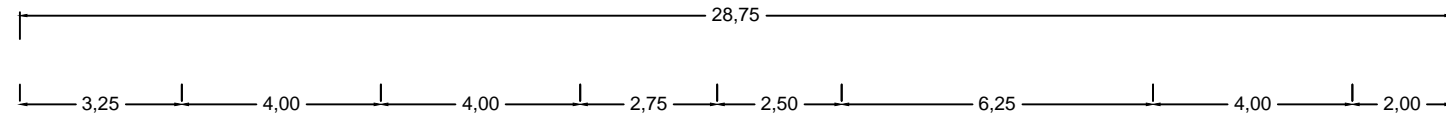
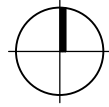
ΣΤΑΔΙΟ : **ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : **ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : **ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ**

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ Α ΟΡΟΦΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 4

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

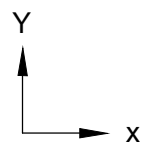
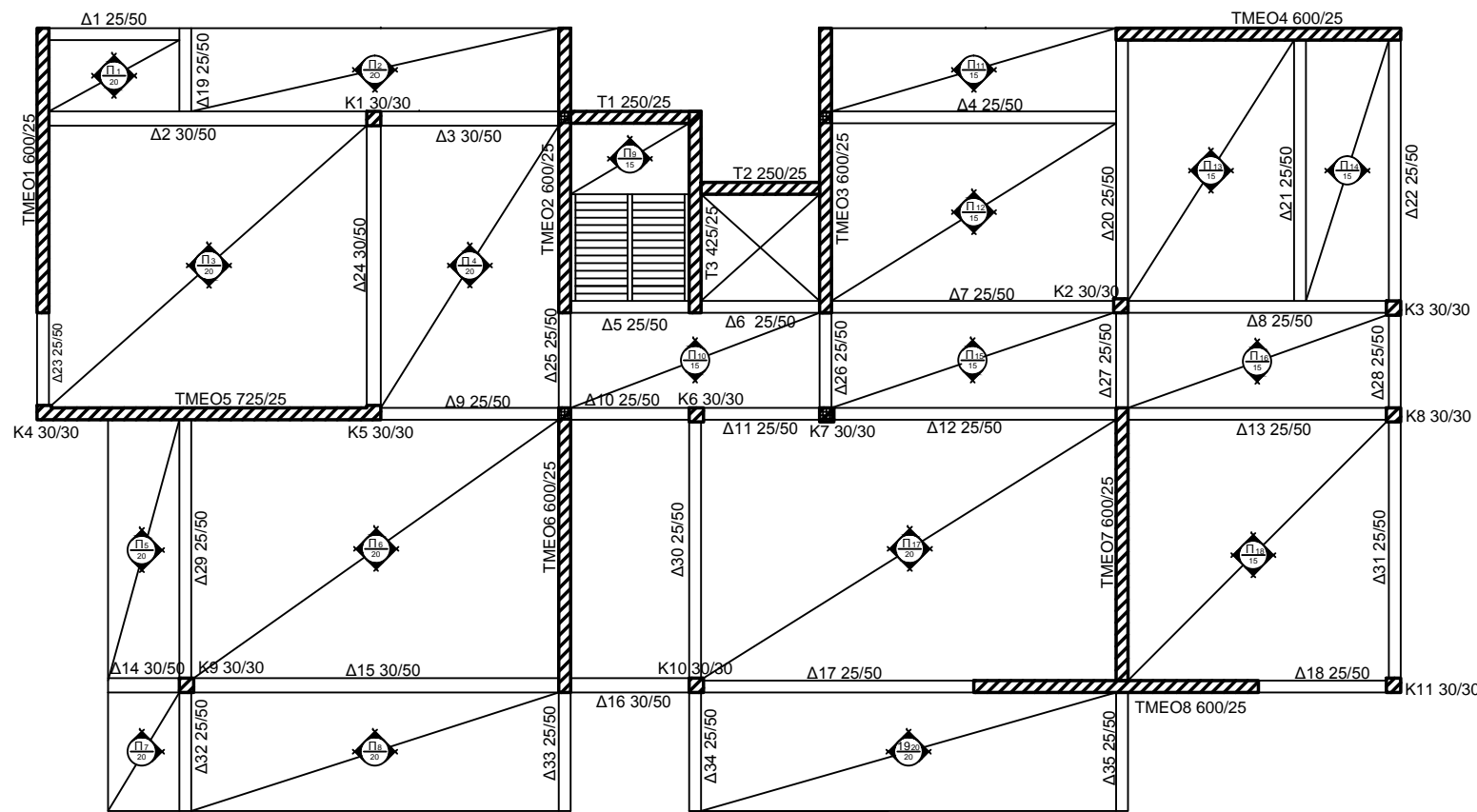
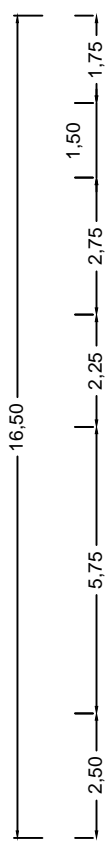
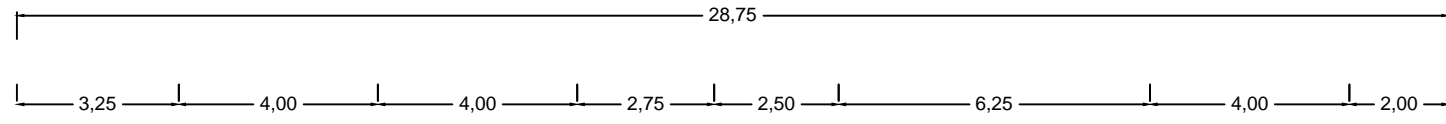
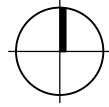
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΕΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ Β ΟΡΟΦΟΥ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 5

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

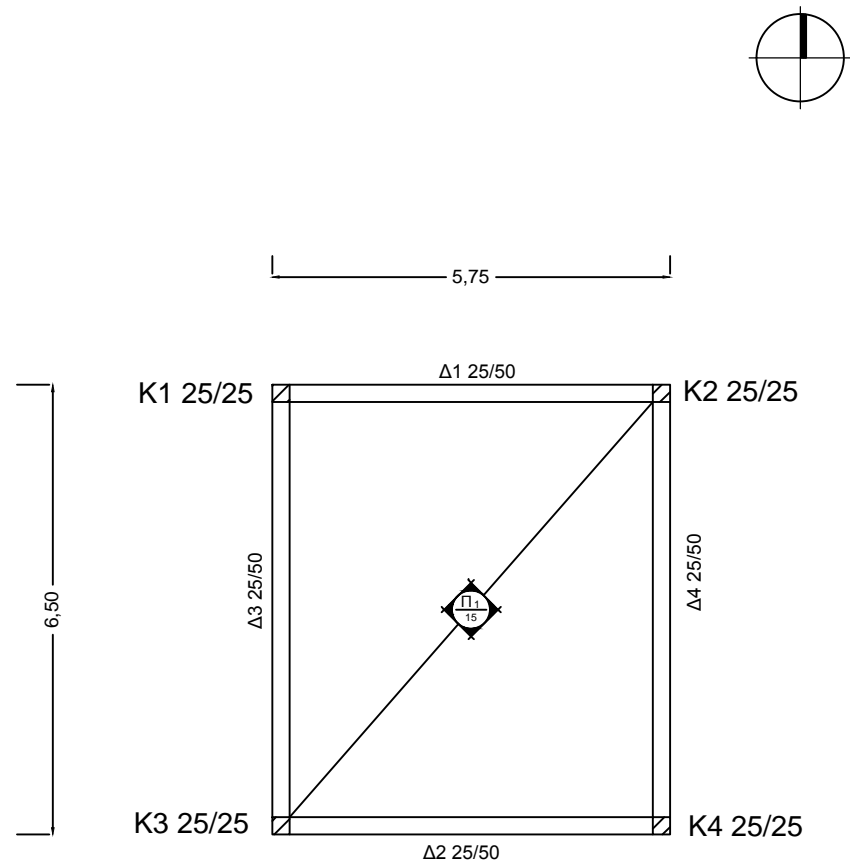
ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΞΥΛΟΥΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ ΔΩΜΑΤΟΣ

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 6

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

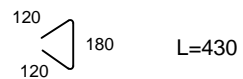
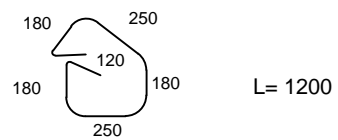
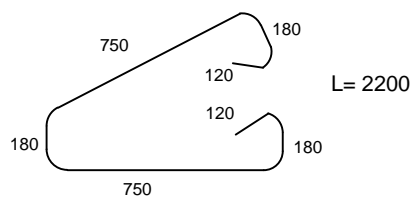
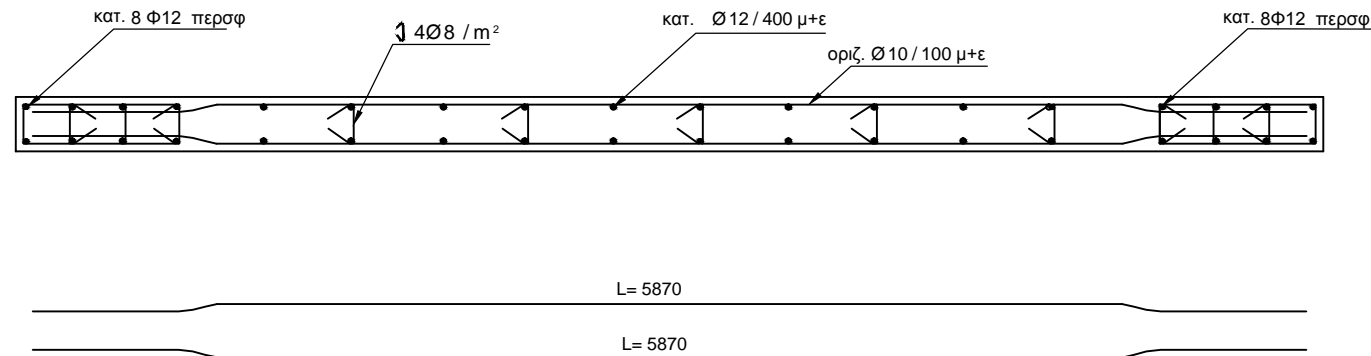
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

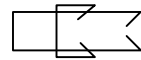
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ1 600/25

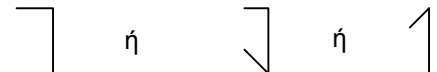


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 8Φ12, $\rho_v \sim 4,8\%$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



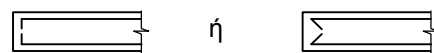
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ (~ Φ8/50cm x 50cm). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/400, $\rho_v \sim 3,4\%$

- Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ (Φ<= 16mm), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)

Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 4,0\%$ > 2,0 % και

$\rho_h \sim 6,3\%$ > $\max(2,0\%, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ1 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 7

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

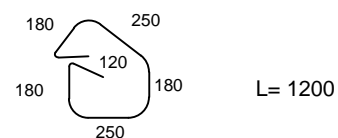
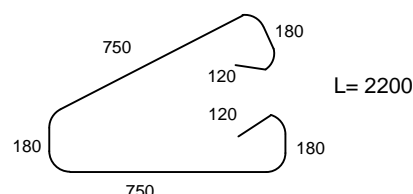
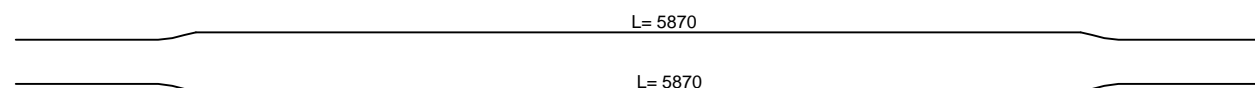
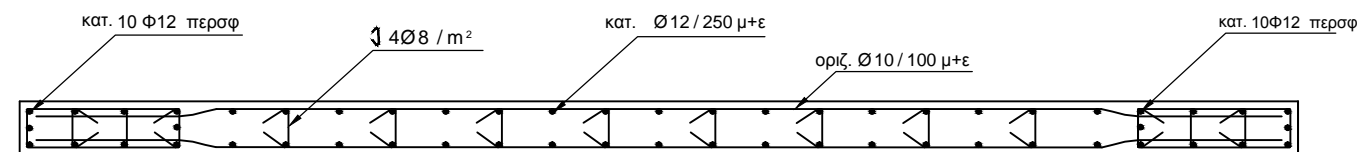
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ2 600/25

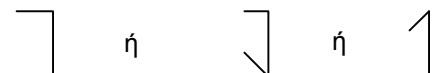


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 10Φ12, $\rho_v \sim 6\text{‰}$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



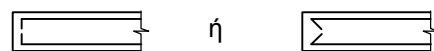
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ (~ Φ8/50cm x 50cm). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,4\text{‰}$

- Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\text{‰}$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ (Φ<= 16mm), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 4,7\text{‰} > 2,0\text{‰}$ και $\rho_h \sim 6,3\text{‰} > \max(2,0\text{‰}, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ2 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 8

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

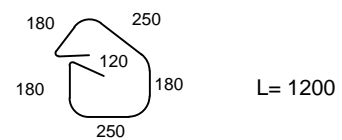
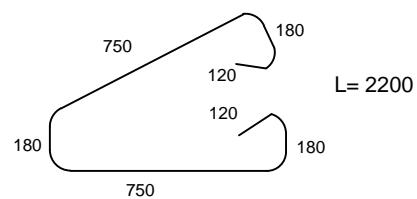
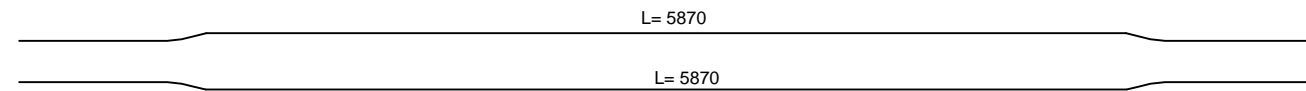
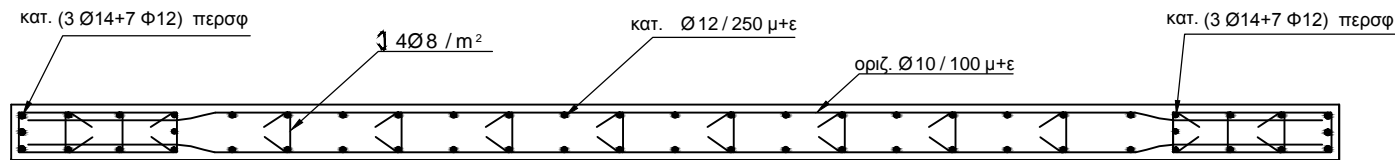
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

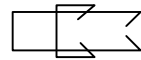
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

TΜΕΟ3 600/25

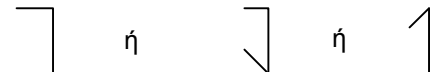


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 3Φ14+7Φ12, $\rho_v \sim 6,7\%$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



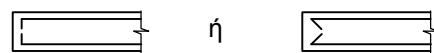
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ (~ Φ8/50cm x 50cm). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,4\%$

- Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ (Φ<= 16mm), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 5,0\% > 2,0\%$ και $\rho_h \sim 6,3\% > \max(2,0\%, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ3 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 9

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

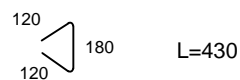
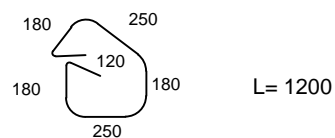
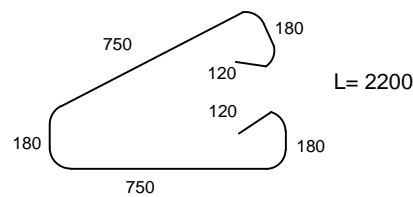
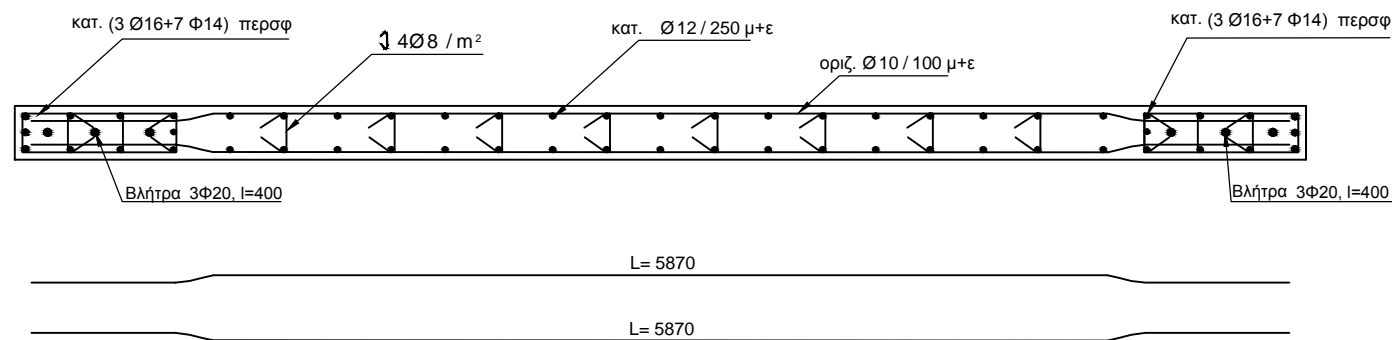
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

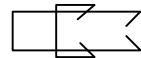
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

TΜΕΟ4 600/25

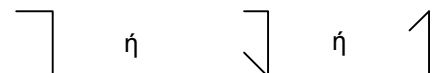


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 3Φ16+7Φ14, $\rho_v \sim 9\text{‰}$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:

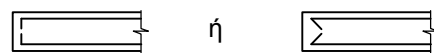


* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ ($\sim \Phi 8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,4\text{‰}$
 - Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\text{‰}$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 6,5\text{‰} > 2,0\text{‰}$ και
 $\rho_h \sim 6,3\text{‰} > \max(2,0\text{‰}, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ4 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 10

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

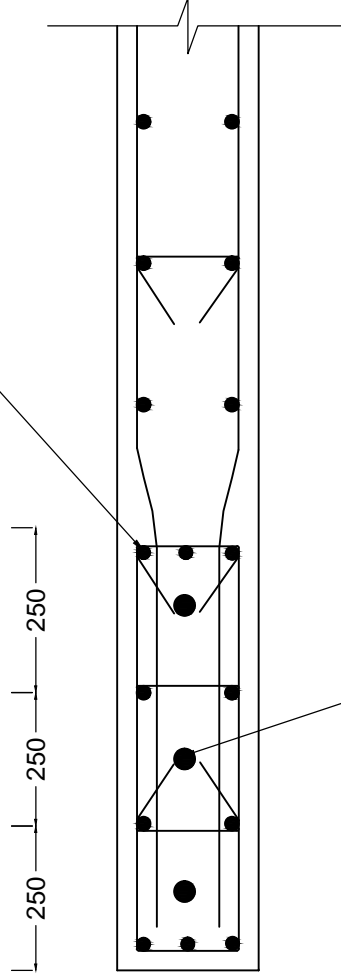
ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΒΛΗΤΡΩΝ

ΤΜΕΟ4 600/25

ΚΑΤ.(3 Ø16+7 Φ14) ΠΕΡΣΦ



Βλήτρα 3Φ20, l=400



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ5 725/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 11

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

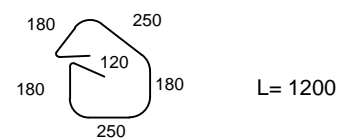
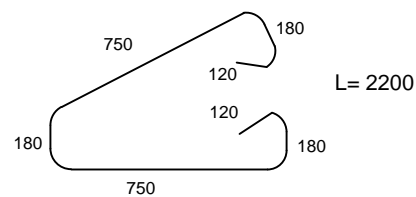
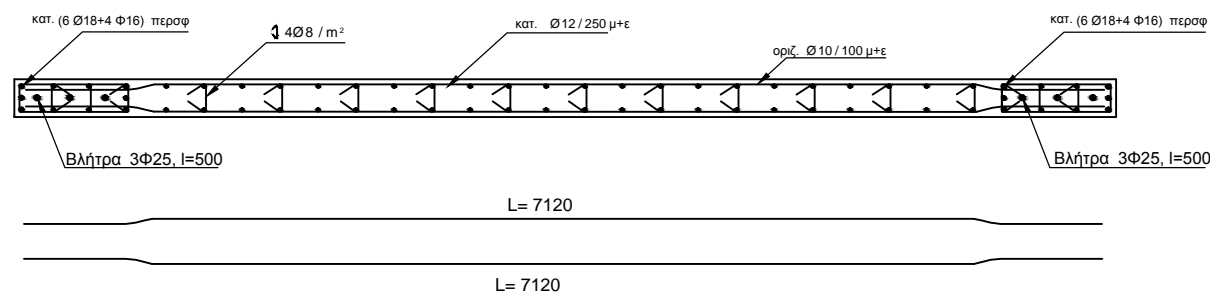
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

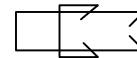
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ5 725/25

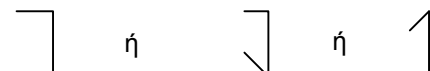


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
- 6Φ18 + 4Φ16, $\rho_v \sim 1\%$ (για κάθε άκρο)
- συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



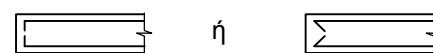
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ (~ Φ8/50cm x 50cm). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,5\%$

- Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



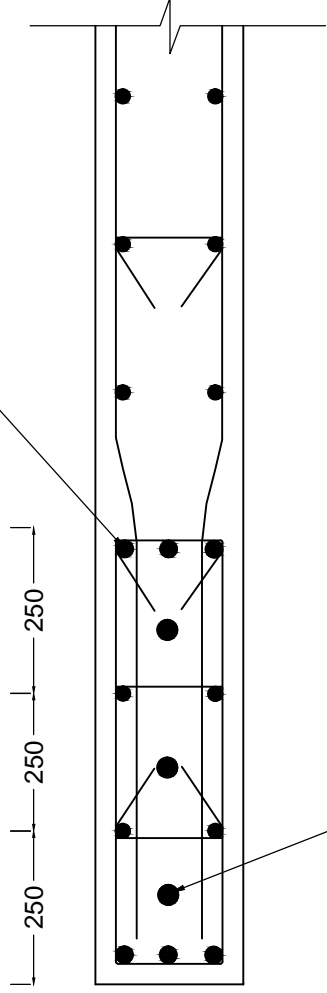
* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ (Φ<= 16mm), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 6,8\%$ > 2,0% και
 $\rho_h \sim 6,3\%$ > $\max(2,0\%, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΒΛΗΤΡΩΝ

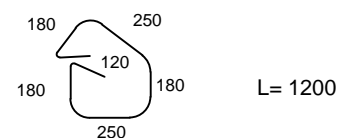
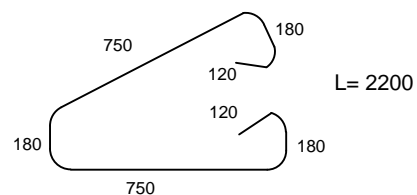
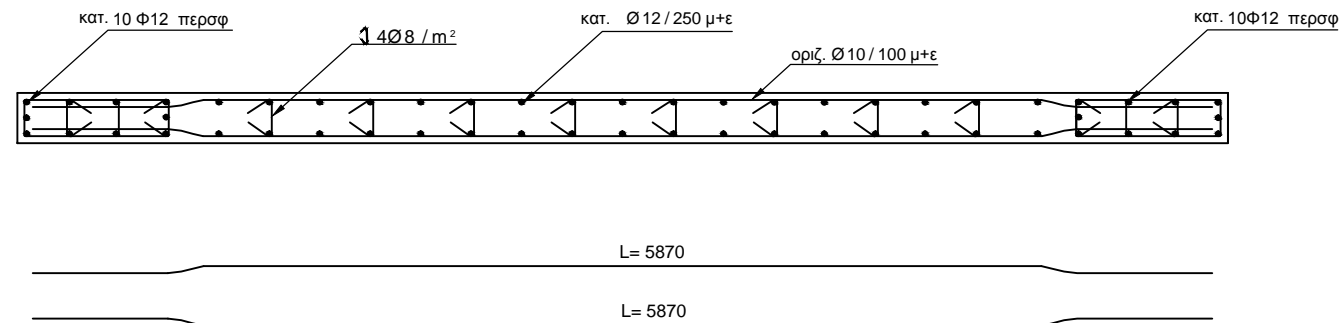
ΤΜΕΟ5 725/25

ΚΑΤ. (6 Ø18+4 Φ16) ΠΕΡΟΦ



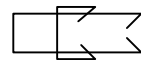
Βλήτρα 3Φ25, l=500

TΜΕΟ6 600/25

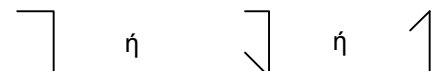


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
 - 10Φ12, $\rho_v \sim 6\%$ (για κάθε άκρο)
 - συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:

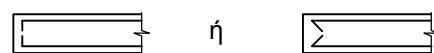


* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ (~ Φ8/50cm x 50cm). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,4\%$
 - Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ (Φ<= 16mm), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)
 Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 4,7\% > 2,0\%$ και $\rho_h \sim 6,3\% > \max(2,0\%, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
 ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
 ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ6 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 12

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
 ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

ΥΠΟΓΡΑΦΗ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ7 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 13

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

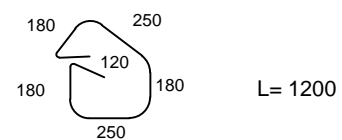
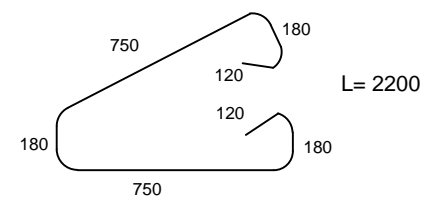
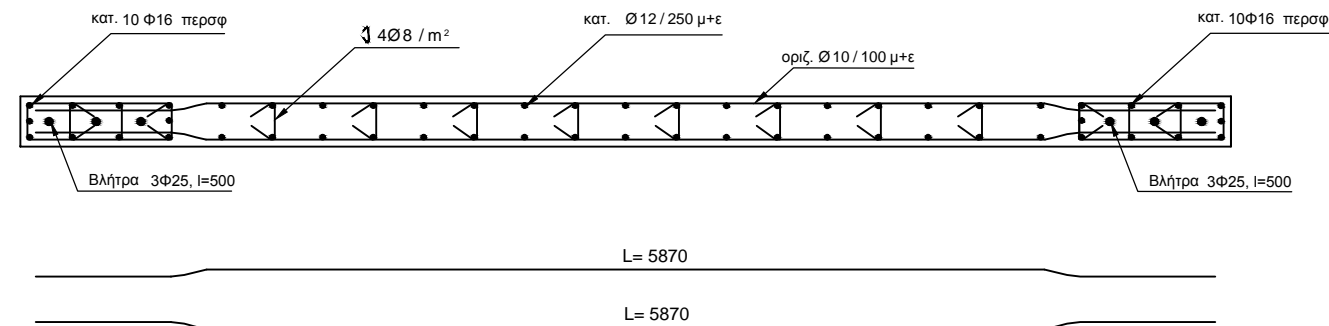
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

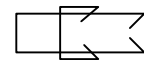
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ7 600/25

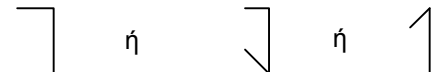


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
- 10Φ16, $\rho_v \sim 1\%$ (για κάθε άκρο)
- συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



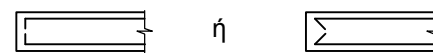
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi8/m^2$ ($\sim \Phi8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,4\%$

- Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)

Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 6,7\%$ > $2,0\%$ και

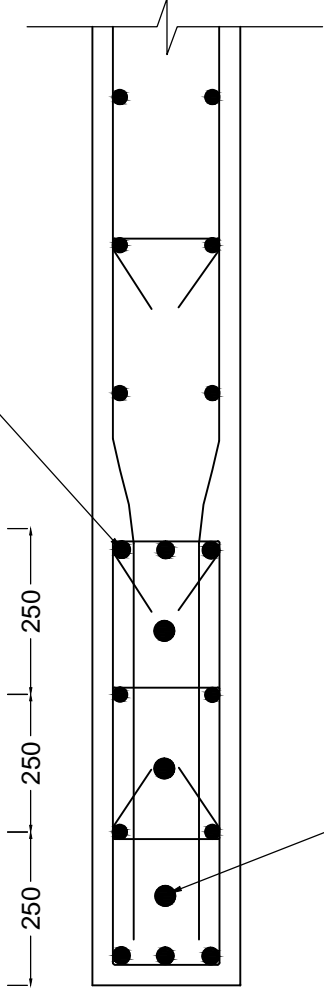
$\rho_h \sim 6,3\%$ > $\max(2,0\%, 0,5\rho_v)$

Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΒΛΗΤΡΩΝ

ΤΜΕΟ7 600/25

κατ. 10 Φ16 περσφ



Βλήτρα 3Φ25, l=500



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ
ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΜΕΣΗΣ
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΜΕ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ
ΜΕΓΑΛΑ ΚΑΙ ΕΛΑΦΡΩΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ

ΜΕΛΕΤΗ : ΔΟΜΗΤΙΚΗ

ΘΕΜΑ : Β ΚΤΗΡΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΑ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΜΕΟ8 600/25

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :

B 14

ΚΛΙΜΑΚΑ :

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : 3ος - 9ος 2013

ΣΤΑΔΙΟ : ΟΡΙΣΤΙΚΗ / ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

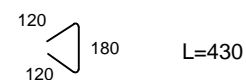
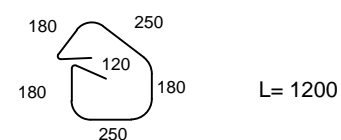
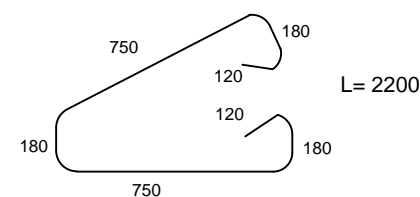
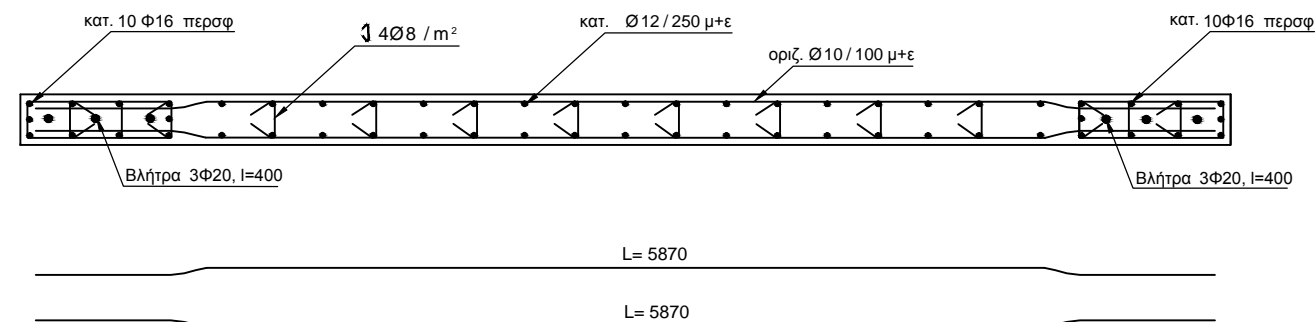
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΚΑΒΒΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ

ΣΦΡΑΓΙΔΑ

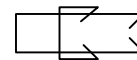
ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΤΜΕΟ8 600/25

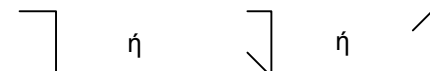


* Κατακόρυφοι οπλισμοί: Από τον ΕΚ8 επιβάλλεται στο ισόγειο χρήση οπλισμού τουλάχιστον Φ12. Συνιστάται η αποφυγή ενώσεων/ματισμάτων στο ισόγειο.

* Ακραία στοιχεία, "οιονεί-περισφιγμένα" = $3b_w=75\text{cm}$ μήκος, 25cm πλάτος
- 10Φ16, $\rho_v \sim 1\%$ (για κάθε άκρο)
- συνδετήρες Φ10/100, δεν συνιστάται η διάταξη φουρκετών:



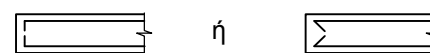
* Οπλισμός κορμού: Δύο ισοδύναμες εσχάρες, με εγκάρσιους συνδέσμους $4\Phi 8/m^2$ ($\sim \Phi 8/50\text{cm} \times 50\text{cm}$). Δεν συνιστάται η διάταξη:



- Κατακόρυφως: 2 Φ12/250, $\rho_v \sim 3,4\%$

- Οριζοντίως: 2 Φ10/100, $\rho_h \sim 6,3\%$. Θα μπορούσαν να

διαταχθούν έξω από τα περισφιγμένα άκρα με αγκυρώσεις στις άκρες όπως:



* Άγκιστρα συνδετήρων και συνδέσμων : τύμπανα 4Φ ($\Phi \leq 16\text{mm}$), γωνία 135° και μήκος 10Φ (ΕΚ8-1:2005)

Τελικά, συνολικό $\rho_v \sim 6,7\% > 2,0\%$ και

$\rho_h \sim 6,3\% > \max(2,0\%, 0,5\rho_v)$

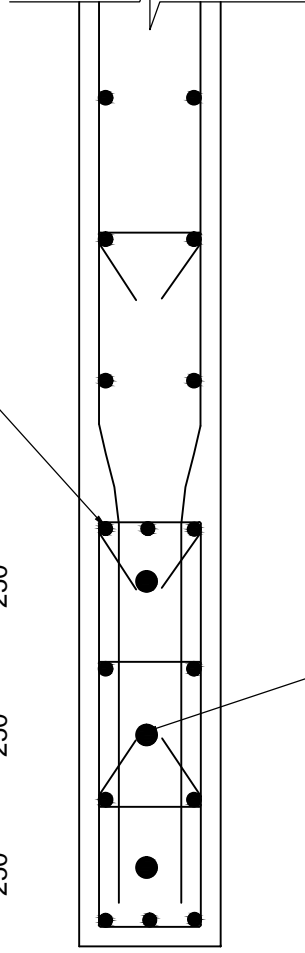
Υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις των ΕΚ2 & ΕΚ8

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΒΛΗΤΡΩΝ

ΤΜΕΟ8 600/25

κατ. 10 Φ16 περισφ

250 250 250



Βλήτρα 3Φ20, l=400