

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΠΑΝΟΜΟΙΟΤΥΠΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΙΚΤΟΥ ΜΕ ΔΟΜΙΚΟ ΧΑΛΥΒΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**



ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΑΛΕΞΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΠΕΛΛΟΣ, ΥΠ.ΔΡ ΙΩΑΝΝΟΥ ΑΝΘΟΣ

Πρόλογος

Στο πλαίσιο των προπτυχιακών σπουδών μου για το τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών του Neapolis University εκπονήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία με τη βοήθεια όλων όσων διδάχθηκα στα προηγούμενα έτη.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή Ιωάννη Μπέλο και τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Κύπρου και βοηθό διδασκαλίας του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Νεάπολις Κύπρου και καθηγητή του Neapolis University κ. Άνθο Ιωάννου.

Πάφος, Σεπτέμβριος 2020

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει θέμα την διερεύνηση της αντισεισμικής συμπεριφοράς ενός οκταόροφου κτηρίου μέσης κατηγορίας πλαστημότητας, αναπτύσσοντας ταυτόχρονα ένα μοντέλο ανάλυσης της κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα και ένα από δομικό χάλυβα. Με την αντισεισμική μελέτη των δύο εναλλακτικών δομικών συστημάτων, αποκλειστικοί στόχοι είναι η επιλογή της βέλτιστης λύσης τόσο από μέρους αντισεισμικότητας αλλά και της οικονομικά συμφέρουσας λύσης.

Ένα από τα βασικότερα κριτήρια επιλογής της μεθόδου δόμησης των πολυόροφων κτηρίων στο σύγχρονη κατασκευαστική βιομηχανία θεωρείται και ο παράγοντας κόστους.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται διερεύνηση της συμπεριφοράς δύο τύπων φορέα, διαφοροποιούμενων κυρίως ως προς το υλικό δόμησης. Ο κάθε ένας από τους παραπάνω τύπους εξετάζεται ως εξ'ολοκλήρου από οπλισμένο σκυρόδεμα ή σύμμεικτος με διαδοκίδες ώστε να εντοπιστεί η οικονομικότερη λύση.

Η σεισμική φασματική ανάλυση και διαστασιολόγηση γίνεται χρησιμοποιώντας το λογισμικό **holoBIM10**.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τα ακόλουθα εννέα κεφάλαια:

- Κεφάλαιο 1 : Σύγκριση των δύο κατασκευαστικών υλικών και τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα τους στις κατασκευές και στο περιβάλλον
- Κεφάλαιο 2 : Παρουσίαση και περιγραφή κτιρίων. Παραδοχές ανάλυσης σχεδιασμού – δεδομένα
- Κεφάλαιο 3 : Ανάλυση και υπολογισμός των δράσεων που καταπονούν τις δύο κατασκευές
- Κεφάλαιο 4 : Προσομοίωση των δύο κατασκευών με την χρήση του λογισμικού **holoBIM10**
- Κεφάλαιο 5 : Παρουσίαση μεθόδων ανάλυσης από τον ΕΚ8 και παρουσίαση της μεθόδου CQC που χρησιμοποιείται.
- Κεφάλαιο 6 : Διαστασιολόγηση των δύο κατασκευών με βάση τους αντιπροσωπευτικούς για την κατηγορία τους Ευρωκώδικες.
- Κεφάλαιο 7 : Παρουσίαση αποτελεσμάτων φασματική ανάλυσης και για τις δύο κατασκευές
- Κεφάλαιο 8 : Κοστολόγηση των δύο κατασκευών

- Κεφάλαιο 9 : Συμπεράσματα και βέλτιστη λύση

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
1 Εισαγωγή.....	9
1.1 Σύγκριση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και σύμμεικτων κατασκευών	9
1.1.2 «PART 1: COMPARING REINFORCED CONCRETE AND PREFABRICATED STEEL BUILDINGS»	9
1.1.2.1 Σύγκριση υλικών	9
1.1.2.1.1 Οπλισμένο σκυρόδεμα	9
1.1.2.1.2 Μεταλλική – σύμμεικτη κατασκευή	10
1.1.2.2 Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων ^[10]	12
2.1 Περιγραφή κτηρίων	14
2.1.1 Οπλισμένο σκυρόδεμα	15
2.1.2 Σύμμεικτος φορέας από δομικό χάλυβα	18
2.2 Παραδοχές ανάλυσης – σχεδιασμού - δεδομένα.....	20
3.1 Κατηγορίες Φορτίων	21
3.1.1 Μονιμα Φορτία	21
3.1.2 Κινητά Φορτία	22
3.1.3 Ανεμοφορτία.....	22
3.1.4 Σεισμικά Φορτία	37
3.1.4.1 Οριζόντιο ελαστικό φάσμα απόκρισης	37
3.1.4.2 Συντελεστής συμπεριφοράς q	39
3.1.4.3 Συνδυασμός δράσεων για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού	40
4.1 Προσομοίωση	42
4.2 Προσομοίωση Κατασκευής από Οπλισμένο σκυρόδεμα.....	42
4.2.1 Συνεργαζόμενο πλάτος δοκών.....	42
4.2.2 Τύπος κτιρίου	43
4.3 Προσομοίωση σύμμεικτου φορέα από δομικό χάλυβα και τοιχεία	43
4.3.1 Τύπος κτιρίου σύμμεικτης κατασκευής	44
4.4 Κανονικότητα κτιρίων	45

4.4.1 Κανονικότητα σε κάτοψη	45
4.4.1.1 Έλεγχος κανονικότητας σε κάτοψη κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα	46
4.4.1.2 Έλεγχος κανονικότητας σε κάτοψη της σύμμεκτης κατασκευής από δομικό χάλυβα	48
4.4.2 Κανονικότητα καθ' ύψος	48
4.4.2.1 Έλεγχος κανονικότητας καθ' ύψος της κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα	48
4.4.2.2 Έλεγχος κανονικότητας καθ' ύψος της σύμμεκτης κατασκευής από δομικό χάλυβα	49
4.5 Επιλογή δείκτη συμπεριφοράς q για κάθε τύπο κτιρίου	49
4.5.1 Επιλογή δείκτη συμπεριφοράς q για την κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα	49
4.5.2 Επιλογή δείκτη συμπεριφοράς q για την σύμμεκτη κατασκευή από δομικό χάλυβα	49
5.1 Ανάλυση	50
5.1.1 Μέθοδος οριζόντιας φόρτισης	50
5.1.2 Τέμνουσα βάση	51
5.1.3 Κατανομή οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων	52
5.1.4 Στρεπτικά φαινόμενα	52
5.1.4.1 Τυχηματικά στρεπτικά φαινόμενα	53
5.1.4.2 Γενικά	53
5.1.4.3 Ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης	54
5.1.4.4 Μέθοδος CQC σεισμικών δυνάμεων	54
5.1.5 Φαινόμενα 2ας τάξεως	58
6.1 Διαστασιολόγηση για ΚΠΜ	59
6.1.1 Γεωμετρικοί περιορισμοί και υλικά	59
6.1.1.1 Απαιτήσεις υλικών	59
6.1.1.2 Γεωμετρικοί περιορισμοί	59
6.1.1.2.1 Δοκοί (§5.4.1.2.1)	59
6.1.1.2.2 Υποστυλώματα (§5.4.1.2.2)	60
6.1.1.2.3 Πλάστιμα Τοιχώματα (§5.4.1.2.3)	60
6.1.1.2.3 Ελαφρώς οπλισμένα μεγάλα τοιχεία (§5.4.1.2.4)	60
6.2 Διαστασιολόγηση δοκών σε κάμψη	61
6.2.1 Υπολογισμός εντατικών μεγεθών	61
6.2.2 Υπολογισμός συνεργαζόμενου πλάτους (b_{eff})	61
6.2.3 Υπολογισμός στατικού ύψους	61

6.2.4 Γεωμετρικές απαιτήσεις δοκού	61
6.2.5 Υπολογισμός του ελάχιστου επιτρεπόμενου ποσοστού διαμήκους οπλισμού	61
6.2.6 Υπολογισμός ελάχιστης επιτρεπόμενης ποσότητας διαμήκους οπλισμού	62
6.2.7 Υπολογισμός της ανηγμένης ροπής και ανηγμένης αξονικής σχεδιασμού	62
6.2.8 Υπολογισμός του γεωμετρικού ποσοστού οπλισμού	63
6.2.9 Υπολογισμός του απαιτούμενου οπλισμού.....	63
6.2.10 Επιλογή συνολικού απαιτούμενου οπλισμού	63
6.2.11 Υπολογισμός μέγιστου επιτρεπόμενου ποσοστού οπλισμού	64
6.2.12 Υπολογισμός μέγιστης επιτρεπόμενης ποσότητας οπλισμού	64
6.2.13 Υπολογισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης διαμέτρου για διαμήκη οπλισμό	65
6.3 Διαστασιολόγηση δοκών έναντι διάτμησης (§5.4.2.2 , §5.4.3.1)	66
6.3.1 Υπολογισμός ικανοτικής τέμνουσας σχεδιασμού V_{Ed}	66
6.3.2 Υπολογισμός ροπών $M_{1,d}$, $M_{2,d}$	66
6.4 Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων έναντι διάτμησης (§5.4.2.2, §5.4.3.2)	67
6.4.1 Υπολογισμός ικανοτικής τέμνουσας σχεδιασμού.....	67
6.4.2 Υπολογισμός ροπών $M_{1,d}$, $M_{2,d}$	68
6.5 Διαστασιολόγηση τοιχωμάτων πλήρωσης (§5.4.2.4 , §5.4.3.4).....	69
6.5.1 Επιρροή τοίχων πλήρωσης.....	70
6.5.1.1 Υπολογισμός οριζόντιας συνιστώσας	71
6.5.1.2 Υπολογισμός ικανοτικής τέμνουσας $V_{Ed,2}$	71
6.6 Διαστασιολόγηση δοκών σύμμεκτης κατασκευής.....	72
6.7 Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων σύμμεκτης κατασκευής	74
6.8 Διαστασιολόγηση συνδέσεων δοκών – υποστυλωμάτων	76
7.1 Αποτελέσματα φασματικής σεισμικής ανάλυσης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα	77
7.1.1 Ιδιοπεριόδοι και ιδιομορφές	77
7.1.2 Κύριες ιδιομορφές – ποσοστά ενεργών μαζών	78
7.1.2.1 Ιδιομορφές κατά τον άξονα x	78
7.1.2.2 Ιδιομορφές κατά τον άξονα y	78
7.2 Αποτελέσματα φασματικής σεισμικής ανάλυσης σύμμεκτης κατασκευής	78
7.2.1 Ιδιοπεριόδοι και ιδιομορφές	78
7.2.2 Κύριες ιδιομορφές – ποσοστά συμμετοχής ενεργών μαζών	79
7.2.2.1 Ιδιομορφές κατά τον άξονα x	79
7.2.2.2 Ιδιομορφές κατά τον άξονα y	79
8.1 Κοστολογήσεις	80

8.1.1 Κοστολόγηση κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα	81
8.1.2 Κοστολόγηση σύμμεικτης κατασκευής	82
8.2.1 Σύγκριση κόστους	83
9.1 Προτάσεις και συμπεράσματα	83
9.1.1 Μετακινήσεις κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα	84
9.1.2 Μετακινήσεις σύμμεικτης κατασκευής	84
9.1.3 Ταχύτητα δόμησης.....	84
9.1.4 Οικονομικά συμφέρουσα λύση – Επιπτώσεις στο περιβάλλον	85
9.2 Συμπεράσματα	85
Βιβλιογραφία	86

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1.1.2.2(α) Επίδραση στην κλιματική αλλαγή
Σχήμα 1.1.2.2(β) Τοξική συμπεριφορά στο περιβάλλον και τον άνθρωπο
Σχήμα 1.1.2.2(γ) Επίδραση στις πρώτες ύλες
Σχήμα 1.1.2.2(δ) Ολική ρύπανση διοξειδίου του άνθρακα
Σχήμα 2.1.1(α) Τρισδιάστατη παρουσίαση κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα
Σχήμα 2.1(α) Ξυλότυπος ορόφου κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιία
Σχήμα 2.1.2(α). Τρισδιάστατη παρουσίαση σύμμεικτης κατασκευής από δομικό χάλυβα
Σχήμα 2.1.2(β). Ξυλότυπος ορόφου κτηρίου από δομικό χάλυβα και τοιχοποιία
Σχήμα 2.1.2(γ). Τυπική πλάκα από 6mm χαλυβδόφυλλο και σκυρόδεμα
Σχήμα 3.1.1(α). Υπολογισμός μόνιμων φορτίων πλάκων
Σχήμα 3.1.2(α). Υπολογισμός κινητών φορτίων
Σχήμα 3.1.3(α) Κατανομή φορτίων ανέμου στη σύμμεικτη κατασκευή κατά την x κατεύθυνση.
Σχήμα 3.1.3(β) Κατανομή φορτίων ανέμου στη σύμμεικτη κατασκευή κατά τη y κατεύθυνση.
Σχήμα 3.1.3(γ). Ισοψείς καμπύλες ανέμου σύμφωνα με CYS EN 1991-1-4:2005
Σχήμα 3.1.4.1(α).Φάσματα ελαστικής απόκρισης τύπου 1 για κατηγορίες Α μέχρι Ε (απόσβεση 5%)
Σχήμα 3.1.4.1(β). Σεισμικές ζώνες της Κύπρου όπως ορίζονται από το CYS EN 1998-1-1:2004

Σχήμα 4.2.1(α). Υπολογισμός συνεργαζόμενου πλάτους δοκών . §5.3.2.1 EN 1992-1-1:2004

Σχήμα 4.2.2(α). Πίνακας υπολογισμού στρεπτικά εύκαμπτης κατασκευής

Σχήμα 6.3(α). Ικανοτικός σχεδιασμός έναντι διάτμησης δοκών (§Figure 5.1 EN1998-1-1:2004)

Σχήμα 6.4(α). Ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων έναντι διάτμησης (§Figure 5.2 EN 1998-1-1:2004)

Σχήμα 6.6(α). Τιμές συντελεστή k_r για τον αντίστοιχο τύπο χαλυβδόφυλλο σύμφωνα με τον EN 1998-1-1:2004 §Figure 7.4

Σχήμα 6.7(α). Ένωση κορμού σύμφωνα με τον EN 1998-1-1:2004, Figure 6.10

Σχήμα 6.8(α). Λυγισμός δοκού για τον υπολογισμό του θ_p , σύμφωνα με τον EN 1998-1-1:2004, Figure 6.11

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1.4.1(α): Τιμές παραμέτρων για περιγραφή του φάσματος ελαστικής απόκρισης Τύπου 1

Πίνακας 3.1.4.2(α). Βασικές τιμές του συντελεστή q_0 σύμφωνα με τον ΕΚ8 §5.2.2.2

Πίνακας 4.3.1(α). Επαλήθευση συνθηκών για τύπο κτιρίου της σύμμεικτης κατασκευής

Πίνακας 4.4.1.1(α). Έλεγχος κανονικότητας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Πίνακας 4.4.1.1(β). Έλεγχος κανονικότητας σε κάτοψη §4.4.1(α)

Πίνακας 4.5.2(α). Επιλογή δυσμενέστερου συντελεστή q για σύμμεικτη κατασκευή

Πίνακας 5.1.4.4(α). Ιδιομορφές, ιδιοπεριόδοι και ενεργές ιδιομορφικές μάζες στην κατασκευή οπλισμένου σκυρόδεματος

Πίνακας 5.1.4.4(β). Ιδιομορφές, ιδιοπεριόδοι και ενεργές ιδιομορφικές μάζες στην σύμμεικτη κατασκευή από δομικό χάλυβα

Πίνακας 5.1.4.4(γ). Ιδιομορφές, ιδιοπεριόδοι και ενεργές ιδιομορφικές μάζες στην σύμμεικτη κατασκευή από δομικό χάλυβα

Πίνακας 6.6(α). Όρια του λόγου x/d για πλαστιμότητα δοκών με πλάκα σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 του EN 1998-1-1:2004

Πίνακας 7.1.1(α) Ιδιομορφές κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος με τις αντίστοιχες ιδιοπεριόδους (T) και ποσοστά συμμετοχής ενεργών μαζών (C_x , C_y , C_z)

Πίνακας 7.2.1(α). Ιδιομορφές σύμμεικτης κατασκευής με τις αντίστοιχες ιδιοπεριόδους (T) και ποσοστά συμμετοχής ενεργών μαζών (C_x , C_y , C_z)

Πίνακας 8.1(α). Κοστολόγηση υλικών κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Πίνακας 8.1(β). Κοστολόγηση υλικών σύμμεικτης κατασκευής

Πίνακας 8.1.1(α). Εκτίμηση κόστους κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Πίνακας 8.1.2(α). Εκτίμηση κόστους σύμμεικτης κατασκευής

Πίνακας 9.1.1(α). Μετακινήσεις ορόφων κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα