

Υπολογιστική διερεύνηση της επιρροής του συντελεστή συμπεριφοράς (q factor) στις απαιτήσεις χάλυβα σε πολυώροφα πλαισιακά κτίρια Ο/Σ σύμφωνα με τον EC8

Γιώργος Βακανάς

Msc Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστημίου Frederick, Κύπρος

Μίλτων Δημοσθένους

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Ερευνητής του ΙΤΣΑΚ, Επισκέπτης Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Frederick, Κύπρος, eng.dm@frederick.ac.cy

Εκτενής περίληψη

Σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, για το σχεδιασμό νέων κτιριακών κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα (Ο/Σ), προβλέπονται οι παρακάτω συνδυασμοί φόρτισης. Είναι επίσης γνωστό ότι η διαστασιολόγηση ενός εκάστου των δομικών στοιχείων της κατασκευής (απαιτούμενες διαστάσεις και οπλισμοί) γίνεται υπό την πλέον δυσμενέστερη εντατική κατάσταση η οποία για διαφορετικά δομικά στοιχεία μπορεί να προκύπτει από διαφορετικούς συνδυασμούς φόρτισης.

$$1.35\Sigma G_i + 1.5\Sigma Q_i$$

$$\Sigma G_i + \Sigma \Psi_i Q_i \pm EQ_x \pm 0.3EQ_y$$

$$\Sigma G_i + \Sigma \Psi_i Q_i \pm 0.3EQ_x \pm EQ_y$$

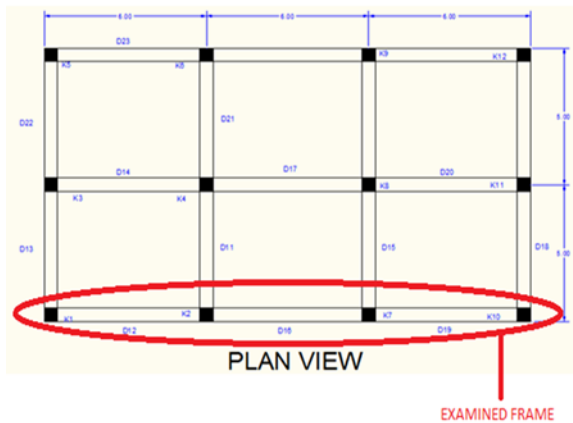
Ωστόσο, αξιοσημείωτη επισήμανση είναι ότι στους συνδυασμούς με συνεκτίμηση των σεισμικών φορτίων (αντισεισμικός σχεδιασμός) τα κατακόρυφα εξωτερικά φορτία ($G+\Psi Q$) είναι πολύ μικρότερα από αυτά τα οποία λαμβάνονται υπόψη χωρίς τη συνεκτίμηση των σεισμικών φορτίων ($1.35G+1.5Q$). Κατά συνέπεια, σ' αυτή την περίπτωση (αντισεισμικός σχεδιασμός), η συνεισφορά των κατακόρυφων φορτίων ($G+\Psi Q$), στα συνολικώς παραγόμενα εντατικά μεγέθη (M , V , N) των δομικών στοιχείων, είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με αυτή που προκύπτει από το συνδυασμό μόνον των κατακόρυφων φορτίων ($1.35G+1.5Q$). Αναμένεται όμως ότι η δράση των σεισμικών φορτίων θα επιφέρει σημαντική επαύξηση έντασης στην κατασκευή η οποία θα υπερβεί την οποιαδήποτε μείωση λόγω μικρότερων τιμών στα κατακόρυφα φορτία. Τούτο όμως μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν τα σεισμικά φορτία είναι αρκούντως μεγάλου μεγέθους.

Εδώ ακριβώς υπενθυμίζουμε ότι, σύμφωνα με τον EC8, ο συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής (q factor) έχει σημαντική συνεισφορά στην τελική διαμόρφωση των τιμών των σεισμικών φορτίων. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο συντελεστής τόσο μικρότερη είναι η τιμή των σεισμικών φορτίων. Ειδικά για κτίρια με πλαισιακό σύστημα από Ο/Σ ο συντελεστής συμπεριφοράς λαμβάνει τιμές από 1.5 μέχρι 5.85 ($1.5 < q < 5.85$). Αυτόματα τίθεται το ερώτημα κατά πόσον οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς (q) που προβλέπονται στον EC8 μπορούν να οδηγήσουν σε τέτοια σεισμικά φορτία ώστε από τον αντισεισμικό σχεδιασμό να προκύπτουν δυσμενέστερες εντατικές καταστάσεις έναντι αυτών που προκαλούνται από τη δράση μόνον των μόνιμων και κινητών φορτίων ($1.35G+1.5Q$).

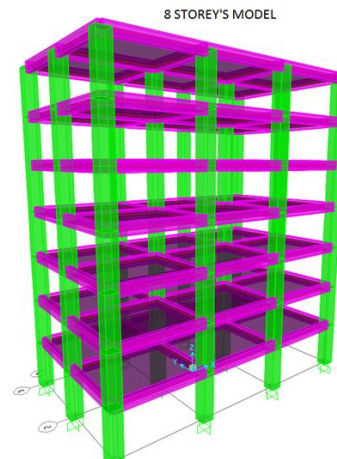
Στόχος λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει την επιρροή του συντελεστή συμπεριφοράς (q) στα παραγόμενα εντατικά μεγέθη και κατ' επέκταση στις απαιτήσεις χάλυβα σε κτίρια από Ο/Σ με πλαισιακό σύστημα.

Για το σκοπό αυτό έγινε αρχικά ο σχεδιασμός της κάτοψης ενός συμμετρικού τυπικού ορόφου με τρία ανοίγματα στη μία διεύθυνση και δύο στην άλλη (Σχ. 1). Ακολούθως διαμορφώθηκαν 8 χωρικά πλαισιακά συστήματα (μονώροφο, διώροφο, κ.λ.π. μέχρι οκταώροφο), διαθέτοντας όλα οριζόντια και καθ' ύψος κανονικότητα (Σχ. 2 και Σχ. 3). Για τη διαμόρφωση των φασμάτων αντισεισμικού σχεδιασμού, βάση των οποίων γίνεται ο υπολογισμός των σεισμικών φορτίων, λήφθηκε συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma=1.0$, κατηγορία εδάφους Β και μέγιστη επιτάχυνση βράχου $0.25g$ (ζώνη ΙΙΙ σύμφωνα με το εθνικό προσάρτημα της Κύπρου). Διαμορφώθηκαν συνολικά επτά φάσματα σχεδιασμού για αντίστοιχες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς ($q=1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6$) και από τα οποία προκύπτουν επτά διαφορετικές τιμές σεισμικής φόρτισης για κάθε εξεταζόμενο κτίριο (Σχ. 4). Τα πλαίσια αυτά (χωρικά) επιλύθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος SAP2000 και για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης που προβλέπονται από τους Ευρωκώδικες. Έτσι λοιπόν έγιναν συνολικά 504 επιλύσεις (8 κτίρια X 9 συνδυασμούς φόρτισης X 7 διαφορετικές τιμές σεισμικής φόρτισης), και εξετάστηκαν τα παραγόμενα εντατικά μεγέθη και οι απαιτήσεις σε οπλισμούς χάλυβα σε τέσσερα δομικά στοιχεία ενός εκ των εξωτερικών πλαισίων του κάθε κτιρίου όπου αναμένεται η ελάχιστη πρόκληση έντασης λόγω κατακόρυφων φορτίων και η μέγιστη λόγω σεισμικής φόρτισης. Πρόκειται για δύο υποστυλώματα και δύο δοκούς στο επίπεδο του ισογείου (Σχ. 1 και Σχ. 5). Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτές τις επιλύσεις παρατίθενται στη συνέχεια τα πλέον σημαντικά ευρήματα, συμπεράσματα και σχόλια επί των ευρημάτων:

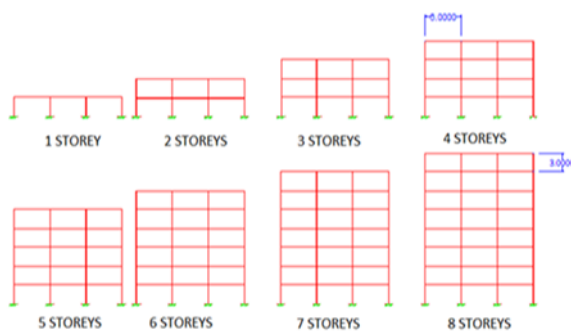
1. Αρχικά δόθηκαν οι ελάχιστες διαστάσεις στα δομικά στοιχεία, όπως προβλέπεται από τους Ευρωκώδικες. Για τα κτίρια μέχρι και πέντε ορόφους δεν απαιτήθηκε επαύξηση στις διαστάσεις των δομικών στοιχείων σε αντίθεση για τα κτίρια με περισσότερους ορόφους.
2. Σχεδόν σε όλα τα κτίρια, για τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς μεγαλύτερου από 3 ($q>3$) (δηλ. για χαμηλά επίπεδα σεισμικής φόρτισης) οι απαιτήσεις σε διαμήκη οπλισμό προκύπτουν από το συνδυασμό με την δράση μόνον των κατακόρυφων φορτίων ($1.35G+1.5Q$) ενώ για μικρότερες τιμές ισχύει το αντίθετο. Η παρατήρηση αυτή ισχύει τόσο για τα υποστυλώματα (Σχ. 6) όσο και για τις δοκούς. Το ίδιο ισχύει και για τον οπλισμό διάτμησης (συνδετήρες) στις δοκούς. Αντίθετα, οι απαιτήσεις σε οπλισμό διάτμησης στα υποστυλώματα καθορίζεται σε όλες τις περιπτώσεις από τη σεισμική φόρτιση. Τίθεται ευλόγως το ερώτημα κατά πόσον τα τελικώς σχεδιασμένα πλαισιακά συστήματα (τα οποία προφανώς ικανοποιούν τις απαιτήσεις σχεδιασμού όπως τίθενται στους Ευρωκώδικες), είναι ταυτόχρονα και σε θέση να αναπτύξουν ικανοποιητική συμπεριφορά σε περίπτωση πραγματικού σεισμού. Αυτό μπορεί να εξεταστεί μόνο μέσα από μια σειρά μη γραμμικών αναλύσεων υπό πραγματικές σεισμικές διεγέρσεις.
3. Τα πιο πάνω συμπεράσματα είναι ενδεικτικά και ισχύουν μόνον για την περίπτωση των πλαισιακών συστημάτων που εξετάστηκαν σ' αυτή την εργασία. Για γενίκευση αυτών των συμπερασμάτων ή όχι, η έρευνα αυτή επεκτάθηκε και είναι σε εξέλιξη ώστε να καλύψει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς καταστάσεων που μπορούν να οδηγήσουν σε διαφοροποίηση των σεισμικών φορτίων (όλες τις κατηγορίες εδάφους, όλες τις σεισμικές ζώνες της Κύπρου, όλους τους συντελεστές σπουδαιότητας ($\gamma=1.0, \gamma=1.2, \gamma=1.4$) καθώς και όλους του τύπους δομικών συστημάτων (πλαισιακό σύστημα, σύστημα τοιχωμάτων και μικτό σύστημα). Αναφορικά με τις μέγιστες επιταχύνσεις σχεδιασμού αυτές έχουν επεκταθεί πολύ πιο πέρα από αυτές που ισχύουν στον κυπριακό χώρο φτάνοντας μέχρι και το $0.4g$.



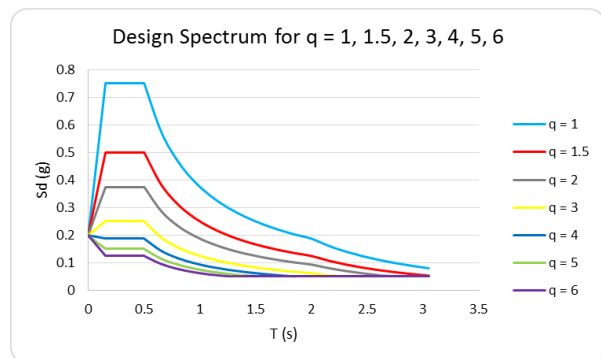
Σχ. 1 Κάτοψη τυπικού ορόφου



Σχ. 2 Χωρικό πλαίσιο δόροφου κτιρίου Ο/Σ με πλαίσιακό σύστημα



Σχ. 3 Όψη των χωρικών πλαισίων που εξετάστηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας

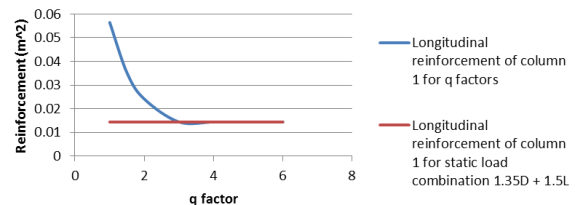


Σχ. 4 Φάσματα σχεδιασμού για επτά διαφορετικές τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς (q)



Σχ. 5 Επίπεδο πλαίσιο τριώροφου κτιρίου με σημειωμένα τα δομικά στοιχεία που εξετάστηκαν στα πλαίσια της παρούσα εργασίας για όλα τα κτίρια

Longitudinal reinforcement required for C1 of 8 storeys model



Σχ. 6 Απαιτήσεις διαμήκους οπλισμού σε γωνιακό υποστύλωμα στη στάθμη του ισογείου του δόροφου συναρτήσει του συντελεστή συμπεριφοράς (q)