

Συντελεσιές απόσβεσης για Μικτές Κατασκευές από χάλυβα & σκυρόδεμα



Μικτή κατασκευή οικοδομικού έργου

Σχήμα 1α: Μικτή κατασκευή σταδίου



Χάρης Ι. Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχ/κος, Αναπληρωτής Καθηγητής & **Θανάσης Παπαγεωργίου**, Πολ/κός Μηχ/κός, Υποψήφιος διδάκτορας, Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών Ε.Μ.Π.

Οι μικτές κατασκευές οι οποίες αποτελούνται από δύο διακριτά τμήματα, ένα από χάλυβα και ένα από σκυρόδεμα, απαντώνται όλο και πιο συχνά τα τελευταία χρόνια. Το τμήμα της κατασκευής από σκυρόδεμα εδράζεται επί του εδάφους και λαμβάνεται να έχει συντελεστή απόσβεσης ίσο με 5%, ενώ το τμήμα από χάλυβα εδράζεται επί του πρώτου τμήματος και θεωρείται ότι έχει απόσβεση ίση με 2%. Οι τιμές αυτές λαμβάνονται από τις προτεινόμενες τιμές του ΕΑΚ και αντιστοιχούν στο μεγαλύτερο εύρος των κατασκευών από σκυρόδεμα και χάλυβα.

Δομικά συστήματα αυτού του τύπου απαντώνται συχνά σε στάδια όπου οι κερκίδες των θεατών κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και τα στέγαστρα από χαλύβδινα δικτύωματα, όπως στο Σχήμα 1-α. Επίσης, η περίπτωση στην οποία σε υφιστάμενες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα οι οποίες έχουν σχεδιαστεί πριν την

αλλαγή του αντισεισμικού κανονισμού του 1984 γίνεται προσθήκη καθ' ύψος ορόφου από χάλυβα προκειμένου να μειωθεί το βάρος της κατασκευής, απαντάται όλο και πιο συχνά, όπως στο Σχήμα 1-β.

Λόγω του ότι το τμήμα από σκυρόδεμα αποτελεί τη βάση στήριξης του τμήματος από χάλυβα, αυτό αποκαλείται πρωτεύον σύστημα, ενώ το τμήμα από χάλυβα αποκαλείται δευτερεύον σύστημα, αντίστοιχα primary - p και secondary - s στη διεθνή βιβλιογραφία.

Οι ισχύοντες κανονισμοί δεν καλύπτουν το σχεδιασμό των κατασκευών αυτού του τύπου, παρά μόνον στις περιπτώσεις που το τμήμα από χάλυβα έχει μάζα κατά πολύ μικρότερη από αυτήν του τμήματος από σκυρόδεμα, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι διατάξεις περί προσαρτημάτων.

Σε αντίθετη περίπτωση, η μόνη αναλυτικού τύπου λύση που υπάρχει στη βιβλιογραφία είναι σε μιγαδική μορφή, κάτι που την καθιστά ακατάλληλη για χρήση στο σχεδιασμό. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς πολυβάθμιων κατασκευών αυτού του τύπου, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα που θα αφορούν την απόσβεσή τους. Η συνολική πολυβάθμια κατασκευή αρχικά μετατρέπεται σε μια ισοδύναμη διβάθμια κατασκευή όπως φαίνεται στο **Σχήμα 2** με τα χαρακτηριστικά της πρώτης ιδιομορφής του κάθε τμήματος (μάζα, δυσκαμψία και επομένως και ιδιοσυχνότητα) να μετατρέπονται σε δυναμικά χαρακτηριστικά του ισοδύναμου διβάθμιου ταλαντωτή, και ορίζονται τα μεγέθη

$$R_m = \frac{M_s}{M_p} \quad \text{και} \quad R_\omega = \frac{\omega_s}{\omega_p}$$

ως ο λόγος της μάζας του s τμήματος προς τη μάζα του p τμήματος και ο λόγος της ιδιοσυχνότητας του s τμήματος προς την ιδιοσυχνότητα του p τμήματος, αντίστοιχα.



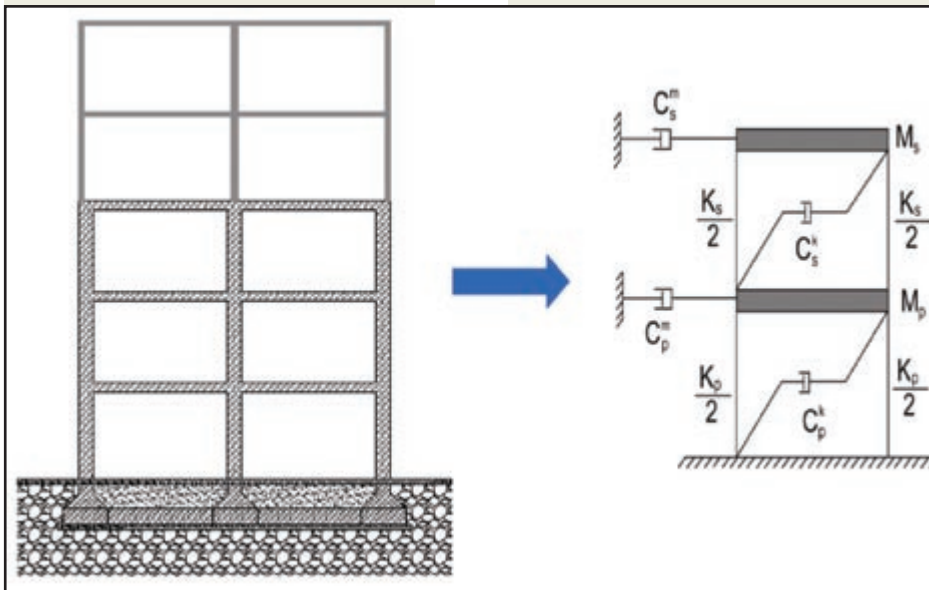
της απόσβεσης, και μια προσεγγιστική στην οποία γίνεται η υπόθεση ότι η διβάθμια κατασκευή έχει ενιαία απόσβεση η οποία μεταβάλλεται με πυκνό βήμα λαμβάνοντας τιμές από 2% ως 5%. Για κάθε τιμή της προσεγγιστικής απόσβεσης υπολογίζεται το σφάλμα που προκύπτει στην απόκριση του διβάθμιου από τη χρήση της σε αντιπαράβολη με την περίπτωση που υιοθετείται η ορθή κατανομή της απόσβεσης. Ο λόγος απόσβεσης ο οποίος θα δώσει το μικρότερο



Μικτή κατασκευή οικοδομικού έργου



Σχήμα 1β:
Μικτή κατασκευή οικοδομικού έργου



Σχήμα 2: Πολυβάθμια κατασκευή και ισοδύναμος διβάθμιος ταλαντωτής

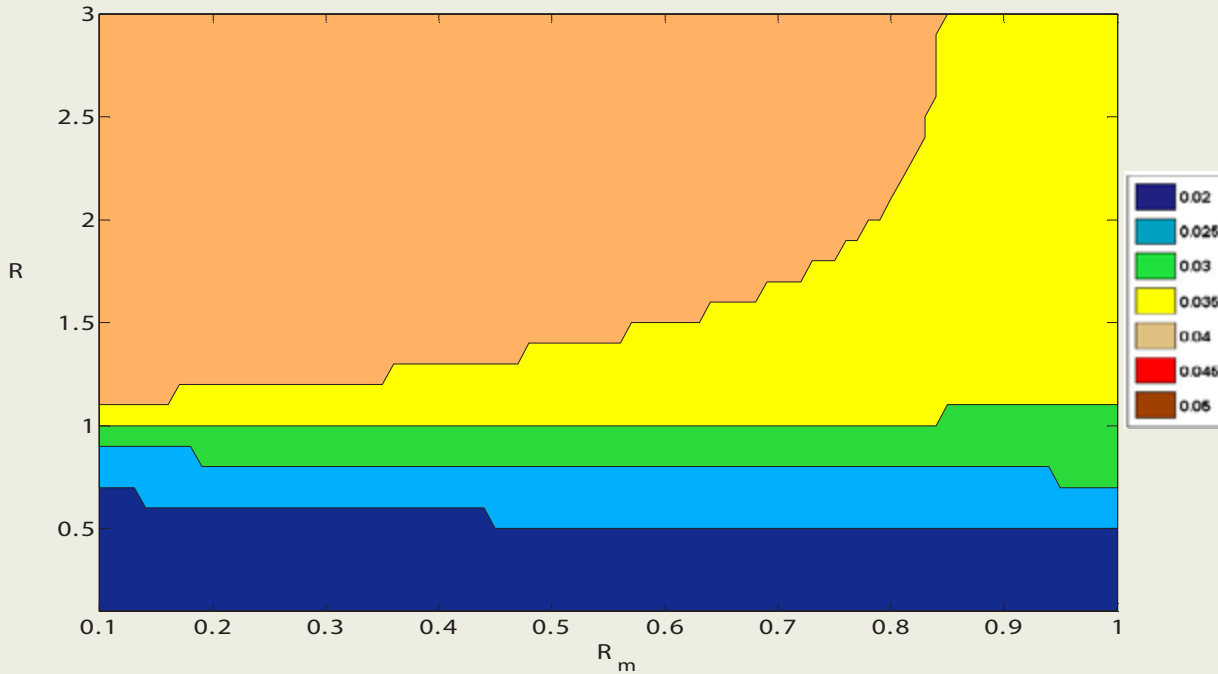
Οι λόγοι R_ω και R_m λαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος τιμών το οποίο καλύπτει πρακτικά όλες τους δυνατούς συνδυασμούς των δυναμικών χαρακτηριστικών των δύο τμημάτων. Για κάθε ζεύγος λόγων γίνεται μια ανάλυση του διβάθμιου ταλαντωτή με την ορθή κατανομή της απόσβεσης, λαμβάνοντας υπόψη τα δύο διαφορετικά ποσοστά

σφάλμα εκλέγεται ως ο βέλτιστος ισοδύναμος λόγος απόσβεσης για το συγκεκριμένο συνδυασμό λόγων R_ω και R_m . Η τελική κατανομή αυτού του ισοδύναμου λόγου απόσβεσης φαίνεται στο **Σχήμα 3**.



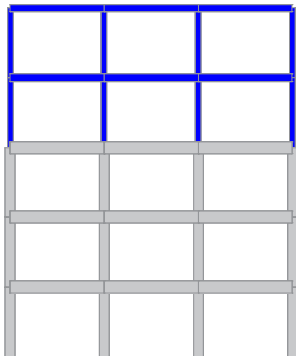
Μικτή κατασκευή οικοδομικού έργου

Σχήμα 3: Κατανομή ισοδύναμου λόγου απόσβεσης



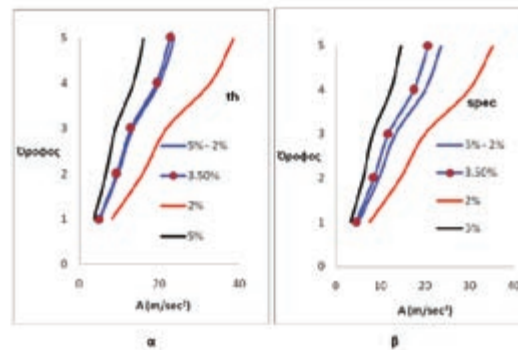
Σε ένα επίπεδο πλαίσιο με ρεαλιστικές διαστάσεις, όπως αυτό που φαίνεται στο **Σχήμα 4**, γίνεται μια απόπειρα εφαρμογής του ισοδύναμου συντελεστή απόσβεσης. Τα υποστυλώματα των ορόφων σκυροδέματος έχουν διαστάσεις 50/50 και η κάθε στάθμη έχει μάζα 40Mgr και στις στάθμες από χάλυβα τα υποστυλώματα είναι διατομής HEB320 και η μάζα της κάθε στάθμης είναι ίση με 24Mgr.

Τα παραπάνω μεγέθη αντιστοιχούν σε λόγο ιδιοσυχνοτήτων ίσο με 1.1 και λόγο μαζών ίσο με 0.45, που από το **Σχήμα 3** οδηγούν σε ισοδύναμο συντελεστή απόσβεσης $\zeta_{eq}=3.5\%$.



Σχήμα 4: Πολυβάθμια μικτή κατασκευή

Προκειμένου να ελεγχθεί η δυνατότητα εφαρμογής του παραπάνω λόγου απόσβεσης, δημιουργείται μια αρμονική διέγερση η οποία είναι σε συντονισμό με την πρώτη ιδιομορφή της πολυβάθμιας κατασκευής και φάσματα της διέγερσης αυτής για τιμές απόσβεσης ίσες με 2%, 3.5% και 5%. Γίνονται δυναμικές αναλύσεις της κατασκευής με την ορθή κατανομή της απόσβεσης και με τις τρεις ενιαίες κατανομές και φασματικές αναλύσεις με τις τρεις ενιαίες κατανομές και λαμβάνονται τα προφίλ των απολύτων επιταχύνσεων στους ορόφους του πλαισίου και τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο **Σχήμα 5**.



Σχήμα 5: Προφίλ απολύτων επιταχύνσεων από α) δυναμική ανάλυση και β) από φασματική ανάλυση.

Από το **Σχήμα 5** φαίνεται ότι η προτεινόμενη τιμή για τον ισοδύναμο συντελεστή απόσβεσης αποτελεί αρκετά καλή προσέγγιση της πραγματικής κατασκευής. Αντίθετα, η υιοθέτηση συντελεστή απόσβεσης ίσου με 2% οδηγεί σε υπερεκτίμηση της απόκρισης ενώ στην περίπτωση που η απόσβεση πάρει την τιμή 5% γίνεται υποεκτίμηση της απόκρισης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το έργο συγχρηματοδοτείται κατά 80% της Δημόσιας Δαπάνης από την Ευρωπαϊκή Ένωση – Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, κατά 20% της Δημόσιας Δαπάνης από το Ελληνικό Δημόσιο – Υπουργείο Ανάπτυξης – Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, και από τον Ιδιωτικό Τομέα στο πλαίσιο του Μέτρου 8.3 του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα – Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης.

Οι φωτογραφίες του οικοδομικού έργου είναι ευγενική παραχώρηση της εταιρείας Μεταλλοτεργαστική Α.Ε. 