Δυναμική των Κατασκευών

Ασκήσεις Πράξης

Διδάσκων: Κολιόπουλος Παναγιώτης
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.

ΤΕΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΟΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

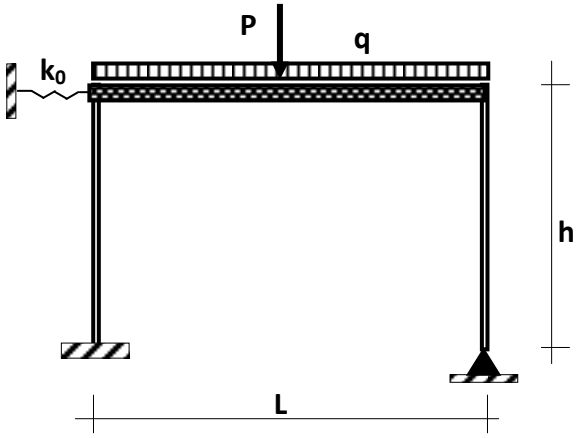
ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διδάσκων: Κολιόπουλος Παναγιώτης
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΑΞΗΣ

Άσκηση 6

Το πλαίσιο του σχήματος έχει τελείως άκαμπτο ζύγωμα ενώ οι στύλοι του είναι αβαρείς και έχουν κοινή τετραγωνική διατομή axa.



Ο φορέας υπόκειται σε σεισμική δράση με φάσμα σχεδιασμού ταχυτήτων (cm/sec):

$$S_v(T) = 38.2*T \text{ για } 0 \le T \le 0.5 \text{ sec} \quad \& \quad S_v(T) = 24.1*T^{1/3} \text{ για } T > 0.5 \text{ sec}$$

(α) Να υπολογίσετε τις φασματικές ταχύτητες για τις περιόδους T = 0.2, 0.5, 1.0 και 2.0 sec και να σχεδιάσετε το φάσμα ταχυτήτων S_v για $0 \le T \le 2.0$ sec
(β) Να επαναλάβετε τους παραπάνω υπολογισμούς για τις φασματικές επιταχύνσεις (σε m/sec^2)και να σχεδιάσετε το φάσμα επιταχύνσεων S_a.
(γ) Να επαναλάβετε τους παραπάνω υπολογισμούς για τις φασματικές μετατοπίσεις (σε mm) και να σχεδιάσετε το φάσμα μετατοπίσεων S_d.
(δ) Να υπολογισθεί η οικονομικότερη διάσταση a, ώστε η μέγιστη μετάθεση να μην υπερβαίνει τα 4 mm.
(ε) Για την διατομή που επιλέχτηκε, να υπολογιστούν: η τέμνουσα βάσης, οι σεισμικές τέμνουσες και ροπές των στύλων, καθώς και η δύναμη στο ελατήριο.
(στ) Να υπολογιστεί μια νέα τιμή της ελατηριακής σταθεράς k_0 ώστε τα προκύπτοντα εντατικά μεγέθη στύλων να μειωθούν στα 2/3 της αρχικής τους τιμής.
(ζ) Ποια θα έπρεπε να ήταν η ταλαντούμενη μάζα του <u>αρχικού</u> φορέα, ώστε η προκύπτουσα τέμνουσα βάσης να είναι αυξημένη κατά 25% της αρχικής (δηλ. του ερωτήματος ε)?

<u>Δίνονται:</u>
$E = 2.8 \cdot 10^6 kN/m^2$, $g = 10 m/sec^2$, P = 52kN, q = 8kN/m, k_0 = 900 kN/m, h = 3.5m, L = 6.0m

Λύση

Ερωτήματα (α) – (γ):

Μετατρέποντας το φάσμα ταχυτήτων σε m/sec και χρησιμοποιώντας την σχέση ψευδοφασμάτων $S_a = \omega \cdot S_v = (2\pi/T) \cdot S_v = 6.283 \cdot S_v/T$, έχουμε:

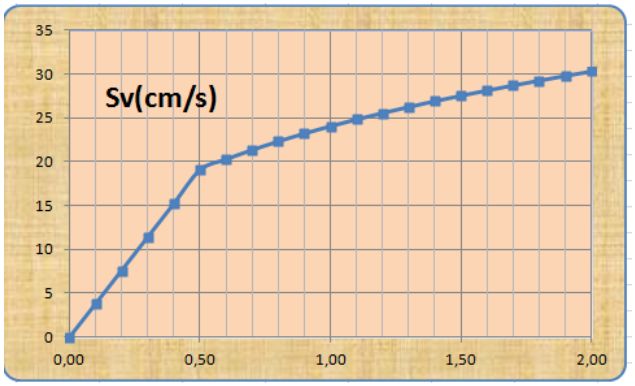
$$S_a(T) = 2.40, \text{ για } 0 \le T \le 0.5 \text{ sec} \quad \text{και} \quad S_a(T) = 1.514 \cdot T^{-2/3}, \text{ για } T > 0.5 \text{ sec}$$

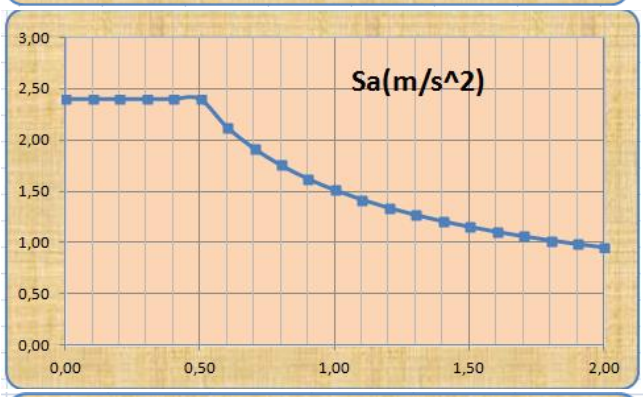
Επιπλέον, μετατρέποντας το φάσμα ταχυτήτων σε mm/sec και χρησιμοποιώντας την σχέση ψευδοφασμάτων $S_d = S_v/\omega = (T/2\pi) \cdot S_v = (T \cdot S_v)/6.283$, έχουμε:

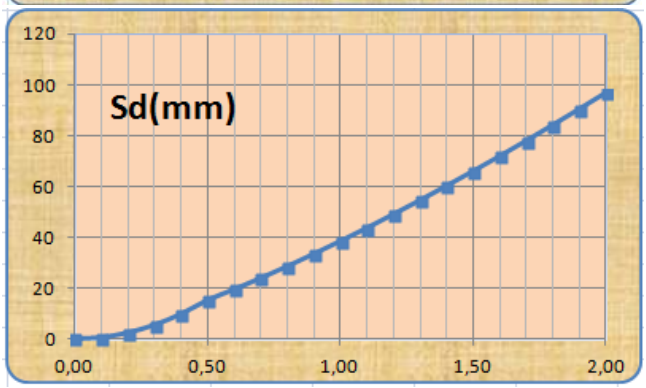
$$S_d(T) = 60.8 \cdot T^2, \text{ για } 0 \le T \le 0.5 \text{ sec} \quad \text{και} \quad S_d(T) = 38.4 \cdot T^{4/3}, \text{ για } T > 0.5 \text{ sec}$$

Οπότε, ο πίνακας επιλεγμένων τιμών και τα αντίστοιχα διαγράμματα για $0 \le T \le 2.0$ sec είναι:

T(s)	S_v(cm/s)	S_a(m/s^2)	S_d(mm)
0.2	7.6	2.40	2.4
0.5	19.1	2.40	15.2
1.0	24.1	1.514	38.4
2.0	30.4	0.954	96.7







Ερωτήματα (δ) – (ε):

Η απαίτηση για μέγιστη μετάθεση 4mm (< 15.2mm) αντιστοιχεί στον πρώτο κλάδο του φάσματος μεταθέσεων Sd. Οπότε, στο όριο $4 = 60.8 \cdot T^2 \rightarrow T = 0.256$ sec και $\omega = 24.5$ rad/sec.

Η ταλαντούμενη μάζα προκύπτει ως: $m = (q \cdot L + P)/g = (6 \cdot 8 + 52)/10 = 10$ tn.

Η συνολική δυσκαμψία είναι: $k = m \cdot \omega^2 = 10 \cdot 24.5^2 = 6002$ kN/m.

Η απαιτούμενη δυσκαμψία των 2 στύλων είναι $k_s = k - k_o = 6000 - 900 = 5102$ kN/m

Έστω k_1 = δυσκαμψία αμφιπάκτου = $12 \cdot E \cdot I/h^3$ και k_2 = δυσκαμψία μονοπάκτου = $3 \cdot E \cdot I/h^3$.

Τότε, $k_s = k_1 + k_2 = 15 \cdot E \cdot I/h^3 = 15 \cdot 2.8 \cdot 10^6 \cdot I/3.5^3 = 5102$ kN/m $\rightarrow I = 5{,}2 \cdot 10^{-3}$ $m^4 = a^4/12 \rightarrow a = 0.50$m.

Οι επιμέρους δυσκαμψίες στύλων είναι: $k_1 = (12/15) \cdot k_s = 4081.6$ kN/m, $k_2 = (3/15) \cdot k_s = 1020.4$ kN/m

Τέμνουσα βάσης: $V_b = m \cdot S_a = 10 \cdot 2.4 = 24$kN ή $V_b = k \cdot S_d = 6002 \cdot 0.004 = 24$kN

Τέμνουσα – ροπή αμφιπάκτου:

$V_1 = k_1 \cdot S_d = 4081.6 \cdot 0.004 = 16.3$kN, $M_1 = V_1 \cdot h/2 = 16.3 \cdot 3.5/2 = 28.6$ kNm

Τέμνουσα – ροπή μονοπάκτου:

$V_2 = k_2 \cdot S_d = 1020.4 \cdot 0.004 = 4.1$ kN, $M_2 = V_2 \cdot h = 4.1 \cdot 3.5 = 14.3$ kNm

Δύναμη ελατηρίου: $F_o = k_o \cdot S_d = 900 \cdot 0.004 = 3.6$kN

<u>Έλεγχος</u>: $V_1 + V_2 + F_o = 16.3 + 4.1 + 3.6 = 24\text{kN} = V_b$ (o.k.)

<u>Ερώτημα (στ):</u>

Η μείωση της τέμνουσας αντιστοιχεί σε ανάλογη μείωση της μετάθεσης. Συνεπώς, η νέα φασματική τιμή-στόχος είναι $S^*d = (2/3) \cdot 4 = 2.67$mm (< 15.2mm).

Η τιμή ανήκει στον 1° κλάδο του φάσματος, οπότε $2.67 = 60.8 \cdot T^2 \rightarrow T^* = 0.209$ sec, $\omega^* = 30$ rad/sec.

Η νέα τιμή της συνολικής δυσκαμψίας είναι: $k^* = m \cdot \omega^2 = 10 \cdot 30^2 = 9000$ kN/m.

Επομένως, $k^*_o = k - k_s = 9000 - 5102 = 3898$kN/m

<u>Ερώτημα (ζ)</u>:

Νέα τιμή τέμνουσας βάσης Vb = 1.25·24 = 30kN.

Από τις 2 σχέσεις προσδιορισμού της Vb, η Vb = m·Sa ΔΕΝ είναι η πλέον κατάλληλη.. Γιατί?..

(μεταβαλλόμενη η μάζα μεταβάλλει την ιδιοπερίοδο και άρα και την Sa → 2 άγνωστοι)

Αντίθετα, επειδή η αρχική δυσκαμψία παραμένει σταθερή, ενδείκνυται η $Vb^* = k \cdot Sd^* \rightarrow$

$30 = 6002 \cdot Sd^* \rightarrow Sd^* = 0{,}005$m = 5mm (25% αυξημένη από αρχική Sd = 4mm).

$Sd^* < 15.2$mm, $1^{ος}$ κλάδος $\rightarrow 5 = 60.8 \cdot T^2 \rightarrow T = 0.287$ sec και $\omega^* = 21.91$ rad/sec.

$m^* = k/(\omega^*)^2 = 6002/480 = 12.5$tn … (25% αυξημένη από αρχική). Γιατί?

Επειδή, <u>δεν αλλάξαμε κλάδο</u> & για τον 1° κλάδο <u>εδώ</u> ισχύει $Sa = Sa^* = 2.4$m/sec^2 →

$Sd^*/Sd = [(Sa^*/(\omega^*)^2]/[Sa/\omega^2] = [Sa^*/(k/m^*)]/[Sa/(k/m)] = [Sa^* \cdot m^*)]/[Sa \cdot m) = m^*/m$

ΔΕΝ θα ίσχυε, αν (i) η νέα Sd* αντιστοιχούσε στον άλλο κλάδο ή/και (ii) ο $1^{ος}$ κλάδος του Sa δεν ήταν οριζόντιος.. → να κάνουμε πάντα τους υπολογισμούς και όχι 'διαισθητικά' αποτελέσματα.