

ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ

Ελισσάβετ Καρατζά
Πολιτικός Μηχανικός
Αθήνα, Ελλάδα
email: ikara@tee.gr

Βέλβετ Καρατζά
Πολιτικός Μηχανικός
Αθήνα, Ελλάδα
email: ikara@tee.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή επισημαίνει την ανάγκη στην σύνταξη των στατικών υπολογισμών μεταλλικών κατασκευών να μην αρκείται κανείς μόνο στην στατική θεώρηση των προβλημάτων, αλλά να προχωρεί και στην δυναμική διερεύνηση αυτών. Ο λόγος που θα πρέπει να γίνεται αυτό είναι διότι μια διαστασιολόγηση με στατική θεώρηση των φορέων δεν είναι πάντοτε η ίδια με μία δυναμική θεώρηση. Μια στατική υπερδιαστασιολόγηση μπορεί να σημαίνει μια μεγαλύτερη δυναμική φόρτιση. Γενικά, είναι γνωστό ότι οι αποσβέσεις ταλαντώσεων επηρεάζουν κατά πολύ την δυναμική συμπεριφορά των κατασκευών, κυρίως όταν ο λόγος $\eta = \Omega/\omega$ όπου Ω είναι η κυκλική συχνότητα δυνάμεων διεγέρσεως και ω είναι η κυκλική ιδιοσυχνότητα φορέα τείνει στη μονάδα – περιοχή συντονισμού κατασκευών – και γίνεται η μετάβαση των ταλαντώσεων από την υποκρίσιμο περιοχή στην υπερκρίσιμο ή το αντίθετο. Επειδή οι αποσβέσεις στις μεταλλικές κατασκευές είναι πολύ μικρές οι μεταλλικοί φορείς γίνονται ευάλωτοι στις δυναμικές καταπονήσεις. Έτσι, στην εργασία αυτή διερευνήθηκε ένα τυπικό παράδειγμα αμφιέρειστου φορέα με ομοιόμορφα κατακόρυφα φορτία και αξονικές δυνάμεις με την θεωρία 2^{ου} βαθμού. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν οι τρεις περιπτώσεις διαστασιολόγησης του φορέα λόγω φορτίσεων, επιτρεπόμενων παραμορφώσεων, και επιτρεπόμενων συχνοτήτων. Αποτέλεσμα της διερεύνησης αυτής είναι η σύνταξη ενός διαγράμματος συχνοτήτων σε συνάρτηση με τα ανοίγματα των φορέων. Από το διάγραμμα αυτό μπορεί κανείς να διαλέξει ποια διατομή μεταλλικού φορέα είναι κατάλληλη ανάλογα με την υπάρχουσα συχνότητα και το ανάλογο άνοιγμα φορέα.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαστασιολόγηση των κατασκευών με τους παλαιότερους και νεότερους κανονισμούς γίνεται κυρίως με κριτήρια στατικών φορτίσεων. Αλλά και οι σημερινοί κανονισμοί π.χ. DIN 18800 ή EC3 στηρίζονται κατά βάση στα κριτήρια των στατικών φορτίσεων για την διαστασιολόγηση των διατομών των κατασκευών. Οι στατικοί φορείς έχουν κατά βάση χωριστεί σε δύο μεγάλες ομάδες, αυτές που αστοχούν λόγω θεμάτων αντοχής υλικού και

σε αυτές που αστοχούν λόγω παραμορφώσεων του στατικού συστήματος τους. Με βάση αυτόν τον γενικό διαχωρισμό έχουν οριστεί οι επιτρεπόμενες τάσεις ή οι επιτρεπόμενες δυνάμεις που και με την χρήση γενικών ή μερικών συντελεστών ασφαλείας, για κάθε περίπτωση φορτίσεων ή συνδυασμό αυτών, γίνεται η διαστασιολόγηση των φορέων.

Οι προαναφερόμενοι τρόποι υπολογισμού δεν προβλέπουν ουσιαστικά κάτι σχετικά για την δυναμική καταπόνηση των κατασκευών πέραν του ορισμού κάποιων επιτρεπομένων ιδιοσυχνοτήτων ταλαντώσεων για ανθρωποσυνωστισμό σε δάπεδα κατασκευών, Πίνακας 4.4 EC3, και της γενικής αναφοράς για τις διεγείρομενες περιοδικές ταλαντώσεις του άρθρου 4.3.3 του EC3.

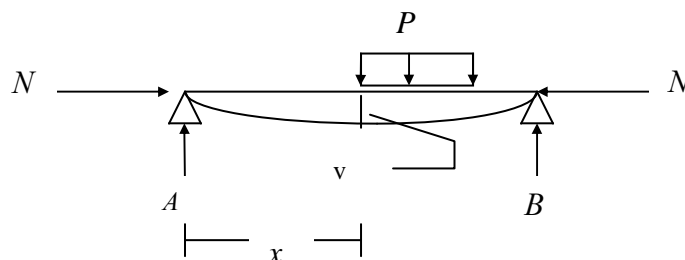
Ως γνωστόν, στις εξαναγκασμένες ταλαντώσεις ο λόγος των κυκλικών συχνοτήτων σεισμού-κατασκευής πρέπει να είναι $\Omega/\omega \neq 1$, όπου ω είναι η κυκλική συχνότητα της κατασκευής αλλά και του κάθε φορέα της κατασκευής και Ω η κυκλική συχνότητα της δυνάμεως διεγέρσεως, π.χ. σεισμός. Αυτός ο λόγος δε παίζει πολύ μεγάλο ρόλο τόσο στην συνολική συμπεριφορά των κατασκευών, όσον και για κάθε επιμέρους φορέα της ίδιας κατασκευής. Οι δυνάμεις αποσβέσεων του συστήματος ενεργοποιούνται κυρίως όταν ο λόγος $\eta = \Omega/\omega$ τείνει στο 1 περιοχή συντονισμού κατασκευών και γίνεται η μετάβαση των ταλαντώσεων από την υποκρίσιμο περιοχή στην υπερκρίσιμο ή το αντίθετο.

Είναι επίσης γνωστόν ότι, στις μεταλλικές κατασκευές οι δυνάμεις αποσβέσεων είναι γενικώς πολύ μικρές και συνεπώς, υπάρχει η πιθανότητα οι κατασκευές αυτές να βρεθούν αθέλητα σε περιοχές συντονισμού, ανεπιθύμητη κατάσταση. Ιδιαίτερα στις σειсмоγενείς περιοχές όπου υπάρχουν και οριζόντιες δυνάμεις σεισμού η διερεύνηση αυτών των προβλημάτων γίνεται ακόμη επιτακτικότερη, διότι οι αξονικές δυνάμεις επηρεάζουν εκτός των άλλων και τις ιδιοπεριόδους του κάθε φορέα ξεχωριστά.

Η παρούσα εργασία είναι μία προσπάθεια αναλύσεως απλών προβλημάτων με δυναμική θεώρηση αυτών.

3. ΣΤΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΘΕΩΡΙΑΣ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΒΑΘΜΟΥ

Στατική ανάλυση φορέων θεωρίας 2^{ου} βαθμού:



Σχ. 1: Στατική ανάλυση φορέα

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτουν οι κατωτέρω σχέσεις:

$$M = A \cdot x + N \cdot v = M_0 \pm N \cdot v \tag{1}$$

Ισχύει όμως και η γνωστή σχέση

$$v'' = -M / EJ = \frac{-M_0 \mp N \cdot v}{E \cdot J} \tag{2}$$

$$\text{Αν θέσουμε } \alpha^2 = N / EJ \quad (3)$$

Είναι γνωστός ο τύπος λυγισμού κατά Euler

$$N_E = E \cdot J \cdot \pi^2 / l^2 \quad (4)$$

και από την εξ. (4) προκύπτει:

$$1 / E \cdot J = \pi^2 / N_E \cdot l^2 \quad (5)$$

$$\text{ορίζοντας } \varepsilon = a \cdot l \quad (6)$$

όπου ε είναι ο αριθμός αναγνωρίσεως ράβδου (Stabkennzahl). Από τις εξ. (3), εξ. (5) και την εξ. (6) προκύπτει η εξ. (7):

$$\varepsilon^2 = \pi^2 \cdot N / N_E \quad (7)$$

και τελικά από την εξ. (3) και την εξ. (5) προκύπτει η εξ. (8):

$$a^2 = N \cdot \pi^2 / N_E \cdot l^2 \quad (8)$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις προκύπτει τελικά η παρακάτω διαφορική εξίσωση:

$$M'' + \alpha^2 \cdot M = \mp p \quad (9)$$

Η λύση αυτής της εξίσωσης για ομοιόμορφη κατανεμημένη φόρτιση δίδεται από την σχέση:

$$M = C_1 \cdot \sin(\alpha \cdot x) + C_2 \cdot \cos(\alpha \cdot x) \mp \frac{p}{\alpha^2} \quad (10)$$

η οποία επαληθεύει την διαφορική εξ. (9) αρκεί να ορισθούν καταλλήλως οι οριακές τιμές συνόρων αυτής έτσι, εκ των παραπάνω εξισώσεων προκύπτει τελικώς:

$$M = p \cdot x \cdot \frac{l-x}{2} + N \cdot v = \frac{p \cdot l^2}{\varepsilon^2} \cdot \frac{\sin(\frac{\varepsilon \cdot x}{l}) + \sin(\varepsilon) \cdot \frac{l-x}{l} - \sin(\varepsilon)}{\sin(\varepsilon)} \quad (11)$$

και για $l/2$ έχουμε

$$M_{\max} = \frac{p \cdot l^2}{8} + N \cdot f = \frac{p \cdot l^2 \cdot (1 \mp \cos \varepsilon / 2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos \varepsilon / 2} \quad (12)$$

Με αντίστοιχο μέγιστο βέλος κάμψεως

$$v_{\max} = f = \frac{p \cdot l^2}{N} \cdot \left(\frac{1 \mp \cos(\varepsilon/2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)} \mp \frac{1}{8} \right) \quad (13)$$

το πρόσημο μείον αφορά θλιπτικές δυνάμεις, το θετικό πρόσημο αφορά εφελκυστηκές δυνάμεις.

4. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΡΕΑ ΟΡΙΑΚΗ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ

Η διαστασιολόγηση των φορέων γίνεται όπως ακριβώς και στην θεωρία πρώτου βαθμού:^[1]

$$M_{y,d} = \gamma_F \cdot \left(\frac{q \cdot l^2}{8} + N \cdot f \right) = \gamma_F \cdot \left(p \cdot l^2 \cdot \frac{(1 \mp \cos \varepsilon / 2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos \varepsilon / 2} \right) \quad (14)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{\gamma_F \cdot h}{2 \cdot J} \cdot \left(\frac{q \cdot l^2}{8} + N \cdot f \right) = \gamma_F \cdot \frac{h}{2 \cdot J} \cdot p \cdot l^2 \cdot \frac{(1 \mp \cos \varepsilon / 2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos \varepsilon / 2} \quad (15)$$

ισχύει όμως

$$\sigma_R = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} \quad (16)$$

γ_F και γ_M είναι οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας φορτίσεως και αντοχής υλικού. Για πλήρη αξιοποίηση του υλικού $\sigma_s = \sigma_R$ δηλαδή 100% εξάντληση των αντοχών προκύπτει τελικώς μετά από πράξεις:

$$J_{\text{απαραίτητο}} = \frac{(M_0 \pm N \cdot f) \cdot h \cdot \gamma_m}{2 \cdot f_{y,k}} = \gamma_F \cdot \gamma_M \cdot \frac{p \cdot l^2 \cdot h \cdot (1 \mp \cos \frac{\varepsilon}{2})}{2 \cdot f_{y,k} \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos(\frac{\varepsilon}{2})} \quad (17)$$

5. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΡΕΑ ΛΟΓΩ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Το μέγιστο βέλος κάμψεως ενός φορέα που φορτίζεται με ομοιόμορφο φορτίο και αξονικές δυνάμεις ορίζεται από την εξ. (13). Αν δεχτεί κανείς ότι το επιτρεπόμενο βέλος κάμψεως είναι $v_{\max} = l/\eta$ και ότι το μέτρο ελαστικότητας σιδήρου είναι $E = 2,1 \times 10^8 \text{ KN/m}^2$, τότε το μέγιστο βέλος κάμψεως προκύπτει από τον τύπο:

$$v_{\max} = \frac{l}{\eta} = \frac{p \cdot l^2}{N} \cdot \left(\frac{1 \mp \cos(\varepsilon/2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)} \mp \frac{1}{8} \right) \quad (18)$$

Κατόπιν πράξεων προκύπτει η παρακάτω εξίσωση:

$$J_{\text{απαραίτητο}} = \frac{\eta \cdot l^3 \cdot q}{\varepsilon^2 \cdot E} \cdot \left(\frac{1 \mp \cos(\varepsilon/2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)} \mp \frac{1}{8} \right) \quad (19)$$

και εξ' αυτών όλων των σχέσεων και για διάφορες τιμές του λόγου N/N_E και για διάφορες σχέσεις που ορίζουν οι εκάστοτε κανονισμοί $v_{\max} = l/\eta$ μπορεί κανείς να υπολογίσει την απαραίτητη ροπή αδρανείας που απαιτείται για να μη έχουμε υπέρβαση των επιτρεπομένων παραμορφώσεων.

6. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΡΕΑ ΛΟΓΩ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΩΝ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Η επιτρεπόμενη ιδιοσυχνότητα φορέα υπολογίζεται από τον γενικό τύπο βλέπε πίνακα 4.3 EC3.

$$f_e = \frac{\alpha}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad (20)$$

όπου L είναι το άνοιγμα (απόσταση στηρίξεως), m είναι μάζα ανά μονάδα μήκους q/g , και α είναι ο συντελεστής συχνότητας για τις θεμελιώδεις συχνότητες για αμφιέριστο δοκό, $\alpha = 9,870$ και J είναι η ροπή αδρανείας του φορέα. Από τον μετασχηματισμό της εξ. (20) προκύπτει :

$$J_{\text{απαραίτητο}} = 0,01965 \cdot 10^{-8} f^2 \cdot l^4 \cdot q \quad (21)$$

Συγχρόνως, ισχύει και ο γενικός προσεγγιστικός τύπος:^[2]

$$\omega_n = \omega \cdot \sqrt{1 + \frac{N}{N_E}} \quad (22)$$

όπου N = αξονική δύναμη που επενεργεί στον φορέα, $N < 0$ άμα είναι θλιπτική θα πει μείωση κυκλικής συχνότητας, $N > 0$ άμα είναι εφελκιστική δύναμη θα πει αύξηση της

κυκλικής συχνότητας και $N_E =$ αντίστοιχο φορτίο λυγισμού κατά Euler, $\omega =$ κυκλική συχνότητα χωρίς N , $\omega_n =$ κυκλική συχνότητα με την επίδραση αξονικής δύναμης.

Αν διαιρέσουμε την εξ. (22) δια 2π λαμβάνουμε την ιδιοσυχνότητα:

$$f_n = f \cdot \sqrt{1 + \frac{N}{N_E}} \quad (23)$$

όπου f είναι η ιδιοσυχνότητα χωρίς αξονική δύναμη και f_n είναι η ιδιοσυχνότητα με αξονική δύναμη.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των διαστασιολογήσεων των φορέων των παραγράφων 4 και 6, όπως και τα αποτελέσματα των παραγράφων 5 και 6 της παρούσας εργασίας μπορεί κανείς να υπολογίσει την απαραίτητη διατομή του φορέα που πληρεί όλες τις προϋποθέσεις που προβλέπουν οι κανονισμοί.

Αν εξισώσουμε τις εξισώσεις (17) και (21) τότε προκύπτει η εξ. (24):

$$\gamma_F \cdot \gamma_M \cdot \frac{q \cdot l^2 \cdot h \cdot (1 \mp \cos \frac{\varepsilon}{2})}{\varepsilon^2 \cdot \cos(\frac{\varepsilon}{2}) \cdot 2 \cdot f_{y,K}} = 0,01965 \cdot 10^{-8} \cdot l^4 \cdot q \cdot f^2 \quad (24)$$

ή

$$f_n = \frac{71,338}{l} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_E \cdot \gamma_M \cdot h \cdot (1 \mp \cos \varepsilon/2)}{2 \cdot f_{y,K} \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)}} \cdot \sqrt{1 + \frac{N}{N_E}} \quad (25)$$

Με την εξ. (25) εκφράζονται οι δεσμεύσεις που ισχύουν για την διαστασιολόγηση των φορέων που περιλαμβάνει και τις δεσμεύσεις που ισχύουν για τις δυναμικές συμπεριφορές που ισχύουν για κάθε φορέα όπως προκύπτουν από τις παραγράφους 4 και 6 της παρούσας εργασίας. Έτσι, αν για συγκεκριμένες διατομές προφίλ (π.χ. μικρότερη, μεσαία, ή και μεγαλύτερη) και για διάφορες τιμές του λόγου N/N_E υπολογίσει κανείς διάφορες τιμές ιδιοπεριόδου, θα εκφράσει γραφικώς την σχέση μεταξύ συχνοτήτων και ανοιγμάτων φορέων.

Επίσης, ανάλογα από τις εξισώσεις (19) και (20) και κατόπιν πράξεων προκύπτει:

$$\frac{\eta \cdot l^3 \cdot q}{\varepsilon^2 \cdot E} \cdot \left(\frac{1 \mp \cos(\varepsilon/2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)} \mp \frac{1}{8} \right) = \frac{4 \cdot f^2 \cdot l^4 \cdot q}{\pi^2 \cdot E \cdot g} \quad \text{ή} \quad (26)$$

$$f^2 = \frac{\eta \cdot g \cdot \pi^2}{4 \cdot \varepsilon^2 \cdot l} \cdot \left(\frac{1 \mp \cos(\varepsilon/2)}{\varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)} \mp \frac{1}{8} \right) \quad (27)$$

ή τελικά

$$f = \frac{85,25}{\sqrt{l} \cdot \varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{(8 \mp \cos(\varepsilon/2)) \cdot (8 \pm \varepsilon^2)}{8 \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos(\varepsilon/2)}} \cdot \sqrt{1 + \frac{N}{N_E}} \quad (28)$$

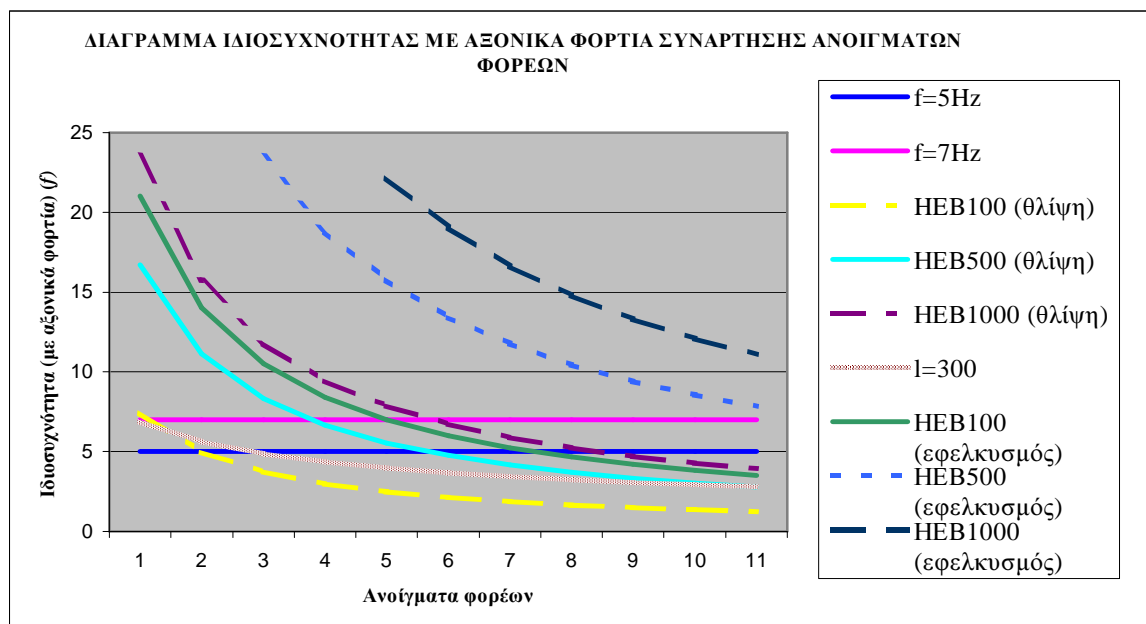
Η εξ. (28) περιλαμβάνει τις δεσμεύσεις των κανονισμών που ισχύουν για την διαστασιολόγηση των φορέων και προκύπτουν από την εφαρμογή των παραγράφων 5 και 6 της παρούσας εργασίας.

Εν συνεχεία σχεδιάστηκε το Σχ. 2, όπως φαίνεται παρακάτω, που αφορά τις περιοχές των ιδιοσυχνοτήτων των φορέων συναρτήσει των ανοιγμάτων τους, όπως εκφράστηκαν στις

εξ. (25) και (28) της παρούσας εργασίας. Στο Σχ. 2 οι παράλληλες γραμμές προς τον άξονα των ανοιγμάτων των φορέων εκφράζουν τις ιδιοσυχνότητες των δαπέδων των κατασκευών ή τις ιδιοσυχνότητες των σεισμών σύμφωνα με τον φάσμα σχεδιασμού του ΕΑΚ. Έτσι μπορεί κανείς να εκτιμήσει από το Σχ. 2 ποια διατομή μεταλλικού φορέα μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα στις απαιτήσεις των δυναμικών καταπονήσεων ανάλογα με την ιδιοπερίοδο του σεισμού, την ιδιοπερίοδο του φορέα, και το άνοιγμα του φορέα, ανεξαρτήτως από την ιδιοσυχνότητα της όλης κατασκευής.

7. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Υπάρχουσα κατασκευή χρειάζεται να ενισχυθεί με μεταλλικό οριζόντιο φορέα ανοίγματος περίπου 4,0 μ. Ο σεισμός της περιοχής που βρίσκεται η κατασκευή έχει ιδιοσυχνότητα σεισμού $f = 7 \text{ Hz}$. Τότε, από το Σχ. 2 παρακάτω διαπιστώνεται ότι η τομή που προκύπτει από την ευθεία παράλληλη γραμμή των 7 Hz προς τον άξονα των ανοιγμάτων και η κάθετος στον άξονα των ανοιγμάτων στο άνοιγμα 4μ τέμνει την καμπύλη που δίνει το προφίλ των φορέων. Το σημείο τομής (HEB500) των προηγούμενων αναφερομένων καμπυλών είναι το πιθανό σημείο συντονισμού του φορέα $\eta = 1 = \Omega / \omega$, ασχέτως ως προς την όλη δυναμική συμπεριφορά του ίδιου κτιρίου, η οποία δυναμική συμπεριφορά μπορεί και να μην είναι σε κατάσταση συντονισμού. Συνεπώς, το προφίλ HEB(500) είναι ακατάλληλη διατομή, ενώ οι διατομές μεγαλύτερες από το προφίλ HEB(500) είναι κατάλληλες και ισχύει η σχέση $\eta = \Omega / \omega > 1$ (υπερκρίσιμη περιοχή ταλαντώσεων). Επίσης, οι μικρότερες διατομές είναι ακατάλληλες και ισχύει η σχέση $\eta = \Omega / \omega < 1$ (υποκρίσιμη περιοχή ταλαντώσεων).



Σχ. 2: Διάγραμμα ιδιοσυχνότητας με αξονικά φορτία συνάρτησης ανοιγμάτων φορέων

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω διερεύνηση προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα. Στους στατικούς υπολογισμούς που αφορούν μεταλλικές κατασκευές καλό είναι να εξετάζεται

και η δυναμική συμπεριφορά αυτών, διότι γενικώς οι αποσβέσεις των μεταλλικών κατασκευών είναι πάρα πολύ μικρές ($D \approx 0,0 \div 0,004$) και η συμπεριφορά τους μπορεί εύκολα να αλλάξει ανάλογα με τον λόγο των κυκλικών συχνοτήτων.^[3]

Οι φορτιζόμενοι φορείς με ομοιόμορφα κατακόρυφα φορτία και με στατική αξονική θλιπτική δύναμη δεν αλλάζουν στην ουσία την ιδιοσυχνότητα τους. Απεναντίας, όταν αντί της θλιπτικής αξονικής δύναμης υπάρχει στατική εφελκυστική αξονική δύναμη με ίδιες τις υπόλοιπες συνθήκες η ιδιοσυχνότητα του φορέα μεγαλώνει ανάλογα με το λόγο N/N_E .^[2]

Αν στις περιπτώσεις της προηγούμενης παραγράφου αντί των στατικών αξονικών δυνάμεων υπάρχουν δυναμικές αξονικές δυνάμεις τότε μπορεί να δημιουργηθούν στο φορέα εκτός των κατά μήκος του φορέα ταλαντώσεων και εγκάρσιες ταλαντώσεις οι οποίες ονομάζονται “παραμετρικές προκαλούμενες ταλαντώσεις” (parametererregter Schwingungen) και να δημιουργηθεί ο λεγόμενος “δυναμικός λυγισμός” του φορέα.^[2]

Ο κάθε φορέας συμπεριφέρεται ανάλογα με τον λόγο $\eta = \Omega/\omega$. Από το διάγραμμα μπορεί κανείς να εκτιμήσει σε ποια περίπτωση εντάσσεται η συμπεριφορά του φορέα υπό εξέταση και να ενεργήσει ανάλογα.

Στο Σχ. 2 τα τμήματα των καμπυλών που βρίσκονται άνωθεν της γραμμής των 5 Hz πληρούν την διάταξη του πίνακα 4.4 του κώδικα EC3 περί οριακών τιμών ταλαντώσεων δαπέδων. Αντίθετα, τα τμήματα των καμπυλών κάτωθεν της γραμμής των 5 Hz δεν τις πληρούν.

Φορείς που φορτίζονται με ομοιόμορφα φορτία και εφελκυστικές αξονικές δυνάμεις λόγω της αύξησης της ιδιοσυχνότητας τους εντάσσονται στην υπερκρίσιμη περιοχή των ταλαντώσεων και ισχύει $\eta = \Omega/\omega < 1$, αν δε οι δυνάμεις είναι και περιοδικές (άνεμος, σεισμός κ.λ.π.) μπορούν να αναπτυχθούν “παραμετρικές προκαλούμενες ταλαντώσεις” κάθετες στον άξονα του φορέα όπως αναφέρθηκε ανωτέρω (βλέπε επισήμανση παραγράφου 4.3.3 του κανονισμού EC3).

Με ανάλογο τρόπο εργασίας μπορεί κανείς να συντάξει ανάλογα διαγράμματα για οποιαδήποτε φορέα και φόρτιση αυτού και να αντιμετωπίσουμε ακόμη και προβλήματα υπερστατικών φορέων. Μπορεί όμως κάποιος να χρησιμοποιήσει αν θέλει και έτοιμους τύπους από την βιβλιογραφία.^[3]

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Helmut Kramer, Angewandte Baudynamik Grundlagen und Beispiele für Stadium und Praxis, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, σελ. 123-157, 192-195.
- [2] Beton-Kalender 1978 Teil II, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, München, Düsseldorf, σελ. 806, 848.
- [3] Petersen, Statik und Stabilität der Baukonstruktionen, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1982, σελ. 210-211, 213-214.

STATIC AND DYNAMIC BEHAVIOUR OF STEEL MEMBERS**Elisabeth Karatzas**Consulting Civil Engineer
Athens, Greece
email: ikara@tee.gr**Velvet Karatzas**Consulting Civil Engineer
Athens, Greece
email: ikara@tee.gr**SUMMARY**

The aim of this paper is to emphasize that steel structures should not only be examined from a static analysis point of view but also from a dynamic one. The reason one should examine the dynamic aspect of a problem is that dimensioning based on static loading and deformations may differ from that based on dynamic loading and its deformations. Overdimensioning in static terms may result in a greater dynamic loading. The damping capacities for steel structures are in general very small. Furthermore, it is known that in general damping capacities affect the dynamic behaviour of structures mainly when $\eta = \Omega / \omega \approx 1$ (resonance) where Ω is the circular frequency of the exciting forces and ω is the circular natural frequency and there is an interchange of vibrations between the sub and super harmonic regions.

In this paper a typical example of a single span beam with a uniform load and axial forces acting on it, is analyzed using second order theory. From the analysis, a graph is derived of frequencies versus the span length of a beam. The purpose of this graph is to help one choose the appropriate steel section that should be used in the design, always in respect to the equivalent span length of the beam and frequency. Consequently, similar graphs can be developed for any load(s) for different multi-span beams.