

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ
 ΓΡΑΦΕΙΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
 Αριθ. Πρωτ. 221/34

ΤΕΧΝΙΚΟΝ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
 ΕΛΛΗΝΙΚΟΝ ΤΜΗΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΜΑΣ ΤΗΣ Α. Ι. Ρ. Σ.

TECHNICAL CHAMBER OF GREECE
 HELLENIC GROUP OF CONCRETE
 HELLENIC GROUP OF I. A. B. S. E.

ΕΛΛΗΝΙΚΟΝ ΣΥΝΕΔΡΙΟΝ ΥΨΗΛΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ
 'Αθήναι, 7-9 'Οκτωβρίου 1975

HELLENIC CONFERENCE ON TALL BUILDINGS
 Athens, October 7-9, 1975

Η ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ
 ΕΠΙ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΤΩΝ ΥΨΗΛΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

'Υπό

Παναγιώτου Α. Δρακάτου*

Περίληψις. Κατά τήν έπιβολήν κατακορύφων δυναμικών φορτίσεων εις τό έδαφος δημιουργούνται έπιμήκη κύματα, τά όποια όδεδουν προς άπάσας τάς κατευθύνσεις.

'Εκ γενομένων πειραμάτων άπεδείχθη ότι αι κατασκευαι των ύψηλων κτιριών καταπονούνται έντόνωσ υπό τήν έπίδρασιν των ταλαντώσεων μικροϋ πλάτους και τής συμβολής των έπιμήκων κυμάτων εις ώρισμένα σημεία τής κατασκευής.

'Η μορφή και τό πλάτος των ταλαντώσεων τούτων έξαρτάται εκ τής ταχύτητος μεταδόσεως των κυμάτων, τής συχνότητος έπιβολής των δυναμικών φορτίσεων και τής παρεμβολής φυσικών κωλυμάτων εις τήν πορείαν των.

Τόσον τά άνωτέρω στοιχεία όσον και αι ταλαντώσεις τοϋ κτιριού δύνανται να έρευνηθοϋν διά συσκευής Laser.

Διά τής συσκευής ταύτης άπεικονίζονται αι ταλαντώσεις, αι όποιαι αναλυόμεναι κατά Fourier εις είδικόν πρόγραμμα τοϋ ήλεκτρονικοϋ ύπόλογιστοϋ μάς δίδουν χρησίμους πληροφορίας σχετικώς με τήν έντατικην κατάστασιν τής κατασκευής και τήν έπίδρασιν τούτων επί των έννοικούντων άτομων.

Συμβολισμοί

F_D = 'Επιβαλλομένη δυναμική φόρτισις επί τοϋ έδαφους υπό τοϋ δονητικοϋ μηχανήματος.

F_m = βάρος τής μηχανής

F = φυγόκεντρος δύναμις περιστρεφομένων μαζών κυλίνδρου διά συχνότητα f .

X_0 = πλάτος ταλαντώσεως δονητικοϋ κυλίνδρου

k_m = σταθερά έλατηριού

m_w = μάζα μηχανήματος

$\omega (=2\pi f)$ = κυκλική συχνότης λειτουργίας μηχανήματος

m_1 = μάζα 1ου όρόφου

m_i = μάζα ιου όρόφου

k_1 = σταθερά έλατηριού 1ου όρόφου

k_i = σταθερά έλατηριού ιου όρόφου

X_0 = Μεγίστη μετατόπισις όριζοντίας ταλαντώσεως.

ϕ_0 = Μεγίστη μετατόπισις κατακορύφου ταλαντώσεως.

* Μηχανολόγος - 'Ηλεκτρολόγος Ε.Μ.Π.

Διδάκτωρ Πολυτεχνικής Σχολής / 'Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

'Οδός: Βασιλείου Ρούφου 87, Πάτραι, τηλ. (061) 322823.

$B =$ Πλάτος δονητικού κυλίνδρου

$D =$ διάμετρος " "

Εύσαγωγή

Κατά την λειτουργίαν τῶν δονητικῶν μηχανημάτων εἰς τό ἔδαφος, δημιουργεῖται μιά έντατική κατάστασις, μέ ἀποτέλεσμα τῶ παραγόμενα ἐπιμήκη κύματα εἰς τήν μᾶζαν του νά μεταφέρουν κατακορύφους καί ὀριζοντίας ταλαντώσεις εἰς ὅλην τήν ἔκτασιν τῶν ἐγγύς εὐρισκομένων κτιρίων (12).

Κατά τήν διεξαγωγήν πειραμάτων παρετηρήθη ὅτι ἡ ἐπίδρασις τῶν ἀνωτέρω ταλαντώσεων εἶναι λύαν ἔντονος εἰς τά ὑψηλά κτίρια καί ὀλιγώτερον ἔντονος εἰς τά χαμηλά.

Διά τήν ἔρευναν τοῦ προβλήματος τούτου θεωρεῖται τό ἔδαφος ὡς ἔλαστικοπλαστικόν μέσον ἡμιαπεύρου ἐκτάσεως, πρᾶγμα ὅπερ συμβαίνει εἰς τήν πραγματικότητα (13).

Ὁμοίως κατά τήν λειτουργίαν τοῦ δονητικοῦ μηχανήματος ἡ ἐπιβαλλομένη ὑπ' αὐτοῦ δυναμική φόρτισις F_D θά θεωρηθῇ ἐπιδρῶσα τόσον κατά τήν λειτουργίαν τούτου εἰς τήν ἴδιαν θέσιν ὅσον καί κατά τήν κίνησιν τούτου (1). Ἡ δύναμις αὕτη ἀσκεῖ τουαύτην ἐπίδρασιν, ὥστε τό πρόβλημα ἀποκτᾶ ἰδιαιτέραν σημασίαν, διαφέρει δέ σημαντικῶς ἀπό τᾶς περιπτώσεις διελεύσεως ὀχημάτων ἢ βαρέων μηχανημάτων πλησίου κτιρίων.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω δύο παραδοχῶν διαφαίνεται ὅτι δέν εἶναι δυνατόν νά ἐφαρμοσθοῦν αἱ σχέσεις τοῦ Bressinesq διά τόν προσδιορισμόν τῶν ἀναπτυσσομένων τάσεων εἰς τό ἔδαφος (2) ἄρα καί τοῦ δημιουργουμένου δυναμικοῦ πεδίου. Ἐπομένως ὁ πλέον ὀρθός τρόπος ἐπιλύσεως εἶναι διά τοῦ πειράματος.

Οὕτω διά τήν δημιουργίαν τῆς δυναμικῆς φορτίσεως F_D ἐχρησιμοποιήθη δονητικός κύλινδρος συμπυκνώσεως τοῦ ἔδαφους. Τόσον κατά τήν λειτουργίαν ἐν στάσει ὅσον καί ἐν κινήσει ἡ συχνότης ταλαντώσεως ἐκυμαίνετο ἀπό 0 ἕως 50sec^{-1} .

Δι' ἐκάστην συχνότητα f ὑπελογίζετο τό πλάτος ταλαντώσεως X_0 καί ἡ ἀσκουμένη ἐπί τοῦ ἔδαφους δυναμική φόρτισις F_D .

Ἐνταῦθα, δεόν νά σημειωθῇ ὅτι ἡ δύναμις αὕτη ἐθεωρεῖτο, μέχρι σήμερον, εἰς τοὺς ὑπολογισμούς ὡς στατική δύναμις, ἀνερχομένη εἰς τό 10πλάσιον περίπου τῆς ἀναπτυσσομένης, ὑπό τῶν περιστρεφομένων μαζῶν ἐντός τοῦ δονητικοῦ κυλίνδρου, φυγοκέντρου δυνάμεως.

Ἐκ πειραμάτων ἀπεδείχθη ὅτι ἡ δύναμις F_D ἐξαρτᾶται σημαντικῶς ἐκ τῆς συχνότητος ταλαντώσεως καί τᾶ δημιουργούμενα ἐκ τᾶς ἐπιμήκη κύματα εἶναι λύαν μικροῦ πλάτους καί συχνότητος κυμαινομένης ἀπό 0 ἕως 50sec^{-1} .

Ἐπομένως τᾶ κύματα ταῦτα εἶναι διαφορετικά ἀπό τᾶ κύματα τᾶ προερχόμενα ἐκ σεισμοῦ εἰς τόν ὁποῖον διακρίνομεν μεγάλα πλάτη καί πολύ μικράς συχνότητος ταλαντώσεως (3), αἱ δέ μεταφερόμενα ὑπό τούτων δυνάμεις εἶναι μεγά-

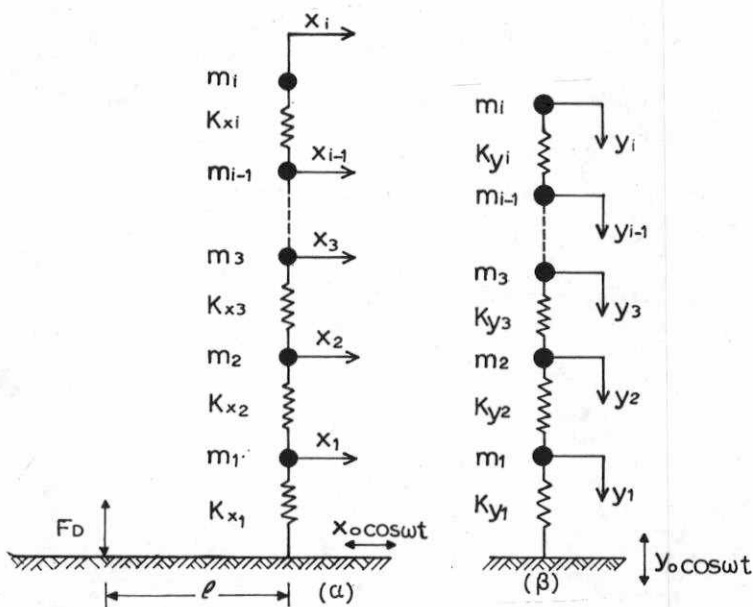
λης έντάσεως καί μικρᾶς διαρκείας.

Ἀντιθέτως εἰς τὰ δημιουργούμενα ἐπιμήκη κύματα αὐ μεταφερόμεναι δυνάμεις εἶναι συγκριτικῶς πολὺ μικρότεραι ἀλλὰ μεγάλης συχνότητος καί πολὺ μεγαλύτερας διαρκείας. Ἐκ τούτου συναγεται ὅτι εἰς τὰ μεγάλα κτίρια εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρηθοῦν ταλαντώσεις διαφόρων τύπων (modes) (4).

Ἀνάλυσις

Διὰ τὴν καλύτεραν ἔρευναν τῶν ταλαντώσεων τῶν ὑψηλῶν κτιρίων θεωρεῖται τὸ πρότυπον τοῦ ὑψηλοῦ κτιρίου ὡς ἓν ταλαντούμενον σύστημα μετατοπιζόμενον ὀριζοντίως καί κατακορύφως (Σχ. 1 α, β) κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας τοῦ δυναμικοῦ μηχανήματος (6).

Κατόπιν τούτου εἶναι δυνατὴ ἡ δημιουργία τῶν ἐξισώσεων ταλαντώσεως.



Σχ. 1. Τὸ πρότυπον ὑψηλοῦ κτιρίου ὡς ἓν ταλαντούμενον σύστημα ὀριζοντίως (α) καί κατακορύφως (β), κατὰ τὴν διάρκειαν λειτουργίας τοῦ δυναμικοῦ μηχανήματος ἐπιβάλλοντος, δυναμικὴν φόρτισιν εἰς τὸ ἔδαφος F_D .

Ἡ δύναμις F_D ἀπέχει ἀπόστασιν ℓ ἐκ τοῦ κτιρίου καί κατὰ τὴν ὀριζοντίαν κίνησιν τοῦ μηχανήματος μεταβάλλεται, ἰσχύοντος ἐνταῦθα τοῦ φαινομένου Doppler-Fizeau (10).

Κατὰ τὴν ὀριζοντίαν ταλάντωσιν (Σχ.1α) δημιουργεῖται ἓν σύστημα ἐξ i ἀριθμοῦ ἐξισώσεων, ἐκάστης ἐκ τούτων ἀντιστοιχοῦσης εἰς ἕνα ὄροφον. Οὕτω, προκύπτει:

$$\begin{aligned}
m_1 \ddot{X}_1 + (K_{X_1} + K_{X_2}) X_1 - K_{X_2} X_2 &= K_{X_1} X_0 \cos \omega t \\
m_2 \ddot{X}_2 - K_{X_2} X_1 + (K_{X_2} + K_{X_3}) X_2 - K_{X_3} X_3 &= 0 \\
m_3 \ddot{X}_3 - K_{X_3} X_2 + (K_{X_3} + K_{X_4}) X_3 - K_{X_4} X_4 &= 0 \\
\vdots & \\
m_i \ddot{X}_i - K_{X_i} X_{i-1} + K_{X_i} X_i &= 0
\end{aligned} \quad (1)$$

καὶ ὑπὸ μορφήν πινάκων εἶναι

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{X}_1 \\ \ddot{X}_2 \\ \ddot{X}_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{X_1} + K_{X_2} & -K_{X_2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -K_{X_2} & K_{X_2} + K_{X_3} & -K_{X_3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -K_{X_3} & K_{X_3} + K_{X_4} & -K_{X_4} & \dots & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -K_{X_i} & K_{X_i} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{X_1} X_0 \\ 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} \cos \omega t \quad (2)$$

Διὰ τὴν περίπτωσιν τῶν καθέτων ταλαντώσεων προκύπτει (Σχ. 18).

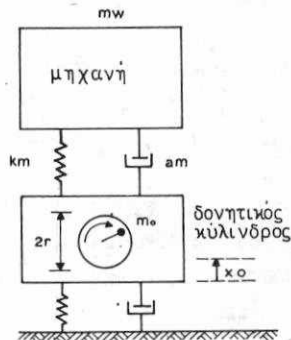
$$\begin{aligned}
m_1 \ddot{\psi}_1 + (K\psi_1 + K\psi_2)\psi_1 - K\psi_2\psi_2 &= K\psi_1\psi_0 \cos \omega t \\
m_2 \ddot{\psi}_2 - K\psi_2\psi_1 + (K\psi_2 + K\psi_3)\psi_2 - K\psi_3\psi_3 &= 0 \\
m_3 \ddot{\psi}_3 - K\psi_3\psi_2 + (K\psi_3 + K\psi_4)\psi_3 - K\psi_4\psi_4 &= 0 \\
\vdots & \\
m_i \ddot{\psi}_i - K\psi_i\psi_{i-1} + K\psi_i\psi_i &= 0
\end{aligned} \quad (3)$$

καὶ ὑπὸ μορφήν πινάκων εἶναι

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & m_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \\ \vdots \\ \psi_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K\psi_1 + K\psi_2 & -K\psi_2 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -K\psi_2 & K\psi_2 + K\psi_3 & -K\psi_3 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -K\psi_3 & K\psi_3 + K\psi_4 & -K\psi_4 & \dots & 0 & \cdot \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -K\psi_i & K\psi_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \vdots \\ \psi_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K\psi_1 \phi_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \cos \omega t \quad (4)$$

Όμοιως τό πρότυπον τοῦ ἐδάφους - δονητικοῦ μηχανήματος ἐθεωρήθη ὡς ἐν ταλαντούμενον σύστημα (Σχ.2).



Σχ.2. Πρότυπον ταλαντουμένου συστήματος δονητικής μηχανής - ἐδάφους διά τόν ὑπολογισμόν τῆς δυνάμεως F_D .

Ότε ἡ δυναμική φόρτισις F_D προκύπτει

$$F_D = F_{D_m} + F_m \quad (5)$$

$$F_D = \sqrt{F^2 + X_0^2 K_m^2 + (K_m - m_w \omega^2)^2} + F_m \quad (6)$$

Ἐκ τῶν σχέσεων (5) καί (6) προκύπτει ὅτι τό στατικόν βᾶρος F_m τοῦ δονητικοῦ μηχανήματος εἶναι ἐλάχιστον συγκρινόμενον μέ τήν ἐπί τοῦ ἐδάφους ἀσκουμένην δύναμιν F_{D_m} τοῦ δονητικοῦ κυλίνδρου, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται κυρίως

έκ της συχνότητας ταλαντώσεως $\omega=2\pi f$ καί τοῦ πλάτους ταλαντώσεως X_0 .

Τό πλάτος ταλαντώσεως X_0 ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ μηχανήματος καί τοῦ ἐδάφους, μετρᾶται δέ μετὰ μεγάλης ἀκριβείας διά κατασκευασθείσης συσκευῆς Laser.

Ὁμοίως ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως (6) προκύπτει ὅτι ἡ δύναμις F_D εἶναι διάφορος ἀπό τήν μεταβιδομένην εἰς τό ἔδαφος ἢ τό κτίριον ὑπό περιστρεφόμενων μηχανῶν (5) π.χ. κινητήρων, γεννητριῶν, τουρμπινῶν, βαρέων ὀχημάτων κ.λ.π. διότι εἰς ταῦτα τό πλάτος ταλαντώσεως X_0 εἶναι ἐλάχιστον, συγκρινόμενον μέ τό τοιοῦτον τῶν δονητικῶν μηχανημάτων εἰς τά ὁποῖα, ἐκ κατασκευῆς ἐπιδιώκεται ἡ ὕπαρξις τούτου.

Ὅπως κατὰ τήν λειτουργίαν τῶν δονητικῶν μηχανημάτων δημιουργεῖται μιά ἐντατική κατάστασις ἀφ' ἐνός μὲν λόγῳ τῶν ἰσχυρῶν μεταβιβαζομένων δυναμικῶν φορτίσεων καί τῆς συχνότητας ταλαντώσεως τῶν μορίων τοῦ ἐδάφους καί τῆς οἰκοδομῆς, ἀφ' ἑτέρου λόγῳ τῆς συμβολῆς τῶν ἐπιμήκων κυμάτων ἐπί τινων σημείων τοῦ κτιρίου.

Εἰς τά ἐξισώσεις (2), (4) δέν ἐλήφθη ὑπ' ὄψιν ὁ συντελεστής ἀποσβέσεως τῶν ὑλικῶν τῆς οἰκοδομῆς διά λόγους ἀπλουστεύσεως τοῦ προβλήματος, διότι ἡ ἔρευνα ἐπί τῶν συντελεστῶν τούτων συνεχίζεται (8), (9), (13).

Πειραματική διαδικασία

Διά τήν πειραματικήν διαπίστωση τῶν ἀνωτέρω ἐγένοντο ὑπό τοῦ γράφοντος πειράματα εἰς τό ἐν Πάτρας ἐργαστήριον τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων.

Ὡς πρότυπον (μοδέλον) ὑψηλοῦ κτιρίου ἐθεωρήθη μιά πολυκατοικία ἐννεά ὀρόφων καί ὡς πρότυπον δονητικοῦ μηχανήματος δονητικός κύλινδρος μέ χαρακτηριστικά $B = 70\text{cm}$, $D = 50\text{cm}$, $F_D = 16,22\text{ ton}$ εἰς συχνότητα λειτουργίας $f = 47,0\text{sec}^{-1}$, λειτουργῶν εἰς ἀπόστασιν $l = 10\text{m}$ ἀπό τοῦ κτιρίου.

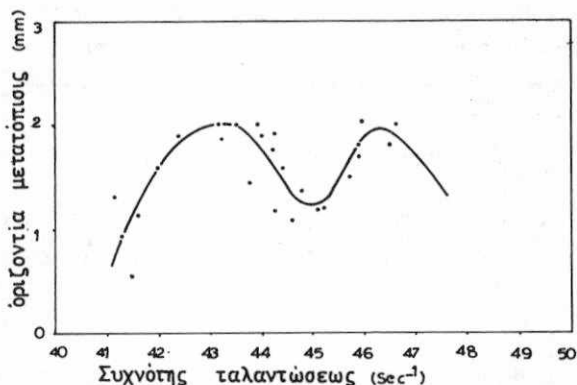
Διά κατασκευασθείσης συσκευῆς Laser ἐμετρῶντο τά μεγέθη X_0 καί f τῆς σχέσεως (6) διά τόν ὑπολογισμόν τῆς δυνάμεως F_D εἰς τάς διαφόρους συχνότητας λειτουργίας f τοῦ μηχανήματος καί ταυτοχρόνως ἐμετρῶντο αἱ ὀριζόντιαι καί κατακόρυφοι μετατοπίσεις εἰς τά διάφορα σημεία τῆς οἰκοδομῆς ὡς καί ἡ ταχύτης μεταδόσεως τῶν ἐπιμήκων κυμάτων εἰς τό ἔδαφος καί εἰς τήν οἰκοδομήν.

Ἀποτελέσματα τῶν μεγίστων ὀριζοντιῶν καί κατακορύφων μετατοπίσεων συναρτήσεως τῶν χρησιμοποιηθέντων συχνοτήτων ταλαντώσεως ἐμφαίνονται εἰς τά διαγράμματα 3 καί 4.

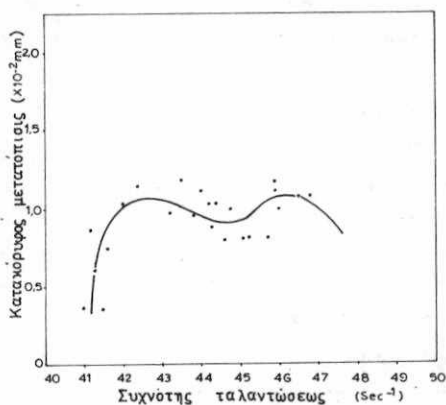
Αἱ μετρήσεις ἐλήφθησαν εἰς τό σημεῖον τοῦ κτιρίου εἰς τό ὁποῖον παρατηρήθη ἡ μέγιστη ταλάντωσις καί ἡ ὁποία ἐνετοπίσθη, κατόπιν συγκρίσεως τῶν ληφθέντων μετρήσεων εἰς τόν 3ον ὄροφον ἀπό τοῦ ἐδάφους.

Ὁμοίως διά συγκρίσεως τῶν ταχυτήτων μεταδόσεως τῶν ἐπιμήκων κυμάτων εἰς τό ἔδαφος καί εἰς τό κτίριον, μετρηθέντων διά Laser, ἀπεδείχθη ὅτι τό

σημεῖον συμβολῆς εὐρίσκατο εἰς τόν 3-ον ὄροφον. Δι' ὅ καὶ παρατηρήθη μᾶ ἐν-
τατική κατάστασις εἰς τόν ὄροφον τοῦτον, λῦαν ἐνοχλητική διὰ τοὺς ἐνοικούν-
τας. Διὰ συγκρίσεως τῶν διαγραμμάτων τούτων πρὸς τὰς μέχρι σήμερον γενομέ-
νας μετρήσεις ταλαντώσεων ἐπὶ τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος (3) παρατηρεῖται ὅτι
τό πλάτος τούτων διὰ τὴν ἴδιαν συχνότητα εἶναι μεγαλύτερον.



Σχ.3. Μεγίστη ὀριζοντία μετατόπισις συναρτήσεως τῆς συχνότητος ταλαντώσεως
δομητικοῦ μηχανήματος.



Σχ.4. Μεγίστη κατακόρυφος μετατόπισις συναρτήσεως τῆς συχνότητος ταλαντώσεως
δομητικοῦ μηχανήματος.

Αἱ τιμαὶ τῆς σταθερᾶς ἐλατηρίου K_{χ_1} , K_{ψ_1} τῶν σχέσεων (2), (4), δίδονται
ἐκ τῆς σχέσεως (5)

$$K = A \cdot K_s$$

ὅπου A = εἶναι ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τοῦ κτιρίου μέ τὸ ἔδαφος ἢ ἐπιφάνεια
ἐδράσεως τοῦ κτιρίου, K_s = Συντελεστής συμπίεσεως τοῦ ἐδάφους εἰς Kp/m^3 .

Ο συντελεστής K_s είναι συνάρτηση της άσκουμένης υπό του κτιρίου επι-
 τρεπομένης πίεσεως $P_s(\text{Kp/cm}^2)$ επί του έδαφους καί της φύσεως του έδαφους έφ'
 έδράζεται τό κτίριον.

Ο συντελεστής ούτος είναι κατά πολύ μικρότερος εις τάς κατακορύφους
 ταλαντώσεις από ότι εις τάς όριζοντίας τουαύτας. Η διαφορά αύτη καθίσταται
 άκόμενη μεγαλύτερα διά τό αύτό έδαφος, αύξανομένης της έπιτρεπομένης πίεσεως.

Ένταυθα, δέον νά σημειωθῆ ότι ή συνάρτησις $K_s = \varphi(P_s)$ είναι γραμμική
 μεταβολή διά έδαφος, άποτελούμενον έξ άργίλου ή άμμου ή χαλύκων ή πετρωμά-
 των (6).

Επομένως ή έπίλυσις τών έξιωάσεων (2), (4) δύναται νά έπιτευχθῆ δι' εί-
 δικού προγράμματος εις τόν ήλεκτρονικόν υπολογιστήν, όπου διά μηδενισμού
 της διακρινούσης έκάστου τών συστημάτων τούτων είναι δυνατόν νά προκύψουν
 αι τιμαί τών ίδιοσυχνοτήτων αι όποαι άντιστοιχοῦν εις τούς φυσικούς τρό-
 πους ταλαντώσεως (7).

Συμπέρασμα

Αί έπιβαλλόμεναι υπό δονητικῶν μηχανημάτων εις τό έδαφος δυναμικαί
 φορτίσεις άσκοῦν σημαντικήν έπίδρασιν επί του κτιρίου, λόγω του μικροῦ πλά-
 τος, της μεγάλης συχνότητος ταλαντώσεως καί ιδίως της μεγάλης διαρκείας έπι-
 δράσεως των, άποτελέσμα της όποιας είναι νά εισέρχεται τό κτίριον εις συντο-
 νισμόν, ότε έχομεν τήν έλαχίστην άπόσβεσιν καί τήν δημιουργίαν μεγάλου πλά-
 τος ταλαντώσεως.

Έκ της άναλύσεως τών ταλαντώσεων εις σειράν Fourier (11) καί έκ πειρά-
 μάτων άπεδείχθη ότι έμφανίζονται άρμονικαί ύψηλῶν συχνοτήτων σημαντικοῦ πλά-
 τος. Τά δημιουργηθέντα πρότυπα έδαφους - δονητικοῦ μηχανήματος καί κτιρίου
 μάς έπιτρέπουν τήν έρευναν όχι μόνον τών ταλαντώσεων του κτιρίου, αλλά καί
 τών ταλαντώσεων τών ένουκούντων καί τόν έντοπισμόν τών σημείων της οίκοδομῆς,
 ένθα αι ταλαντώσεις είναι έπικίνδυνοι. Η άπορρόφησις τών δημιουργουμένων χα-
 μηλῶν καί ύψηλῶν συχνοτήτων, ένεκα τών όποιῶν δημιουργοῦνται σοβαρά ταλαντώ-
 σεις εις τά ύψηλά κτίρια, έπιτυγχάνεται διά της παρεμβολῆς μεταξύ έδαφους καί
 θεμελίων (7) άμμου καί τεμαχίων φελιζόλ καί άφρολέξ.

Πειραματικῶς άπεδείχθη τούτο διά της τοποθετήσεως της συσκευῆς Laser επί
 τών άνωτέρω ύλικῶν, πάχους 8cm, ότε έπετεύχθη πλήρης άκίνητοποίησις ταύτης.

Η περιπτώσις της έντατικῆς καταστάσεως του έδαφους καί του κτιρίου, κα-
 τά τήν όριζοντίαν κίνησιν του δονητικοῦ μηχανήματος, άπεδείχθη έκ τών πειρα-
 μάτων, ότι δέν είναι τόσον έντονος, δι' ό καί δέν έκτίθεται ένταυθα.