

## ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΙΣ ΜΗ ΜΕΛΟΥΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ.— Πειραματικός προσδιορισμός τῶν ἀναπτυσσομένων τάσεων εἰς τὴν κεφαλὴν τῆς σιδηροτροχιᾶς, κάτωθι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, διὰ κεντρικὴν φόρτισιν\*, ὑπὸ Αἰμιλίου Γ. Κορωναίου\*\*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Κ. Παπαϊωάννου.

## Α) Θεωρητικαὶ παρατηρήσεις.

Ὁ πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῶν τάσεων εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἑνὸς σώματος εἶναι δυνατὸς μέχρι σήμερον μόνον διὰ τῶν μεθόδων τῆς φωτοτασεομετρίας. Δυσχερεῖαι ὅμως προκύπτουν κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην διὰ τὴν λήψιν ποιοτικῶν καὶ ποσοτικῶν ἀποτελεσμάτων, ἰδίᾳ εἰς προβλήματα τρισδιάστατου ἐντατικῆς καταστάσεως.

Διὰ τὴν ἀποφυγὴν τῶν ὡς ἄνω δυσχερειῶν ἐφηρμόσθη μὲ ἄριστα ἀποτελέσματα μία νέα μέθοδος, ἡ «δι' ἐνσωματωμένων ἠλεκτρομηκνυσιόμετρων». Κατ' αὐτὴν μικροσκοπικὰ ἠλεκτρομηκνυσιόμετρα ἐνσωματοῦνται ἐντὸς τῆς μάζης ὁμοιώματος ἐκ πλαστικοῦ ὑλικοῦ (π. χ. ἐποξειδικῆς ρητίνης) τοῦ ὑπὸ ἐξέτασιν φορέως, χωρὶς ἢ ὁμοιογένεια τοῦ ὑλικοῦ νὰ διαταραχθῇ οὐσιωδῶς.

Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ἠλεκτρομηκνυσιόμετρων δυνάμεθα νὰ λάβωμεν τὴν μήκνυσιν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σώματος, ἀναλόγως δὲ τῆς θέσεως ἐνσωματώσεως τούτων νὰ λάβωμεν τὰ ἀπαραίτητα στοιχεῖα διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῶν ἀναπτυσσομένων τάσεων εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σώματος. Βάσει δὲ τῶν νόμων τῆς ὁμοιότητος τῆς Μηχανικῆς δυνάμεθα διὰ τῶν ἐν τῷ ὁμοιώματι εὑρεθεισῶν παραμορφώσεων νὰ ὑπολογίσωμεν τὰς παραμορφώσεις-τάσεις τὰς ἀναπτυσσομένας εἰς φορέα ἐξ ἄλλου ὑλικοῦ.

Ἡ μέθοδος ἐφηρμόσθη διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς ἐπιπινήσεως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς.

Κατὰ τὴν ἐν τῷ ὁμοιώματι ἔρευναν πρέπει νὰ τηρηθῇ ἡ ὁμοιότης εἰς τὴν δύναμιν, τὰ γεωμετρικὰ στοιχεῖα καὶ τὴν παραμόρφωσιν.

\* EMIL G. KORONEOS, Die experimentelle Ermittlung von Schubspannungen im Schienenkopf unter dem Lastangriffspunkt bei zentrischer Belastung.

\*\* Ἰνστιτούτον Σιδηροδρομικῆς - Ὀδοποιίας τοῦ Πολυτεχνείου Μονάχου.

Ἐστω  $P_k$  τὸ ἐπὶ τοῦ ὁμοιώματος εἰς φυσικὸν μέγεθος ἐφηρμοσμένον κεντρι-  
κῶς φορτίον ἴσον μὲ 550 kp, ( $P_k = 550$  kp) καὶ  $P_{st}$  τὸ ἐπὶ τῆς χαλυβδίνης σιδη-  
ροτροχιᾶς ἐφηρμοσμένον φορτίον ἴσον μὲ 10000 kp ( $P_{st} = 10000$  kp). Τότε  
 $c = \frac{P_{st}}{P_k} = 18,2$  ὁ λόγος ὁμοιότητος διὰ τὰς τάσεις.

Προϋποτίθεται, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια ἐπαλληλίας μεταξὺ τροχοῦ ἐκ πλαστικοῦ  
καὶ σιδηροτροχιᾶς ἐκ πλαστικοῦ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαλληλίας μεταξὺ  
χαλυβδίνου τροχοῦ καὶ χαλυβδίνης σιδηροτροχιᾶς.

Ἐπειδὴ δὲ τὸ βάθος τοῦ κυλίνδρου  $2b$  εἶναι σταθερόν, δέον ὅπως καὶ τὸ  
πλάτος τῆς ἐπαλληλίας εἶναι ἐξ ἴσου μέγα. Τοῦτο λοιπὸν δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ  
κατὰ τὴν μετάβασιν ἐξ ἑνὸς ὕλικου εἰς ἕτερον, ὅπως π.χ. εἰς τὸν χάλυβα, διὰ  
τῆς μεταβολῆς τῆς ἀκτίνος τοῦ τροχοῦ.

Ἡ ἀπαιτουμένη ἀκτίς τροχοῦ δύναται νὰ ὑπολογισθῇ διὰ τῆς θεωρίας τοῦ  
Hertz. Εἰς τοῦτο καταλήγομεν θεωρουμένης κατὰ πρώτην προσέγγισιν τῆς περι-  
πτώσεως ἐπιπονήσεως ἐνὸς ἀπείρου βαθέος κυλίνδρου.

$$\text{Λαμβάνομεν λοιπόν: } r_{st} = r_k \cdot \frac{P_k}{P_{st}} \cdot \frac{E_{st}}{E_k} \cdot \frac{m_{st}^2}{m_{st}^2 - 1} \cdot \frac{m_k^2 - 1}{m_k^2}$$

$$\text{ὅπου } P_{st} = 10.000 \text{ kp, } P_k = 550 \text{ kp}$$

$$E_{st} = 2,1 \times 10^6 \text{ kp/cm}^2, \quad E_k = 25.000 \text{ kp/cm}^2, \quad m_{st} = 3, \quad m_k = 2,5$$

$$\text{οὕτω } r_{st} = r_k \cdot 4,37.$$

Συμφώνως πρὸς τὰ τελευταῖα πειραματικὰ δεδομένα διαπιστοῦται ὅτι τὸ  
βάθος τῆς ἐπιφανείας ἐπαλληλίας εἶναι σταθερόν, ἴσον δὲ πρὸς  $2b = 15$  mm.  
Ἀντιθέτως τὸ πλάτος ἐπαλληλίας εἶναι μεταβλητὸν ἀναλόγως τῆς διαμέτρου τοῦ  
τροχοῦ καὶ τοῦ φορτίου τούτου, ὑπολογίζεται δὲ συμφώνως τῇ θεωρίᾳ τοῦ Hertz  
διὰ τοῦ τύπου

$$a = 1,13 \sqrt{\frac{P}{b} \cdot \frac{r}{E} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right)} \quad (a = f(P, r))$$

Ἡ ἐπιφάνεια ὅθεν ἐπαλληλίας εἶναι  $2a \cdot 2b$ .

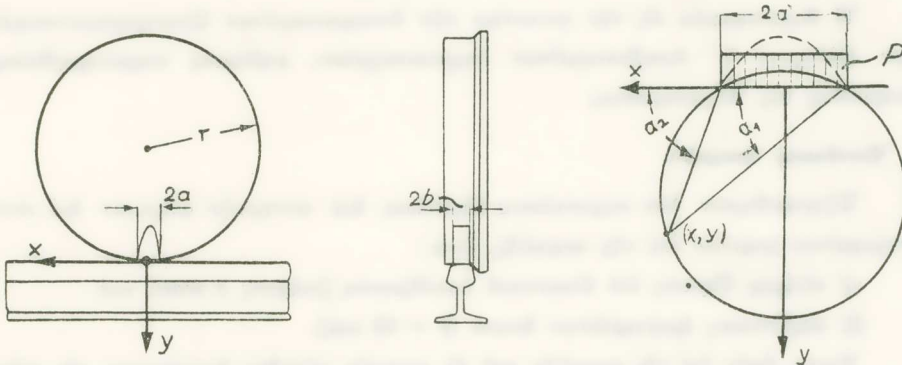
$$\text{Ἡ μέση ἐξασκουμένη πίεσις } p = \frac{P}{F} = \frac{P}{2a \cdot 2b}.$$

Ἡ κατανομή τῶν πιέσεων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης δὲν εἶναι ἐξηκρι-  
βωμένη.

$$\text{Ἡ μεγίστη πίεσις } p_{\max} = k \cdot p \text{ ὅπου } 1,0 < k < 1,5.$$

Ἡ τιμὴ  $k = 1,0$  εἶναι δι' ὁμοιόμορφον κατανεμημένην πίεσιν καὶ ἡ  $k = 1,5$  διὰ παραβολικὴν κατανομήν (σχ. 1).

Διὰ κατακόρυφον ὁμοιόμορφως κατανεμημένον φορτίον, συμφώνως πρὸς



Σχ. 1.

τὴν θεωρίαν τοῦ ἡμιχώρου (δισδιάστατος ἐντατικὴ κατάσταση) αἱ τάσεις δίδονται διὰ τῶν τύπων :

$$\sigma_x = -\frac{P}{\pi} \left[ \alpha_2 - \alpha_1 + \frac{1}{2} (\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1) \right]$$

$$\sigma_y = -\frac{P}{\pi} \left[ \alpha_2 - \alpha_1 - \frac{1}{2} (\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1) \right]$$

$$\tau_{xy} = \frac{P}{2\pi} (\cos 2\alpha_2 - \cos 2\alpha_1)$$

$$\tau_{\max} = \frac{P}{\pi} \sin (\alpha_2 - \alpha_1)$$

**B) Προσδιορισμὸς τῶν φυσικῶν ιδιοτήτων τῆς χρησιμοποιηθείσης ἐποξειδικῆς ρητίνης, ἐξ ἧς κατεσκευάσθη τὸ ὁμοίωμα.**

Αἱ ἐλαστικαὶ σταθεραὶ τοῦ ὕλικου προσδιορίσθησαν πειραματικῶς διὰ δοκιμῶν ἐξ ἐποξειδικῆς ρητίνης καταπονηθέντων εἰς καθαρὸν ἐφελκυσμόν. Δι' ἠλεκτρομηνυσιόμετρον τοποθετημένων σταυροειδῶς ἐπὶ τῶν δοκιμῶν ἐμετρήθησαν αἱ παραμορφώσεις (ἐγκαρσία καὶ διαμήκης) καὶ ἐξ αὐτῶν εὗρέθη ὡς μέτρον ἐλαστικότητος  $E = 25.000 \text{ kp/cm}^2$  ὡς λόγος δὲ ἐγκαρσίας συστολῆς  $\mu = 0,4$  ( $m = 2,5$ ). Ἐκ τῶν δοκιμῶν διεπιστώθη ἡ γραμμικότης μεταξὺ τάσεων καὶ παραμορφώσεων μέχρι μιᾶς παραμορφώσεως  $5 \text{ ‰}$ . Ἐλεγχος τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἐρπουσμοῦ ἐγένετο διὰ φορτίσεως ἐπὶ χρονικὸν διάστημα δύο λεπτῶν διὰ φορτίου  $550 \text{ kp}$  καὶ ταῦτο-



χρόνου καταγραφῆς τῶν μηκύνσεων, μὴ μετρηθείσης διαφορᾶς μεγαλύτερας τῶν 2%.

Διὰ τὴν ἀποφυγὴν σφαλμάτων ἐξ ἐρπουσμοῦ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῶν δοκιμῶν αἱ μηκύνσεις ἀπετυποῦντο ἐπὶ καταγραφικῆς ταινίας.

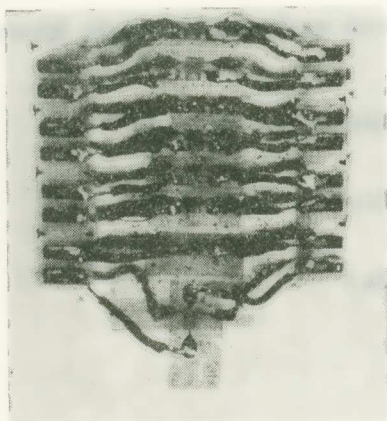
Ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν γειτονίαν τῶν ἐνσωματωμένων ἠλεκτρομηκνυσιόμετρον ἠλέγχετο δι' ἐγκιβωτισμένων θερμοστοιχείων, μηδεμιᾶς παρατηρηθείσης ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας.

### Γ) Ἐκτέλεσις δοκιμῶν.

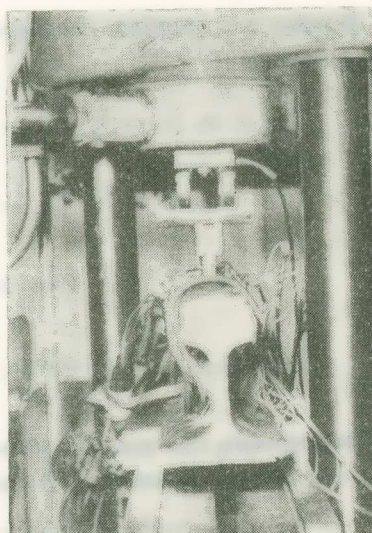
Ἐξητάσθησαν δύο περιπτώσεις ἐδράσεως διὰ κεντρικὴν φόρτισιν διὰ συγκεντρωμένον φορτίον ἐπὶ τῆς κεφαλῆς, ἦτοι :

- α) πλήρης ἐδράσις ἐπὶ ἐλαστικοῦ ὑποθέματος (πάχους 3 mm), καὶ
- β) περίπτωσις ἀμφιερείστου δοκοῦ (l = 65 cm).

Ἐντὸς ὁπῆς ἐπὶ τῆς κεφαλῆς τοῦ εἰς φυσικὸν μέγεθος ὁμοιώματος τῆς σιδηροτροχιᾶς ἐνσωματώθησαν 16 ἠλεκτρομηκνυσιόμετρα (8 ὀριζοντίως καὶ 8 καθέ-



Σχ. 2.— Διάταξις τῶν ἠλεκτρομηκνυσιόμετρον ἐπὶ τοῦ πλακιδίου ἐξ ἐποξειδικῆς ρητίνης (Λήψις ὑπὸ γωνίαν ὥστε νὰ διακρίνονται τὰ καὶ ἐκ τῶν δύο πλευρῶν ἐπικεκολλημένα ὀριζόντια καὶ κατακόρυφα ἠλεκτρομηκνυσιόμετρα).



Σχ. 3.— Πλαγία ὄψις τῆς πειραματικῆς διατάξεως.

τως) κεκολλημένα ἐπὶ λιαν λεπτοῦ πλακιδίου ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕλικου (σχ. 2). Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐκολλήθησαν ἕτερα ἠλεκτρομηκνυσιόμετρα διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς ὀρθότητος τῶν παραμορφώσεων.

Ἐκαστον ἠλεκτρομηκνυσιόμετρον συνεδέθη μετὰ γεφύρας μετρήσεως φερού-

σης συχνότητας, προσηρμοσμένης ἐπὶ τῆς κυρίως γεφύρας. Τὸ ἐξ αὐτῶν ἐνισχυθὲν σῆμα ἐδίδετο εἰς καταγραφέα.

Ἡ ἐπίδρασις τῶν διακυμάνσεων τῆς θερμοκρασίας ἐξουδετεροῦτο τῇ βοήθειᾳ ἀδρανῶν ἠλεκτρομηκνισιομέτρων δι' εἰδικῆς συνδέσεως.

Ἡ δύναμις ἐπεβάλλετο δι' ἐνὸς κυλίνδρου ἐξ ἐποξειδικῆς ρητίνης ἀκτίνος 560 mm καὶ 250 mm, πλάτους δὲ 15 mm (σχ. 3).

Ἡ δοκιμὴ ἐγένετο διὰ βαθμίδας φορτίσεως 150, 300 καὶ 550 kp.

#### Δ) Ἀποτελέσματα δοκιμῶν.

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν δοκιμῶν εἰς τὴν ἀνωτάτην βαθμίδα φορτίσεως (550 kp) ἐμφαίνονται εἰς τὰ σχήματα 4 καὶ 5. Εἰς τὸ σχῆμα 4 εἶναι τὰ ἀποτελέσματα διὰ μίαν ἀκτῖνα τροχοῦ ἐκ πλαστικοῦ 56 cm καὶ εἰς τὸ σχῆμα 5 διὰ μίαν ἀκτῖνα 25 cm.

Αἱ διὰ χάραξιν τῶν διαγραμμμάτων ὀρθαὶ τάσεις ἐλήφθησαν ἐκ τῶν μετρηθεισῶν παραμορφώσεων διὰ τῶν ἐξῆς τύπων :

$$\sigma_{x_k} = \frac{E_k}{1 - \mu_k^2} (\epsilon_{x_k} + \mu_k \epsilon_{y_k})$$

$$\sigma_{y_k} = \frac{E_k}{1 - \mu_k^2} (\epsilon_{y_k} + \mu_k \epsilon_{x_k})$$

καὶ ἡ διατμητικὴ τάσις 
$$\tau_k = \frac{\sigma_{x_k} - \sigma_{y_k}}{2} .$$

Κατὰ τὴν ἀξιολόγησιν τῶν ἀποτελεσμάτων ἐκ τῆς ἐρεῦνης παρατηρεῖται, ὅτι αἱ προσδιορισθεῖσαι τάσεις εἰς τὴν ἀνωτάτην περιοχὴν τῆς κεφαλῆς ἀφίστανται τῶν τιμῶν τῶν τάσεων τῶν λαμβανομένων ἐκ τῶν θεωρητικῶν καμπυλῶν κατανομῆς τῶν τάσεων διὰ τῆς θεωρίας τοῦ ἰσοτρόπου ἡμιχώρου.

Ἡ διαφορὰ αὕτη πιθανῶς ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ ὑλικὸν εἰς τὴν μικρὰν ταύτην περιοχὴν, εἰς ἣν συναντᾶται μεγάλη συγκέντρωσις τάσεων κάτωθι ἀκριβῶς καὶ ἐγγὺς τοῦ συγκεντρωμένου φορτίου, ἦτο διατεταραγμένον καὶ πιθανῶς οὐχὶ ἀπολύτως ὁμοιογενές.

Διὰ τὸν λόγον τοῦτον εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα ἡ κατανομὴ τῶν τάσεων ἐγένετο διὰ τῶν ὀριακῶν συνθηκῶν :

$$\sigma_x = \sigma_y = p = \frac{P}{F} .$$

Διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς ἀμφιερείστου, ἡ τάσις  $\sigma_x$  ἠϋξήθη ἀναλόγως τῆς ἐπιπροσθέτου θεωρητικῆς τάσεως ἐκ κάμψεως.

Τὰ ἐκ τῆς ἐρεῦνης ἀποτελέσματα ἐπιβεβαιώνουν τὰς θεωρητικῶς προσδιοριζομένας τάσεις (Σχ. 4, 5 καὶ σελ. 503).

Ἀξιοσημείωτος εἶναι ἡ σύμπτωσις τῶν ἀποτελεσμάτων, ἂν καὶ αἱ παραδοχαὶ διὰ τὴν θεμελίωσιν τῆς θεωρίας δὲν τηροῦνται ἀπολύτως κατὰ τὴν φόρτισιν τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς.

Οὕτως ἡ θεωρία δέχεται α) ἡμίχωρον φορτιζόμενον δι' ἑνὸς ἀπείρους βαθέος κυλίνδρου ἔναντι τῆς 50 mm πλάτους κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς φορτιζομένης δι' ἑνὸς 15 mm βαθέος κυλίνδρου, β) σταθερὰν ἐπιφανειακὴν πίεσιν. Τοῦτο ἐναντιοῦται εἰς τὴν θεωρίαν τοῦ Hertz, καθ' ἣν ἡ μεγίστη πίεσις ἀσκεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἐπιφανείας φορτίσεως, ἀνέρχεται δὲ εἰς τὸ 1,5πλάσιον τῆς μέσης πίεσεως, θεωρουμένου τοῦ ὑλικοῦ ἀπολύτως ἐλαστικοῦ παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς. Δι' ὑψηλὰς ἐπιφανειακὰς πίεσεις σχετικῶς μὲ τὴν ἀντοχὴν τοῦ ὑλικοῦ, τοῦτο δὲν εἶναι τελείως ἀληθές.

Εἰς τὴν δοκιμὴν μὲ ἀκτῖνα 560 mm παρατηρεῖται, ὅτι ἡ μεγίστη διαμητική τάσις ἀναπτύσσεται εἰς 0,4 περίπου τοῦ πλάτους ἐπαλληλίας, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀφίσταται κάπως τῆς θεωρίας, καθ' ἣν ἡ μεγίστη διαμητική τάσις ἀναπτύσσεται εἰς τὰ 0,5 τοῦ πλάτους τῆς ἐπαλληλίας.

Δέον νὰ σημειωθῇ, ὅτι ἡ μεγίστη διαμητική τάσις ἀναπτύσσεται μακρὰν τῆς περιοχῆς, ὅπου λόγῳ τοῦ διατεταραγμένου ὑλικοῦ αἱ τιμαὶ τῶν τάσεων δὲν ἦσαν ἀπολύτως ὀρθαί, καὶ διορθώθησαν τῇ βοήθειᾳ τῆς θεωρίας.

Διαπιστοῦται ἐπίσης, ὅτι εἰς τὴν ἀμφιέριστον σιδηροτροχιὰν αἱ διαμητικαὶ τάσεις εἶναι μικρότεροι. Τοῦτο ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ ὀρθὴ τάσις  $\sigma_x$  συνεπεῖα τῆς

θλιπτικῆς τάσεως ἐκ κάμψεως  $\sigma = \frac{M}{W}$  καὶ τῆς ἐπιπροσθέτου θλιπτικῆς τάσεως

$$\Delta\sigma_1 = 1,5P \sqrt{\frac{2,3 \log \frac{a_2}{a_1}}{3b^3 a_1^4 d}}$$
 εἰς τὸ ἀνώτερον τμήμα τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς ἀνξάνει (P τὸ φορτίον,  $a_1$  τὸ μέσον ὕψος τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς,  $a_2$  τὸ ὕψος τῆς κεφαλῆς σὺν τῷ ὕψει τοῦ κορμοῦ, b τὸ μέσον πλάτος τῆς κεφαλῆς καὶ d τὸ πάχος τοῦ κορμοῦ τῆς σιδηροτροχιᾶς).

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως αἱ σιδηροτροχιαὶ τῆς σιδηροδρομικῆς γραμμῆς εἶναι συνεχεῖς δοκοὶ ἐδραζόμενοι ἐπὶ ἐλαστικῶν στηριγμάτων.

Οὕτως ἡ καμπτικὴ ροπὴ εἰς τὰ ἀνοίγματα εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν καμπτικὴν ροπὴν τῆς σιδηροτροχιᾶς θεωρουμένης ὡς ἀμφιέριστου μήκους 65 cm, ὡς εἰς τὰς γενομένας δοκιμὰς.



Εἰς τὴν προᾶξιν λοιπὸν ἡ διατμητικὴ τάσις εἶναι ὀλίγον μικρότερα ἀπὸ τὴν ἐκ τῆς ἐρευνῆς προσδιορισθεῖσαν.

Αἱ ἀντιστοιχοῦσαι ἀκτῖνες εἰς τὴν χαλυβδίνην σιδηροτροχιὰν ὑπολογίζονται διὰ τῶν δοθέντων τύπων.

Αἱ ἐν σχήματι χαραχθεῖσαι τιμαὶ τάσεων δύνανται νὰ ὑπολογισθοῦν διὰ τὴν χαλυβδίνην σιδηροτροχιὰν εὐκόλως, ἐφ' ὅσον ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ λόγου τῶν φορτίων.

Κατωτέρω παριστῶνται αἱ τιμαὶ τῶν ἀναπτυσσομένων τάσεων ἐπὶ τῆς ἐκ πλαστικοῦ καὶ χάλυβος σιδηροτροχιᾶς διὰ τὰς περισσότερον εἰς διάτμησιν ἐπιπονομένης θέσεως.

(Σιδηροτροχιὰ ἐδραζομένη ἐπὶ ἐλαστικοῦ ὑποθέματος)

Τιμαὶ διὰ τὸ ἐκ πλαστικοῦ ὁμοίωμα		Τιμαὶ ἀναχθεῖσαι διὰ τὴν χαλυβδίνην σιδηροτροχιὰν	
Ἀκτίς τροχοῦ (cm). $\tau$ (kp/cm <sup>2</sup> )		Ἀκτίς τροχοῦ (cm). $\tau$ (kp/cm <sup>2</sup> )	
<b>Ἔρευνα</b>			
25	55	109	1000
56	45	244	820
<b>Θεωρία</b>			
25	66	109	1200
56	44	244	800

### Συμπεράσματα.

Ἡ ἐπιπόνησις τῆς σιδηροτροχιᾶς προκύπτει ἐκ τοῦ τρόπου δράσεώς της ὡς φορέως καὶ ὡς ὁδοῦ διὰ τὴν κυκλοφορίαν. Οὕτω παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιπόνησιν εἰς κάμπιν, ὑπεισέρχονται εἰς τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ τροχοῦ, μὲ τὴν συγκεντρωμένην μεταβίβασιν φορτίου, ἐπιπρόσθετοι καταπονήσεις.

Διὰ τὴν μελέτην τούτων ἐγένοντο θεωρητικαὶ ἔρευναι ὑπὸ τῶν Timoshenko καὶ Langer, Schlumpf, Föppl, καθὼς καὶ εἰς τὸ Ἐργαστήριον Σιδηροδρομικῆς καὶ Ὀδοποιίας τοῦ Μονάχου (Διευθυντῆς Καθ. H. Meier). Δι' αὐτῶν κυρίως ἐπιχειρεῖται νὰ δοθῇ μία ἐρμηνεία τῆς ἐν τῇ πράξει παρουσιαζομένης θραύσεως τῶν σιδηροτροχιῶν εἰς τὴν κεφαλὴν τούτων.

Εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων ἀναπτύσσεται εἰς τὸ κάτω σύνορον τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροδρομικῆς μία ἐπιπρόσθετος καμπτικὴ ἐπιπόνησις καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροδρομικῆς μία ἐπιπόνησις εἰς διάτμησιν.

Αἱ ἀναπτυσσόμεναι διατμητικαὶ τάσεις εἰς βάθος περίπου 0,7 cm κάτωθι

τῆς ἐπιφανείας κυλίσεως ἐκ τῶν κατακορύφων ὅσον καὶ ὀριζοντίων δυνάμεων, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν μεγαλύτεραν καταπόνησιν τοῦ ὑλικοῦ, μία δὲ ὑπέρβασις τῆς ἀντοχῆς διαρκείας ὀδηγεῖ εἰς θραῦσιν τῆς σιδηροτροχιᾶς. Οὕτως εἶναι δυνατὸν νὰ προκληθῇ καταστροφὴ τοῦ ὑλικοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν μικροῦ μόνον ἀριθμοῦ ὀχημάτων, λόγφ ὑψηλῆς τοπικῶς καταπονήσεως.

Ἡ χρησιμοποίησις μιᾶς σιδηροτροχιᾶς ὑψηλοτέρας ἀντοχῆς θὰ ἔχῃ ὡς ἀποτέλεσμα, λόγφ τῆς ὑψηλοτέρας ἀντοχῆς διαρκείας, τὴν ἀσφαλῆ ἀνάληψιν μιᾶς διατμητικῆς ἐπιπονήσεως, λόγφ π.χ. ὑψηλοτέρου φορτίου ἄξονος, μικρότερας ἀκτίνος τροχοῦ ἢ μεγαλύτερας δυνάμεως ὀδηγήσεως.

Βασικὴ προϋπόθεσις εἶναι ὅτι ἡ σιδηροτροχιὰ εἶναι ἀπηλλαγμένη ἐσωτερικῶν ἐγκλεισμάτων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑψηλῶς καταπονουμένων ζωνῶν.

Διὰ τῆς παρουσίας λοιπὸν ἐρεῦνης καταδεικνύεται, ὅτι ἡ χρησιμοποιηθεῖσα μέθοδος ἐπιτρέπει τὸν πειραματικὸν προσδιορισμὸν τῶν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἐνδὸς ὑλικοῦ ἀναπτυσσομένων ὀρθῶν τάσεων καὶ οὕτω τὴν ἐκτίμησιν τῶν ἐν τῷ ὑλικῷ ἀναπτυσσομένων διατμητικῶν τάσεων. Αἱ εὔρεθεισαι τιμαὶ ἀναπτυσσομένων τάσεων εἰς τὴν κεφαλὴν τῆς σιδηροτροχιᾶς συμπίπτουν ἱκανοποιητικῶς πρὸς τὰς θεωρητικὰς τοιαύτας.

Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης εἶναι δυνατὸς ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἐντατικῆς καταστάσεως καὶ διὰ λοξὴν φόρτισιν, ὡς ἐν καμπύλῃ γραμμῇ συμβαίνει. Τὸ πρόβλημα τοῦτο θεωρητικῶς λύεται μὲ προσεγγιστικὰς λύσεις καὶ εἰδικὰς παραδοχὰς, αἵτινες ἀφίστανται τῶν ἐν τῇ πράξει συνθηκῶν.

Οὕτω, διὰ γνώσεως τῶν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς ἀναπτυσσομένων διατμητικῶν τάσεων, δυνάμεθα νὰ ἀποφανθῶμεν διὰ τὸ ἐπιτροπέμενον φορτίον τροχοῦ διὰ δεδομένην ἀκτῖνα τροχοῦ.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) FÖPPL - SONNTAG: Tafeln und Tabellen zur Festigkeitslehre; München 1951, Oldenbourg.
- 2) FÖPPL, L.: Der Spannungszustand und die Anstrengung des Werkstoffes bei der Berührung zweier Körper. Forschung Ing. Wes. Vol. 7, 1936.
- 3) EISENMANN, J.: Theoretische Betrachtungen über die Beanspruchung des Schienenkopfes am Lastangriffspunkt, ETR, 1, 2. 1965.
- 4) Messungen und Untersuchungen des Instituts für Eisenbahnbau und Strassenbau der T. H. München in Auftrag des BZA Minden.
- 5) ATSUSHI, ITO: Contact pressure between wheel and rail and its influence on mechanical properties of rail steel, Quarterly Report 1962, Vol. 3.



- 6) GÖSSL: Die Hertz'sche Fläche bei Zugkraftbeaufschlagung und ihre Auswirkung auf die nutzbare Haftung E.T.R. 4/1955.
- 7) ODQVIST, F. K. G.: Studies regarding the stress distribution adjacent to contact of bodies; with applications.—Royal Swedish Acad. of Engin. Science, 1932, Proc. Nr. 116.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die experimentelle Erfassung der Spannungen im Inneren eines Körpers, ist bisher nur mittels der Methode des Spannungsoptik möglich.

Zur Vermeidung der bei dem Spannungsoptischen Verfahren auftretenden Schwierigkeiten, wurde ein neues Verfahren entwickelt und angewandt. Es beruht auf der Verwendung von Miniatur-Folien-Dehnungsmesstreifen, die in ein dem Original nachgebildetes Kunststoffmodell eingebracht wurden, ohne dass hierbei die Homogenität merklich gestört wird.

Aufgrund der Ähnlichkeitsgesetze der Mechanik lassen sich die in diesem Kunststoffmodell gefundenen Werte auf Dehnungen bzw. Spannungen eines anderen Werkstoffes umrechnen.

Ziel der Versuche war die Ermittlung der Spannung unter einer zentrischen Einzellast im Kopf einer Schiene S54 und zwar bei einer durchgehenden Auflagerung auf einer Gummiplatte, und bei einem Auflagerabstand von 650 mm. Die Versuche wurden an einem einer Stahlschiene S54 nachgebildeten Kunststoffmodell durchgeführt.

In Anlage 4 ist das Ergebnis für einen Radius der Kunststoffrades von 56 cm. und auf Anlage 5 für einen Radius von 25 cm. angegeben.

Das Versuchsergebnis bestätigt die theoretisch berechneten Spannungen.

Die durchgeführte Versuche zeigen, dass sich mit dem vorgeschlagenen Verfahren die im Inneren eines Werkstoffes auftretenden Normalspannungen und daraus die für Werkstoffbeanspruchung massgebenden Schubspannungen experimentell ermitteln lassen.

Im Bereich des Lastangriffpunktes tritt am unteren Rand des Schienenkopfes eine zusätzliche Biegebeanspruchung und im Innern des Schienenkopfes eine Schubbeanspruchung auf. Bei sonst gleichen Belastungsverhältnissen verursachen dabei die in 0,7 cm. Tiefe unter dem Fahrspiegel auftretenden Schubspannungen eine höhere Werkstoffbean-

spruchung, die bei einer Überschreitung der Dauerfestigkeit zu einem Schienensbruch führt.

Wird eine Schiene höherer Festigkeit verwendet, dann kann durch ihr höhere Dauerfestigkeit einer erhöhten Schubbeanspruchung beispielsweise durch gesteigerte Achsdrücke, verkleinerte Raddurchmesser oder gesteigerte Führungskräfte, entgegenwirkt werden.

★

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. **Κωνστ. Παπαϊωάννου** παρουσιάζων τὴν ὡς ἄνω ἀνακοίνωσιν εἶπε τὰ ἑξῆς :

Ἔχω τὴν τιμὴν νὰ ἀνακοινώσω εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν ἐργασίαν τοῦ κ. Αἰμιλίου Γεωργίου Κορωναίου ὑπὸ τὸν τίτλον «Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῶν ἀναπτυσσομένων τάσεων εἰς τὴν κεφαλὴν τῆς σιδηροτροχιᾶς, κάτωθι τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, διὰ κεντρικὴν φόρτισιν».

Ὁ κ. Κορωναῖος ἀπεφοίτησεν ὡς διπλωματοῦχος Πολιτικὸς Μηχανικὸς τοῦ Ἐθνικοῦ Μετσοβίου Πολυτεχνείου τὸ ἔτος 1961, τὴν 11 Ἰουνίου 1964 ἀνηγορεύθη διδάκτωρ Πολιτικὸς Μηχανικὸς τοῦ Ἐθνικοῦ Μετσοβίου Πολυτεχνείου καὶ διετέλεσεν ἄμισθος Ἐπιμελητὴς τοῦ Ἐργαστηρίου Ἀντοχῆς Ὑλικῶν τοῦ Ἐθνικοῦ Μετσοβίου Πολυτεχνείου ἐπὶ τετραετίαν.

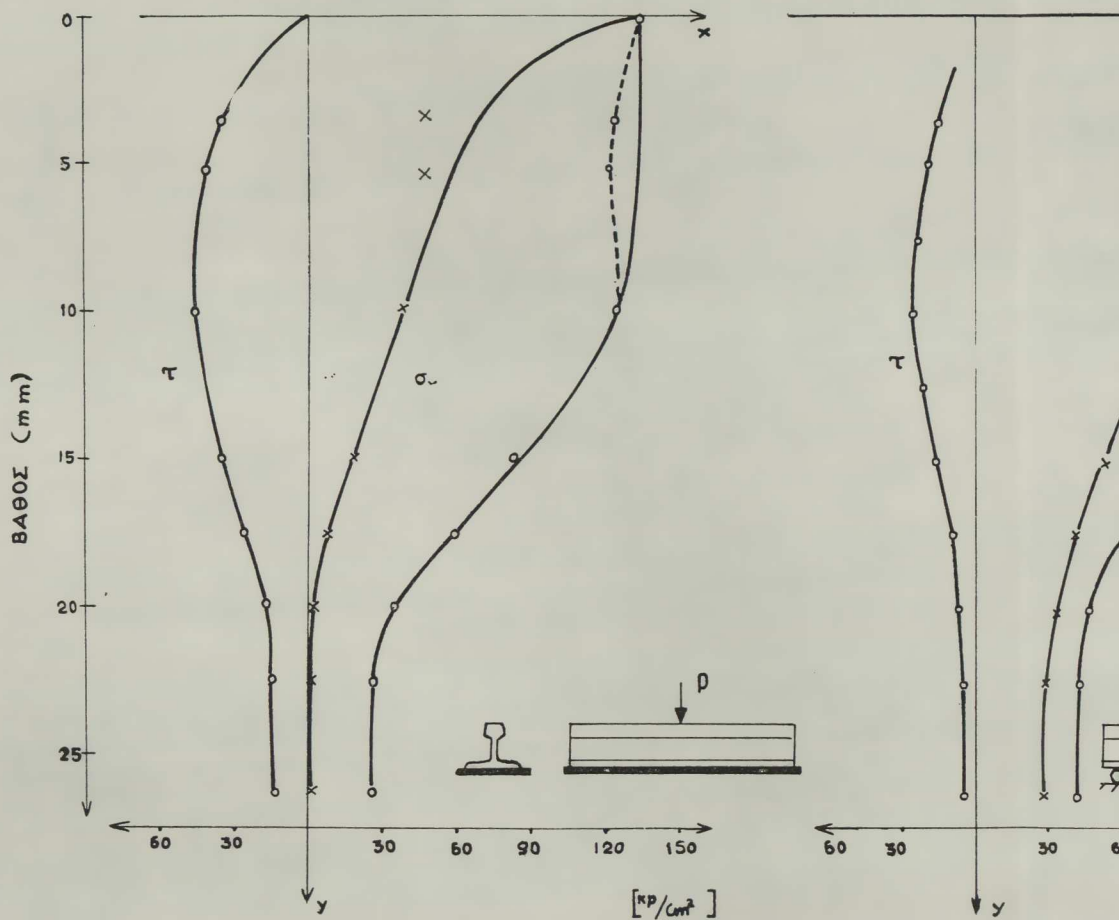
Ἀπὸ τοῦ Μαρτίου τοῦ ἔτους 1964 μετεκπαιδεύεται εἰς Γερμανίαν καὶ ἀπὸ τοῦ Νοεμβρίου τοῦ ἔτους 1965 διατελεῖ ἐπιστημονικὸς συνεργάτης εἰς τὸ Ἴνστιτούτον Σιδηροδρομικῆς - Ὀδοποιᾶς τοῦ Πολυτεχνείου τοῦ Μονάχου.

Ἡ ἐργασία τοῦ κ. Κορωναίου ἀναφέρεται εἰς τὸν προσδιορισμὸν τῆς ἐπιπονήσεως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κεφαλῆς τῆς σιδηροτροχιᾶς. Εἰς τὸ παρελθὸν διὰ τὸν πειραματικὸν προσδιορισμὸν τῶν τάσεων εἰς τὸ ἐσωτερικὸν σώματος ἐφηρμόζετο ἡ μέθοδος τῆς φωτοτασεομετρίας. Ἡ μέθοδος αὕτη παρουσιάζει δυσχερείας, ἰδίως εἰς τὰ προβλήματα τῆς τρισδιάστατου ἐντατικῆς καταστάσεως. Ἐσχάτως ἀντὶ τῆς ἄνω μεθόδου ἐφήρμοσαν τὴν μέθοδον «δι' ἐνσωματωμένων ἠλεκτρομηκυσιομέτρων».

Τὰ πειράματα ἐγένοντο διὰ δύο περιπτώσεις, ἦτοι :

- α. πλήρους ἐδράσεως ἐπὶ ἐλαστικοῦ ὑποθέματος, καὶ
- β. ἐδράσεως ἐπὶ ἀμφιερείστου δοκοῦ.

Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν πειραματικῶν ἐξαγομῶν μετὰ τῶν δεδομένων ἐκ τῆς θεωρίας καὶ τῶν δεδομένων ἐκ τῆς πράξεως (καταπονήσεις καὶ θραύσεις σιδηροτροχιῶν) ἀπορρέουν συμπεράσματα ὅσον ἀφορᾷ τὴν περιοχὴν τῆς μᾶλλον καταπεπονημένης ζώνης τῶν σιδηροτροχιῶν καὶ τῆς ἀντοχῆς αὐτῶν.



ΟΜΟΙΩΜΑ  
 $\tau_k = 56 \text{ cm}$     $\rho_k = 550 \text{ κρ}$     $a = 1,33 \text{ cm}$

$\tau_{\max} = 45 \text{ κρ/cm}^2$

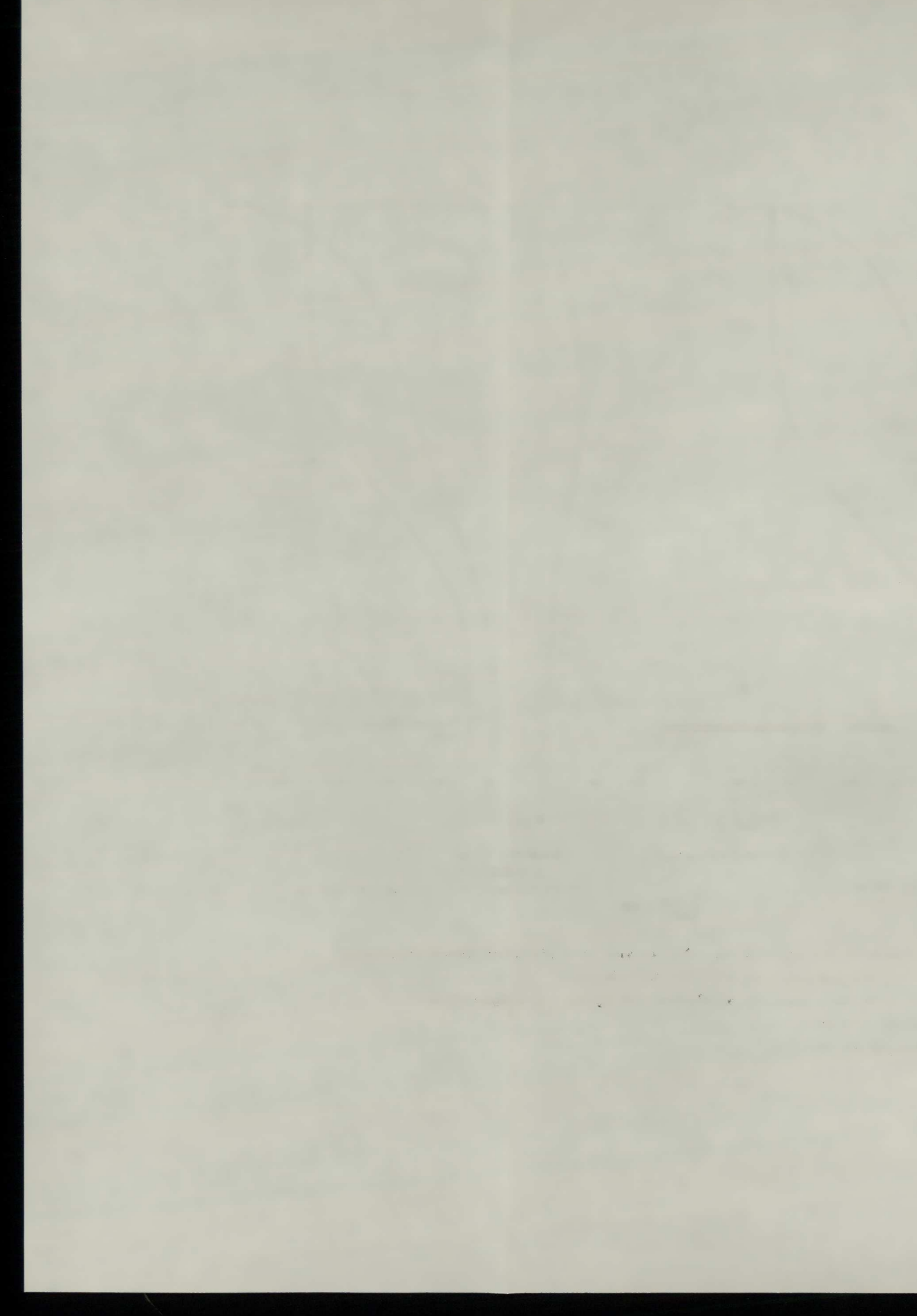
$$C = \frac{10000}{550} = 182$$

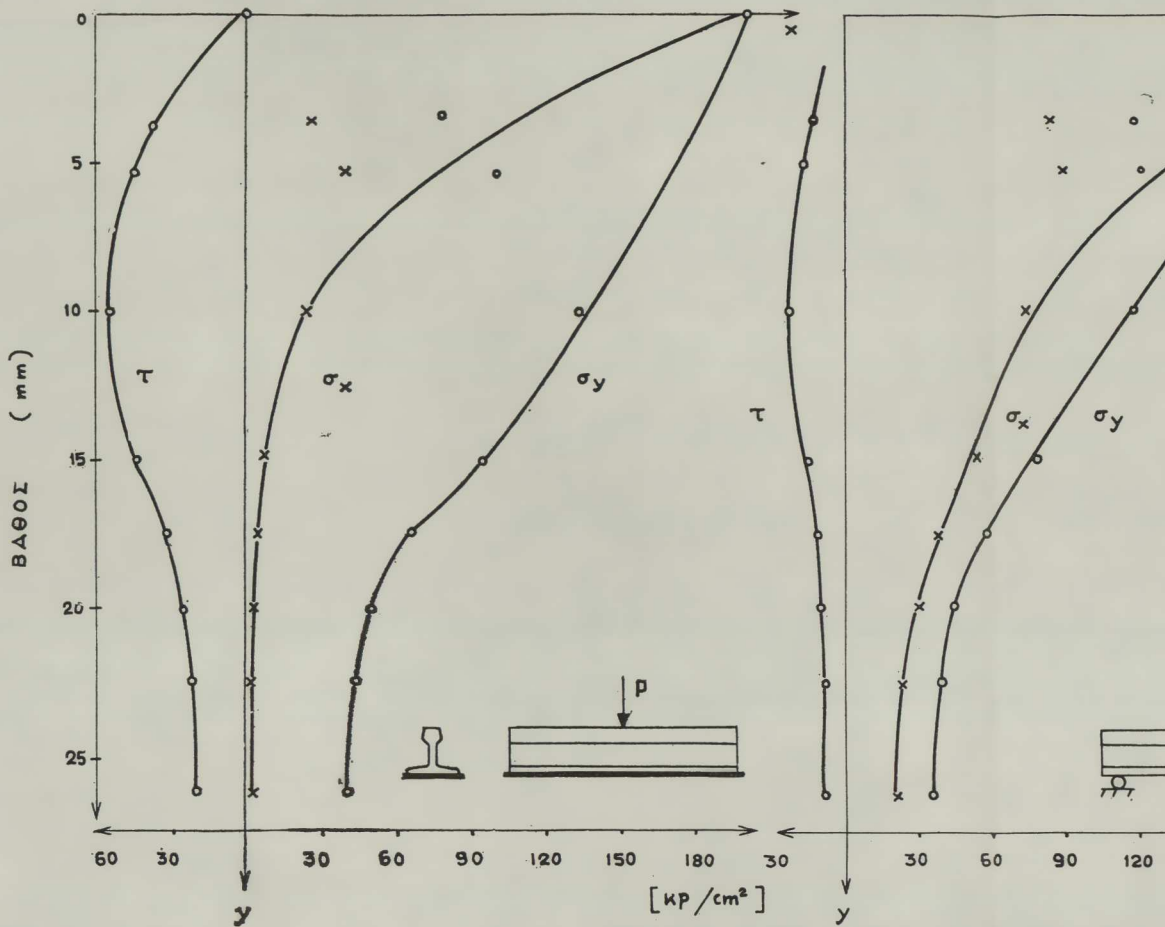
ΒΑΘΟΣ = 1.0 cm.  
ΣΙΔΗΡΟΤΡΟΧΙΑ  
 $\tau_{st} = 244 \text{ cm}$     $\rho_{st} =$

Σχ. 4.— Κατανομή των τάσεων εις την κεφαλήν της σιδηροτροχιάς κατά μήκος του άξονος δια κατακόρυφον φόρτισιν ( $\tau_k = 56 \text{ cm}$ ).

- $\sigma_x$  : όριζοντία όρθή τάσις κατά την διεύθυνσιν του άξονος της σιδηροτροχιάς.
- $\sigma_y$  : κατακόρυφος όρθή τάσις.
- $\tau$  : κυρία διατμητική τάσις.







$\tau_{max} = 55 \text{ kg/cm}^2$

ΒΑΘΟΣ 0.95 cm

ΟΜΟΙΩΜΑ  
 $\tau_k = 25 \text{ cm}$      $P_k = 550 \text{ kg}$      $a = 0.88 \text{ cm}$

ΣΙΔΗΡΟΤΡΟΧΙΑ  
 $\tau_{st} = 103 \text{ cm}$      $P_{st} = 10.00$

$C = \frac{10000}{550} = 18.2$

Σχ. 5.—Κατανομή των τάσεων εις την κεφαλήν της σιδηροτροχιάς κατά μήκος του άξονος  $\sigma$  δια κατακόρυφον φόρτισιν ( $\tau_k = 25 \text{ cm}$ ).

- $\sigma_x$  : όριζοντία όρθή τάσις κατά την διεύθυνσιν του άξονος της σιδηροτροχιάς.
- $\sigma_y$  : κατακόρυφος όρθή τάσις.
- $\tau$  : κυρία διατμητική τάσις