

Π. ΚΑΡΥΔΗ
ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ ΤΟΥ Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Ο ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΔΙΑ ΧΡΗΣΕΩΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

· Ανάτυπον ἐκ τοῦ Α' τόμου τῶν Πειραγμένων τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενίδου

ΑΘΗΝΑΙ
1968

« Ο ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΔΙΑ ΧΡΗΣΕΩΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ »

Ο άνθρωπος και αί κατασκευαί του εύρίσκονται επί τῆς γῆς, ἢ καλύτερον ἐπὶ τοῦ γῆινου φλοιοῦ.

Ο γῆινος φλοιὸς * ἔχει ἓνα πάχος 30 - 60 χλμ., ἀποτελούμενος εἰς μὲν τὴν ξηρὰν ἀπὸ γρανιτικὰ πετρώματα ὑπὸ δὲ τοὺς ὠκεανούς, ὅπου ἔχει ἐλάχιστον πάχος, ἀπὸ Βασαλτικὰς ἀποθέσεις.

Τὰ βαθύτερα στρώματα μέχρι βάθους 2 900 χλμ. ὀνομάζονται « μανδύας ». Πιθανώτατα ὁ « μανδύας » αὐτὸς εἶναι στερεὸς μέχρι τοῦ βάθους τῶν 700 χλμ.

Βαθύτερον ἔχομεν τὸν πυρῆνα ἀκτῖνος 3 470 χλμ. ἢ περίπου 55 % τῆς γῆινης ἀκτῖνος, ὅπου τὰ μέταλλα εύρίσκονται κατὰ πᾶσαν πιθανότητα ἐν τετηκυῖα καταστάσει. Ἐντὸς τοῦ πυρῆνος εύρίσκεται ὁ ἐσώτερος πυρῆν, περὶ τοῦ ὁποίου ὀλίγα εἶναι γνωστά.

Τὸ σχετικῶς λεπτὸν ἐξωτερικὸν στερεὸν τμήμα τῆς γῆς, πάχους 1/90 περίπου τῆς ἀκτῖνος αὐτῆς, ὑφίσταται ὅλας τὰς ἐπιδράσεις τῶν ἐξωγενῶν καὶ ἐνδογενῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι διαρκῶς μεταβάλλονται, δροῦν καὶ ἀντιδροῦν μέσῳ αὐτοῦ, χωρὶς νὰ εἶναι δυνατόν νὰ διαχωρίσωμεν ἀκριβῶς τὰ ἀποτελέσματα ἀπὸ τὰ αἷτια ἐκάστης ἐξ αὐτῶν. Τοιαῦται ἐξωγενεῖς δυνάμεις εἶναι ἡ ἡλιακὴ ἐνέργεια, ἣτις προκαλεῖ συστολὰς - διαστολὰς τοῦ φλοιοῦ, βροχοπτώσεις, παγετούς, διαβρώσεις καὶ ἀποσαθρώσεις τῶν ὀρέων, πλημμύρας κ.λ.π. ὡς καὶ αἱ παλιρροϊκαὶ δυνάμεις.

Ἐνδογενεῖς δυνάμεις εἶναι αἱ προερχόμεναι εἴτε ἐκ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως λόγῳ τῆς περιστροφῆς τῆς γῆς, εἴτε ἐκ τῆς δράσεως τῆς βαρῦτητος, εἴτε ἐκ τῆς δράσεως τῶν διαφόρων φυσικῶν ἢ χημικῶν φαινομένων,

* Encyclopaedia Britannica : Earth, p. 846. Πολικὴ διάμετρος : 12 713 824 μ., Ἴσημερινὴ διάμετρος : 12 756 776 μ. Πίσεις εἰς τὰ ὄρια τοῦ πυρῆνος : 1 370 000 atm, εἰς τὸ κέντρον τῆς γῆς : 3 700 000 atm.

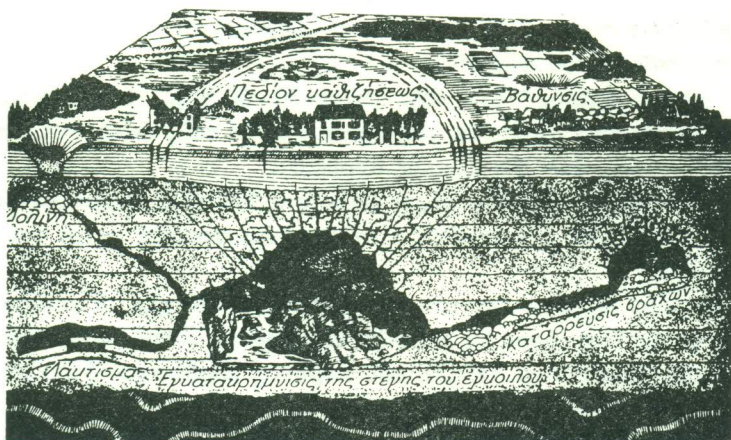
* C. Richter : « Elementary Seismology », 1958 p. 252.

* Reader's Digest : « Great World Atlas » p. 108.

ὡς ἡ μεταβολὴ τῆς πυρηνικῆς καὶ θερμικῆς ἐνεργείας τῆς γῆς. Ἀποτέλεσμα πάντως τῆς δράσεως ἐπὶ τοῦ στερεοῦ μανδύου τῆς γῆς τῶν ἀλληλοσυγκρουομένων δυνάμεων εἶναι ἡ γένεσις τῶν σεισμῶν. Οἱ σεισμοὶ παράγονται κατὰ διαφόρους τρόπους ἀναλόγως τῆς συστάσεως τοῦ ὑπεδάφους, τῆς σεισμικῆς του ἱστορίας καὶ τοῦ εἴδους καὶ μεγέθους τῶν ὡς ἄνω δρωσῶν δυνάμεων. Ἐν ὀλίγοις θὰ ἡδυνάμεθα νὰ ἀναφέρωμεν ὅτι εἰς σεισμὸς δύναται νὰ προκληθῆ :

α. — Λόγω τῆς ἠφαιστειότητος τῆς γῆς. Εἶναι δηλαδή οἱ σεισμοί, ποὺ προηγούνται ἢ συνοδεύουν τὰς ἠφαιστειακὰς ἐκρήξεις*.

β. — Λόγω τῆς ἀποτόμου κατακρημνίσεως τῶν ὄροφῶν διαφόρων φυσικῶν ὑπογείων σπηλαίων. Ἐν σμικρογραφίᾳ εἰκὼν αὐτῆς τῆς περιπτώσεως εἶναι ἡ κατακρημνίσις τῶν ὄροφῶν μεταλλείων (σχ. 1) καὶ



Σχ. 1.

γ. — λόγω τεκτονικῶν διαμορφώσεων ἐντὸς τοῦ γήινου μανδύου. Τὸ 90 % τῶν παρατηρηθέντων σεισμῶν, ἰδιαιτέρως δὲ οἱ πλεῖστοι τῶν μεγάλων ἢ καὶ παγκοσμίων σεισμῶν εἶναι τεκτονικῆς προελεύσεως. Χαρακτηριστικὸν αὐτῶν εἶναι ἡ ὑπαρξις ρήγματος, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς τὰς θέσεις ἐλαχίστης ἀντοχῆς τῶν πετρωμάτων λόγω συσσωρεύσεως ἐλαστικῶν τάσεων ἐκ τῆς φορτίσεως, προερχομένης ἐκ τῆς δράσεως τῶν ἐνδογενῶν καὶ ἐξωγενῶν δυνάμεων. Ἐν ἀρχῇ λόγῳ αὐτῶν δημιουργοῦνται μικρομεταθέσεις τινὲς τῶν ὑπογείων στρωμάτων καὶ μικροκατατάξεις αὐτῶν, μέχρις ὅτου ἀρχίσῃ νὰ ἀναλαμβάνῃ τὸ σῶμα αὐτῶν τὰς ἐπιβαλλομένας φορτίσεις. Ἐφ' ὅσον τὰ ἐπιβαλλόμενα φορτία ἀυξάνονται, ἀυξάνονται ἀντιστοιχῶς καὶ αἱ

* Α. Γαλανόπουλος 1961, σελ. 121.

έσωτερικαί τάσεις τῶν πετρωμάτων, μέχρις οὗ γίνῃ ὑπέρβασις τῆς ἀντοχῆς τοῦ ἀσθενεστέρου σημείου αὐτῶν καὶ ἐπέλθῃ ἡ θραύσις, ἀναπτυσσομένου ζεύγους διατμητικῶν δυνάμεων*. Ἡ διατάραξις αὐτῆ τῆς ἰσορροπίας προκαλεῖ σεισμικὴν δόνησιν.

Τὰ μεγέθη τῶν σεισμικῶν δονήσεων διαφέρουν τόσον πολὺ, ὥστε ἄλλοτε μὲν μία ἔδαφικὴ περιοχὴ νὰ δονῆται μὲ χαρακτηριστικὰ μόλις εὐδιάκριτα καὶ ἀπὸ τὰ πλέον εὐπαθῆ ὄργανα, ἄλλοτε δὲ νὰ μετακινήται τόσον ἰσχυρῶς, ὥστε νὰ ἔχουν παρατηρηθῇ τεράστια ἔδαφικὰ χάσματα (σχ. 2),



Σχ. 2.

δημιουργία ὑψομετρικῆς διαφορᾶς λόγω κατακορύφου ὀλισθήσεως, ἀπόσυρσις τῶν ὑδάτων τῆς θαλάσσης, ἢ καθίζησις τῆς ἀκτῆς.

Ἐκτὸς αὐτῶν ἔχουν παρατηρηθῇ τεράστια θαλάσσια σεισμικὰ κύματα, τὸ μεγαλύτερον ὕψος τῶν ὁποίων ἔχει φθάσει τὰ 226 μέτρα κατὰ τὸν σεισμὸν τῆς Ἀλάσκας τῆς 10 Ἰουλίου 1958. Οὕτω πλὴν τῶν ἀμέσων καταστροφῶν ἐκ σεισμοῦ ἔχομεν καὶ τὰς ἐμμέσους καταστροφάς, αἱ ὁποῖαι ἐν γένει παρατηροῦνται ἀμέσως μετὰ τὰς σεισμικὰς δονήσεις.

* C. Richter, 1958, σελ. 192.

Πλήν τῶν ἀνωτέρω ἔχομεν πρόκλησιν πυρκαϊῶν λόγῳ βραχυκυκλώσεως ἠλεκτρικῶν καλωδίων, θραύσεως ἀγωγῶν μεταφορᾶς καυσίμων, φωταερίου, θραύσιν τῶν δεξαμενῶν τῶν ὑδραγωγείων καὶ τοῦ δικτύου διανομῆς, καταστροφὴν τῶν τηλεπικοινωνιακῶν δικτύων, ὀδικῶν ἀρτηριῶν, γεφυρῶν, ἀκόμη δὲ χειρότερον καταστροφὴν φραγμάτων ὑδροηλεκτρικῶν ἔργων.

Τὸ κέντρον τῆς διαταράξεως τῆς ἰσορροπίας ὀνομάζομεν *σεισμικὴν ἔστιαν*. Ἡ κάθετος προβολὴ τῆς σεισμικῆς ἔστιας ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ἀποτελεῖ τὴν *ἐπικεντρικὴν περιοχὴν*, τὸ κέντρον τῆς ὁποίας εἶναι τὸ *σεισμικὸν ἐπίκεντρον*. Ἡ ἐπικεντρικὴ αὐτὴ περιοχὴ εἶναι ἐκείνη, ἢ ὁποία θὰ πρέπη νὰ δονῆται πρώτη καὶ μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἔντασιν, ἀπὸ τὰς ἄλλας περιοχάς, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται μακρύτερον. Ἡ μετάδοσις τῆς διαταράξεως ἐκ τῆς σεισμικῆς ἔστιας συντελεῖται ἀφ' ἑνὸς μὲν μέσῳ τῆς γῆινης μάζης, ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς. Σώματα, τὰ ὁποῖα προβάλλουν ἀντίστασιν κατὰ τὴν ἀλλαγὴν τοῦ ὄγκου των (εἶναι δυνατόν νὰ ἀναπτυχθοῦν ἐντὸς τοῦ σώματός των θλιπτικαὶ καὶ ἐφελκυστικαὶ δυνάμεις), μεταδίδουν τὴν διαταραχὴν διὰ δημιουργίας διαμήκων κυμάτων, ἐνῶ ἀντιθέτως σώματα, τὰ ὁποῖα προβάλλουν ἀντίστασιν κατὰ τὴν ἀλλαγὴν τοῦ σχήματός των (εἶναι δυνατόν νὰ ἀναπτύξουν διατμητικὰς δυνάμεις), μεταδίδουν τὴν διαταραχὴν δι' ἐγκαρσίων κυμάτων.

Ἐνα στερεὸν σῶμα, τὸ ὁποῖον προβάλλει ἀντίστασιν τόσον εἰς τὴν ἀλλαγὴν τοῦ ὄγκου του, ὅσον καὶ εἰς τὴν ἀλλαγὴν τοῦ σχήματός του, μεταδίδει ἔνεκα μιᾶς διαταραχῆς ἐντὸς τῆς μάζης του τόσον τὰ διαμήκη ὅσον καὶ τὰ ἐγκάρσια κύματα, ὡς ἀκριβῶς τοῦτο συμβαίνει μὲ τὰ φυσικὰ πετρώματα τὰ ἀποτελοῦντα τὸ στερεὸν τμῆμα τῆς γῆς. Ἐπειδὴ δὲ τὰ διαμήκη κύματα εἶναι ταχύτερα ἀπὸ τὰ ἐγκάρσια καὶ φθάνουν εἰς τὰς διαφόρους περιοχάς πρὶν ἀπὸ τὰ διαμήκη, διὰ τοῦτο λέγονται καὶ « P » κύματα (Primaе), ἐνῶ τὰ δευτέρα « S » κύματα (Secundae). Τὰ κύματα χώρου κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Huygens φθάνοντα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς δημιουργοῦν νέαν ἔστιαν διαδόσεως κυμάτων. Εἰς τὴν διαταρασσομένην ἐπιφάνειαν διαδίδονται τὰ κύματα ἐπιφανείας, τὰ ὁποῖα εἶναι δύο εἰδῶν :

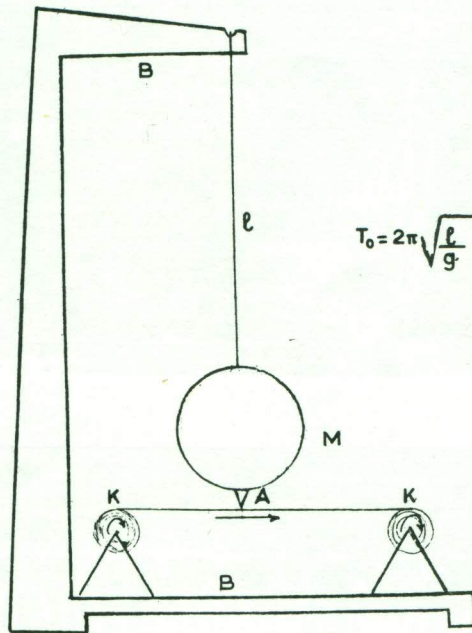
- 1) Κύματα Love.
- 2) Κύματα Rayleigh.

Ἀναλόγως τῆς σχετικῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν κατέχει ἓν σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ὡς πρὸς τὴν ἔστιαν τοῦ σεισμοῦ, δέχεται τὴν σεισμικὴν δόνησιν ὑπὸ διαφόρους διευθύνσεις. Οὕτω, δυνάμεθα νὰ ἀναλύσωμεν μίαν σεισμικὴν δόνησιν εἰς ὀριζόντιον καὶ κατακόρυφον συνιστώσαν. Παρατηροῦμεν δὲ * ὅτι εἰς τὴν ἐπικεντρικὴν περιοχὴν E ἔχομεν μόνον κατακόρυφον

* Γαλανόπουλος 1961, σελ. 18.

συνιστώσαν τῆς κινήσεως, ἐνῶ ὅσον ἀπομακρυνόμεθα αὐτῆς, τόσον αὐξάνει ἢ ὀριζόντιος συνιστώσα καὶ μειοῦται ἢ κατακόρυφος.

Διὰ τὴν καταγραφὴν τῶν ἐδαφικῶν τούτων δονήσεων χρησιμοποιοῦμεν διάφορα εἰδικὰ ὄργανα, τοὺς σεισμογράφους. Ἡ ἀρχή, εἰς τὴν ὁποίαν βασίζεται ἡ λειτουργία τῶν σεισμογράφων, εἶναι ἡ κάτωθι κατὰ τὸ σχ. 3 : Ἐστω ἄπλοῦν ἐκκρεμὲς εὐρισκόμενον ἐν ἀκινήσιᾳ. Ἐὰν κινήσωμεν ἐλαφρῶς τὴν βάσιν αὐτοῦ Β - Β, ἡ μᾶζα Μ θὰ παραμείνῃ ἀκίνητος ἐπ' ὀλίγον. Τόσον περισσότερον θὰ παραμείνῃ ἀκίνητος, ὅσον ἡ μᾶζα αὐτὴ ἔχει μεγαλύτεραν



Σχ. 3.

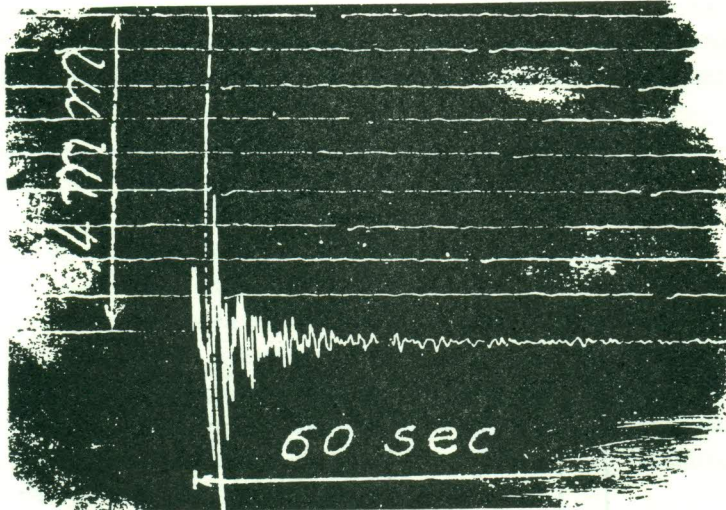
ἀδράνειαν, δηλαδὴ ἡ μᾶζα Μ εἶναι μεγαλύτερα καὶ ὅσον τὸ μήκος l εἶναι μεγαλύτερον. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἶναι δυνατόν νὰ λάβωμεν τὴν κίνησιν τῆς βάσεως Β διὰ τῆς ἀκίδος Α ἐπὶ ἐνὸς χάρτου Κ - Κ, ὁ ὁποῖος εἶναι δυνατόν καὶ νὰ κινῆται χρονικῶς

Ἐξέλιξις τοῦ ἄπλοῦ αὐτοῦ ὄργανου εἶναι οἱ σημερινοὶ πολύπλοκοι σεισμογράφοι, οἱ ὁποῖοι καταγράφουν ὑπὸ μεγέθυνσιν εἴτε τὰς ὀριζοντίους δονήσεις, εἴτε τὰς κατακόρυφους.

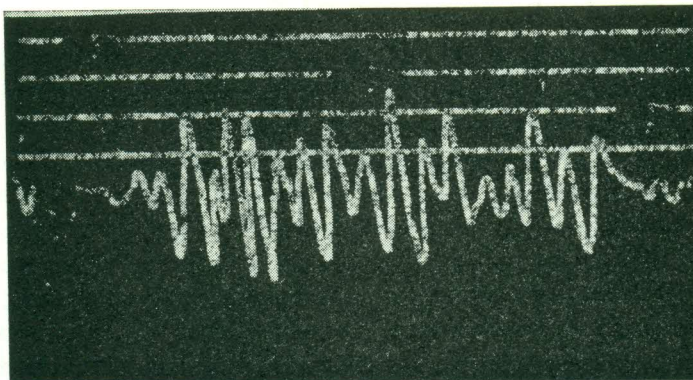
Εἰς τὰ σχ. 4, 5, 6 δίδονται μερικαὶ εἰκόνες αὐτῶν τῶν καταγραφῶν, αἱ ὁποῖαι λέγονται *σεισμογραφήματα*. Ἀναλόγως τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ σεισμογράφου καὶ τῆς ἐδαφικῆς κινήσεως εἶναι δυνατόν νὰ δίδεται ἀπὸ

τὸ ὄργανον εἴτε τὸ διάγραμμα τῆς ἐν χρόνῳ ἔδαφικῆς μετακινήσεως, εἴτε τῆς ἔδαφικῆς ἐπιταχύνσεως.

Τὸ πρῶτον σχῆμα 4 δίδει συναρτήσεϊ τοῦ χρόνου τὴν ὀριζόντιον ἔδαφικὴν μετακίνησιν, ὅπως αὕτη κατεγράφη ὑπὸ τῶν σεισμογράφων τοῦ



Σχ. 4.



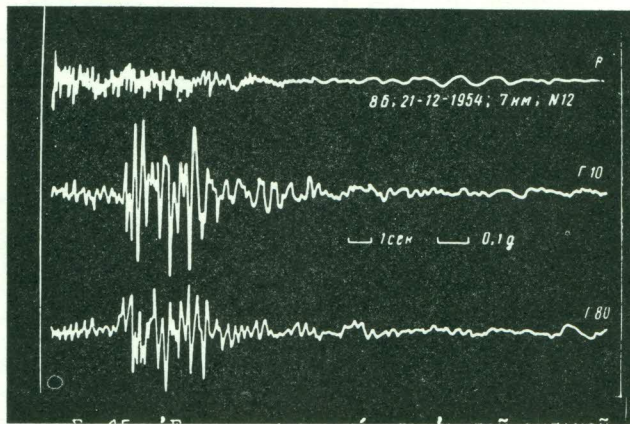
Σχ. 5.

Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν διὰ τὸν σεισμόν τῆς 3ης Ἀπριλίου 1965 μὲ ἐπίκεντρον τὴν Μαλακάσαν. Διακρίνομεν τὸ μέγιστον ἡμιεῦρος τοῦ κραδασμοῦ, τὸ ὁποῖον φθάνει τὰ 0,5 χλσ καὶ μίαν μέσην περίοδον $T_0 = 0,37$ δλπ. Τὴν ὀνοματολογίαν αὐτὴν τὴν δανειζόμεθα ἀπὸ τὸν ἡμιτονικὸν κραδασμόν, ὁ ὁποῖος, ὡς γνωστόν, ἔχει τὸ μέγιστον ἡμιεῦρος a , τὴν περίοδον T_0

καὶ τὴν γωνιακὴν ταχύτητα $\beta = \frac{2\pi}{T_0}$. Ἡ ἐξίσωσις ὡς γνωστὸν τῆς ἡμιτονικῆς κινήσεως εἶναι $\zeta = a \cdot \eta \mu \beta t$, τῆς ταχύτητος $\dot{y} = a \beta \sigma \nu \beta t$ καὶ τῆς ἐπιταχύνσεως $\ddot{y} = -a \beta^2 \eta \mu \beta t = -\beta^2 \cdot y$.

Τὸ δεύτερον σχῆμα 5 δίδει πάλιν τὰς ὀριζοντίους ἐδαφικὰς μετακινήσεις ἀπὸ τὸ αὐτὸ Ἀστεροσκοπεῖον μὲ ἐπίκεντρον τὴν Σκόπελον διὰ τὸν σεισμὸν τῆς 9ης Μαρτίου 1965.

Τὸ σχῆμα 6 δίδει τὰς ὀριζοντίους ἐδαφικὰς ἐπιταχύνσεις, δι' ἓνα ἕτερον σεισμόν. Ἐδῶ διακρίνομεν τὴν μεγίστην ἐδαφικὴν ἐπιτάχυνσιν ἐκπε-



Σχ. 6.

φρασμένην εἰς ποσοστὸν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος καὶ μίαν μέσην συχνότητα τοῦ κραδασμοῦ.

Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι ἴση περίπου πρὸς $10 \mu / \delta \lambda \pi^2$. Ἐπομένως, συμφώνως πρὸς τὴν ἀναγεγραφομένην κλίμακα διὰ τὸ σχῆμα 6 Γ 10 θὰ ἔχωμεν: μεγίστην ἐπιτάχυνσιν = $0,14 \text{ g} = 0,14 \times 10 = 1,4 \mu / \delta \lambda \pi^2$.

Τὰ σειсмоγραφήματα αὐτὰ δίδουν τὰς ὀριζοντίους ἐδαφικὰς κινήσεις καὶ μόνον, διότι αὐταὶ εἶναι ἐκεῖναι, αἱ ὁποῖαι μᾶς ἐνδιαφέρουν καὶ αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν τὰς περισσοτέρας καταστροφάς.

Πράγματι ἐν γένει αἱ κατασκευαὶ καὶ αἱ παντὸς εἴδους οἰκοδομαὶ κατασκευάζονται μὲ τὸν σκοπὸν, ὅπως ἀναλάβουν τὰ κατακόρυφα φορτία καὶ τὰ μεταφέρουν ἀσφαλῶς εἰς τὸ ἔδαφος (πλὴν τῶν περιπτώσεων φραγμάτων, ἀντιπλημμυρικῶν ἀναχωμάτων, τοίχων ἀντιστηρίξεως, κρηπιδωμάτων κ.λ.π.). Μία δὲ κατακόρυφος ἐδαφικὴ δόνησις διὰ κατασκευὰς συνήθους ἀνοίγματος ὀριζοντίων φορέων ἀπλῶς ἀυξάνει τὰ κατακόρυφα φορτία κατὰ τὸ μέ-

γεθος τῆς ἐπιταχύνσεως γ τῆς κινήσεως. Ἐπειδὴ δὲ εἶναι ἐναλλασσομένη ἢ δόνησις, οἱ στῦλοι, οἱ ὁποῖοι στηρίζουν τὰς μάζας m_i , θὰ θλίβωνται ὑπὸ τῆς μεταβαλλομένης δυνάμεως $F_i' = m_i (g \pm \gamma)$. Ἐὰν δὲ ἡ σεισμικὴ ἐπιτάχυνσις εἶναι μικροτέρα τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος, τότε λόγω τῆς κατακόρυφου σεισμικῆς συνιστώσεως θὰ ἔχωμεν ποσοτικὴν αὐξησιν τῆς κατακόρυφου ἐπιβαρύνσεως κατὰ ἓνα ποσοστὸν πέραν τοῦ ὑπολογισθέντος. Διὰ συνήθεις μέχρι τοῦδε περιπτώσεις σεισμῶν ἢ ἐπὶ πλέον κατακόρυφος ἐπιβάρυνσις δύναται νὰ ἀντιμετωπισθῇ διὰ τῶν συντελεστῶν ἀσφαλείας, μὲ τοὺς ὁποῖους ὑπολογίζονται ὄλαι αἱ κατασκευαί. Τοῦτο βεβαίως ἰσχύει διὰ τὰς συνήθεις περιπτώσεις, ὅπου ἡ κατακόρυφος ἐπιτάχυνσις τῆς σεισμικῆς συνιστώσεως



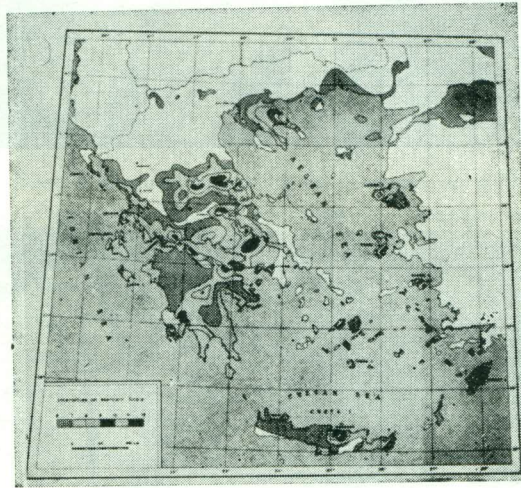
Σχ. 7.

εἶναι μικρὸν ποσοστὸν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος, ὄχι ὅμως διὰ περιπτώσεις ὅπου ἡ κατακόρυφος ἐπιτάχυνσις εἶναι μεγαλυτέρα αὐτῆς (σχ. 7)*, καὶ ἐπομένως ἔχωμεν ὄχι μόνον ποσοτικὴν, ἀλλὰ καὶ ποιοτικὴν μεταβολὴν τῆς σεισμικῆς ἐπιβαρύνσεως. Πράγματι διὰ $\gamma > g$ ἀντὶ θλιπτικοῦ φορτίου θὰ παρουσιασθῇ τότε ἐφελκυστικόν. Αἱ περιπτώσεις ὅμως αὐταὶ εἶναι ἐξεζητημέναι καὶ σπάνια, διότι, ὡς ἀνωτέρω εἴπομεν, ἡ κατακόρυφος συνιστώσα συνήθως εἶναι πολὺ μικρά, ἐξαιρέσει βεβαίως τῆς ἐπικεντρικῆς περιοχῆς.

Οὕτω λοιπὸν κατὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς συνήθων κατασκευῶν ἵνα καταστήσωμεν αὐτὰς ἀνθεκτικὰς ἔναντι σεισμικῶν ἐπιβαρύνσεων λαμβάνομεν

* C. Richter, 1958, σελ. 51.

ὕπ' ὄψιν μόνον τὴν ὀριζοντίαν συνιστῶσαν τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ. Τὸ μέγεθος τοῦ σεισμικοῦ αὐτοῦ κραδασμοῦ δίδεται ἀμέσως ἢ ἐμμέσως ὑπὸ τοῦ κρατικοῦ « Ἀντισεισμικοῦ Κανονισμοῦ » ἐκάστης χώρας. Εἰς τὸν Πίνακα « Α » δίδονται αἱ τιμαὶ τῶν ὀριζοντίων σεισμικῶν ἐπιταχύνσεων αἱ ἰσχύουσαι διὰ τὰς διαφόρους γεωγραφικὰς περιοχὰς τῆς χώρας μας, ἀντίγραφον τοῦ ἰσχύοντος Ἑλληνικοῦ « Ἀντισεισμικοῦ Κανονισμοῦ ». Ὁ Πίναξ αὐτὸς ἔχει ἐξαχθῆ ἀπὸ τὸν σεισμικὸν χάρτην τῆς Ἑλλάδος (σχ. 8), ὁ ὁποῖος δίδει τὴν σεισμικότητα ἐκάστης ἐδαφικῆς περιοχῆς, ἥτις ἀνταποκρίνεται εἰς τὴν ἔντασιν τῶν σεισμῶν, οἱ ὁποῖοι μέχρι σήμερον ἔχουν συμβῆ. Ἡ ἔντασις ἐνὸς σεισμοῦ καθορίζεται ἀπὸ τὰς καταστροφάς, τὰς ὁποίας οὗτος ἔχει προκαλέσει, συνδέεται δὲ αὕτη μὲ τὴν μεγίστην ὀριζοντίαν ἐπιτάχυνσιν καὶ τὸ μέγιστον ἡμιᾶρος κατὰ τὴν 12-βάθμιον κλίμακα Sieberg..

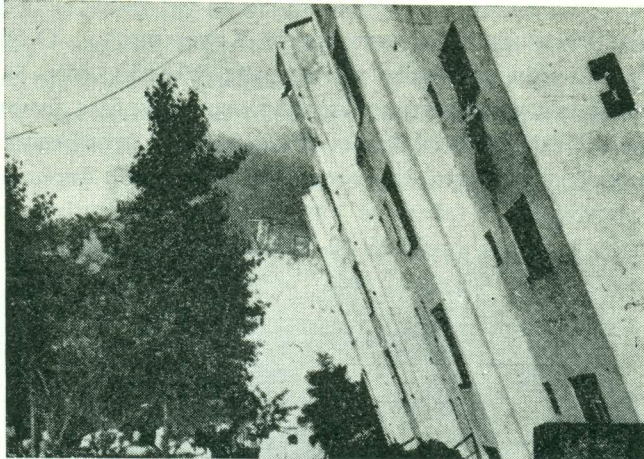


Σχ. 8.

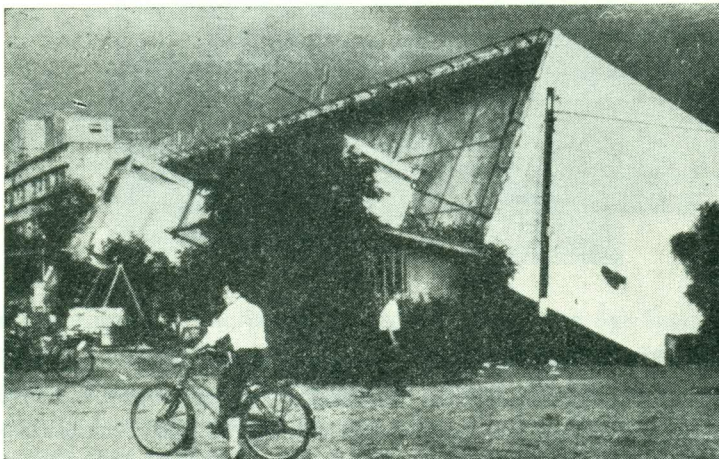
Ὅταν ὡς ἀνωτέρω λέγωμεν ὅτι ὑπολογίζομεν μίαν κατασκευὴν, ἵνα καταστῆ αὕτη ἀνθεκτικὴ ἔναντι σεισμικῶν ἐπιβαρύνσεων, ἐννοοῦμεν ὅτι ἐκτελοῦμεν « ἀντισεισμικὸν ὑπολογισμόν » τῆς ὑπ' ὄψιν κατασκευῆς. Ἐφ' ὅσον δὲ αὕτη κατασκευασθῆ πρεπόντως καὶ συμφώνως πρὸς τὴν μελέτην, τηρηθῶν δὲ οἱ ὅροι τῆς ὀρθῆς δομήσεως, τότε ἡ κατασκευὴ αὕτη καθίσταται « ἀντισεισμικὴ ».

Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ θὰ ἠθέλομεν νὰ τονίσωμεν ὅτι ἄκρως ἀντισεισμικὴ κατασκευὴ δὲν ὑπάρχει, οὔτε εἶναι δυνατὸν νὰ κατασκευασθῆ, διότι καὶ εἰς τὴν ἀκροτάτην περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ κατασκευάζαμεν μίαν λίαν ἀνθεκτικὴν ἀνωδομήν, θὰ ὑπῆρχε κίνδυνος νὰ ἀνατραπῆ αὕτη ἐκ τῶν θεμε-

λίων της (σχ. 9,9α) *. Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως δὲ τῆς ἐν γένει οἰκονομίας δὲν εἶναι ὀρθὸν νὰ ἐπιζητοῦμεν νὰ κατασκευάσωμεν ἄκρως ἀντισεισμικὰς κατασκευάς, αἱ ὁποῖαι νὰ ἀνθίστανται εἰς οἰουδήποτε μεγέθους σεισμόν. Βασι-



Σχ. 9.



Σχ. 9α.

κὸς ἄλλωστε ὅρος τοῦ ἀντισεισμικοῦ ὑπολογισμοῦ εἶναι ἡ οἰκονομικότης τῆς κατασκευῆς, ἢ, ὅπερ τὸ αὐτό, ὑπὸ τὴν ἰδίαν δαπάνην, πῶς εἶναι δυνατὸν

* Niigata earthquake 16.6.64, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering Japan/Febr. 65.

μία μέλλουσα κατασκευή, να καταστή περισσότερον ἀντισεισμική. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ σημεῖον ἔρχεται νὰ βοηθήσῃ καὶ διὰ τὸν σκοπὸν κυρίως αὐτὸν ἐργάζεται καὶ ἐρευνᾷ τὸ προσωπικὸν τοῦ Ἐργαστηρίου «Στατικῆς καὶ Ἀντισεισμικῶν Ἐρευνῶν» τοῦ Ε.Μ.Π. με ἐπικεφαλῆς τὸν Διευθυντὴν τοῦ Ἐργαστηρίου καθηγητὴν καὶ νῦν Ἀντιπρύταριν κ. Ε. Κοκκινόπουλον. Λεπτομερέστερον δὲ ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἀπασχολεῖ βασικῶς τὴν διεξαγομένην ἐρευναν, εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τῆς ἐντάσεως μιᾶς κατασκευῆς ὅσον τὸ δυνατὸν πλησιέστερον πρὸς τὴν πραγματικότητα. Ὅταν λοιπὸν ὑπολογισθῇ ἡ πραγματικὴ κατανομὴ τῆς ἐντάσεως ἐντὸς τοῦ σώματος μιᾶς κατασκευῆς κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς σειμοῦ, τότε νομίζομεν ὅτι τὸ πρόβλημα ἐλύθη. Ἐπὶ πλέον δὲ ἐνδιαφέρει ἡ ποιοτικὴ κατανομὴ τῆς ἐντάσεως καὶ ἡ ἰσόποσος καταπύνησις τῶν διαφόρων μελῶν τῆς κατασκευῆς. Τοῦτο παίξει τὸν πρωτεύοντα ρόλον διὰ τὴν ἀντισεισμικότητα αὐτῆς.

Πράγματι ἔστω μία κατασκευή, ἡ ὁποία ἐμελετήθη καὶ κατεσκευάσθη οὕτως, ὥστε νὰ ἀντέχῃ εἰς ἓνα σεισμὸν μιᾶς δεδομένης ἐντάσεως. Ἐστω δὲ ὅτι ἔχει ὑπολογισθῇ κατ' αὐτὸν τὸν τέλειον τρόπον, ὥστε τὰ μέλη τῆς κατασκευῆς νὰ καταπονοῦνται ὅλα ὁμοίως, δηλαδὴ ὁ λόγος τῶν ἀναπτυσσομένων τάσεων πρὸς τὰς τάσεις ἐξαντλήσεως τῆς ἀντοχῆς των νὰ εἶναι παντοῦ ὁ αὐτός. Τότε ἡ κατασκευὴ αὐτὴ θὰ δύναται νὰ ἀνθέξῃ καὶ εἰς κατὰ πολὺ ἰσχυρότερον σεισμὸν, ἀπὸ αὐτὸν διὰ τὸν ὁποῖον ὑπελογισθῇ, ἐφ' ὅσον βεβαίως λόγῳ τοῦ νέου σειμοῦ προκληθῇ ποιοτικῶς ὁμοία ἔντασις πρὸς τὴν ὑπολογισθεῖσαν.

Τοῦτο διότι, ὅταν αὐξάνεται χρονικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σειμοῦ ἡ ἔντασις εἰς τὰ διάφορα μέλη τῆς κατασκευῆς, θὰ αὐξάνεται παντοῦ ὁμοίως. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὀλόκληρος ἡ κατασκευὴ συμμετέχει ἰσοπόσως εἰς τὴν ἀνάληψιν τῆς σεισμικῆς ἐπιβαρύνσεως. Ἐνῶ ὁ μὴ ἀνταποκρινόμενος εἰς τὴν πραγματικότητα ἀντισεισμικὸς ὑπολογισμὸς θὰ εἶχεν ὡς συνέπειαν τὴν δημιουργίαν εἰς τὴν κατασκευὴν ἄλλων τμημάτων λίαν ἐπιπονουμένων καὶ ἄλλων ὄχι. Οὕτω λοιπὸν, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, ἡ ἀναπτυσσομένη ἔντασις εἰς τὰ περιορισμένα τμήματα τῆς κατασκευῆς εἶναι κατὰ πολὺ ἀνωτέρα ἀπὸ τὴν ἔντασιν, ἡ ὁποία διανέμεται ἰσοπόσως εἰς ὀλόκληρον τὴν κατασκευὴν. Δι' αὐξήσιν δὲ τῆς σεισμικῆς ἐπιβαρύνσεως πιθανῶς νὰ ἔχωμεν ὑπέρβασιν τῆς ἀντοχῆς τῶν πλέον καταπονουμένων μελῶν. Οὕτω λοιπὸν δὲν θὰ ἀντιδροῦν ταυτοχρόνως ὅλα τὰ μέλη τῆς κατασκευῆς ἐναντι τῆς σεισμικῆς δράσεως καὶ ἡ προβαλλομένη ἀντίστασις θὰ μειοῦται συνεχῶς, διότι ὀλοὲν καὶ περισσότερα μέλη τῆς κατασκευῆς θὰ ἔχουν παύσει νὰ παραλαμβάνουν τὰς σεισμικὰς φορτίσεις.

Ὅταν ὅμως ἔχει γίνῃ ἡ κανονικὴ ἐκτίμησις τῆς κατανομῆς τῆς ἐντάσεως, ὅπως θὰ συμβῇ αὕτη εἰς τὴν πραγματικότητα, τότε τὸ σῶμα τῆς κατασκευῆς ἀντιδρᾷ ὡς ἑνιαῖον σύνολον, χωρὶς νὰ παρατηροῦνται μεμονωμένοι

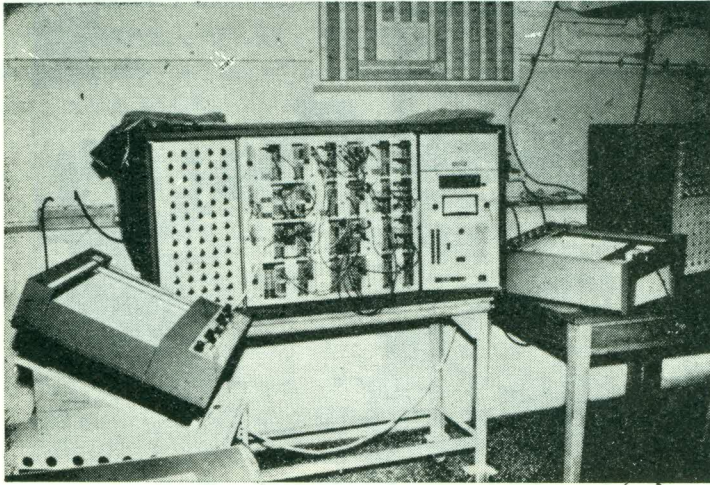
υπερβάσεις τῆς ἀντοχῆς τῶν διαφόρων μελῶν αὐτῆς. Οὕτω ἡ σεισμικὴ δρᾶσις παραλαμβάνεται ἀπὸ ὅλα τὰ μέλη τῆς κατασκευῆς ἰσομερῶς καὶ ἡ προβολομένη τότε ὑπ' αὐτῆς ἀντίστασις θὰ εἶναι πολὺ μεγαλύτερα. Διὰ συνεχιζομένην αὐξήσιν τῆς σεισμικῆς δράσεως τὰ μέλη τῆς κατασκευῆς πιθανῶς νὰ ἀρχίσουν νὰ πλαστικοποιῶνται ὅλα μαζί, ὅποτε κατὰ πᾶσαν πιθανότητα ἡ κατασκευὴ δὲν θὰ καταρρεύσῃ. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν τοῦ μὴ προσηρμοσμένου πρὸς τὴν πραγματικότητα ἀντισεισμικοῦ ὑπολογισμοῦ αἱ βλάβαι εἶναι βέβαιαι. Πρέπει λοιπὸν ὁ ἐκτελούμενος ἀντισεισμικὸς ὑπολογισμὸς νὰ δίδῃ ὅσον τὸ δυνατόν καλυτέραν εἰκόνα τῆς πραγματικῆς κατανομῆς τῆς ἐντάσεως εἰς μίαν κατασκευὴν λόγῳ τῆς σεισμικῆς ἐπενεργείας. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ θέμα ὀφείλομεν νὰ ἀναφέρωμεν τὴν πρωτοποριακὴν ἐργασίαν τοῦ Διευθυντοῦ τοῦ Ἐργαστηρίου μας κ. Ε. Κοκκινοπούλου ὑπὸ τὸν τίτλον : « Προσεγγιστικὸς Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς Πολυωρόφων Συστημάτων », ὅπου εἰσάγεται ἡ ἔννοια τῆς δυναμικῆς συμπεριφορᾶς τῶν κατασκευῶν ἔναντι σεισμικῆς διεγέρσεως. Διὰ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς ἀντιμετωπίσθη τὸ ὅλον ἀντισεισμικὸν πρόβλημα ὑπὸ τὴν πραγματικὴν του μορφήν καὶ ἐτέθησαν ὑγιεῖς βάσεις διὰ τὴν περαιτέρω του ἐξέλιξιν. Οὕτω ἀπὸ τοῦ 1962, ὅτε ἐξεδόθη ἡ ὡς ἄνω μελέτη, μέχρι σήμερον ἐγένοντο πολλαὶ πρόοδοι ἐπὶ τοῦ θέματος αὐτοῦ εἰς τὸ Ἐργαστήριον « Στατικῆς καὶ Ἀντισεισμικῶν Ἐρευνῶν » τοῦ Ε.Μ.Π., ὅπου συνεχίζονται αἱ ἔρευναι καὶ ἔχουν δημοσιευθῆ εἰς πολλὰ ἐπιστημονικὰ περιοδικὰ μερικαὶ ἐκ τῶν γενομένων ἐρευνῶν καὶ μελετῶν, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν μεγάλην ἀπήχησιν εἰς τὰ ἀντίστοιχα Ἐρευνητικὰ Ἐργαστήρια τοῦ Ἐξωτερικοῦ. Ὅπως δὲ προβλέπεται, ἐπὶ ἀρκετὰ ἔτη ἀκόμη θὰ ἀποτελῆ τὸ κύριον θέμα ἀπασχολήσεως τοῦ ἡμετέρου Ἐργαστηρίου λόγῳ τοῦ ἐνδιαφέροντος, τῆς διεθνoῦς ἐπικαιρότητος καὶ σπουδαιότητος, τὴν ὁποίαν τὸ ἀντισεισμικὸν πρόβλημα κατέχει.

Τὰ βασικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα ἐξυπηρετοῦν τὴν ὅλην ἔρευναν εἰς τὸ ἡμέτερον Ἐργαστήριον, εἶναι ἓνα συγκρότημα ἐκ δύο ἠλεκτρονικῶν ἀναλογικῶν ὑπολογιστῶν τύπου TR - 48 (σχ. 10), (οἱ ὁποῖοι εἶναι δυνατόν νὰ συνεργασθοῦν δι' ἐπίλυσιν πολυπλόκων προβλημάτων), ἐφωδιασμένων μετὰ δύο συσκευῶν καταγραφῆς τῶν ἀποτελεσμάτων, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία δύναται νὰ μετατραπῆ εἰς συσκευὴν ἀναγνώσεως συναρτήσεων (Function Generator), (σχ. 11).

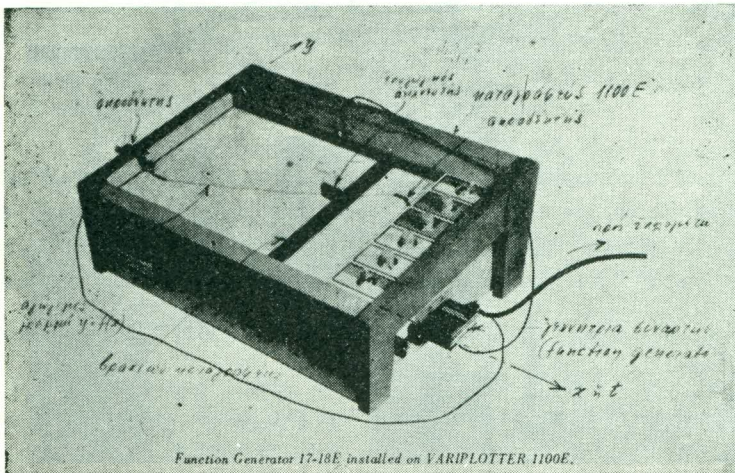
Ἐκτὸς αὐτῶν διατίθεται καὶ μία σεισμικὴ τράπεζα (σχ. 12). Δι' αὐτῆς εἶναι δυνατόν νὰ ἀναπαραγάγωμεν ἓνα σεισμικὸν κραδασμὸν καὶ μέσῳ ἑνὸς ὁμοιώματος τῆς πραγματικῆς κατασκευῆς δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν ἐντὸς τοῦ χώρου τοῦ Ἐργαστηρίου, ὑπὸ ἰδανικᾶς συνθήκας παρατηρήσεως, τὰς διαφόρους ἐπιπτώσεις, τὰς ὁποίας προκαλοῦν οἱ κατὰ βούλησιν ἀναπαρα-

γόμενοι σεισμικοί κραδασμοί εις τὸ ὁμοίωμα τοῦτο καὶ ἐξ αὐτοῦ εις τὴν πραγματικὴν κατασκευὴν.

Βοηθητικὴ συσκευὴ εἶναι ἡ τῆς φωτοελαστικότητος (σχ. 13), ἥτις



Σχ. 10.

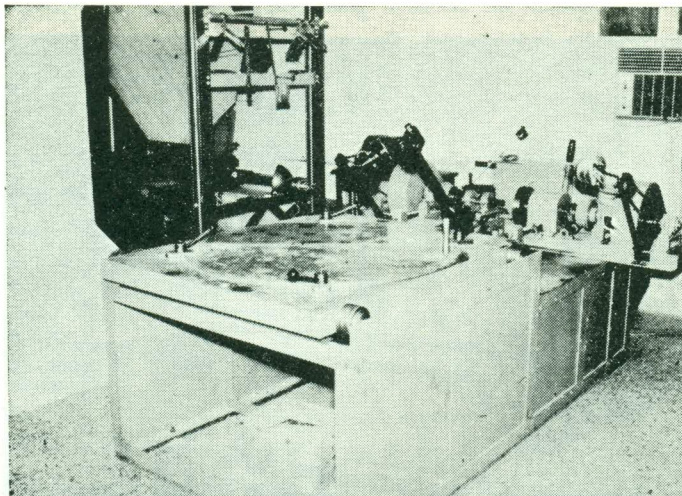


Σχ. 11.

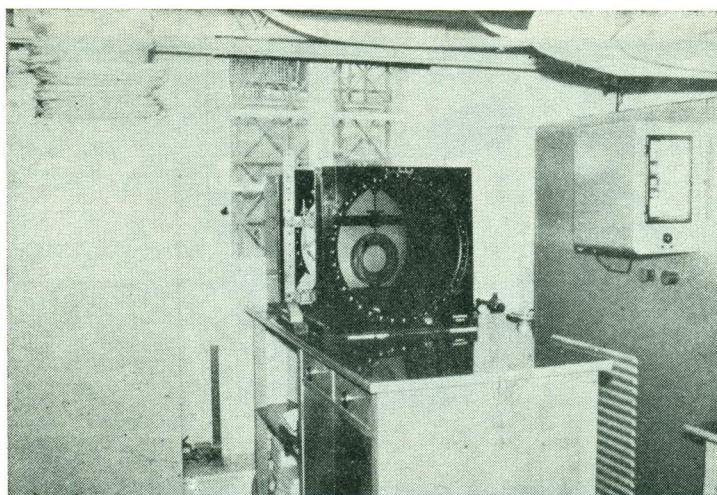
βοηθεῖ εἰς τὸν προσδιορισμὸν τῆς ἐπιπέδου ἐντατικῆς καταστάσεως μιᾶς κατασκευῆς λόγῳ στατικῆς φορτίσεως.

Βασικὴ ἀρχὴ τοῦ ὡς ἄνω « Δυναμικοῦ Ἀντισεισμικοῦ Ὑπολογισμοῦ »

είναι ότι κατά την διάρκεια ενός σεισμικού κραδασμού ή κατασκευή ταλαντωτά. Η έντασις δέ, ή όποία δημιουργείται εις την κατασκευήν λόγω του



Σχ. 12.



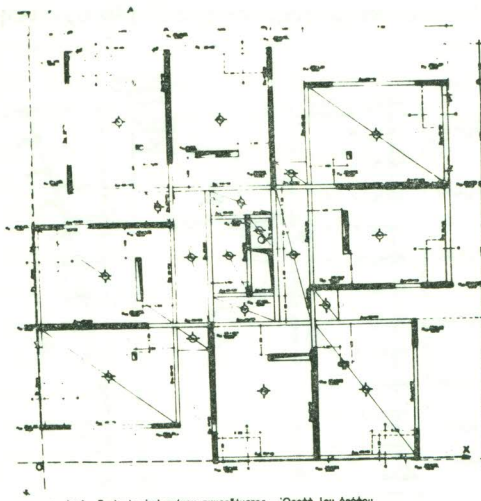
Σχ. 13.

σεισμικού κραδασμού, εξαρτάται και μόνον από την ταλαντωτική της συμπεριφοράν.

Είς τα κατωτέρω θα προσπαθήσωμεν να δώσωμεν μίαν εικόνα του πώς

εκτελείται εἰς « Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς », ὡς ἐπίσης καὶ τὰ διάφορα στάδια τοῦ ὑπολογισμοῦ τὰ ὁποῖα διακρίνομεν.

Δίδεται πρῶτον ὁ στατικὸς ὑπολογισμὸς ὡς καὶ ἡ πλήρης καὶ σαφὴς διάταξις τοῦ φέροντος ὀργανισμοῦ, ὡς π.χ. κατὰ τὸ σχ. 14. Εἰς αὐτὸ τὸ σχῆμα δεῖκνύεται ἡ κάτοψις τοῦ 1ου ὀρόφου μετὰ τῶν ἀντιστοιχῶν ὑποστυλωμάτων ἐνὸς 12ωροῦ κτηρίου εἰς τὴν περιοχὴν Δουργούτιου, τὸ ὁποῖον ἐμελετήθη ἀντισεισμικῶς εἰς τὸ Ἔργαστήριον « Στατικῆς καὶ Ἀντισεισμικῶν Ἐρευνῶν » τοῦ Ε.Μ.Π.



Σχ. 14 Στελετὸς ὑποστυλωμάτων ἀνεμοδρόμου — Ὄροφὴ 1ου ὀρόφου.

Σχ. 14.

Ὡς πρῶτον στάδιον τοῦ « Δυναμικοῦ Ἀντισεισμικοῦ Ὑπολογισμοῦ » ἔχομεν τὴν συγκέντρωσιν τῶν δοθεισῶν μαζῶν εἰς τὰς μέσας στάθμας τῶν ὀρόφων, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς ὅλα τὰ νεκρὰ καὶ τὰ ὠφέλιμα φορτία τοῦ ἀντιστοιχοῦ ὀρόφου. Ἐὰν δὲ G εἶναι τὸ συνολικὸν κατ' ὀροφον φορτίον,

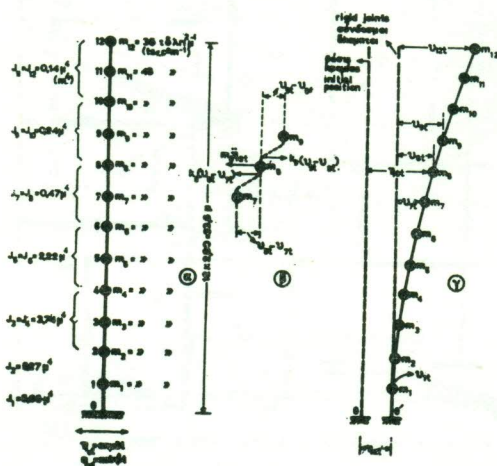
ἡ ἀντίστοιχος μάζα θὰ εἶναι : $m = \frac{G}{g}$, ἔνθα g εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύ-

τητος ἴση περίπου πρὸς $10 \mu. \delta \lambda \pi^{-2}$. Αἱ μάζαι αὗται συνδέονται δι' ἰδεατῶν ὑποστυλωμάτων, ἢ, ὡς ἄλλως λέγομεν, δι' ἐλαστικῶν συνδέσμων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐξιδανικεύομεν τὸ πολυώροφον κτήριόν μας πρὸς ἓνα ἐλαστικὸν σύστημα ὡς αὐτὸ τοῦ σχήματος 15α, ἐνῶ εἰς τὸ σχ. 15γ δίδεται μία μορφή, ὑπὸ τὴν ὁποῖαν εἶναι δυνατὸν νὰ ταλαντωθῇ τὸ ἰδεατὸν σύστημα.

Ἡ κατασκευὴ ὁμοῦ προβάλλει ἀντίστασιν εἰς ἐπιβολὴν τινα ὀριζοντίων φορτίων ἐπ' αὐτῆς. Δηλαδὴ τόσον τὰ ἐν ὀριζοντίῳ ἐννοίᾳ, ὅσον καὶ τὰ ἐν κατακορῷφῳ ἐννοίᾳ στοιχεῖα τῆς κατασκευῆς, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς

ελαστικούς συνδέσμους αυτής, αντιδρούν κατά την σχετική μετακίνησιν ενός σημείου ως πρὸς τὰ ὑπόλοιπα. Πρὸς τὸ παρὸν δὲ θεωροῦμεν ὅτι εὐρισκόμεθα εἰς τὴν ἐλαστικὴν περιοχὴν, δηλαδὴ ὅτι ἡ προβαλλομένη ὑπὸ τῶν συνδέσμων ἀντίδρασις εἶναι ἀνάλογος τῆς ὡς ἄνω μετακινήσεως.

Οὕτω δημιουργεῖται τὸ δεύτερον στάδιον τοῦ ἀντισεισμικοῦ ὑπολογισμοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον καθορίζομεν τὴν ἔναντι ὀριζοντιῶν φορτίων προβαλλομένην ἀντίστασιν τῆς κατασκευῆς μας, ἢ, ὡς ἄλλως λέγομεν, προσδιορίζομεν τὴν ἀκαμψίαν αὐτῆς. Διὰ τὴν προσδιορισθῆ ἡ ἀκαμψία αὕτη ἀρκεῖ νὰ προσδιορισωμεν ὅλας τὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι πρέπει νὰ δράσουν εἰς τὰς στάθμας 1, 2... i,..... ν τοῦ ν/ωρόφου συστήματος, ἵνα προκληθῆ σχετικὴ μοναδιαία μετά-



Σχ. 15.

θεσις μιᾶς στάθμης π.χ. τῆς i ὡς πρὸς τὰς γειτονικὰς τῆς $i-1$ καὶ $i+1$, ἐνῶ ὅλαι αἱ ἄλλαι στάθμαι εἶναι ἀμετάθετοι. Αἱ μεταθέσεις αὐταὶ καὶ ἡ βάσει αὐτῶν προσδιοριζομένη ἀκαμψία τῆς κατασκευῆς ἀναφέρονται εἰς τὴν μίαν ἐκ τῶν δύο κυρίων διευθύνσεων κάμψεως αὐτῆς x ἢ ψ (σχ. 14). Εἰς τὸν ἀντισεισμικὸν ὑπολογισμὸν θεωροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ συμπίπτει πρῶτον πρὸς τὴν μίαν ἐκ τῶν ὡς ἄνω δύο κυρίων διευθύνσεων. Κατόπιν δὲ ἐκτελεῖται ὁ κατὰ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς τρόπον ἀντισεισμικὸς ὑπολογισμὸς, διὰ σύμπτωσιν τῆς διευθύνσεως τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ πρὸς τὴν ἐτέραν διεύθυνσιν τοῦ κτηρίου. Ἐὰν ἡ διεύθυνσις δράσεως δὲν συμπίπτῃ πρὸς μίαν ἐκ τῶν ὡς ἄνω δύο κυρίων διευθύνσεων κάμψεως, τότε δυνάμεθα νὰ ἀναλύσωμεν αὐτὴν εἰς δύο συνιστώσας κατὰ τὰς ὡς ἄνω δύο κυρίας διευθύνσεις.

Εἰς τὸ προκείμενον ἐξετάζομεν τὴν μίαν κυρίαν διεύθυνσιν κάμψεως.

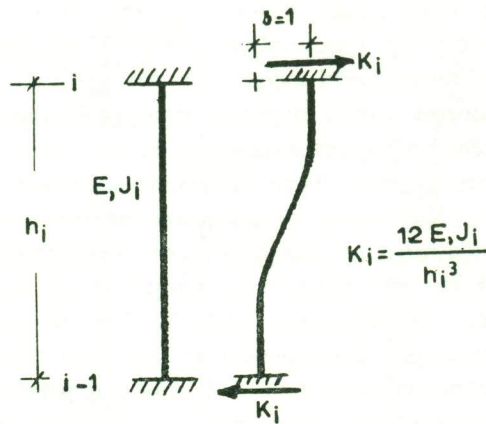
Κατ' αὐτὴν διὰ κάθε στάθμην i ἐκ τῶν n ἀπαιτοῦνται n δυνάμεις, ἄρα διὰ τὰς n στάθμας ἀπαιτεῖται ὁ προσδιορισμὸς $n \times n$ δυνάμεων, χαρακτηρίζουν δὲ αὐταὶ καὶ μόνον τὴν ἀκαμψίαν τῆς κατασκευῆς καὶ ὡς ἐκ τούτου καλοῦνται *δεικταὶ ἀκαμψίας*.

Πολλοὶ εἶναι αἱ μέθοδοι, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῶν δεικτῶν ἀκαμψίας, ἐξαρτῶνται δὲ ἐκ τῆς σχέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχουν αἱ ἀκαμψίαι τῶν ὀριζοντίων στοιχείων τῆς κατασκευῆς ὡς πρὸς τὴν ἀκαμψίαν τῶν κατακορύφων στοιχείων αὐτῆς. Δὲν θὰ ἐπεκταθῶμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν ὅλων τῶν θεωριῶν, ἀλλὰ θὰ ἀναφέρωμεν μόνον τὴν θεωρίαν, ἣ ὁποία δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ, εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ ὀριζόντια στοιχεῖα παρουσιάζουν πολὺ μεγαλυτέραν ἀκαμψίαν ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀκαμψίαν, τὴν ὁποίαν ἐμφανίζουν τὰ ὑποστυλώματα. Τοῦτο θὰ ὀφείλεται πρῶτον μὲν εἰς τὴν μεγαλυτέραν ροπὴν ἀδρανεΐας, τὴν ὁποίαν θὰ ἐμφανίζουν αἱ ὀριζόντιοι δοκοὶ ἔναντι τῆς τῶν ὑποστυλωμάτων κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κάμψεως αὐτῶν συνεπεῖα σεισμικοῦ κραδασμοῦ, δεύτερον δὲ τὰ ἀνοίγματα τῶν ὀριζοντίων δοκῶν δὲν θὰ εἶναι πολὺ μεγάλα ὡς πρὸς τὸ ὕψος τῶν ὑποστυλωμάτων. Αὐτὴ ἡ θεώρησις εἶναι πλέον συνήθης διὰ κοινὰς κατασκευάς. Κατ' αὐτὴν τὰ πράγματα ἀπλουστεύονται, διότι θεωροῦμεν ὅτι τὰ ὀριζόντια στοιχεῖα ἀποτελοῦν ἀστρέπτους πακτώσεις τῶν ὑποστυλωμάτων. Κατὰ τὴν ταλάντωσιν ἐπομένως θὰ ἔχωμεν μόνον ὀριζοντίους μεταθέσεις τῶν διαφόρων σταθμῶν ἄνευ στροφῆς τινος αὐτῶν. Λόγω τῆς πακτώσεως τῶν κατακορύφων στύλων κατὰ τὰς ὀριζοντίους στάθμας, ὅταν μετακινήσωμεν κατὰ $\delta_i = +1$ τὴν στάθμην i ὡς πρὸς τὰς γειτονικάς τῆς, θὰ ἀπαιτηθῇ νὰ ἐφαρμοσθοῦν αἱ δυνάμεις K μόνον εἰς τὰς τρεῖς στάθμας. Ἐὰν ἡ ἀκαμψία τῶν κατακορύφων στοιχείων δὲν εἶναι τόσον μικρὰ ὡς πρὸς τὴν ἀκαμψίαν τῶν ὀριζοντίων στοιχείων, τότε εἰς τοὺς κόμβους ἀντὶ νὰ ἔχωμεν πακτώσεις, θὰ δημιουργοῦνται στροφαί, δηλαδὴ κατὰ τὴν ταλάντωσιν τῆς κατασκευῆς ἀντὶ αἱ στάθμαι νὰ κινοῦνται ὀριζοντίως ἄνευ στροφῆς, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θὰ ἐκτελοῦν ἐπὶ πλέον καὶ στροφὴν πλὴν τῆς ὀριζοντίου κινήσεώς των. Μία ἀκραία περίπτωσις αὐτῆς τῆς θεωρήσεως εἶναι, ὅταν τὰ κατακόρυφα στοιχεῖα ἐμφανίζουν μίαν πολὺ μεγάλην ἀκαμψίαν ὡς πρὸς τὴν ἀκαμψίαν τὴν ἐμφανιζομένην ὑπὸ τῶν ὀριζοντίων στοιχείων τῆς κατασκευῆς*. Οὕτω τὰ ὀριζόντια στοιχεῖα δὲν προβάλλουν οὐδεμίαν ἀντίστασιν κατὰ τὴν στροφὴν τῶν κόμβων καὶ ἐπομένως διὰ μοναδιαίαν σχετικὴν μετάθεσιν στάθμης τινος i ὡς πρὸς τὰς λοιπὰς οὐσας ἀμεταθέτους θὰ ἀπαιτηθῇ νὰ ἐφαρμοσθοῦν εἰς ὅλας τὰς στάθμας αἱ δυνάμεις K . Ἡ περίπτωσις αὕτη παρουσιάζεται, ὅταν ὡς κατακόρυφα στοιχεῖα ἔχω-

* F. Kokinopoulos : « Aseismic Dynamic Desing of Multistory Systems », Journal of the Structural Division A.S.C.E. Vol 92, No St3 June 1966.

μεν μεγάλου μήκους τοιχώματα ἐξ ὠπλισμένου σκυροδέματος, ἐνῶ τὰ ὀριζόντια εἶναι λεπταὶ πλάκες μεγάλων ἀνοιγμάτων, ὡς τοῦτο ἀκριβῶς συνέβαινε εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀναφερομένης δημοσιεύσεως. Ὁ συμβολισμὸς τῶν δυνάμεων K εἶναι ἀπλοῦς, διότι ὁ πρῶτος ἐκ τῶν δύο δεικτῶν δεικνύει τὴν στάθμην, εἰς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ εφαρμοσθῇ ἡ ἀντίστοιχος δύναμις, ἵνα προκληθῇ μοναδιαία ὀριζοντία μετάθεσις εἰς τὴν στάθμην καὶ μόνον, ἥτις ἐμφαίνεται ὑπὸ τοῦ δευτέρου δείκτου, ἐνῶ ὅλαι αἱ λοιπαὶ στάθμαι εἶναι ἀμετακίνητοι.

Αἱ δυνάμεις αὗται διὰ τὴν ὑπ' ὄψιν περίπτωσιν τῶν ἀμφιπλάκων στύλων εὐρίσκονται εὐκόλως ἐκ τῶν « δεικτῶν ὀρόφου » K^* . Διὰ νὰ προσδιορί-



Σχ. 16.

σωμεν δὲ τὸν « δεικτὴν τοῦ i ὀρόφου » θεωροῦμεν ἓνα ἰδεατὸν ὑποστύλωμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς ροπὴν ἀδρανεΐας αὐτοῦ J_i (σχ. 16) τὸ ἄθροισμα τῶν ροπῶν ἀδρανεΐας τῶν ὑποστυλωμάτων τοῦ ἀντιστοίχου ὀρόφου κατὰ τὴν θεωρουμένην διεύθυνσιν κάμψεως, ὕψος δὲ τὸ μέσον ὕψος τοῦ i ὀρόφου. « Δεικτὴς τοῦ ὀρόφου » i εἶναι ἡ δύναμις ἐκεῖνη, ἡ ὁποία πρέπει νὰ εφαρμοσθῇ εἰς τὴν στάθμην i καὶ $i-1$, ἵνα προκληθῇ ὀριζοντία μοναδιαία μετάθεσις τῆς κεφαλῆς i τοῦ ὑποστυλώματος ὡς πρὸς τὸν πόδα αὐτοῦ $i-1$. Εἶναι δὲ πάντοτε $K_i = \frac{12 E J_i}{h_i^3}$, ὅπου E εἶναι τὸ μέτρον ἐλαστικότητος τοῦ ὑλικοῦ κατασκευῆς τῶν ὑποστυλωμάτων. Μετὰ τὴν εὑρεσιν ὅλων τῶν « δεικτῶν ἀκαμψίας » τῆς κατασκευῆς βαίνομεν εἰς τὸ τρίτον στάδιον τοῦ ἀντι-

* Ἐπιστημονικὰ Δημοσιεύματα Ε.Μ.Π.: Ε. Κοκκινουπόλου: « Προσεγγιστικὸς Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς Πολυώροφων συστημάτων », Τεύχος 16, 1962 σελ. 5 κ.ε.

σεισμικοῦ ὑπολογισμοῦ, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν κατάστρωσιν τῶν ἐξισώσεων, αἱ ὁποῖαι διέπουν τὴν κίνησιν τῶν μᾶζων τοῦ συστήματος.

Αἱ μᾶζαι τῆς κατασκευῆς λόγῳ τοῦ ὀριζοντίου σεισμικοῦ κραδασμοῦ θεωροῦμεν ὅτι ἐκτελοῦν μίαν ὀριζόντιον μεταβαλλομένην κίνησιν. Λόγῳ δὲ τῆς μεταβαλλομένης κινήσεως, τὴν ὁποίαν αἱ μᾶζαι αὐταὶ ἐκτελοῦν, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτῶν δυνάμεις ἀδρανείας ἢ, ὡς λέγομεν, *ἀδρανειακὰ φορτία*. Εἶναι γνωστὸν ὅτι αἱ δυνάμεις αὐταὶ ἀδρανείας θὰ εἶναι ἴσαι πρὸς τὸ γινόμενον τῆς μάζης m_i ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν $\ddot{\eta}_i(t)$ τοῦ σημείου, εἰς τὸ ὁποῖον θεωροῦμεν ὅτι εὐρίσκεται συγκεντρωμένη ἡ μᾶζα καὶ κατευθύνονται πάντοτε ἀντιθέτως πρὸς τὴν φορὰν τῆς κινήσεως. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν πρὸς τὰ δεξιὰ τὴν θετικὴν κίνησιν, αἱ δυνάμεις αὐταί, αἱ ὁποῖαι εἶναι μεταβληταὶ ἐν χρόνῳ, θὰ ἰσοῦνται πρὸς (σχ. 15β) :

$$F_i(t) = - m_i \cdot \ddot{\eta}_i(t). \quad (1)$$

Ἐὰν ἀπομονώσωμεν τὴν μᾶζαν m_i καὶ πλέον συγκεκριμένως τὴν m_8 τοῦ σχ. 15β, κατὰ τὴν κίνησιν της θὰ δροῦν ἐπ' αὐτῆς πλὴν τῆς δυνάμεως ἀδρανείας $m_8 \cdot \ddot{\eta}_8(t)$ καὶ αἱ μεταβιβαζόμεναι ὑπὸ τῶν ἐλαστικῶν συνδέσμων πρὸς αὐτὴν δύο δυνάμεις :

(α) Ἐκ τοῦ συνδέσμου 9 — 8 ἢ $K_9 \cdot (U_{9t} - U_{8t})$ καὶ

(β) ἐκ τοῦ 7 — 8 ἢ $K_8 \cdot (U_{8t} - U_{7t})$.

Ἐδῶ λαμβάνομεν τὰς διαφορὰς τῶν βελῶν (σχ. 15γ), διότι αὐταὶ εἶναι ἀκριβῶς ἐκεῖναι, αἱ ὁποῖαι δίδουν τὴν σχετικὴν μετακίνησιν τῆς κεφαλῆς ὡς πρὸς τὸν πόδα καὶ ἐπομένως παράγουν τὴν ἔντασιν εἰς τὴν κατασκευὴν. Πλὴν αὐτῶν τῶν δυνάμεων καὶ παραλείποντες τριβάς καὶ ἀποσβέσεις, ἄλλαι δὲν δροῦν ἐπὶ τῆς μάζης m_8 καὶ ἐπομένως κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ D'Alembert * κατὰ τὴν ὁποίαν : « ὑφίσταται ἰσορροπία μεταξὺ τῶν ἐξωτερικῶν δυνάμεων, τῶν ἀντιδράσεων τῶν συνδέσμων καὶ τῶν δυνάμεων ἀδρανείας, αἱ ὁποῖαι δροῦν εἰς πᾶν κινούμενον σῶμα », θὰ ἰσχύη ἡ ἰσότης διὰ πᾶσαν χρονικὴν στιγμὴν :

$$\begin{aligned} & - m_i \cdot \ddot{\eta}(t) + K_9 \cdot (U_{9t} - U_{8t}) - K_8 \cdot (U_{8t} - U_{7t}) = 0 \\ \ddot{\eta} & \\ & K_9 \cdot U_{9t} - (K_9 + K_8) \cdot U_{8t} + K_8 \cdot U_{7t} - m_8 \cdot \ddot{\eta}_8(t) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Ἐκ τοῦ σχήματος 15γ ἔχομεν :

$$\eta_{8t} = \eta_{0t} + U_{8t}, \quad (3)$$

ὅπου η_{0t} εἶναι ἡ μετακίνησις τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως τῆς κατασκευῆς συνεπεῖα τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ.

* Κ. Π. Παπαϊωάννου « Μηχανικὴ » τόμος II, σελ. 173.

Διὰ τὰς ἐπιταχύνσεις ἐκ τῆς σχέσεως (3) λαμβάνομεν :

$$\ddot{\eta}_{st} = \ddot{\eta}_{ot} + \ddot{U}_{st} \quad (4)$$

καὶ ἡ ἐξίσωσις (2) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$\begin{aligned} & K_9 \cdot U_{9t} - (K_9 + K_8) \cdot U_{8t} + K_8 \cdot U_{7t} = m_8 \cdot \ddot{U}_{st} + m_8 \cdot \ddot{\eta}_{ot} \\ \eta \quad & \frac{K_9}{m_8} U_{9t} - \frac{K_9 + K_8}{m_8} U_{8t} + \frac{K_8}{m_8} U_{7t} = \ddot{U}_{st} + \ddot{\eta}_{ot}. \end{aligned} \quad (5)$$

Τοιαύτας ἐξισώσεις δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ν, ὅσος δηλαδή εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν συγκεντρωμένων μαζῶν ἢ ὅσος ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀρόφων τῆς κατασκευῆς. Αἱ ν αὐταὶ ἐξισώσεις ἀποτελοῦν ἓνα σύστημα ν διαφορικῶν ἐξισώσεων μὲ ν ἀγνώστους. Εἰς τὸ σχ. 17 δεικνύεται ἓν τοιοῦτον σύστημα, τὸ ὁποῖον ἀναφέρεται εἰς τὸ ἀνωτέρω μνημονευθὲν 12ώροφον κτήριο. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἐξισώσεις εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος ὄλαι εἶναι τριμελεῖς πλὴν τῆς 1ης καὶ τελευταίας, πού εἶναι διμελεῖς.

Τὸ σύστημα τῶν δυναμικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων, Περίπτωσης $T_0 = 0,4$ δεθ

ἰ	u _{1t}	u _{2t}	u _{3t}	u _{4t}	u _{5t}	u _{6t}	u _{7t}	u _{8t}	u _{9t}	u _{10t}	u _{11t}	u _{12t}	θ _{1t} - αθ ^ο η _{1t}
1	33830	+ 143081	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	θ _{1t} - 0,4(η _{1t} 15,70t)
2	+ 143081	- 277079	+ 114998	.	.	.	.	.	.	.	.	.	θ _{2t} - "
3	.	+ 114998	- 229996	+ 114998	.	.	.	.	.	.	.	.	θ _{3t} - "
4	.	.	+ 114998	- 183330	+ 68332	.	.	.	.	.	.	.	θ _{4t} - "
5	.	.	.	+ 68332	- 126664	+ 68332	.	.	.	.	.	.	θ _{5t} - "
6	+ 68332	- 82707	+ 14375	.	.	.	.	.	θ _{6t} - "
7	+ 14375	- 28750	+ 14375	.	.	.	.	θ _{7t} - "
8	+ 14375	- 21666	+ 7292	.	.	.	θ _{8t} - "
9	+ 7292	- 14583	+ 7292	.	.	θ _{9t} - "
10	+ 7292	- 11666	+ 4375	.	θ _{10t} - "
11	+ 4375	- 8750	+ 4375	θ _{11t} - "
12	+ 6000	- 6000	θ _{12t} - "

Σχ. 17.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν εὐκαμπτοτέρων ὀριζοντίων στοιχείων καὶ ἐπομένως τῆς δυνατότητος πραγματοποιήσεως στροφῆς τῶν κόμβων τοῦ συστήματος κατὰ τὴν ταλάντωσιν αὐτοῦ, αἱ ὡς ἄνω τριμελεῖς ἐξισώσεις γίνονται πολυμελεῖς. Ὁ ἀριθμὸς τῶν μελῶν θὰ εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν κόμβων, εἰς τοὺς ὁποίους θὰ θεωρήσωμεν ὅτι κατανέμεται ἡ ἔντασις λόγῳ ὀριζοντίας σχετικῆς μεταθέσεως στάθμης τινὸς ὡς πρὸς τὰς λοιπὰς οὐσας ἀμεταθέτους. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἀμφιπέκτων στύλων αἱ ἐξισώσεις εἶναι τριμελεῖς, διότι θεωροῦμεν ὅτι λόγῳ τῆς ὡς ἄνω ὀριζοντίου μεταθέσεως τῆς i στάθμης, ἡ ἔντασις περιορίζεται εἰς τοὺς τρεῖς μόνον κόμβους i , $i + 1$ καὶ $i - 1$.

Εἰς τὸ δεύτερον μέλος τῶν ὡς ἄνω ἐξισώσεων ὑπάρχει ὁ ὄρος $\ddot{\eta}_{ot}$, ὁ ὁποῖος συμβολίζει τὴν ἐδαφικὴν ἐπιτάχυνσιν λόγῳ τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ, πρέπει δηλαδή νὰ δίδῃ ὁ ὄρος αὐτὸς εἰς τὰς ὡς ἄνω ἐξισώσεις τὴν ἀκριβῆ τιμὴν τῆς ἐπιταχύνσεως τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως κατὰ μέγεθος καὶ

φορὰν εἰς πᾶσαν χρονικὴν στιγμήν, κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ.

Τὸ ἰδεῶδες βεβαίως θὰ ἦτο, ἐὰν ἦτο γνωστὴ ἡ κίνησις αὐτὴ ἀκριβῶς διὰ τὴν ἔδαφικὴν περιοχὴν, εἰς τὴν ὁποίαν θὰ ἀνεγερθῆ ἡ ὑπὸ μελέτην κατασκευή. Αὕτη ὅμως εἶναι ἀδύνατον νὰ ὑπάρχη. Διὰ τοῦτο, κατὰ πρώτην προσέγγισιν λαμβάνομεν ὡς ἔδαφικὴν κίνησιν τὴν διδομένην ἀπὸ τοὺς πλησιεστέρους σταθμοὺς παρατηρήσεως ὑπὸ τὴν μορφήν τῶν σειсмоγραφημάτων. Εἰς τὸ ἡμέτερον Ἔργαστήριον ἐπερατώθη πρὸ ὀλίγου χρόνου ἡ ὄλη μεθοδολογία, καθ' ἣν εἶναι δυνατόν νὰ εἰσαχθῆ εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς μας αὐτὴ αὐτὴ ἡ ἔδαφικὴ κίνησις, ὅπως δίδεται ὑπὸ τῶν σειсмоγραφημάτων τῶν σταθμῶν παρατηρήσεως. Οὕτω λοιπὸν μὲ τὴν τελευταίαν αὐτὴν δυνατότητα ὁ Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς τῶν κατασκευῶν δίδει τὴν πραγματικὴν εἰκόνα τῆς ταλαντώσεως τοῦ κτηρίου καὶ τὴν ἀληθῆ κατανομὴν τῆς ἐντάσεως εἰς τὸ σῶμα τῆς κατασκευῆς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σεισμοῦ. Ἡ κατανομὴ τῆς ἐντάσεως, ἡ ὁποία θὰ εὑρεθῆ διὰ τῆς διεγέρσεως τοῦ συστήματος τῆς κατασκευῆς μας ὑπὸ τοῦ πραγματικοῦ σειсмоγραφήματος ἔχει κυρίως ποιοτικὴν σημασίαν. Τοῦτο, διότι τὰ καταγραφόμενα σειсмоγραφήματα εἰς ἕνα ὀρισμένον σταθμὸν παρατηρήσεως καὶ προερχόμενα ἀπὸ μίαν ὀρισμένην σεισμικὴν ἐστίαν εἶναι ὅμοια μεταξύ των. Διαφέρουν μόνον ἀπὸ ἀπόψεως ἐντάσεως. Ἐπομένως καὶ αἱ ἐντάσεις εἰς τὴν κατασκευὴν, αἱ ὁποῖαι θὰ προκληθοῦν λόγῳ δράσεως, εἰς τὸ μέλλον, διαφόρου ἐντάσεως ἀλλ' ὁμοίων μεταξύ των σεισμῶν, θὰ εἶναι ποιοτικῶς ὅμοιοι μεταξύ των. Θὰ διαφέρουν μόνον ἀπὸ ἀπόψεως μεγέθους. Οὕτω λοιπὸν δημιουργεῖται ἡ ἐξῆς εὐοίωνος προοπτικὴ : Ἔστω ὅτι μᾶς δίδεται πρὸς ἀντισεισμικὸν ὑπολογισμὸν μία κατασκευή, ἡ ὁποία πρόκειται νὰ ἀνεγερθῆ εἰς δεδομένην περιοχὴν. Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὴν σεισμικὴν διεγέρσιν, ὑπὸ τὴν ὁποίαν κατόπιν θὰ μελετήσωμεν τὴν κατασκευὴν μας, θὰ λάβωμεν τὰ δεσπύζοντα σειсмоγραφήματα τῆς περιοχῆς αὐτῆς. Ὡς δεσπύζον σειсмоγράφημα μιᾶς περιοχῆς ἐννοοῦμεν τὸ ὀφειλόμενον εἰς τὸν σεισμὸν ἐκεῖνον, ὁ ὁποῖος πλέον συχνὰ καὶ μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἔντασιν πλήττει τὴν περιοχὴν αὐτὴν.

Π.χ. τὸ δεσπύζον σειсмоγράφημα τῆς περιοχῆς Ἀθηνῶν εἶναι τὸ τῆς μορφῆς τοῦ σχ. 4 μὲ ἐπίκεντρον τὴν Μαλακάσαν, καὶ ὄχι τὸ τοῦ σχ. 5 μὲ ἐπίκεντρον τὴν Σκόπελον, διότι οἱ σεισμοὶ οἱ ὀφειλόμενοι εἰς τὴν Μαλακάσαν εἶναι πλέον συχνοὶ καὶ μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ ὅ,τι οἱ τῆς Σκοπέλου, ἀναφορικῶς μὲ τὴν περιοχὴν Ἀθηνῶν.

Εἰς περιοχὰς ὅμως ὅπου δὲν ὑπάρχουν σταθμοὶ παρατηρήσεως ἢ ὑπάρχουν, ἀλλὰ δὲν ἔχουν καταγραφῆ αἱ δεσπύζουσαι ἔδαφικαὶ κινήσεις, τότε εἶναι δυνατόν νὰ λάβωμεν κατὰ πρώτην προσέγγισιν μίαν κίνησιν ἡμιτονικῆς μορφῆς. Ὡς ἤδη ἔχομεν ἀναφέρει, ἐὰν ἡ $y = a \sin pt$ δίδῃ τὴν μετάθεσιν

αὐτῆς τῆς μορφῆς τῆς κινήσεως, τότε ἡ $\ddot{y} = -\alpha\beta^2\eta\mu\beta t$ δίδει τὴν ἐπιτάχυνσιν αὐτῆς. Οὕτω λοιπὸν εἰς τὸ δεικνυόμενον σύστημα τοῦ σχ. 17 ὡς σεισμικός κραδασμὸς ἐλήφθη ὁ ἡμιτονικός. Τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ ἡμιτονικοῦ αὐτοῦ κραδασμοῦ προσδιορίζονται πρῶτον μὲν ἐκ τοῦ « Ἑλληνικοῦ Ἀντισεισμικοῦ Κανονισμοῦ », δεύτερον δὲ ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως (βλ. συνημμένον πίνακα «Α»).

Πράγματι ὁ ἀνωτέρω Κανονισμὸς δίδει διὰ τὴν ὑπ' ὄψιν γεωγραφικὴν περιοχὴν τὴν τιμὴν τῆς μεγίστης ἐδαφικῆς ἐπιταχύνσεως, δηλαδὴ τὴν τιμὴν τοῦ $\alpha\beta^2$. Διὰ τὴν ὑπ' ὄψιν περιοχὴν δίδεται ὁ σεισμικός συντελεστής $\varepsilon = 0,06$, ἐκ τοῦ ὁποίου λαμβάνομεν τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς ἐπιταχύνσεως ἴσην πρὸς $\alpha\beta^2 \doteq \varepsilon \times 10\mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2} = 0,06 \times 10 = 0,6\mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$.

Ἀπὸ μίαν ἄλλωστε ὑπὸ ἔκδοσιν ἐργασίαν τοῦ ἡμετέρου Ἐργαστηρίου δίδονται προσεγγιστικῶς αἱ διαφοροί τιμαὶ τῶν συχνότητων β ἀναλόγως τῆς ποιότητος τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως. Οὕτω, ὅταν πρόκειται περὶ συμπαγοῦς βράχου, τὸ β δύναται νὰ λάβῃ τὴν τιμὴν $\beta = 31,4 \delta\lambda\pi^{-1}$, ἐνῶ προκειμένου περὶ χαλαρῶν ἐπιχωμάτων ἡ κυκλικὴ αὕτη συχνότης β δύναται νὰ φθάσῃ τὴν τιμὴν τοῦ $\beta = 4,2 \delta\lambda\pi^{-1}$.

Οὕτω λοιπὸν, ἀφοῦ γίνῃ ἡ κατάστρωσις τοῦ συστήματος τῶν δυναμικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων καὶ προσδιορισθῇ τὸ μέγεθος καὶ τὸ εἶδος τῆς ἐδαφικῆς κινήσεως, τὸ ὁποῖον θὰ διεγείρῃ τὸ ὄλον σύστημα, χωροῦμεν πλέον εἰς τὸ ἐπόμενον, τὸ τέταρτον στάδιον τοῦ Δυναμικοῦ Ἀντισεισμικοῦ Ὑπολογισμοῦ. Εἰς αὐτὸ τὸ στάδιον γίνεταί ἡ ἐπίλυσις τῶν ὡς ἄνω διαφορικῶν ἐξισώσεων. Ἐκεῖνο δέ, τὸ ὁποῖον ἐπιζητοῦμεν νὰ ἔχωμεν ὡς λύσεις τῶν ἐξισώσεων αὐτῶν, εἶναι, εἰ δυνατόν ὑπὸ μορφήν διαγραμμάτων, τὰς παραμορφώσεις τῆς κατασκευῆς μας συναρτήσῃ τοῦ χρόνου t κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ. Ἐκ τῶν παραμορφώσεων αὐτῶν, συμφώνως πρὸς τὴν γενομένην θεώρησιν διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς ἀκαμψίας τῆς κατασκευῆς, δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὰ πραγματικῶς δυσμενέστερα ἐντατικὰ μεγέθη, τὰ ὁποῖα θὰ παραχθοῦν εἰς τὴν κατασκευὴν μας κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ. Εἰδικώτερον δὲ τὰ μεγέθη ποῦ μᾶς ἐνδιαφέρουν εἶναι αἱ διαφοραὶ τῶν δυναμικῶν βελῶν π.χ. $U_{9t} - U_{8t}$, $U_{8t} - U_{7t}$ κ.ο.κ. τοῦ σχ. 15β, διότι αὐταὶ αἱ διαφοραὶ εἶναι ἐκεῖναι, ποῦ προσδιορίζουν τὸ μέγεθος τῆς ἐντάσεως εἰς τὴν κατασκευὴν μας. Πράγματι δὲ ἡ διατμητικὴ δύναμις, ποῦ θὰ παραχθῇ εἰς τὸν i ὄροφον, θὰ ἰσοῦται πρὸς :

$$Q_{it} = \pm K_i (U_{it} - U_{i-1, t}). \quad (6)$$

Ἡ ἀντίστοιχος ροπή κάμψεως :

$$M_{it} = \pm Q_i \frac{h_i}{2} = \pm K_i \frac{h_i}{2} (U_{it} - U_{i-1, t}). \quad (7)$$

Οὕτω λοιπόν, ὅταν εἶναι δυνατὸν νὰ ληφθοῦν τὰ διαγράμματα - συναρτήσεις ὡς πρὸς τὸν χρόνον t τῶν ὡς ἄνω μεγεθῶν, θὰ δυνηθῶμεν, πέραν τοῦ προσδιορισμοῦ τῆς ἐντάσεως, νὰ σχηματίσωμεν καὶ μίαν σαφῆ εἰκόνα τῆς ταλαντώσεως τῆς κατασκευῆς μας κατὰ τὸ ὡς ἄνω βραχὺ χρονικὸν διάστημα ἐπενεργείας τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ.

Ἐν ἄριστον ὄργανον διὰ τὴν ἐπίλυσιν τῶν ὡς ἄνω διαφορικῶν ἐξισώσεων καὶ παροχὴν τῶν λύσεων ὑπὸ τῶν ὡς ἄνω ἐπιθυμητῶν διαγραμμάτων - συναρτήσεων τοῦ χρόνου t ἀποτελεῖ ὁ « Ἐναλογικὸς Ἡλεκτρονικὸς Ὑπολογιστής ». Εἰς τὸ ἡμέτερον Ἔργαστήριον ὑπάρχει ἐν λειτουργίᾳ ἓν συγκρότημα ἐκ δύο τοιούτων Ὑπολογιστῶν, ὡς ἤδη ἔχομεν ἀναφέρει (σχ. 10).

Εἰς Ἐναλογικὸς ἠλεκτρονικὸς ὑπολογιστῆς διαθέτει διαφόρους μονάδας, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν ἐπίλυσιν μεγάλης ποικιλίας προβλημάτων.

Ἡ ἐπικοινωνία μεταξὺ τῶν διαφόρων αὐτῶν μονάδων γίνεται δι' ἐξωτερικῶν καλωδίων συνδεομένων καταλλήλως ὑπὸ τοῦ χειριστοῦ. Φορεὺς τῶν σημάτων αὐτῶν ἀπὸ τῆς μιᾶς μονάδος εἰς τὴν ἄλλην εἶναι τὸ συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅλα δὲ τὰ δεδομένα καὶ τὰ ὑπολογιζόμενα μεγέθη μετροῦνται εἰς Volt. Ἡ μεγίστη δὲ τιμὴ τῶν ἠλεκτρικῶν σημάτων, ἣ ὁποία δύναται νὰ διατρέξῃ τὰς διαφόρους μονάδας, χωρὶς νὰ προκαλέσῃ βλάβην τινὰ εἶναι τὰ 10 Volt. Ἐὰν εἰς τι σημεῖον τῶν κυκλωμάτων ἡ τάσις αὐτῆ ὑπερβῆ τὰ 10 V, ἀμέσως ἀνάπτουν ἐρυθρὰ φῶτα « κινδύνου », μὲ ταυτόχρονον ἔνδειξιν τῆς θέσεως ἐντὸς τοῦ κυκλώματος εἰς τὴν ὁποίαν παρατηρήθη ἡ ὑπὲρ τὰ 10 V αὐξήσις τῆς ἠλεκτρικῆς τάσεως, ἢ, ὡς λέγομεν, ὅπου ἐδημιουργήθη υπερφόρτωσις.

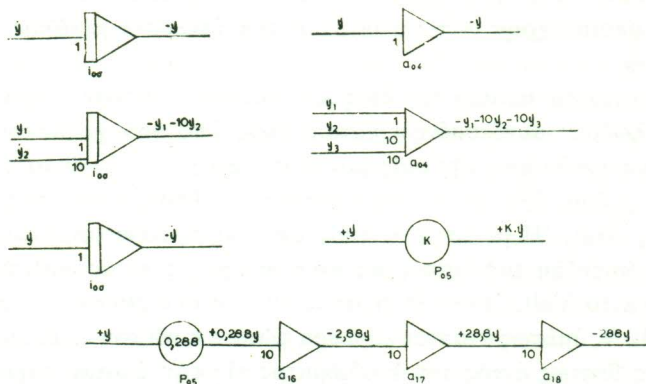
Μεταξὺ τῶν διαφόρων μονάδων, τὰς ὁποίας διαθέτει εἰς ἠλεκτρονικὸς ὑπολογιστῆς, θὰ ἀναφέρωμεν ἐνταῦθα αὐτάς, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν ἐπίλυσιν τῶν ὡς ἄνω διαφορικῶν ἐξισώσεων καὶ θὰ δώσωμεν μίαν σύντομον ἐξήγησιν τοῦ σκοποῦ, τὸν ὁποῖον αὐταὶ ἐξυπηρετοῦν.

α. — Ἡ μονὰς τοῦ ὀλοκληρωτοῦ. Συμβολίζεται διὰ τοῦ i (= integrator) (σχ. 18), διαθέτει δὲ βασικῶς 4 ἕως 5 εἰσόδους καὶ ἰσαριθμοὺς ἐξόδους. Οὕτω, ἐὰν εἰς μίαν εἰσοδὸν θέσωμεν ἐν ἠλεκτρικὸν σῆμα (μεταβλητὸν ἢ σταθερὸν ἐν χρόνῳ), ἀπὸ τὴν ἐξοδὸν θὰ λάβωμεν τὸ χρονικὸν ὀλοκλήρωμα τοῦ εἰσαχθέντος σήματος καὶ μάλιστα μὲ ἀντίθετον πρόσημον.

Οὕτω, ἐὰν τὸ εἰσαγόμενον σῆμα ἀντιστοιχῇ πρὸς τὴν ταχύτητα (\dot{y}) π.χ. ἐνὸς σώματος, τὸ ἐξερχόμενον σῆμα ἐκ τῆς μονάδος τοῦ ὀλοκληρωτοῦ θὰ εἶναι τὸ μέγεθος ($-y$), ἢ μετὰθεσις δηλαδὴ τοῦ σώματος μὲ ἀντίθετον σημεῖον. Ἡ, ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ὡς ἄνω εἰσαχθὲν σῆμα ἀντιστοιχοῦσε εἰς τὴν ἐπιτάχυνσιν τοῦ σώματος, τότε ἡ ἀντί-

στοιχος έξοδος θά ἔδιδε τὴν ταχύτητα αὐτοῦ με ἀντίθετον ὄμως σημεῖον.

- β. — Ἡ μονὰς τοῦ ἀθροιστοῦ. Συμβολίζεται διὰ τοῦ α (= amplifier) (σχ. 18), διαθέτει δὲ 4 ἕως 5 εἰσόδους καὶ ἰσαριθμούς ἐξόδους. Χρησιμοποιεῖται δὲ δι' ἄθροισιν τῶν εἰσαγομένων σημάτων, με ταυτόχρονον ἀντιστροφήν τοῦ προσήμου. Τόσον εἰς τοὺς ὀλοκληρωτάς, ὅσον καὶ εἰς τοὺς ἀθροιστάς τὸ εἰσαγόμενον σῆμα εἶναι δυνατόν νὰ πολλαπλασιασθῇ ἐπὶ 1 ἢ 10, ἀναλόγως, ἐὰν τὸ ἀντίστοχον καλώδιον τῆς εἰσόδου τοποθετηθῇ εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν, τὴν ὁποίαν διαθέτουν ἀμφότεραι αἱ μονάδες αὐταί.



Σχ. 18.

- γ. — Ἡ μονὰς τοῦ ποτενσιομέτρου. Συμβολίζεται διὰ τοῦ P (=potensiometer) (σχ. 18), διαθέτει δὲ μόνον μίαν εἴσοδον καὶ μόνον μίαν ἔξοδον. Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τῶν ποτενσιομέτρων εἶναι δυνατόν νὰ πολλαπλασιάσωμεν τὰ σήματα ἐπὶ οἷονδῆποτε ἀριθμὸν ἐπιθυμοῦμεν. Εἰς αὐτὸ τὸ σημεῖον πρέπει νὰ προσθέσωμεν ὅτι ἡ ἀντίστοιχος τιμὴ τίθεται πάντοτε μικροτέρα τῆς μονάδος. Οὕτω δηλαδῆ, ἐὰν θέλωμεν νὰ πολλαπλασιάσωμεν ἓν σῆμα ἔστω τὸ y ἐπὶ 288 θὰ τὸ πολλαπλασιάσωμεν πρῶτον μέσῳ ποτενσιομέτρου ἐπὶ 0,288 καὶ κατόπιν ἐπὶ 10^3 μέσῳ ἀθροιστῶν κατὰ τὸ σχ. 18.
- δ. — Αἱ σταθεραὶ πηγαὶ + ἢ - 10 Volt. Με τὴν βοήθειαν αὐτῶν τῶν βασικῶν μονάδων ἐπιλύομεν τὸ ὡς ἄνω σύστημα τῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων, ἀφοῦ προηγουμένως γίνῃ ἡ κατάλληλος σύνδεσις αὐτῶν καὶ τοποθετηθοῦν αἱ κανονικαὶ τιμαὶ τῶν ποτενσιομέτρων. Ἀπαιτεῖται δηλαδῆ ἡ μετάφρασις τῶν μαθηματικῶν αὐτῶν ἐξισώσεων εἰς ἠλεκτρονικὰς ἐξισώσεις.

Ἡ μετάφρασις αὕτη ἀποτελεῖ τὸ πρόγραμμα διὰ τὴν ἠλεκτρονικὴν

ἐπίλυσιν, εἰς τὸ ὁποῖον ἐμφαίνηται ἡ πλήρης συνδεσμολογία ὄλων τῶν μονάδων, αἱ ὁποῖαι θὰ χρησιμοποιηθοῦν, ὡς ἐπίσης καὶ αἱ τιμαὶ τῶν ποτενσιομέτρων. Ἡ ἀντίστοιχος ἐργασία ὀνομάζεται *προγραμματισμός* καὶ αὐτὸς ὁ ὁποῖος τὸν ἐκτελεῖ *προγραμματιστής*.

Βασικὴ φροντίς τοῦ προγραμματιστοῦ εἶναι νὰ συνθέσῃ τὸ πρόγραμμα κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε πρῶτον νὰ ἐργάζεται ὁ ὑπολογιστὴς ὑπὸ πλήρη ἀπόδοσιν, δηλαδὴ τὰ κυκλοφοροῦντα σήματα νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατόν μεγαλύτερα δι' ἀκριβεστέραν λύσιν, δεῦτερον τὰ σήματα ταῦτα νὰ εἶναι πάντοτε μικρότερα τῶν 10 Volt, ἵνα εἰς οὐδὲν σημεῖον τοῦ κυκλώματος παρουσιασθῇ ὑπερφόρτωσις καὶ τρίτον νὰ χρησιμοποιῆ ὅσον τὸ δυνατόν ὀλιγοτέρας μονάδας διὰ τὴν ἐπίλυσιν ἑνὸς προβλήματος.

Διὰ λόγους καθαρῶς προγραμματισμοῦ ἐγένετο μία ἀντικατάστασις τοῦ χρόνου t ὑπὸ νέας μεταβλητῆς $\tau = 100 t$, ὅποτε τὸ ἀρχικὸν σύστημα τοῦ σχ. 17 λαμβάνει τὴν νέαν μορφήν ἐμφαινομένην εἰς τὸ σχ. 19.

Τὸ σῆμα τῶν δυναμικῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων ὑπὸ νέαν μορφήν, Περίπτωσης $T_c = 0,4 \text{ δλκ}$

N° I	u _{1τ}	u _{2τ}	u _{3τ}	u _{4τ}	u _{5τ}	u _{6τ}	u _{7τ}	u _{8τ}	u _{9τ}	u _{10τ}	u _{11τ}	u _{12τ}	10 ⁴ θ ₁ (τ) - γ(τ)
1	-3350	+1621	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₁ (τ) - 0,6.10 ⁻² ημ(0,157τ)
2	+1621	-2771	+1150	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₂ (τ) - "
3	.	+1150	-2300	+1150	.	.	.	.	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₃ (τ) - "
4	.	.	+1150	-1833	+683	.	.	.	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₄ (τ) - "
5	.	.	.	+683	-1367	+683	.	.	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₅ (τ) - "
6	+683	-827	+144	.	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₆ (τ) - "
7	+144	-200	+144	.	.	.	.	10 ⁴ θ ₇ (τ) - "
8	+144	-217	+73	.	.	.	10 ⁴ θ ₈ (τ) - "
9	+73	-146	+73	.	.	10 ⁴ θ ₉ (τ) - "
10	+73	-117	+44	.	10 ⁴ θ ₁₀ (τ) - "
11	+44	-44	.	10 ⁴ θ ₁₁ (τ) - "
12	+60	-60	10 ⁴ θ ₁₂ (τ) - "

Σχ. 19.

Εἰς τὸ σχ. 20 ἐμφαίνηται τὸ ἀντίστοιχον πρόγραμμα διὰ τὴν παραγωγὴν τῆς διεγειρούσης συναρτήσεως $y(\tau)$ τοῦ σχ. 19. Ἡ συνάρτησις αὕτη εἶναι ἡμιτονικὴ καὶ αἱ ἐξισώσεις αὐτῆς εἶναι αἱ :

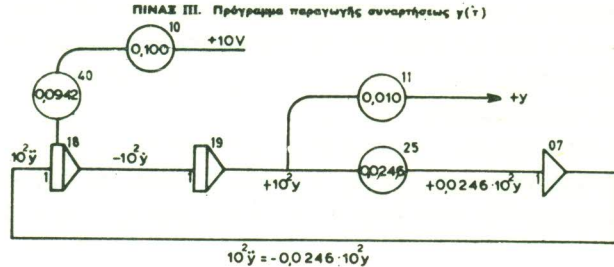
$$\left. \begin{aligned}
 \text{ἡ διαγείρουσα : } & y = 0,6 \times 10^{-2} \eta\mu(0,157\tau) & (\alpha) \\
 \text{ἡ ταχύτης αὐτῆς : } & \dot{y} = 0,6 \times 10^{-2} \times 0,157 \sigma\upsilon\nu(0,157\tau) & (\beta) \\
 \text{ἡ ἐπιτάχυνσις αὐτῆς } & \ddot{y} = -0,6 \times 10^{-2} \times 0,157^2 \eta\mu(0,157\tau) = & (\gamma) \\
 & = -0,157^2 y(\tau) = -0,0246y(\tau) &
 \end{aligned} \right\} (8)$$

καὶ $10^2 \ddot{y} = -0,0246 \times 10^2 y(\tau)$.

Ἡ τελευταία εἶναι ἡ ἐξίσωσις ἐκείνη, ἡ ὁποία θὰ μᾶς βοηθήσῃ διὰ τὴν κατάστρωσιν τοῦ προγράμματος παραγωγῆς τῆς συναρτήσεως $y(\tau)$.

Ὡς ἐλέγχθη ἀνωτέρω, ἐὰν εἰσαγάγωμεν εἰς μίαν μονάδα ὀλοκληρωτοῦ π.χ. τὴν i_{18} ἐν σῆμα, τὸ ὁποῖον ἄς τὸ ὀνομάσωμεν 100νταπλάσιον τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς διεγειρούσης, θὰ λάβωμεν ἐκ τῆς ἐξόδου τοῦ τὴν ἀντίστοιχον ταχύτητα μὲ ἀντίθετον σημεῖον (σχ. 20). Ἐὰν δὲ αὐτὴν τὴν εἰσα-

γάωμεν εἰς ἕτερον ὀλοκληρωτὴν ἔστω τὸν i_{10} ὑπὸ συντελεστὴν 1, τότε θὰ λάβωμεν ὡς ἔξοδον τὸ 100νταπλάσιον αὐτῆς ταύτης τῆς συναρτήσεως. Ἐὰν δὲ ἡ ἔξοδος αὕτη διέλθῃ μέσῳ ἐνὸς ποτενσιομέτρου ἔστω τοῦ P_{25} μὲ τιμὴν 0,0246 καὶ ἐν συνεχείᾳ διὰ τοῦ ἀθροιστοῦ α_{07} ὑπὸ συντελεστὴν 1 θὰ λάβωμεν εἰς τὴν ἔξοδόν του τὴν τιμὴν $-0,0246 \times 10^2 y(\tau)$. Τοῦτο δὲ ἐφ' ὅσον βεβαίως εἰς τὸν ὀλοκληρωτὴν i_{18} εἰσήχθη τὸ 100νταπλάσιον τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς διεγειρούσης.



ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ
LEGEND OF SYMBOLS

- = Ὀλοκληρωτὴς Integrator
 - = Ἀθροιστὴς Amplifier
 - = Μειωτὴς Potentiometer
- Κατὰ τὴν ὀλοκλήρωσιν ἢ ἀθροισμὸν ἀντιστρέφεται τὸ πρόσημον
Inversion of the sign when using the integrating or amplifying units

Σχ. 20.

Βάσει τῆς μαθηματικῆς ἐξίσωσσεως $\delta(\gamma)$ ἡ τιμὴ τοῦ ἀριστεροῦ μέλους αὐτῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ δεξιόν, τὸ ὁποῖον ἀκριβῶς δίδει ἡ ἔξοδος τοῦ ἀθροιστοῦ α_{07} . Ἄρα ἐκ τῆς ἐξόδου τοῦ ἀθροιστοῦ α_{07} λαμβάνομεν καὶ τὸ ἀριστερὸν μέλος τῆς ἐξίσωσσεως $\delta(\gamma)$, ἥτοι τὸ 100νταπλάσιον τῆς ἐπιταχύνσεως. Ἄρα δὲν ἀπομένει παρὰ νὰ τροφοδοτήσωμεν μὲ αὐτὸ τὸ σῆμα τὴν εἴσοδον τοῦ ὀλοκληρωτοῦ i_{18} καὶ εἴμεθα πλέον βέβαιοι ὅτι τὸ σῆμα αὐτὸ ἀντιπροσωπεύει πράγματι τὸ 100νταπλάσιον τῆς ἐπιταχύνσεως καὶ ὅτι τὸ σχηματισθὲν ἠλεκτρικὸν κύκλωμα ἀπεικονίζει τὴν ὡς ἄνω ἐξίσωσιν $\delta(\gamma)$. Ἡ ἐξίσωσις ὅμως $\delta(\gamma)$ δὲν εἶναι ἱκανὴ συνθήκη, ἵνα ἡ $y(\tau)$ ἰσοῦται πρὸς $0,6 \times 10^{-2} \eta\mu(0,157\tau)$. Τοῦτο διότι κάθε συνάρτησις $y(\tau) = C \cdot \eta\mu(0,157\tau)$ πληροῖ τὴν ἐξίσωσιν $\delta(\gamma)$ διότι :

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}(\tau) &= C \cdot 0,157 \text{ συν}(0,157\tau) & (a) \\ \ddot{y}(\tau) &= -C \cdot 0,157^2 \eta\mu(0,157\tau) = -0,157^2 y(\tau) & (b) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Ἄρα ἀπαιτεῖται μία πρόσθετος συνθήκη, διὰ τῆς ὁποίας νὰ καθορισθῇ

ή τιμή του σταθερού όρου C. Αυτό γίνεται δια των αρχικών συνθηκών. Αρχική συνθήκη μιᾶς συναρτήσεως είναι ή τιμή, την οποίαν έχει αὐτή εἰς τήν ἀρχήν του χρόνου. Αἱ ἐξισώσεις (8) δια $\tau = 0$ εἶναι ὄλαι μηδενικαί πλὴν τῆς (β), ή ὁποία δίδει τήν τιμήν τῆς ἀρχικῆς ταχύτητος :

$$\left. \begin{array}{l} \dot{y}(0) = 0,6 \times 10^{-2} \times 0,157 = 0,0942 \times 10^{-2} \quad (\alpha) \\ \text{ἢ} \\ 10^2 \dot{y}(0) = 0,6 \times 0,157 = 0,0942 \quad (\beta) \end{array} \right\} \quad (10)$$

Πλὴν τῶν εἰσόδων καὶ ἐξόδων, με τὰς ὁποίας, ὡς εἶπομεν, εἶναι ἐφωδιασμένοι οἱ ὀλοκληρωταί, ὑπάρχει ἐπ' αὐτῶν εἰδική θέσις δια τὰς ἀρχικὰς συνθήκας. Ἡ τιμή τῶν ἀρχικῶν συνθηκῶν ἀναφέρεται εἰς τὸ σῆμα ἐξόδου ἐκ του ὀλοκληρωτοῦ καὶ τίθεται πάντοτε με ἀντίθετον αὐτοῦ σημείον.

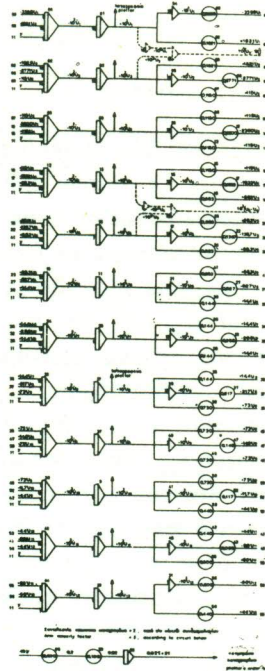
Οὕτω λοιπὸν εὐλόγως προκύπτει ή σύνδεσις ἐκ σταθερᾶς πηγῆς +10V με τὰ ποτενσιόμετρα P_{10} καὶ P_{40} ὑπὸ τὰς ἀντιστοιχοῦς αὐτῶν τιμάς, ή ὁποία τροφοδοτεῖ τὰς σταθερὰς ἀρχικὰς συνθήκας του ὀλοκληρωτοῦ i_{18} . Δια τὸν ὀλοκληρωτὴν i_{19} δὲν γεννᾶται θέμα εἰσαγωγῆς ἀρχικῶν τιμῶν συνθηκῶν, διότι αὐταί εἶναι μηδενικαί, ἐπειδὴ ή $y(\tau) = 0$ δια τήν ἀρχήν $\tau = 0$.

Ἡ ἐξοδος του ὀλοκληρωτοῦ i_{19} δίδει τήν τιμήν $10^2 y(\tau)$. Δια πολλαπλασιασμοῦ δὲ αὐτῆς ἐπὶ $1/100$ δια του ποτενσιομέτρου P_{11} , ἀποκτῶμεν τήν συνάρτησιν $y(\tau)$, ή ὁποία εἶναι ὁ διεγείρων τὸ ὄλον σύστημά μας σεισμικός κραδασμός, εἰσέρχεται δὲ εἰς ὄλας τὰς ἐξισώσεις του ἀναφερθέντος συστήματος (σχ. 19), του ὁποίου τὸ ἀντίστοιχον πρόγραμμα δια τήν ἠλεκτρονικήν του ἐπίλυσιν ἐμφαίνεται εἰς τὸ σχ. 21.

Ἐκάστη ἐκ τῶν 12 γραμμῶν του προγράμματος ἀντιστοιχεῖ καὶ εἰς μίαν διαφορικὴν ἐξίσωσιν του συστήματος 19. Π.χ. ή πρώτη γραμμὴ ἀντιστοιχεῖ εἰς τήν πρώτην διαφορικὴν ἐξίσωσιν. Ἐστω ὅτι εἰσάγονται τὰ σήματα $-3 \cdot 358 U_1$ ἐπὶ συντελεστὴν 1, $+162,1 U_2$ ἐπὶ συντελεστὴν 10 καὶ ή διεγείρουσα y ἐκ του ποτενσιομέτρου P_{11} του σχ. 20. Βάσει τῆς πρώτης μαθηματικῆς ἐξισώσεως τὰ τρία αὐτὰ σήματα δίδουν τήν τιμήν $10^2 \cdot \dot{U}_1(\tau)$, ή ὁποία μετὰ τὸν ὀλοκληρωτὴν i_{00} θὰ γίνῃ : $-10^2 \dot{U}_1(\tau)$. Τὸ σῆμα τοῦτο εἰσαγόμενον εἰς τὸν ὀλοκληρωτὴν i_{01} με συντελεστὴν 10 ἐξέρχεται ὡς $+10^3 U_1$. Μετὰ ταῦτα πολλαπλασιάζεται ἐπὶ διαφόρους συντελεστάς, ἵνα ἀποτελέση τοὺς ὄρους : $-3 \cdot 358 U_1$ καὶ $+1 \cdot 621 U_1$, οἱ ὁποῖοι εἶναι ἀπαραίτητοι ὅπως τροφοδοτήσουν τήν α' καὶ β' σειρὰν, ὡς εἴσοδος τῶν ὀλοκληρωτῶν i_{00} καὶ i_{02} ἀντιστοιχῶς. Ἡ δευτέρα σειρὰ βλέπομεν ὅτι λαμβάνει ἐκ τῆς τρίτης σειρᾶς τήν τιμήν $+1 \cdot 150 U_3$, ἵνα μετὰ τῶν τιμῶν $+1 \cdot 621 U_1$, καὶ $-2 \cdot 771 U_2$ καὶ τῆς y ἰσχύση ή δευτέρα διαφορικὴ ἐξίσωσις καὶ ἵνα τὸ ἐξαγόμενον σῆμα ἐκ του ὀλοκληρωτοῦ i_{02} εἶναι τὸ $-10 \dot{U}_2(\tau)$.

Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐξαντλοῦμεν τὸ σύστημα τῶν διαφορικῶν ἐξι-

σώσεων και προβαίνομεν εις τὴν ἐπίλυσιν καὶ καταγραφὴν τῶν λύσεων, ἀφοῦ προηγουμένως γίνῃ ἢ ὑπὸ τοῦ προγράμματος προβλεπομένη σύνδεσις τῶν μονάδων τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ καὶ τεθοῦν αἱ κατάλληλοι τιμαὶ τῶν ποτενσιομέτρων.



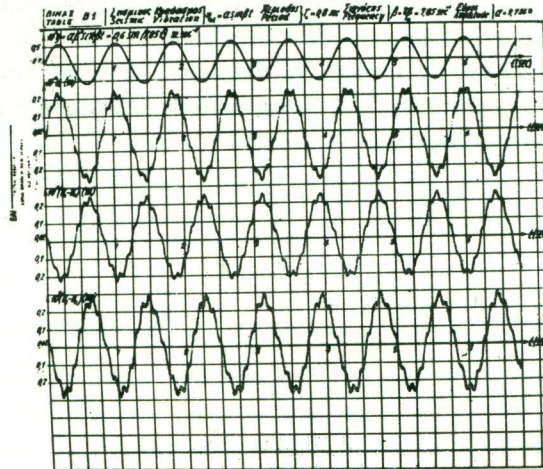
Σχ. 21.

Τὰ βέλη U_1 ἕως U_{12} ὡς καὶ τὰς διαφορὰς αὐτῶν, αἱ ὁποῖαι λαμβάνονται διὰ μιᾶς προσθέτου συνδεσμολογίας (διακεκομμένης), δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν εἰς διαγράμματα, ὡς εἴπομεν, με ὀριζοντίαν τὸν χρόνον t . Εἰς τὸ κάτω τμήμα τοῦ σχ. 21 δίδεται ἡ συνδεσμολογία διὰ τὴν ὀριζοντίαν κίνησιν τῆς καταγραφικῆς συσκευῆς, ἐνῶ ἡ κατακόρυφος λαμβάνεται διὰ καταλλήλου συνδέσεως αὐτῆς πρὸς τὸ ἐπιθυμητὸν σημεῖον τοῦ κυκλώματος. Μία σειρά αὐτῶν τῶν λύσεων εἶναι καὶ αἱ τοῦ σχήματος 22.

Ἐξ αὐτῶν ὑπολογίζομεν τὰς μεγίστας τιμὰς καὶ ἐν συνεχείᾳ τὰς μεγίστας διατηρητικὰς δυνάμεις καὶ ροπὰς κάμψεως, αἱ ὁποῖαι θὰ δράσουν εἰς ἕκαστον στῦλον ἀναλόγως τῆς ἀκαμψίας αὐτοῦ.

Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ σημεῖον ἀρχίζει τὸ τελευταῖον στάδιον ὑπολογισμοῦ, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὸν ἔλεγχον τῶν διαστάσεων καὶ ὄπλισμῶν τῶν διαφόρων φερόντων στοιχείων, ἵνα ταῦτα, με τὴν ἰδίαν παντοῦ τάσιν, ἀναλάβουν ἀσφαλῶς τὰς εὐρεθείσας καταπονήσεις, ἵνα τελικῶς δημιουργη-

θῆ, ὡς εἶπομεν ἐν ἀρχῇ, μία κατασκευὴ ἴσης ἀντοχῆς· δηλαδή εἰς τὴν περιπτώσειν ἐνὸς νέου σεισμοῦ, ἵνα ἡ κατασκευὴ μας αὕτη ἐνταθῆ εἰς ὄλα τῆς τὰ σημεῖα τὸ αὐτό, χωρὶς νὰ παρουσιάσῃ σημεῖον τι σαφῶς ἀσθενέστερον ἔναντι τῶν ὑπολοίπων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον συντελεῖται ἡ μεγίστη δυ-



Σχ. 22.

νατὴ οἰκονομία ὑλικοῦ, διότι ἐκτιμῶνται σαφῶς αἱ θέσεις, αἱ ὁποῖαι χρήζουσι ἐνισχύσεως ἢ οὐ καὶ ἀποφεύγεται ἡ σπατάλη ὑλικῶν εἰς θέσεις, ὅπου ἡ λόγῳ σεισμοῦ καταπόνησις θὰ εἶναι μικροτέρα.

Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ ὀφείλομεν νὰ ἀναφέρωμεν ὅτι ὁ Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς διὰ τὴν ὑπ' ὄψιν κατασκευὴν ἔδωκε διάφορα ἀποτε-

Ὑπόθεσις i =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$M_i (\tau/\mu) =$	8.34.10 ⁸	7.78.10 ⁸	5.52.10 ⁸	5.52.10 ⁸	3.28.10 ⁸	3.28.10 ⁸	0.69.10 ⁸	0.69.10 ⁸	0.35.10 ⁸	0.35.10 ⁸	0.21.10 ⁸	0.21.10 ⁸
$\max (u - u_{i-1}) (\mu) =$	0.042.10 ⁻¹	0.045.10 ⁻¹	0.048.10 ⁻¹	0.038.10 ⁻¹	0.055.10 ⁻¹	0.045.10 ⁻¹	0.125.10 ⁻¹	0.040.10 ⁻¹	0.125.10 ⁻¹	2.550.10 ⁻¹	3.350.10 ⁻¹	1.625.10 ⁻¹
$\max Q_i (\tau) =$	350.3	350.1	265.0	209.8	180.4	147.6	86.3	27.6	43.8	892.5	703.5	341.3
$\max M_i (\tau\mu) =$	490.42	490.14	371.0	293.72	252.56	206.64	120.82	38.64	61.32	1249.50	984.90	477.82
$Q_{\tau} (\tau) =$	333.2	304.7	276.3	247.9	219.5	191.0	162.6	134.2	105.7	77.3	48.9	26.5

Σχ. 23.

λέσματα ἀπὸ τὰ ἐξαγόμενα βάσει τοῦ ἰσχύοντος Στατικοῦ τρόπου ἀντιμεταπίσεως τοῦ ἀντισεισμικοῦ προβλήματος. Συγκεκριμένως δὲ αἱ διαφοραὶ αὗται δεῖκνύονται εἰς τὸν Πίνακα V τοῦ σχ. 23, ὅπου εἰς τὴν τελευταίαν γραμμὴν δίδονται αἱ τιμαὶ τῶν διατμητικῶν δυνάμεων, ὡς αὗται προκύπτουσι δι' ἐφαρμογῆς τῆς κλασσικῆς στατικῆς θεωρήσεως.

Παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοὺς ὁρόφους 1ον ἕως 6ον ὑπάρχει καλὴ ἕως ἀνεκτὴ σύμπτωσις τῶν δύο ἀποτελεσμάτων, διὰ τοὺς 7ον ἕως 9ον σοβαρὰ

απόκλισης αὐτῶν, ἐνῶ διὰ τοὺς 10ον, 11ον καὶ 12ον ἡ διαφορὰ αὐτῶν εἶναι καταπληκτικὴ. Φθάνουν δὲ νὰ εἶναι ἕως καὶ 17 φορὰς δυσμενέστερα τὰ ἀποτελέσματα τῆς δυναμικῆς θεωρήσεως ἀπὸ τὰ τῆς στατικῆς τοιαύτης*.

Διὰ τῆς παρούσης συντόμου ἀναπτύξεως τοῦ ἀντισεισμικοῦ προβλήματος, ἐλπίζομεν ὅτι ἐδόθη μία εἰκὼν περὶ τοῦ τρόπου τῆς ὀρθολογικῆς ἀντιμετωπίσεώς του. Ὁ τρόπος αὐτὸς χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὰς περισσοτέρας χώρας τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ παρουσιάζει διεθνῶς ἐπικαιρότητα. Τὸ σπουδαιότερον δὲ δι' ἡμᾶς εἶναι ὅτι πρόκειται περὶ ἐνὸς τομέως, ὃ ὁποῖος τόσον εἰς τὰ Ἑλληνικὰ ὅσον καὶ εἰς τὰ Διεθνῆ πλαίσια εὐρίσκεται ἐν ἐξελίξει καὶ ὑπὸ συνεχῆ ἔρευναν.

* Ε. Κοκκινοπούλου συνεργασία. Α. Οικονόμου : « Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς 12ωρόφου κτηρίου Δουργούτιου τύπου 107 ». Τεχνικὰ Χρονικὰ τεύχος 1, 1966.

« Π Ι Ν Α Ξ Α »

Ἐπίπεδο ἐκ τοῦ « Ἑλληνικοῦ Ἀντισεισμικοῦ Κανονισμοῦ » τῆς 19)25
Φεβρουαρίου 1959.

Ἄρθρον 2.—1. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μέχρι τοῦδε δεδομένων καὶ τῶν ἀπο-
τελεσμάτων τῶν δονήσεων αἱ περιοχαὶ τῆς Χώρας κατατάσσονται ἀπὸ ἀπό-
ψεως σεισμικότητος εἰς τρεῖς κατηγορίας :

- I. Ἀσθενῶς σεισμόπληκτοι περιοχαί.
- II. Μετρίως σεισμόπληκτοι περιοχαί.
- III. Ἰσχυρῶς σεισμόπληκτοι περιοχαί.

2. Οἰκισμοὶ τῆς Χώρας ἀντιστοιχοῦντες χαρακτηριστικῶς εἰς τὰς
κατηγορίας ταύτας ἐμφαίνονται εἰς τὸν ἀκόλουθον Πίνακα I.

Π Ι Ν Α Ξ Ι

Χαρακτηρισμοῦ σεισμικότητος οἰκισμῶν Ἑλλάδος

Ἁγία Ἄννα II, Ἁγιά (Λαρίσης) I, Ἅγιος Κήρυκος (Ἰκαρίας) I,
Ἁγρίτσα (Ἰμβρου) II, Ἁγρίνιον I, Ἀθῆναι I, Αἴγιον II, Αἴγινα I, Αἰδη-
ψὸς I, Αἰτωλικὸν II, Ἀλεξανδρούπολις I, Ἀλμυρός I, Ἀμαλιάς II, Ἀμορ-
γὸς I, Ἄμφισσα II, Ἀμφιλοχία I, Ἀνάφη I, Ἀνδρίτσεινα II, Ἄνδρος I,
Ἀντιμάχεια (Κῶ) III, Ἀπέρειον (Καρπάθου) II, Ἀράχωβα II, Ἄργος I,
Ἄργοςτόλιον III, Ἀρεόπολις I, Ἀρναία II, Ἀρκάσα (Καρπάθου) II, Ἄρτα
I, Ἀστακὸς I, Ἀταλάντη III, Ἀρχάγγελος (Ρόδου) III, Βάλτα II, Βασιλικά
I, Βαθὺ II, Βέρροια, II, Βόλος II, Βασιλικά (Εὐβοίας) II, Γάϊος (Παξῶν) I,
Γαλαξείδιον II, Γρανίτσα II, Γρεβενὰ I, Γύθειον I, Γιαννιτσὰ I, Γεροπλάτα-
νος (Ἡπείρου) I, Διδυμότειχον I, Δομοκὸς II, Δομβραῖνα I, Δράμα II,
Διακοφτὸ III, Ἐδεσσα I, Ἐλασσῶν I, Ἐρεσσὸς (Λέσβου) III, Ζάκυνθος III,
Ἡράκλειον III, Θῆβαι II, Θεσσαλονίκη II, Θήρα II, Ἱεραπέτρα III, Ἰστιαία
II, Ἴος I, Ἰθάκη II, Ἰωάννινα II, Ἰερισσὸς III, Καλάμαι II, Καλαμπάκα I, Κά-
ρυστος I, Καλαμωτὴ (Χίου) III, Κανάλια (Βόλου) II, Κάνδανος (Κρήτης) II,
Καρδίτσα II, Καρπενήσιον I, Κάρυστος I, Καστορία I, Κάστρον (Λήμνου) I,
Κάστρον (Κάσου) II, Καστελόριζον III, Κατερίνη I, Καβάλλα I, Κέα I,
Κέρκυρα II, Κέφαλος (Κῶ) II, Κιάτον II, Κιλκίς I, Κομοτινὴ I, Κόνιτσα I,
Κόρινθος III, Κορώνη III, Κοζάνη I, Κρανίδιον I, Κύμη I, Κυπαρισσία II,
Κύθηρα II, Κύθνος I, Κῶς III, Καλάβρυτα I, Καρύταινα II, Καρδάμυλα (Χίου)
III, Καδραμύλη II, Λαγκαδᾶς I, Λαμία I, Λάρισα II, Λαύριον I, Λεχαινὰ I, Λει-
βάδια (Ἀστυπαλαίας) I, Λειβάδι (Τήλου) I, Λίνδος (Ρόδου) III, Λεωνί-
διον I, Λευκάς III, Λεβάδεια I, Λιδωρίκιον I, Λιμὴν (Θάσου) I, Ληξοῦρι
III, Μαλλία (Κρήτης) III, Μανδράκι (Νισύρου) II, Μαραθῶν II, Μαργα-
ρίτιον II, Μαρτίνον III, Μεγαλόπολις II, Μέγαρο I, Μεσσήνη III, Μεσο-

λόγγιον I, Μεσοχώριον (Καρπάθου) II, Μέθανα I, Μέτσοβον I, Μολάοι I, Μόλυβος III, Μύκονος I, Μυτιλήνη III, Μελιγαλά II, Μεθώνη II, Ναύπακτος II, Ναύπλιον I, Νάξος I, Νέα Ὀρεστιάς I, Νεάπολις (Βατίκων) I, Νεμέα II, Νευροκόπιον II, Νιγρίτα I, Ξάνθη I, Ξηρόκαμπος (Λέρου) I, Ξυλόκαστρον II, Ὀλυμπος (Καρπάθου) II, Οἰνοῦσαι (Χίου) II, Παραμυθιά II, Πάρος II, Πάτραι II, Πλάκα (Μήλου) II, Πολύγυρος II, Πολυχνίτος (Λέσβου) III, Πόρος I, Ποθαία (Καλύμνου) I, Πράμαντα I, Πρέβεζα II, Πύλος II, Πύργος II, Ρέθυμνον II, Ροδολεῖβος I, Ρόδος III, Σάλακος (Ρόδου) II, Σαλαμίς I, Σαμοθράκη II, Σάμη III, Σέριφος I, Σέρραι I, Σίφνος I, Σητεία III, Σκιάθος I, Σκόπελος I, Σκάλα (Πάτμου) I, Σκάλα (Χάλκης) III, Σκύρος I, Σοφάδες III, Σοφικόν II, Στρέζοβα I, Σπάρτη I, Συκιά I, Σύρος I, Σύμη II, Σκάλα Ὀρωποῦ II, Τένεδος I, Τρίπολις II, Τρίκαλα II, Τήνος I, Τύρναβος I, Ὑδρα I, Φάρσαλα III, Φιλιατρά III, Φιλιάτες I, Φλώρινα I, Φολέγανδρος I, Χαλκίς II, Χανιά II, Χίος III, Ψαρᾶ I.

3. Οἰκισμοὶ ἢ περιοχαὶ μὴ περιλαμβανόμεναι εἰς τὸν Πίνακα I λογίζονται ὡς ἔχοντες σεισμικότητα τὴν τοῦ ἐγγυτέρου πρὸς αὐτοὺς οἰκισμού ἐκ τῶν ἀναγεγραμμένων εἰς τὸν ὡς ἄνω Πίνακα.

Ἄρθρον 3.—1. Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῆς σεισμικῆς ἐπικινδυνότητος τὰ ἐδάφη κατατάσσονται εἰς τέσσαρας κατηγορίας :

- α) Ἐδάφη μικρᾶς σεισμικῆς ἐπικινδυνότητος.
- β) Ἐδάφη μετρίας σεισμικῆς ἐπικινδυνότητος.
- γ) Ἐδάφη μεγάλης σεισμικῆς ἐπικινδυνότητος.
- δ) Ἐδάφη ἐξαιρετικῆς σεισμικῆς ἐπικινδυνότητος.

2. Διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τῶν ἐδαφῶν ἀπὸ ἀπόψεως ἐπικινδυνότητος λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν ἡ σύστασις, ἡ κλίσις, ἡ ὁμοιογένεια, ἡ ἔκτασις, τὸ πάχος τῶν στρωμάτων κλπ.

Ἐνδεικτικῶς καθορίζονται τὰ κάτωθι :

Ἐδάφη ἀποτελούμενα ἐξ ἐνιαίου ἐκτεταμένου στρώματος, συμπαγοῦς καὶ ὁμοιογενοῦς ἢ ἐξ ἀργιλλομαργαϊκῶν στρωμάτων πάχους μεγαλυτέρου τῶν 15 μέτρων καὶ εἰς στρώσιν περίπου ὀριζοντίαν ὑπάγονται εἰς τὴν κατηγορίαν α'.

Ψαθυρὰ ἢ χαλαρὰ ἐδάφη εἰς ὀριζοντίαν στρώσιν ἢ μὲ ἐλαφρὰν κλίσιν ὑπάγονται εἰς τὴν κατηγορίαν β'.

Ἐδάφη ἐκ φυσικῶν ἢ δομικῶν κορημάτων ἐκ παραλιακῶν ἢ τεχνικῶν προσχώσεων ἐλώδη ἢ τελματώδη καὶ περιοχαὶ ἀπεξηραμένων λιμνῶν χαρακτηρίζονται ὡς ἀνήκοντα εἰς τὴν κατηγορίαν γ'.

Ἄνομοιογενῆ ἢ χαλαρὰ ἐδάφη ἐπὶ ἀποτόμων κλιτύων καὶ περιοχαὶ ὑπερθεν σπηλαιώδους ὑπεδάφους ὑπάγονται εἰς τὴν κατηγορίαν δ'.

3. Ὁ βαθμὸς ἐπικινδυνότητος τοῦ ἐδάφους δι' ἐκάστην περίπτωσιν

θά καθορίζεται μετ' ἔρευναν ὑπὸ τοῦ μελετητοῦ καὶ θά ὑπόκειται εἰς τὴν ἔγκρισιν τῆς ἐλεγχούσης τὴν ὅλην μελέτην Ἀρχῆς.

4. Ἡ οἰκοδόμησις μονίμων κτιρίων ἢ κτιριακῶν συγκροτημάτων ἐπὶ ἔδαφῶν ἐξαιρετικῆς σεισμικῆς ἐπικινδυνότητος δέον ν' ἀποφεύγηται ἐκτὸς ἐὰν καθίσταται δυνατὴ ἢ λήψις μέτρων ἀντιμετωπίσεως ἐνδεχομένων κινδύνων κατολισθήσεως ἢ καθιζήσεως.

Ἄρθρον 4.—1. Πρὸς ἔλεγχον τῆς ἐκ σειμοῦ καταπονήσεως τοῦ κτιρίου θά εἰσάγονται εἰς τὸν ὑπολογισμὸν ἐκτὸς τῶν ὑπὸ τῶν οἰκείων Κανονισμῶν προβλεπομένων φορτίσεων καὶ σεισμικαὶ δυνάμεις. Ἐπιτρέπεται ὅπως εἰσάγονται εἰς τὸν ὑπολογισμὸν μόναι αἱ ὀριζόντιαι συνιστώσαι τῶν σεισμικῶν δυνάμεων λαμβανόμεναι μετὰ φορὰν ἐναλλασσομένην. Εἰς εἰδικὰς περιπτώσεις ὅπου τοῦτο κατωτέρω καθορίζεται, θά λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν ὑποχρεωτικῶς καὶ αἱ κατακόρυφοι συνιστώσαι.

2. Αἱ σεισμικαὶ δυνάμεις δύνανται νὰ θεωρῶνται ὡς ἐφαρμοζόμεναι εἰς τὰ κέντρα τῶν ἀντιστοίχων μαζῶν καὶ λαμβάνονται ἴσαι πρὸς τὰ ἀντίστοιχα κατακόρυφα φορτία πολλαπλασιασμένα ἐπὶ ὀρισμένον συντελεστήν ϵ , καλούμενον συντελεστὴν σεισμικῆς ἐπιβαρύνσεως. Αἱ καθορίζουσαι τὰς ὀριζοντίους συνιστώσας τῶν σεισμικῶν δυνάμεων τιμαὶ τοῦ συντελεστοῦ ϵ λαμβάνονται ἐκ τοῦ ἀκολουθοῦ Πίνακος II.

ΠΙΝΑΞ II

Σεισμικότης περιοχῶν	Ἐπικινδυνότης ἔδαφῶν		
	(α)	(β)	(γ)
I	0,04	0,06	0,08
II	0,06	0,08	0,12
III	0,08	0,12	0,16

3. Καθορισμὸς τῶν ἐπὶ τοῦ κτιρίου ἢ τῶν στοιχείων αὐτοῦ ἐνεργουσῶν σεισμικῶν δυνάμεων κατὰ τρόπον διάφορον τῶν ἐν τῷ παρόντι ἄρθρῳ ἀναφερομένων δύναται νὰ γίνῃ δεκτὸς κατόπιν εἰδικοῦ δυναμικοῦ ὑπολογισμοῦ καὶ ἐγκρίσεως τῆς θεωρούσης τὴν μελέτην ἀρχῆς.

4. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν σεισμικῶν δυνάμεων θά λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν τὰ σύνολα τῶν μονίμων καὶ κινητῶν κατακορύφων φορτίων.