

ΕΠΙ ΤΩΝ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Υπό του κ. ΝΙΚ. Ν. ΑΜΒΡΑΖΗ, Διπλ. Άγγ. Τοπ. Μηχ., Έπιμελ. Ε.Μ.Π.

Κατά την διάρκεια σεισμών, άξιον παρατηρήσεως είναι τὸ φαινόμενον τῆς δημιουργίας ἰσχυρῶν παλιρροϊκῶν κυμάτων, ὡς τὰ ἀκολούθησαντα τὰς σεισμικὰς δονήσεις τῆς 9-7-1956.

Τοιαύτης φύσεως φαινόμενα ἐμφανίζονται εἰς τὰς ἀκτὰς τῆς χώρας μας κατὰ πολὺ ἀραιὰ χρονικὰ διαστήματα, ἄλλοτε μὲν ὑπὸ τὴν μορφήν ἀβλαβῶν παλιρροϊκῶν κυμάτων, ἄλλοτε δὲ ὑπὸ τὴν μορφήν κυματισμῶν πολὺ μεγάλου μήκους, οἱ ὅποιοι ἐπιφέρουν σοβαρωτάτας καταστροφὰς εἰς παραθαλασσίας κατασκευὰς καὶ σημαντικὰς ζημίας εἰς λιμενικὰ ἔργα. Κατὰ τὸ παρελθόν, ἡ μακρὰ περιοδικότης τοῦ φαινομένου προφανῶς ἔθεσε τοῦτο εἰς τὴν κατηγορίαν ἐκείνων, τῶν ὁποίων ἡ θεωρητικὴ ἀνάλυσις καὶ συστηματικὴ ἀντιμετώπισις διὰ τὸν τεχνικὸν δὲν ἀπετέλει θέμα ἐπιχειρήσεως φύσεως. Καὶ τοῦτο, διότι ἡ περιοδικότης τοῦ φαινομένου ἦτο πολὺ μεγαλύτερα τῆς ζωῆς τῶν κατασκευῶν τῆς ἐποχῆς καὶ ἡ σημαντικότης τούτων σχετικῶς μικρά. Σήμερον, λόγω τῆς σημαντικότητος τῶν κατασκευαζομένων ἔργων, ἡ ἀνάλυσις τῶν φαινομένων καὶ ἡ ἐξ αὐτῆς ἐφαρμογὴ μέτρων διὰ τὴν πρόληψιν καταστροφῶν θεωρεῖται ἐπιβεβλημένη.

Εἰς τὴν παρούσαν μελέτην θὰ ἀσχοληθῶμεν Α) μὲ τὴν ἀνάλυσιν τῶν αἰτιῶν τῶν προκαλουσῶν τοιαύτης φύσεως φαινόμενα, Β) μὲ τὴν θεωρητικὴν ἀνάπτυξιν τῆς ὑδροδυναμικῆς πλευρᾶς τούτων, Γ) μὲ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν ἐκ τῆς θεωρίας ἐξαγομένων πορισμάτων διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς εὐσταθείας λιμενικῶν ἔργων.

- A -

Σεισμικὰ παλιρροϊκὰ φαινόμενα προκαλοῦνται εἰς κάθε ὑγρὸν χώρον, σχετικῶς μεγάλων γεωγραφικῶν διαστάσεων, λόγω διαταράξεως τμήματος τοῦ πυθμένος του, ὡς π.χ. κατακόρυφος μετατόπισις τούτου κατὰ μῆκος ρήγματος, κατάπτωσις μεγάλου ὄγκου χαλαροῦ ὑλικοῦ τοῦ πυθμένος προκληθεῖσα ἐκ τῶν σεισμικῶν κραδασμῶν, ὑποβρύχιος ἐκρηξίς ἠφαιστείου, ὑποβρύχιος σεισμικὴ δόνησις, ἢ ἀκόμη ὀφείλονται καὶ εἰς ἕτερα φαινόμενα, ὅπως εἰς ἀνομάλους ἀτμοσφαιρικὰς συνθήκας. Ἄλλοι λόγοι, οἱ ὅποιοι δύνανται νὰ προκαλέσωσι τοιαύτης φύσεως φαινόμενα, εἶναι ἡ ἐκ τῆς ξηρᾶς κατάπτωσις μεγάλων μαζῶν ὑλικοῦ εἰς τὴν θάλασσαν, λόγω σεισμικῆς, ἠφαιστειακῆς ἢ ἄλλης τινὸς αἰτίας, ὡς καὶ ἐκ τεχνικῶν ἐκρηξῶν μεγάλης ἐντάσεως.

Γενικῶς, ἡ ἀρχὴ τοῦ φαινομένου τούτου βασίζεται κατὰ μέγιστον εἰς τὸ ὅτι μεγάλος ὄγκος θαλασσίου ὕδατος, μετακινήθῃς λόγω ἀποτόμου ἀλλαγῆς τινῶν ἐκ τῶν θέσεων τῶν στερεῶν του ὀρίων, ἀναγκάζεται νὰ κινήθῃ πρὸς ὅλας τὰς δυνατὰς κατευθύνσεις, εἰς νέαν θέαν ἰσορροπίας. Ἦτοι πρόκειται περὶ ἀρχῆς καθαρῶς ὑδροδυναμικῆς φύσεως, διεπομένης ὑπὸ σχετικῶς ἀπλοῦ νόμου, ἀλλ' ἐχοῦσις πολυπλόκους ὀριακὰς συνθήκας.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εἶναι προφανές, ὅτι διὰ τὴν δημιουργίαν παλιρροϊκοῦ κύματος ἢ ὑπαρξίς ὑποβρυχίου σεισμικῆς ἐστίας δὲν εἶναι ἀναγκαῖα, πολλάκις δὲ οὐδὲ ἡ ὑπαρξίς σειμοῦ. Ἐπανελημμένως σειμοὶ μὲ ἐστίαν σαφῶς ἐπὶ τῆς ξηρᾶς (1) προσεκάλεσαν τὴν δημιουργίαν ἰσχυροτάτων θαλασσίων κυμάτων, ὑφίστανται δὲ καὶ περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας αἱ αἰτίαι αἱ προκαλέσασαι τοιαύτης φύσεως φαινόμενα οὐδεμίαν σχέσηιν εἶχον μὲ σεισμικὰς τοιαύτας.

Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ὄνομασίαν τῶν θαλασσίων κυμάτων, εἰς τὴν γένεσιν τῶν ὁποίων συμβάλλουν μία ἢ πε-

ρισσότεραι ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἀναφερθεισῶν αἰτιῶν, καθ' ὅσον γνωρίζομεν, δὲν ὑφίσταται εἰς τὴν Ἑλληνικὴν εἰδικὸς ὅρος. Συνήθως τοιαύτης φύσεως κύματα καλοῦνται «σεισμικὰ παλιρροϊκὰ κύματα». Πάντως, καθ' ὅσον ταῦτα οὐδεμίαν ἔχουσι σχέσηιν μὲ τὰ καθ'αυτὸ παλιρροϊκὰ φαινόμενα, σκόπιμον θὰ ἦτο, πρὸς ἀποφυγὴν συγχύσεως, νὰ ἐγίνετο χρῆσις κατὰ τὴν παρούσαν ἐργασίαν τοῦ διεθνοῦς ὄρου τούτου, ἤτοι «τσουνάμι». (2)

Ἐκ τῶν μέχρι σήμερον γενομένων ἐρευνῶν ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου προκύπτει, ὅτι ἐκ τῶν ἀναφερθεισῶν αἰτιῶν, διὰ τὴν δημιουργίαν ἐντόνου τσουνάμι, ἐπικρατεστέρα εἶναι ἡ τῆς κατολισθήσεως ἢ ἀποτόμου κατάπτωσεως μεγάλου ὄγκου ὑλικῶν τοῦ πυθμένος (δίχως, βεβαίως, νὰ σημαίη, ὅτι ἡ ἴδια αἰτία προσκάλεσε τὸ φαινόμενον τῆς 9ης Ἰουλίου 1956.) (3a). Τοιαύτης φύσεως κατολισθήσεις δύνανται νὰ προκληθῶσιν ἐξ ὑπαιτιότητος τῶν σεισμικῶν κραδασμῶν, αἰτίας ὅμως ἡ ὁποία δὲν εἶναι καὶ ἀναγκαῖα διὰ μίαν κατολισθήσιν. Συμφώνως μὲ τὰς ἀπόψεις τοῦ Verbeck (3) ἐπὶ τοῦ θέματος τούτου, κατολισθήσεις μαζῶν τοῦ θαλασσίου πυθμένος, προκληθεῖσαι ὑπὸ σεισμικῶν κραδασμῶν, ἦσαν ἡ μόνη αἰτία τῆς δημιουργίας τεραστίου τσουνάμι κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σειμοῦ τοῦ Κεράμ, τὸ ὁποῖον ἐπέφερε σοβαρωτάτας καταστροφὰς εἰς τὴν περιοχὴν. Δέον ὅπως σημειωθῇ ἐνταῦθα, ὅτι τὸ σεισμικὸν ἐπίκεντρον εἰς τὴν περιπτώσιν ταύτην ἔκειτο σαφῶς ἐπὶ τῆς ξηρᾶς. Πλεῖστα ὅσα ἄλλα μελέται ἐπιβεβαιοῦν (3a), ὅτι ἡ αὐτὴ αἰτία, ἢτοι ἡ τῆς κατολισθήσεως, εἶναι ὑπεύθυνος διὰ τὴν δημιουργίαν τῶν φοβερῶν τσουνάμι, τὰ ὁποῖα συχνότατα προκαλοῦν σοβαρωτάτας καταστροφὰς εἰς τὴν Ἰαπωνίαν καὶ ἰδιαιτέρως εἰς τὴν περιοχὴν τῶν βαθεῶν ἀκτῶν τοῦ Σαγκάμι. (4) Κατὰ τοὺς Milne (5) καὶ Forster (6), εἰς τὸ αὐτὸ φαινόμενον ἀποδίδεται καὶ ἡ εἰς τὸ παρελθόν συνεχῆς θραύσις ὑποβρυχίων καλωθίων εἰς τὸ Αἴγατον. Κατὰ τὸν Ἰμαμούρα (7), μεγάλη κατολισθήσις ἐκ τῶν ἀποτόμων κλιτύων τοῦ ἠφαιστείου Unzen-Dako πλησίον τοῦ Nagasaki προσεκάλεσε τὴν ἀπότομον δημιουργίαν ἰσχυροτάτου τσουνάμι, ὅταν τὸ κατολισθῆσαν ὑλικόν, ὄγκου τάξεως μερικῶν ἑκατομμυρίων κυβικῶν μέτρων, ἐπέπεσον ἐπὶ τῆς βαθείας ἀκτῆς, προκαλέσαν τὸν θάνατον 12.000 ἀτόμων εἰς τὰς πληγείσας ὑπὸ τοῦ κύματος περίξ περιοχὰς.

Ἡ ἐξηγητικὴ τῆς αἰτίας τῶν ὑποβρυχίων κατολισθήσεων, κατὰ τὴν διάρκειαν σειμοῦ, βασίζεται εἰς τὰς αὐτὰς ἀρχὰς, εἰς τὰς ὁποίας βασίζονται καὶ αἱ κατολισθήσεις ἐπὶ τῆς ξηρᾶς. Τὸ θέμα τῶν ἀρχῶν τούτων ἀνήκει καθαρῶς εἰς τὸ κερφαλεῖον Ἐντάσεως—Παραμορφώσεως—Χρόνου τῆς Ἐδαφομηχανικῆς. Πρόκειται

2) Bullen K. «An Introduction to the theory of Seismology». Cambridge Univ. Press, London 1953, p. 256.

2a) Ἡ παρούσα ἐργασία ὑπεβλήθη πρὸς δημοσίευσιν τὴν 19 Ἀυγούστου 1956.

3) Verbeck, R. «Kort verslag over de aard — en zeebeving op Ceram, den 30 Sept. 1899». Natnrkund. Tijdschr. voor Nederland—Indias 1900, No 60, p. 218.

3a) Sauer, F.M. «Memorandum on Laboratory Experiments on waves generated by an under water landslide». Tech. Report HE - 116—218 Univers. of California, 1946.

4) Davison, Ch. «The Japanese Earthquake of 1923». Thomas Murby Co. London 1936, xi.

5) Milne, J. «Third report of the committee on Seismological Investigation». British Assoc. for the Adv. of Sci., Bristol 1898.

6) Forster, W. «Earthquake Origin». Trans. Seism Soc. Japan, 1890, No 15, p. 73.

7) Imamura, A. «Theoretical and Applied Seismology». Maruzen Co, Tokyo 1937, p. 126.

1) Gutenberg, B., «Tsunamis and Earthquakes». Bulletin Seism. Society of America 1939, Vol. 29, No 4, pp 517-526.

Galanopoulos, A., «The Koroni earthquake of October 6, 1947». Bull. Seis. Soc Amer. 1949, Vol. 39, No 1, p. 33, p 34.

ἀκριβῶς περί προβλήματος, εἰς τὸ ὁποῖον, πλὴν τῆς σχέσεως Ἐντάσεως—Παραμορφώσεως τοῦ ὕλικου, εἰσέρχεται καὶ ἡ σχέσις Παραμορφώσεως—Χρόνου, ἀπ' ἐνὸς μὲν ὄς συντελεστῆς ἀναγκαῖος διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς ἐπιδράσεως τῶν χαρακτηριστικῶν τῆς σεισμικῆς κινήσεως, ἀπ' ἑτέρου δὲ διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς συμπεριφορᾶς τοῦ ὕλικου εἰς διαδοχικὴν ὑποχώρησιν (διάτμησιν) ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὀλισθήσεως. Ἡ ἀνάπτυξις τῆς θεωρίας ὀλισθήσεως συνεκτικῶν ἢ μὴ γαιῶν εἶναι θέμα, τὸ ὁποῖον δὲν δύναται δι' ὀλίγων νὰ ἀναπτυχθῆ, οὐδὲ ἀνῆκα βασικῶς εἰς τὸ ἐξεταζόμενον φαινόμενον. Ἐν συντομίᾳ θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν διατύπωσιν ὁρισμένων ἀρχῶν, ἐπὶ τῶν ὁποίων βασίζεται ἡ ἐρμηγία τοῦ φαινομένου τῆς μειώσεως τῆς ἀντοχῆς εἰς διάτμησιν καὶ τῆς ἐξ αὐτῆς προώρου κατολισθήσεως ὕλικου κατὰ τὴν διάρκειαν σεισμικῶν κραδασμῶν.

Συνεκτικὸν ἢ μὴ ὕλικόν, συντελεστοῦ Β περιῖπου μονάδος (8) καὶ ποσάδους χαμηλοτέρου τοῦ κρίσιμου, ὑποκείμενον εἰς σεισμικὴν δόνησιν, προσεγγιστικῶς ἀρμονικῆς μορφῆς—λαμβανομένης ὑπ' ὄψιν τῆς ἐπιδράσεως σεισμικῆς συνιστώσεως μόνου κατὰ μιαν διεύθυνσιν—ὑπόκειται σαφῶς εἰς ἀρμονικὴν συνεχῶς ἐπιβαλλομένην φόρτισιν. Ἐὰν τὸ φαινόμενον ἀναλυθῆ περαιτέρω, ἔχομεν ὅτι ἡ ἐπίδρασις σεισμικῶν κραδασμῶν ἐπὶ τῶν στατικῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ ἐδάφους δὲν δύναται νὰ ἐρμηγευθῆ μόνον ἐκ τῶν συμπερασμάτων τῶν ἐξαγομένων ἐξ ἐρευνῶν διὰ τὴν περίπτωσιν τετραγωνικῶν παροδικῶν φορτίσεων τούτου (9). Μία μακροσκοπικὴ ἀνάλυσις τῆς συμπεριφορᾶς ἐδάφους ὑποκειμένου εἰς σεισμικὴν μονοδιάστατον δόνησιν δύναται νὰ ἀναλυθῆ ὡς ἑξῆς.

Προσεγγιστικῶς διὰ τὴν πρώτην ἡμισίαν περιόδου—ἔστω θετικῆς φάσεως—ἔχομεν παροδικὴν ἡμιτονοειδῆ φόρτισιν μὴ ὑπερβαίνουσαν τὴν ἀντοχὴν τοῦ ἐδάφους. Κατὰ τὸ τέλος τῆς θετικῆς ταύτης φάσεως, τὸ μέτρον στερεότητος τοῦ ὕλικου, ἐξαρτώμενον ἐκ τῆς ἐπιβληθείσης σχέσεως Παραμορφώσεως—Χρόνου ὡς καὶ ἐκ τοῦ βαθμοῦ προεντάσεως, ἔχει μεταβληθῆ (10).

Ὑλικὸν κατέγον τὰς προαναφερθείσας ιδιότητας, καὶ ὑποκείμενον εἰς σεισμικὴν δόνησιν, θὰ ἐκδηλώσῃ εἰς τυχόντα ὀρίζοντα ἐνὸς τῆς μάζης του συμπτώματα ἀσυνεχίας, τὰ ὁποῖα, ὡς γνωστοί, προϋποθέτουν διόγκωσιν τοῦ ὕλικου περὶ τὴν περιοχὴν ταύτην. Ἡ διόγκωσις αὕτη, δι' ὕλικὸν συντελεστοῦ Β περιῖπου ἴσου πρὸς τὴν μονάδα, θὰ προκαλέσῃ σὺν τῷ χρόνῳ ἀρνητικὰς τάσεις πόρων, καὶ καθ' ὅσον ἡ φόρσις ἦτο ἀρκούντως ταχεῖα, ἀνεξαρτήτως τοῦ συντελεστοῦ διαπερατότητος τοῦ ὕλικου, κίνησις τοῦ ὕδατος πόρων ἐκ θέσεων ὑψηλοτέρων πύσεων, διὰ τὴν ἀνακούφισιν τῆς περιοχῆς, ὅπου ἐξεδηλώθη ἡ ἀσυνεχία, δὲν θὰ εἶναι δυνατὴ. Οὕτω, ἡ ἀντοχὴ τοῦ ὕλικου κατὰ τὸ πέρασ τῆς πρώτης θετικῆς φάσεως ἐμφανῶς θὰ αὐξηθῆ. Ἐὰν τώρα ἡ ἐρμηγία τοῦ φαινομένου ἐσταμάτῃ ἐδῶ, θὰ ἐπρεπε νὰ ἀναμεινωμεν αὐξήσιν τῆς ἀντοχῆς τοῦ ἐδάφους κατὰ τὴν διάρκειαν σεισμῶν. Αὐτὸ ὅμως δὲν ἀληθεύει, καθ' ὅσον τὴν θετικὴν φάσιν ἀκολουθεῖ ἀρνητικὴ τοιαύτη, τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ ἡ κίνησις ἀντιστρέφεται. Κατὰ τὴν φάσιν ταύτην τῆς ἀντιστροφῆς, ἡ ἀλληλοκαλείδωσις τοῦ ὕλικου ἐλαττοῦται, καί, διὰ συνεκτικὰ ἐδάφη, ἡ θιξοτροπία αὐξάνει, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ τάσις πόρων εἰς τὸ τέλος τῆς

ἀρνητικῆς φάσεως νὰ εἶναι σημαντικῶς μεγαλυτέρα ἐκείνης τοῦ τέλους τῆς θετικῆς φάσεως, καὶ τελικῶς, μὲ τὸ ὄριζόμενον ἀριθμὸν πλήρων περιόδων, τὸ ὕλικόν νὰ ἀποκτῆ χαρακτηριστικὰ ἐξαρτώμενα κυρίως ἐκ τῶν ἐπιβληθειῶν δυνάμεων ἀδραναίας, ἢτοι ἐκ τῶν ἐπιβληθειῶν ἐπιταχύνσεων. Δι' ὑψηλὰς τιμὰς τῶν ἐπιταχύνσεων, τὸ ὕλικόν παρουσιάζει συμπτώματα ρευστοποίησης (11). Δι' ἐδάφη ποσάδους ἴσου πρὸς τὸ κρίσιμον, τὸ φαινόμενον τῆς ρευστοποίησης ἐμφανίζεται καὶ διὰ τιμὰς ἐπιταχύνσεως σχεδὸν μηδενικὰς. (Δεῖν ὅπως σημειωθῆ, ὅτι πάντοτε ἀναφερόμεθα εἰς κατάστασιν $B \approx 1$).

Δι' ἐπιταχύνσεις μέχρι 0,2g, τὰ ἐδαφικὰ χαρακτηριστικὰ καὶ ὁ ἴστος δὲν ἀλλοιοῦνται σημαντικῶς, ἢ δὲ ἀντοχὴ τοῦ ὕλικου εἰς διάτμησιν ἐλαττοῦται ὡς πρὸς τὴν στατικὴν τοιαύτην κατὰ 7% μόνον. Ἦτοι διὰ σεισμικὰς ἐντάσεις μέχρι βαθμοῦ IX (Modif. Mercalli) ἢ περιῖπου IX + 1/2 (Rossi-Forel) (12) δύναται τις νὰ ὑποθέσῃ τὸ ὕλικόν εὐρισκόμενον ὑπὸ τὰ στατιστικὰ του χαρακτηριστικὰ καὶ νὰ ἐφαρμόσῃ στατικὰς λύσεις διὰ τὸν προσδιορισμὸν τάσεων μόνου. Προκειμένου ὅμως διὰ τὸν προσδιορισμὸν παραμορφώσεων, ὁ ὑπολογισμὸς δὲν εἶναι ἀπλοῦς καὶ ὁ νόμος τοῦ Hooke μόνον κατὰ προσέγγισιν ἰσχύει. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, τὸ μέτρον στερεότητος καὶ ἡ πλαστικὴ συμπεριφορὰ τοῦ ὕλικου μόνον περιγραμτικῶς δύνανται νὰ ὑπολογισθῶσι, καὶ τοῦτο μὲ πολὺ μικρὰν ἀκρίβειαν, λόγῳ δευτερογενῶν φαινομένων. (13) (10)

Εἶναι λοιπὸν ἐμφανές, ὅτι, ἐνῶ εἰς τὴν ξηρὰν φυσικὸν πρᾶνὲς ἀνέτως εὐρίσκειται εἰς κατάστασιν μερικῶν κορσεμοῦ ($B < 1$), εἰς τὸν πυθμὲν τῆς θαλάσσης ἀναγκαστικῶς ἡ τιμὴ τοῦ Β εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα. Ἀπ' ἑτέρου, ἡ εὐαισθησία τῶν θαλασσίων ἀργιλωδῶν ὕλικῶν εἶναι συνηθέστατα κατὰ πολὺ ἀνωτέρα τῆς εὐαισθησίας τῶν συγγενῶν τούτων ἐδαφῶν ἐπὶ τῆς ξηρᾶς, καὶ ὕλικὰ μαλακοῦ πυθμῆνος, ὡς τὰ εὐρισκόμενα εἰς τὰς ἀκτὰς τοῦ Καναδά καὶ τῶν νοτίων ἀκτῶν τῆς Νορβηγίας καὶ Σουηδίας, κατέχουν σημαντικὰς θιξοτροπικὰς ἰκανότητες, αἱ ὁποῖαι καὶ διὰ χαμηλῶν ποσάδων τοῦ ὕλικου δύνανται εἰς περίπτωσιν διαταράξεως τοῦ ἐδαφικοῦ τῶν ἰσθῶν νὰ ἐξελαιψοῦν καὶ τὴν παραμικρὰν ἀντοχὴν αὐτοῦ εἰς διάτμησιν (14).

Καταλήγομεν, λοιπὸν, εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι εἰς περίπτωσιν σειμοῦ ἢ κατολισθήσεως ὑποβρυχίου φυσικοῦ πρᾶνοῦς ἐπιτελεῖται κατὰ πολὺ εὐκολώτερον ἢ ἡ κατολισθήσεως πρᾶνοῦς ἐπὶ τῆς ξηρᾶς. Ἐφ' ὅσον δὲ, ἐκ παρομοίων φαινομένων ἐπὶ τῆς ξηρᾶς, ἔχομεν ὑπ' ὄψει μας τὸν ὄγκον τοῦ ὕλικου, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ κατολισθῆσῃ ἐντὸς ἐλαχίστου χρονικοῦ διαστήματος, εἶναι φυσικὸν τοιαύτης φύσεως φαινόμενον νὰ προκαλέσῃ τσουνάμι, εἴτε ἡ κατολισθήσεως ἔλαβε χώραν ἐξ ὀλοκλήρου ἐντὸς τῆς θαλάσσης, εἴτε ἐπὶ τῆς ξηρᾶς, μὲ ἀποτέλεσμα τὸ κατολισθῆσαν ὕλικὸν νὰ ἐπιπέσῃ ἐπὶ βαθεῖας ἀκτῆς.

Κατὰ τὸν Gutenberg (15), αἱ ὑποβρυχιοὶ κατολισθήσεις, προκαλούμεναι ὑπὸ σεισμῶν, εἶναι αἱ πλέον ὑπεύθυνοι αἰτίαι διὰ τὴν δημιουργίαν ἰσχυροτάτων τσουνάμι. Ἡ ὑπότομος κατακόρυφος μετατόπισις τμημάτων τοῦ

11) Mogami, T. «The behaviour of soils during vibration». Proc. 3rd Intern. Conf. on Soil Mechanics, Zurich 1953, p. 152.

Mogami, T. «The dynamical properties of soils». Ist Report, Institute of Science, University of Kyoto, Japan, Vol. 8, no. 1, pp. 31—38, 1954, 5 (in Japanese).

12) Cornwell, F. «Correlation between various methods of indicating earthquake intensities» U.S. Bureau of Reclamation, Informal Memo. August 1946, Denver Colo. U.S.A.

13) Liang, S. «An investigation of stress—strain and strength characteristics of cohesionless soils by triaxial compression tests». Proc. 2nd Intern. Conf. on Soil Mechanics, Rotterdam 1948, p. 36.

14) «Landslide investigation. Norwegian Harbours», Teknisk Ukeblad, Oslo 1954—55, no. 78.

15) Gutenberg, B. «Handbuch der Geophysik», Berlin 1932, Vol. 4, p. 671, p. 983.

8) Skempton, A. «The pore pressure coefficients A and B» Geotechnique, The Institution of Civil Engineers, London 1954, pp 145—147.

9) Frankland J. «Effects of Impact on simple elastic structures». Proc. Society for Experimental Stress Analysis, 1949, Vol. VI, No 2, p. 10.

Casagrande, A. «Strength of Soils under dynamic loads». Proc. A.S.C.E. 1948, Vol. 74, p. 591.

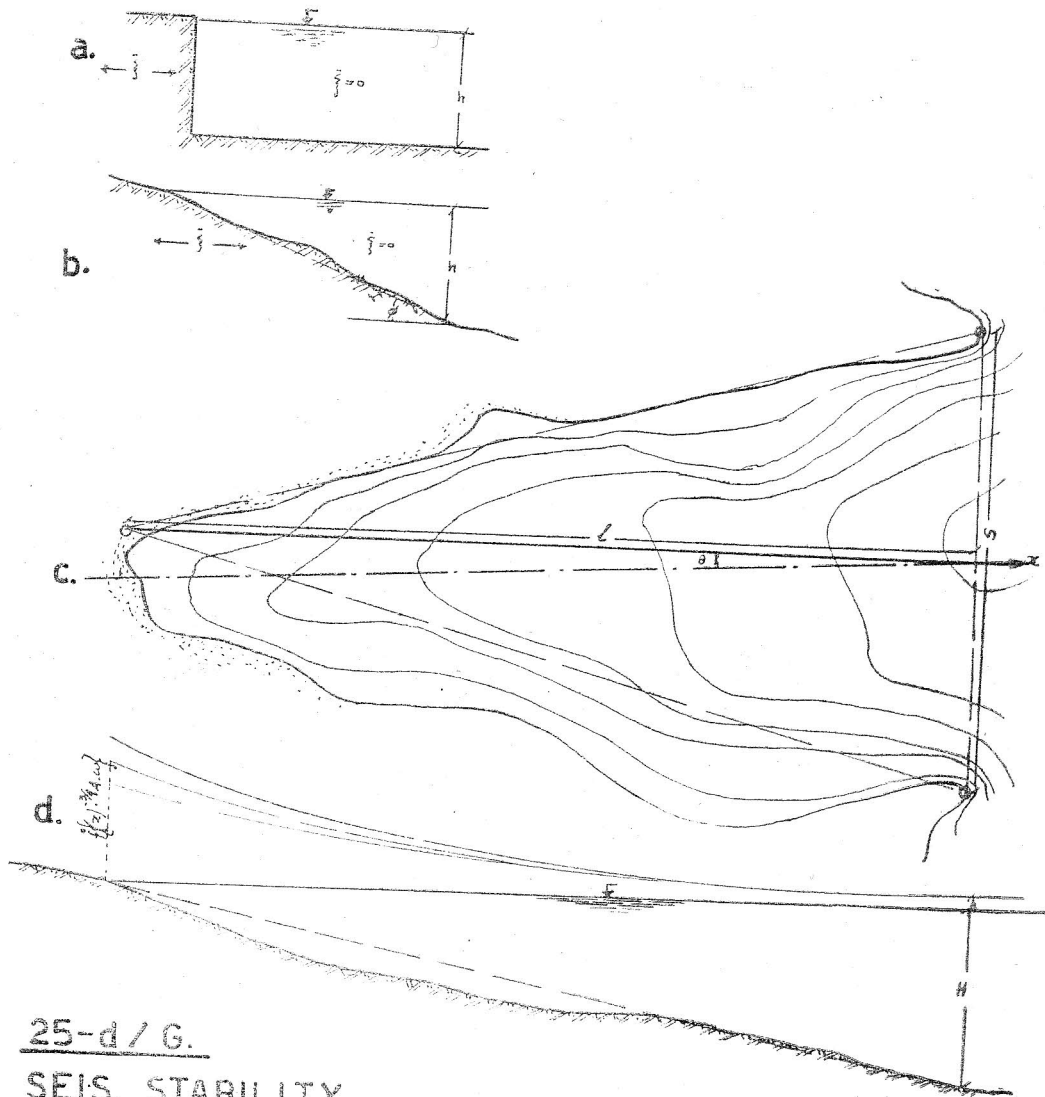
Seed, H. «Investigation of the effect of transient loading on the strength and deformation characteristics of saturated sands». Inst. of Transp. and Traf. Eng., Univ. of California, 1945, No. 37.

10) Ἀμβρόζης, Ν. «A preliminary study of the seismic stability of earth dams». Imperial College of Science. Informal Memo. Dept. Soil Mechanics, June 1956, Chapt. 2—Appendix 2.

πυθμένος τής θαλάσσης κατά μήκος τού ρήγματος δύναται νά προκαλέσῃ τσουνάμι ἔξ ἰσού ἰσχυρῶν ὅσον καὶ μία κατολίπθῃς. Ἐάν ληφθῇ ὡς παράδειγμα ἡ κατολίπθος μετακινήσις τού ἔδάφους κατά μήκος ρήγματος εἰς Assam⁽¹⁶⁾ (μέση ἀνύψωσις 11 μέτρα, μήκος ἀνωψώσεως τῆς ἀνωψώσεως 780 μέτρα) καὶ ὑποτεθῇ ὅτι τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔλαβε χώραν ἐπὶ τού πυθμένος τής θαλάσσης, εἶναι ἔμφανές ὅτι εἰς μηδαμῶν χρονικῶν διάστημα μετακινήθη ὄγκος 8.500.000 κ.μ. ὕδατος. Πάν-

Ἡ δημιουργία τσουνάμι μόνον ἔξ ὑπαιτιότητος σεισμικῶν δαηήσεων φαίνεται ἀπίθανος, καθ' ὅσον ἐκ τῆς μελέτης οἰουδήποτε διαγράμματος σεισμικῶν ἐπιταχύνσεων εἶναι φανερόν, ὅτι αἱ ἐπιταχύνσεις τού ἔδάφους ἔχουν ὑπερῖσχυρούσας συνιστώσας ὑψηλῆς συχνότητος, καὶ ὡς ἐκ τούτου δὲν δύναται νά δημιουργήσουν σημαντικὰς ταλαντώσεις. Δαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι καὶ αἱ μετατοπίσεις τού ἔδάφους εἶναι τάξεως ἑκατοστῶν τού μέτρου, εἶναι πολὺ ἀπίθανον (πλὴν τῆς περιπτώσεως συντονισμοῦ) νά δημιουργηθοῦν κυματιμοὶ σημαντικοῦ ὕψους.

A PRELIMINARY STUDY OF THE SEISMIC STABILITY OF EARTH DAMS



25-d / G.
SEIS. STABILITY.

Σχ. 1

τως, τοιαύτης κλίμακος μετατοπίσεις ὄφελουν νά ἀνῆκουν εἰς φαινόμενα σεισμικῆς ἐντάσεως X ἕως XII Mercalli - Canc. - Sieb.

16) Oldman, R. «Report on the Great Indian Earthquake of the 12th June 1897». Memo. Geol. Surv. India, 1899, Vol. 29, p. 379.
Ewing, M. «Proposed use of the T phase in tsunami warning systems». Bull. Seism. Soc. Amer., Vol. 40, No. 1, p. 57, 1950.

17) Westergaard, H. «Water pressures on dams during earthquakes». Trans. A.S.C.E. 1933, Vol. 98, No. 1835, p. 426.

σης θα έχη την μορφήν ως εν σχήματι 1β, είναι φυσικόν να αναμένεται κυματισμός μικροτέρου ύψους. Καθ' όσον δέ εις την προκειμένην περίπτωσιν τὸ ὕψος τοῦ κύματος εἶναι ἀνάλογον τῶν τοπικῶν ταχυτήτων μετακινήσεως τοῦ ὕδατος εἰς τὴν ἐξεταζομένην περιοχὴν, ἔχομεν ὅτι διὰ τὸ σχῆμα 1β τὸ ὕψος τοῦ κύματος εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν ξηρὰν θὰ εἶναι περίπου 0.1μ. (18)

Ἐκ θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐρευνῶν, γενομένων διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῶν πιέσεων καὶ τοῦ ὕψους τῶν κυμάτων τῶν προκαλουμένων εἰς δεξαμενὰς ἀποθηκεύσεως κατὰ τὴν διάρκειαν σεισμῶν, προκύπτει ὅτι διὰ τὴν δυσμενεστέραν περίπτωσιν, ἤτοι διὰ τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν ῥήγμα τέμνει τὴν δεξαμενὴν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φράγματος, τὸ προκαλούμενον κύμα οὐδὲ κατὰ τὸ ὕψος, οὐδὲ κατὰ τὸ μήκος ὁμοιάζει πρὸς τὰ χαρακτηριστικὰ ταῦτα στοιχεῖα τοῦ τσουνάμι (19). Παρατηρηθεῖς δὲ τοιαύτης φύσεως κυματισμοῦ εἰς τὴν δεξαμενὴν τοῦ φράγματος Oued - Fodda ἐν Ἀλγερῷ κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν σεισμῶν τῆς 9ης Σεπτ. 1954 (Orleansville) δὲν ὑπερέβαιναν εἰς ὕψος τὰ 0.5 τοῦ μέτρου (20), ἐπαληθεύουν τὸν τύπον τοῦ Westergaard.

Ἐπισημαίνοντες, λοιπόν, ὅτι διὰ τὴν δημιουργίαν τσουνάμι προϋποτίθεται κυρίως δυναμικὴ διατάραξις μετὰ σημαντικῆς μετατοπίσεως μεγάλης μάζης ὕδατος, ἔχομεν ὅτι διὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς διαταραχθεῖσης ἰσορροπίας κυματισμοὶ βαρύτητος καὶ δυναμικοῦ ὀφείλουσιν νὰ κινήθωσιν πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Ἡ τάξις τῆς ταχύτητος τῶν κυμάτων τούτων, δὲν σχετικῶς μεγάλαν βάθος, εἶναι ἀνάλογος τῆς τάξεως τῆς ταχύτητος Lagrange (\sqrt{gh}), ὅπου h τὸ βάθος τῆς θαλάσσης εἰς τὴν ἐξεταζομένην θέσιν. Ἡ ταχύτης αὕτη πολλάκις εἶναι σημαντικῆ, ὅπως διὰ βάθος 1000 μέτρων ἡ ταχύτης τοῦ κύματος εἶναι περίπου 100 μ/δλ. Τὸ ὕψος τοῦ κύματος διὰ βάθος ὕδατος δὲν ὑπερβαίνει τὴν τάξιν μερικῶν μέτρων, καὶ συνήθως τὸ κυρίως μήκος αὐτοῦ φθάνει τὴν τάξιν τῶν ἑκατοντάδων χιλιόμετρων. Συνεπῶς, ἡ κυρία περίοδος τούτου θὰ εἶναι τῆς τάξεως δεκάδων λεπτῶν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εἶναι προφανές διατὶ σκᾶφη πλέοντα εἰς τὴν ἀνοικτὴν θάλασσαν δυσκόλως ἀντιλαμβάνονται τοιαύτης φύσεως φαινόμενα (21).

Κυματισμοῦ τοιαύτης φύσεως, ὅταν προσεγγίξῃ ρηχίας περὶ τὰς ἀκτὰς, αὐξάνει καθ' ὕψος σημαντικῶς—τὸ φαινόμενον τῆς αὐξήσεως τοῦ ὕψους κινουμένου κύματος εἰς περιοχὴν ὁμαλῶς ἐλαττωμένου βάθους δὲν πρέπει νὰ συσχετισθῇ μὲ τὸ φαινόμενον τῆς δημιουργίας κυματισμοῦ εἰς περιοχὴν ὁμαλῶς μεταβαλλομένου βάθους κατὰ τὴν διάρκειαν ταλαντώσεως τοῦ πυθμένος, καθ' ὅσον πρόκειται περὶ δύο τελείως διαφόρων φαινομένων. Ἐπίση τὸ ὕψος τοῦ κύματος αὐξάνει κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ μετώπου του διὰ μέσου στενωποῦ, ὡς εἰσοδὸς ἡμιόνης, ὄρμου ἢ ἄλλης τεχνητῆς στενώσεως. Τὸ ὕψος τοῦ τσουνάμι εἰς τοιαύτας περιπτώσεις δύναται νὰ φθάσῃ τὰ 30 μέτρα (22), καὶ ἡ καταστρεπτικότης του, λόγῳ τῆς μεγάλης ποσότητος ὄρμης, τὴν ὁποίαν εἰς τοιαύτας περιπτώσεις διαθέτει, εἶναι πολὺ μεγάλη.

Συχνότατα τὸ μέτωπον τοῦ κύματος κατὰ τὴν εἰσοδὸν τὸν εἰς στενωποὺς εἶναι σχεδὸν κατακόρυφον, καὶ ἡ ταχύτης του πολλάκις ὑπερβαίνει τὰ 10 μ/δλ.

Κυματισμοὶ τοῦ εἴδους τούτου ἀκολουθοῦν ὁ εἰς

18) Ἀμβρόζης, Ν. «A preliminary study of the seismic stability of earth dams», *ibid.* 10, Appendix 3, p. 115, p. 129 Appendix 4. London 1956.

19) Therevin. «Sur l'effet des recents seismes dans la region d'Orleansville». Terre et Eau, Service de la Colonisation et de l'Hydraulique, Birmandreis, Alger 1955.

20) Heck, N. «Japanese Earthquakes». Bulletin Seism. Soc. Amer. Vol. 34, No. 3, 1944, p. 126.

Kaplan, K. «Design—problems involved in protection from tsunamis». Journal Waterways and Harbour Div., A.S.C.E., ww3, pap. 968, P.I., 1956.

21) Heck, N. «Japanese Earthquakes». Bulletin Seis. Soc. Amer., Vol. 34, No. 3, 1944, p. 123, p. 126.

Mizoguchi, Y. «Study on Tsunami». Report on the Tokachi—oki Earthquake, 1954, p. 287, p. 301, Chapt. 9, Hokkaido, Japan.

τὸν ἄλλον, κατὰ ἀνίσους χρονικὰς περιόδους δεκάδων λεπτῶν τῆς ὥρας, σπανιότερον καὶ ἡμισείας ὥρας, καὶ ὁ πρῶτος κυματισμὸς δὲν εἶναι ἀναγκαίως ὁ ἰσχυρότερος τῆς σειρᾶς.

Συνήθως τοῦ πρώτου κυματισμοῦ προηγείται μία κατάπτωση τῆς στάθμης ἐντὸς τοῦ λιμένος ἢ τῶν ἀκτῶν, ἡ ὁποία διαρκεῖ ἐπὶ μερικὰ λεπτὰ τῆς ὥρας, σπανίως δὲ καὶ μέχρις ἡμισείας ὥρας, πρὶν ἢ ὁ πρῶτος κυματισμὸς εἰσβάλῃ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς καταπτώσεως τῆς στάθμης τῆς θαλάσσης, εἰς περιοχὰς μακρὰν τῆς διαταραχθεῖσης, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός, ὅτι εἰς ὑγροῦς χώρους ἐπιφανειακαὶ ἀσυνέχεια, ὡς αἱ δημιουργούμενα περὶ τὴν διαταραχθεῖσαν περιοχὴν, δὲν δύναται νὰ διατηρηθῶσι, λόγω τῆς προφανοῦς ἐλλείψεως διατμηματικῶν τάσεων εἰς τὸ ὑγρὸν.

— B —

Σημαντικὸν στοιχεῖον διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς εὐσταθείας λιμενικῶν ἔργων εἰς περιοχὰς, εἰς τὰς ὁποίας δὲν ἀποκλείεται ἡ ἐμφάνισις τσουνάμι, εἶναι ἡ ἐκ τῶν προτέρας γνώσεως τοῦ ὕψους καὶ τῆς πιθανῆς ταχύτητος τοιαύτης φύσεως κυμάτων. Κύριον χαρακτηριστικὸν ἐπιδρῶν εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς τῶν ἀνωτέρω στοιχείων εἶναι ἡ τοπικὴ διαμόρφωσις τοῦ θαλασσοῦ πυθμένος. Ἐνταῦθα θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν γενικὴν περίπτωσιν τῆς κινήσεως κύματος εἰς περιοχὴν ὅπου τὸ βάθος τοῦ ἀδιαταράκτου ὕδατος μεταβάλλεται γραμμικῶς, ἐλαττωμένον πρὸς τὰς ἀκτὰς καὶ θὰ ἀναλύσωμεν δύο περιπτώσεις: α) περιπτώσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ πλάτος τῆς διαταρασσομένης περιοχῆς εἶναι πολὺ μέγαν ἢ ἰσοσκελῆς τρίγωνον (σχ. 2α καὶ σχ. 2β). Εἶναι γνωστὸν ἐκ τῆς θεωρίας (23), ὅτι τὸ δυναμικὸν ὕψος η κύματος εἰς διώρυγας μεταβαλλομένης διατομῆς, διὰ μικρὸν λόγον ὕψους κύματος πρὸς βάθος ὕδατος, ἱκανοποιεῖ τὴν διαφορικὴν ἐξίσωσιν:

— $\frac{d}{dx} [\xi \cdot b(x) h(x)] dx = n b(x) dx \dots \dots (1)$ ἡ ὁποία, διὰ μεταβολὴν τοῦ δυναμικοῦ ὕψους ἀριμονικῆς μορφῆς, δύναται νὰ γραφῇ

$$\frac{g}{b(x)} \frac{d}{dx} [b(x) h(x) \cdot \frac{dn}{dx}] + \omega^2 n = 0 \dots (2)$$

ὅπου $b(x)$ καὶ $h(x)$ εἶναι συναρτήσεις τοῦ x μόνον.

Περίπτωσης α). Πλάτος ἀκτῆς σταθερὸν καὶ ἴσον πρὸς l , βάθος ἀδιαταράκτου ὕδατος μεταβαλλομένον

κατὰ τὸν νόμον $h(x) = \frac{H}{l} x$, καὶ νόμος μεταβολῆς

τοῦ δυναμικοῦ ὕψους c , συν $(\omega t + \epsilon)$.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἢ σχέσεις (2) δύναται νὰ γραφῇ:

$$\frac{d}{dx} \left(x \cdot \frac{dn}{dx} \right) + kn = 0 \dots \dots (3)$$

ὅπου $k = \frac{\omega^2 l}{Hg}$

Ἡ λύσις τῆς (3), πεπερασμένης τιμῆς, διὰ τὴν θέσιν $x=0$, εἶναι:

$$n = A \left(1 - \frac{kx}{1^2} + \frac{k^2 x^2}{1^2 \cdot 2^2} - \dots \right)$$

ἡ συναρτήσιν τῶν ριζῶν Bessel, J_0 :

$$n = A J_0 \left(2 k^{1/2} x^{1/2} \right)$$

Εἰσάγοντες τὰς ὁριακὰς συνθήκας, τελικῶς λαμβάνομεν:

$$n = c \frac{J_0 \left(2 k^{1/2} x^{1/2} \right)}{J_0 \left(2 k^{1/2} l^{1/2} \right)} \cdot \text{συν} (\omega t + \epsilon) \dots (4)$$

22) Lamb, H. «Hydrodynamics». Cambridge Univ. Press 1953, para. 169, p. 250.

Τὸ σχῆμα 2B οἶδει ἀναπαράστασιν τῆς μορφῆς τοῦ κυματισμοῦ διὰ τὴν περίπτωσιν (α).

Περίπτωσης β). Πλάτος ἀκτῆς σταθεροῦν καὶ ἴσον πρὸς μηδέν. Μεταβολὴ πλάτους διαταρασσομένης ἐπιφανείας καὶ βάθους ἀδιαταρακτοῦ ὕδατος, διδομένων ὑπὸ

$$\text{τῶν σχέσεων } b(x) = \frac{s}{l} x \text{ καὶ } h(x) = \frac{H}{l} x \text{ ἀντιστοίχως.}$$

Νόμος μεταβολῆς δυναμικοῦ ὕψους c. συν (ωt + ε). (Σχ. 3a).

Ἐκ τῆς σχέσεως (2) μετὰ τῶν ὁριακῶν συνθηκῶν, διὰ τὴν ἐξεταζομένην περίπτωσιν, λαμβάνομεν (παρ-λείποντες τοὺς ὑπολογισμούς)

$$n = \frac{A\omega}{2\pi i} \left(\frac{l}{x}\right)^{3/4} \int_{Bp} \exp.\lambda \left[t - \frac{l - \sqrt{lx}}{0.5 \sqrt{Hg}} \right] \frac{d\lambda}{\lambda^2 + \omega^2} \quad (5)$$

ὅπου Bp ἡ τροχιά ὀλοκληρώσεως Bromwich (22α). Ὀλοκληροῦντες κατὰ μήκος ταύτης καὶ ἀφήνοντες ἅπαντα τὰ ἀνόμαλα σημεῖα εἰς τὸ δεξιόν, ἔχομεν διὰ μικρὰς τιμὰς τοῦ χρόνου t, κατόπιν ἀσυμπτωτικῆς ἀναπτύξεως τῶν ἐμφανιζομένων εἰς τὴν λύσιν τῆς (5) συναρτήσεων Bessel J₁: (Σχ. 3b)

$$n = A \left(\frac{l}{x}\right)^{3/4} \eta \mu.\omega \left[t - \frac{l - \sqrt{lx}}{0.5 \sqrt{gH}} \right] \dots \quad (6)$$

Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τοῦ ὕψους τοῦ κύματος εἰς τυχούσαν θέσιν ἐντὸς τῆς ἐξεταζομένης περιοχῆς, διὰ τὰς περιπτώσεις (α) καὶ (β), ἀπαιτεῖται ἢ κατὰ προσέγγισιν γνῶσις τοῦ ὕψους τοῦ τσουνάμι A_i (22β). Τοῦτο δύναται νὰ ὁρισθῇ ἐκ συγκριτικῶν παρατηρήσεων τῶν κατὰ τὸ παρελθόν καταγραφέντων ὑψῶν εἰς τὴν ἐξεταζομένην θέσιν.

— Γ —

Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν ἐξασκηθησομένων πιέσεων ἐπὶ τυχούσης ἐπιφανείας ὑπὸ τοῦ τσουνάμι, ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τῆς μορφῆς τῆς ἐν λόγω ἐπιφανείας. Διὰ παραλληλεπίπεδα σχήματα, ὁ συντελεστὴς ἀντιστάσεως D δύναται νὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τῆς σχέσεως.

$$D = p \frac{F}{2g} - C$$

ἧτοι εἶναι ἀνάλογος τοῦ συντελεστοῦ ἀεροδυναμικῆς ἀντιστάσεως C διὰ τὴν στροβιλωδῆ ροήν (23). Ὡς ἐκ τούτου, ἢ ἐπὶ τυχούσης ἐπιφανείας ὑδροδυναμικῆ πίεσις δίδεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$P = D V^2$$

Εἰς τὴν περίπτωσιν ὑπολογισμοῦ λιμενικῶν ἔργων, ἢ συνθήκη εὐσταθείας κυματοθραύστου εἶναι, κατὰ τὰ γνωστά:

$$P \geq Bf \dots \dots \dots (7)$$

διὰ τὴν περίπτωσιν ὀλισθήσεως, καὶ

$$Ph \geq Bb \dots \dots \dots (24) \quad (8)$$

διὰ τὴν περίπτωσιν ἀνατροπῆς.

Ἐκ τῶν σχέσεων (7) (8) καὶ τῆς σχέσεως (5), ἢ συνθήκη ὀλισθήσεως, συναρτήσει τοῦ βάθους εἰς τὴν θέσιν εἰσόδου, λαμβάνει τὴν μορφήν:

$$C \left(\frac{H}{h}\right) \geq 10.4 f \left(\frac{b}{h}\right) \dots \dots \dots (9)$$

καὶ δι' ἀνατροπὴν

$$C \left(\frac{H}{h}\right) \geq 10.4 \left(\frac{b}{h}\right)^3 \dots \dots \dots (10)$$

Τὸ διάγραμμα 1 κατασκευασθῆ βάσει τῶν ἐξισώσεων (6) (9) καὶ (10) καὶ ἐπιτρέπει τὸν καθὼν ἐλεγχὸν εὐσταθείας κυματοθραύστου ὑποκειμένου εἰς τὰς ὑδροδυναμικὰς πιέσεις τοῦ τσουνάμι (10).

Ἐκ τοῦ τομέως d τοῦ ἐν λόγω διαγράμματος δυνάμεθα νὰ ἐλέγξομεν τὴν εὐστάθειαν δοθείσης κατασκευῆς, τῆς ὁποίας γνωρίζομεν τὰς χαρακτηριστικὰς διαστάσεις H, h, b, f, καὶ v. Σχηματίζοντες τοὺς λόγους H/h καὶ b/h, καὶ ἀκολουθοῦντες τὴν ἐν τῷ διαγράμματι σημειωμένην μέθοδον, καταλήγομεν, διὰ τὸν τομέα v/d, εἰς σημεῖον τι. Ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀνήκει εἰς κατασκευὴν ἔχουσαν συντελεστὴν τριβῆς f=f₀, εὐρεθῇ εἰς περιοχὴν ἢ ὁποία περικλείεται ὑπὸ τῆς εὐθείας τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς f=f₀ καὶ τοῦ ἄξονος b/h, ἢ κατασκευὴ δὲν δύναται νὰ ὀλισθῇ ὑπὸ τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν τοῦ τσουνάμι. Ἐὰν τώρα τὸ ἀνωτέρω σημεῖον εὐρίσκειται καὶ μεταξὺ τῆς καμπύλης w καὶ τοῦ ἄξονος b/h, ἢ ὑπὸ τὰ ἀνωτέρω στοιχεῖα κατασκευῆ δὲν δύναται οὐδὲ νὰ ἀνατραπῇ.

Ἐστω κυματοθραύστης πλάτους (b) 2μ., ὕψους 8μ (h), μήκους (vb) 80μ., εὐρισκόμενος κατὰ 4μ. ὑψηλότερον τῆς εἰσόδου τοῦ φυσικοῦ λιμένος, ὑπολογιζόμενος διὰ συντελεστὴν τριβῆς f=0.7. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω, b/h=0.25, H/h=1.5, v=40. Ἀκολουθοῦντες τὴν πορείαν (α) ἐν τῷ διαγράμματι καταλήγομεν εἰς σημεῖον A τῆς περιοχῆς d, ἐξ οὗ εἶναι φανερόν ὅτι ἡ κατασκευὴ εἶναι καθ' ὅλα ἀσταθῆ. Διπλασιάζοντες τὸ πλάτος τοῦ κυματοθραύστου ἔχομεν b/h=0.5, H/h=1.5, v=20, καὶ ἀντιστοιχῶς τὸ σημεῖον B, ἢ θέσις τοῦ ὁποίου δηλοῖ ὅτι ἡ κατασκευὴ δὲν δύναται διὰ τιμὰς τοῦ f μέχρι καὶ 0.52 νὰ ὀλισθῇ μὲν, ἀλλὰ δύναται νὰ ἀνατραπῇ. Αὐξάνοντες κατὰ τι τὸ πλάτος τοῦ κυματοθραύστου φέρομεν τὴν κατασκευὴν ἐντὸς τῆς ἀσφαλοῦς ζώνης.

Οἱ τύποι (9) καὶ (10) ὑπολογίσθησαν δι' εἰδικὸν βῆρος κατασκευῆς 2.800 χγ/μ³, εἶναι προσεγγιστικῆς μορφῆς καὶ ἰσχύουν μόνον ὑπὸ τὴν προϋποθέσιν ὅτι ἡ περιοχὴ εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκειται τὸ πρὸς ὑπολογισμὸν ἔργον δὲν πρόκειται νὰ ὑποστῇ σεισμικὴν δόνησιν πρὸ τῆς ἐμφανίσεως τοῦ τσουνάμι, ἐντάλας μεγάλυτέρας τοῦ 7ου βαθμοῦ κλίμακος Rossi-Forel. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν ἐκ τῆς ἀνυψώσεως τῆς στάθμης τῆς θαλάσσης κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τσουνάμι, εἰμῶθα ἐπὶ τῆς ἀσφαλοῦς πλευρᾶς, ἐὰν λάβωμεν κατὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς ὡς εἰδικὸν βῆρος τῆς κατασκευῆς τὸ ἐμβεβαπτισμένον τοιοῦτον, καθ' ὅσον αὐτομάτως, μετὰ τὴν διέλευσιν τοῦ μετώπου τοῦ τσουνάμι ὑπεράνω τοῦ ἔργου, αἱ ὑδροστατικαὶ πιέσεις ἐπὶ τῶν δύο ὄψεων τούτου θὰ καταστῶσιν ἴσαι καὶ μόνον ἢ ὁρμὴ τοῦ κύματος θὰ ἐπιδράσῃ ἐπὶ τῆς εὐσταθείας τῆς κατασκευῆς. Πάντως, διὰ τὴν ἀσφάλειαν κατασκευῶν ἐπὶ τοῦ κυματοθραύστου, τὸ ὕψος τοῦ κύματος δύναται νὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τῆς (2), ἧτοι ἀνάλογον τοῦ ὄρου

$$\propto At \left(\frac{li}{x}\right)^{3/4}$$

Καταλήγοντες φρονούμεν, ὅτι μία ἀκριβὴς μελέτη ἐπὶ τῶν ὑψῶν τοῦ τελευταίως ἐμφανισθέντος τσουνάμι διὰ τὰς διαφόρους περιοχὰς τῆς χώρας, συνοδευομένη ὑπὸ ταινιῶν παλιρροιογράφων καὶ πληροφοριῶν ἐκ Σταθμῶν παλιρροιομέτρων, με σαφεῖς χρόνους ἀφίξεως τῶν μετώπων, θὰ ἴη δυνατόν νὰ καταστήσῃ ἐφικτὸν τὸν ἔλεγχον εὐσταθείας πλείστων ὅσων λιμενικῶν ἔργων εἰς τὰς περιοχὰς τοῦ Νοτίου Αἰγαίου. Ἐπίσης μία ἐμπεριστατωμένη περιγραφή, ὑπὸ τεχνικῶν, τῶν καταστροφῶν καὶ ζημιῶν τῶν προκληθεισῶν ὑπὸ τοῦ κύματος εἰς λιμενικὰ ἔργα, θὰ ἐπέτρεπε πολλαπλοῦς ἐλέγχους ὡς πρὸς

24) Ἡ ἐκ τῆς (8) λαμβανομένη τιμὴ τῆς πίεσεως εἶναι διὰ τὰς συνθήκας περιπτώσεως κατὰ 30% μικροτέρα τῆς ἀληθοῦς, καθ' ὅσον εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν δὲν εἰσαρχεται τὸ ἔργον τὸ ἐκτελούμενον ὑπὸ τῆς πίεσεως P διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ κέντρου ἄρους τῆς κατασκευῆς ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς θέσεως μέχρι τῆς θέσεως ἀνατροπῆς, ἧτοι:

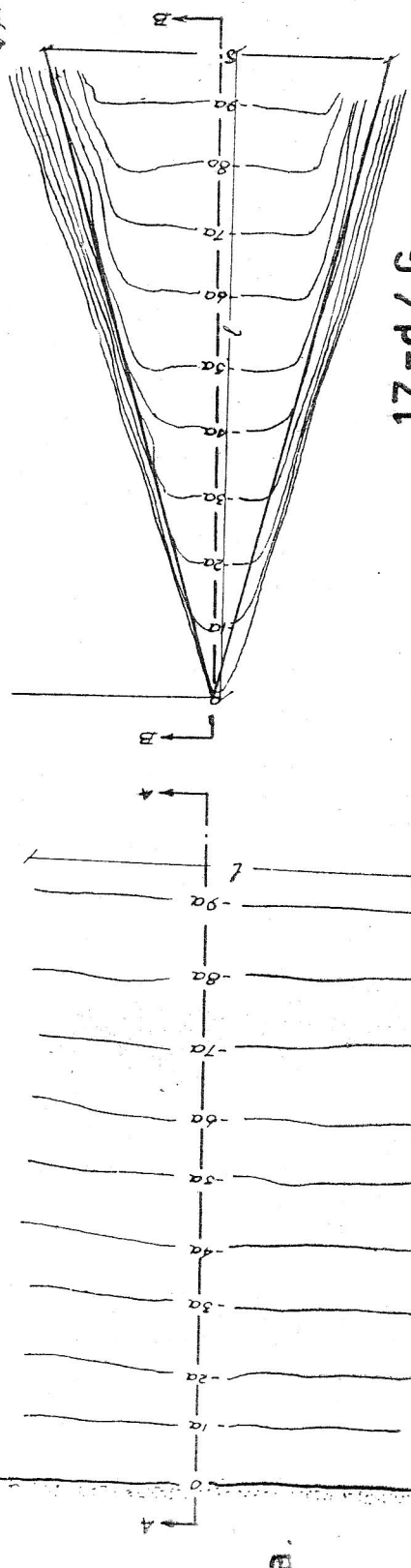
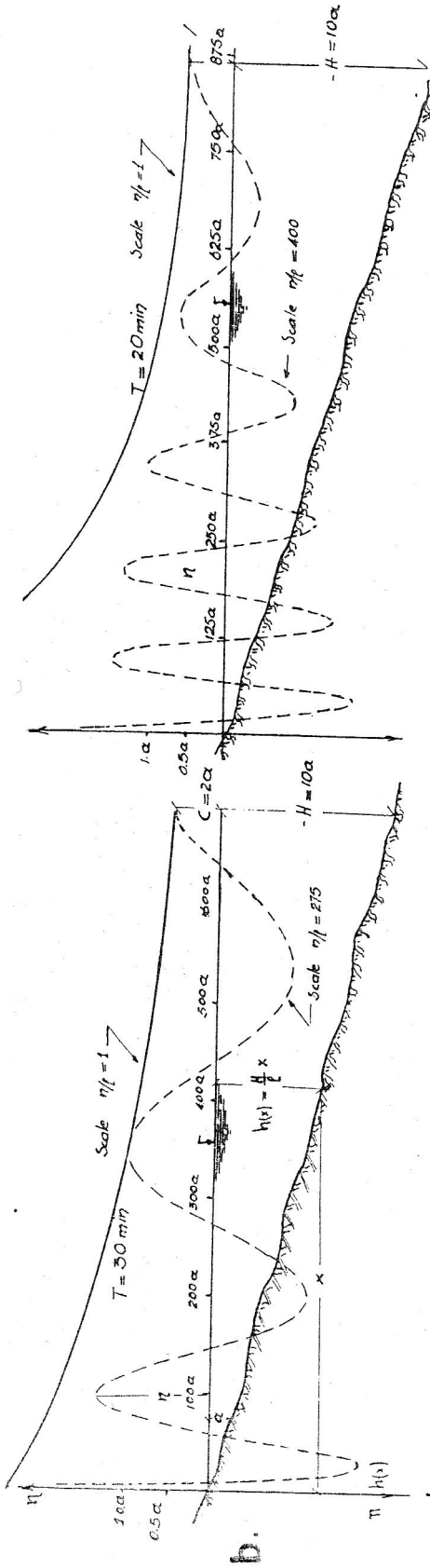
$$w = 0.5 B \left[\sqrt{h^2 + b^2} - h \right]$$

22α) Carslaw, H. «Operational Methods», Oxford Press, p. XIII—XVI, 1953, London.

22β) Rikitake, T. «Tsunami in Tsubaki—tomari bay», Bulletin Earthquake Research Inst., Tokyo University, Paper No 5, Vol. XXV, p. 22, 1947.

Nasu, N., «Local phenomena of Tsunami». B.E.R.I., Tokyo, Vol. XXVI, Paper No 6, p. 29, 1948.

23) Elias, F., N.A.C.A./T.N. 349, p. 13.

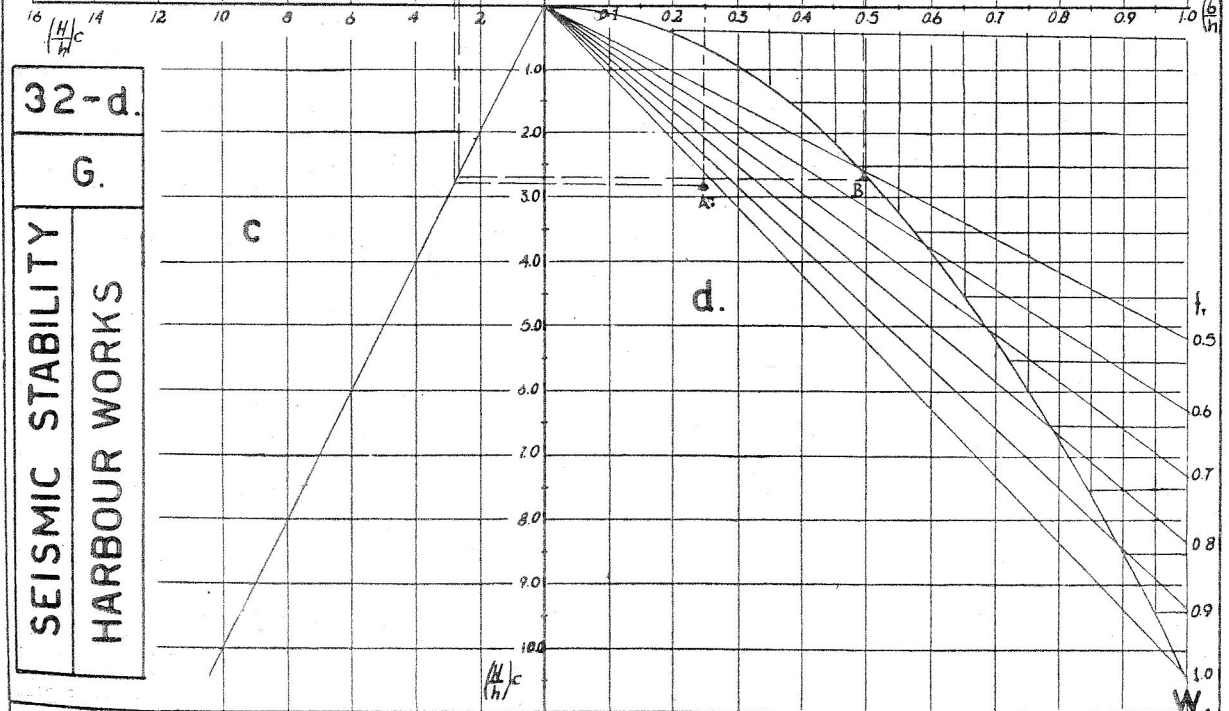
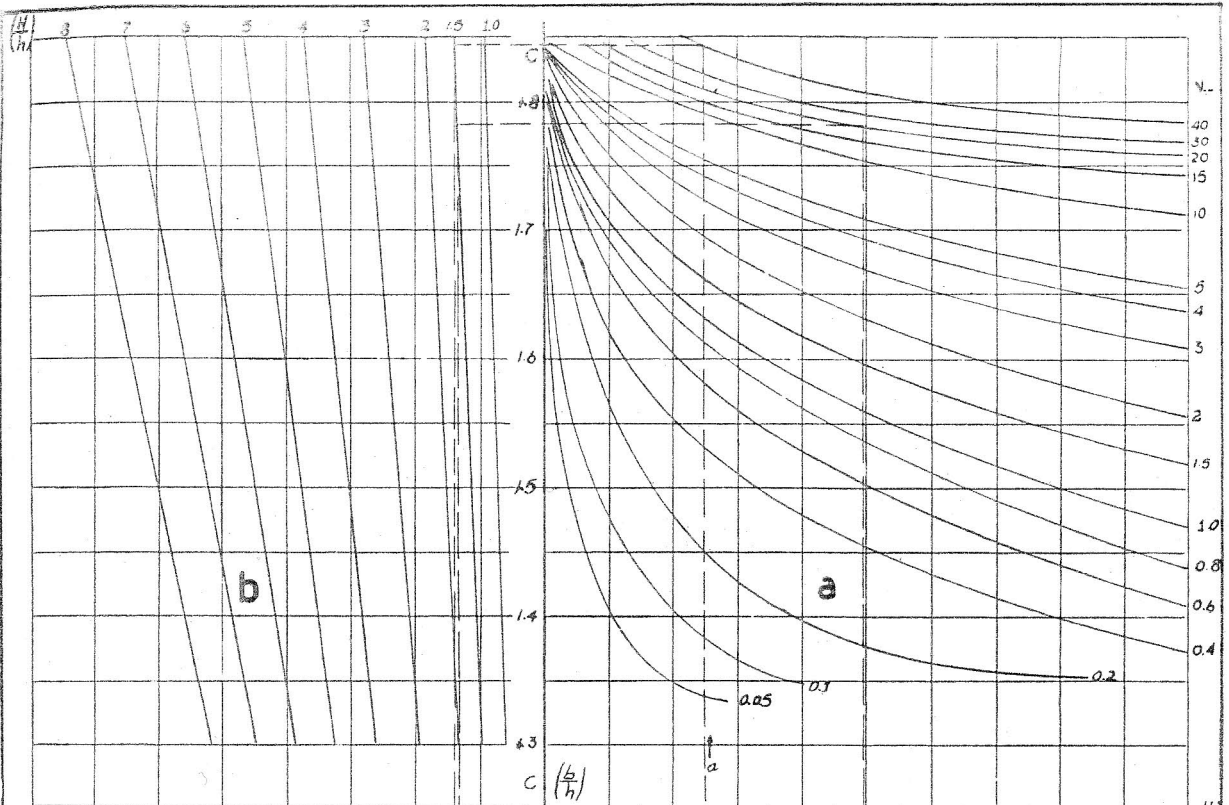


3.

17.-d/G.
SEIS. STABILITY.

2.

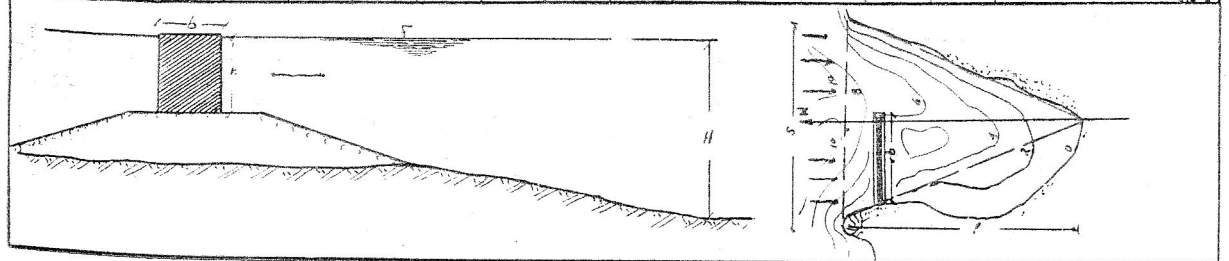
Σχ. 2 και 3



32-d.

G.

SEISMIC STABILITY
HARBOUR WORKS



Διάγραμμα I

τάς ἀληθεῖς τιμὰς τῆς ταχύτητος καὶ τοῦ ὕψους τοῦ μετώπου τοῦ τσουνάμι εἰς τὰς διαφόρους ἀκτὰς τῆς χώρας.

Ἐλπίζομεν, ὅτι ἡ συλλογὴ τῶν πολυτιμοτάτων τούτων στοιχείων δὲν θὰ διαφύγῃ τῆς δεούσης προσοχῆς τοῦ ἰθύνοντος τεχνικοῦ κόσμου τῆς χώρας.

Κατωτέρω παραθέτομεν τινὰ ἐκ τῶν κατὰ τὸ παρελθὸν ἐμφανισθέντων τσουνάμι ἐν Ἑλλάδι (25). Δέον ὅπως σημειωθῆ, ὅτι τὰ φαινόμενα τὰ ἐμφανισθέντα κατὰ τὴν Κλασικὴν καὶ Ἑλληνιστικὴν ἐποχὴν θὰ ἔπρεπε νὰ εἶναι σημαντικῆς ἐντάσεως, διὰ νὰ τύχουν τῆς μνείας τῶν ἱστορικῶν τῆς ἐποχῆς.

479 π.Χ. Ποτίδαα (26)

425 π.Χ. Εὐβοία (27), Μεγάλον κῆμα κατέπεσεν ἐπὶ τῆς Ξηραῶς.

25) Heck, N. «List of Seismic sea Waves». Bull. Seis. Soc. Amer. Vol. 37, No 4, p. 270.

26) Hobbs, W. «Earthquakes», London Ed. 1907, p. 146.

27) Mallet R. «Catalogue of recorded earthquakes

365 π.Χ. Κρήτη (27). Ἡ θάλασσα ἀπεσύρθη καὶ μετὰ ἐπανῆλθε προξενήσασα σοβαρὰς ζημίας.

1050 μ.Χ. Κυκλάδες, Θήρα (28). Μικροῦ μεγέθους τσουνάμι συνοδευόμενον ὑπὸ ὑποβρυχίου ἠφαιστειακῆς ἐκρήξεως.

1821 μ.Χ. Ζάκυνθος (29) καὶ δυτ. ἀκταὶ Πελοποννήσου. Θαλάσσια κύματα παρέσυραν οἰκισμούς.

1928 μ.Χ. Πειραιεὺς (30). Κατεγράφη μικρὸς κυματισμὸς, πιθανῶς προερχόμενος ἐκ καταπίπτοντος τσουνάμι.

from 1606 B.C. to 1842 A.D.». British Assoc. for the Advanc. of Science, 1852—1854.

28) Imamura, A. «Theoretical and Applied Seismology». Tokyo 1937, pp 122—137.

29) Milne, J. «Catalog of destructive earthquakes A.D. 7 to AD 1899». British Assoc. for the Adv. of Science

30) Seismological Dispatches, Georgetown University, Washington D.C.