

112
HC 793115

ΣΥΜΒΟΛΗ ΕΙΣ ΤΗΝ ΓΝΩΣΙΝ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΙΝΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ
ΚΑΙ ΜΑΡΓΩΝ ΕΝ ΣΧΕΣΕΙ ΠΡΟΣ ΤΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΑΣ ΣΥΝΘΗΚΑΣ *

Υ Π Ο

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΦΥΤΡΟΛΑΚΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ παροῦσα ἐργασία ἀφορᾷ κυρίως εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ CaCO_3 , τοῦ χαλαζίου καὶ τοῦ ποσοστοῦ τῶν ἀργιλικῶν ὀρυκτῶν ἐν γένει, ἐπὶ τοῦ ὁρίου ὑδαρότητος (εἰς παλαιότερα συγγράμματα ὄριον ρευστότητος - ἐκ τῆς γερμανικῆς *Fliessgrenze*), τοῦ ὁρίου πλαστικότητος (*Atterberg*) καὶ τοῦ ἰξώδους τῶν ἀργίλων καὶ τῶν μαργῶν.

Περαιτέρω διατυποῦνται παρατηρήσεις ἐπὶ τῶν φυσικῶν καὶ τεχνητῶν πρᾶν τῶν μαργαϊκῶν καὶ ἀργιλικῶν ἐδαφῶν.

Μέχρι σήμερον ἔχει γίνεи πλῆθος μελετῶν ἀφορωσῶν εἰς τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὀρυκτολογικῆς συστάσεως ἐπὶ τῶν ὁρίων τοῦ *Atterberg*. Κατὰ τὰς ἀνωτέρω μελέτας ἐχρησιμοποιήθησαν διάφορα εἶδη ἐπεξηργασμένων ἀργίλων προοριζομένων διὰ τὴν βιομηχανίαν (π.χ. μπεντονίτης, καολίνης καὶ παραλλαγαὶ αὐτῶν).

Κατὰ τὴν ἡμετέραν ἔρευναν ἐχρησιμοποίησαμεν «φυσικὰς» (μὴ ἐπεξηργασμένας) μάργας καὶ ἀργίλους καὶ ἐπιπροσθέτως ἐξητάσθη τὸ ἰξώδες αὐτῶν, ὡς καὶ ἡ σχέσις αὐτοῦ μετὰ τοῦ ὁρίου ὑδαρότητος. Ἐξ ὅσων γνωρίζομεν ἡ ἐπίδρασις τῆς ὀρυκτολογικῆς συστάσεως ἐπὶ τοῦ ἰξώδους τῶν φυσικῶν ἀργίλων καὶ μαργῶν ὡς καὶ ἡ σχέσις αὐτοῦ μετὰ τῶν ἀνωτέρω ὁρίων *Atterberg* ἐπιχειρεῖται διὰ πρώτην φοράν.

Τὸ γεγονός ὅτι κατὰ τὰς ἐδαφοτεχνικὰς μελέτας συναντᾷ ὁ τεχνικός ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἀργιλομαργαϊκὰ ἐδάφη καὶ σπανίως ἀμιγεῖς ἀργίλους ὡς ὁ καολίνης καὶ ὁ μπεντονίτης, ὡς ἐπίσης καὶ τὸ γεγονός ὅτι εἰς τὴν χώραν μας εἶναι λίαν συχνὴ ἡ ἐμφάνισις τῶν ἀργιλομαργαϊκῶν ἐδαφῶν καὶ συνήθως ὑπὸ μορφὴν ἐναλλασσομένων στρωμάτων μαργῶν καὶ ἀργίλων, μᾶς ὤθησεν εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν μὴ

* N. FYTROLAKIS.— Beitrag zur Kenntnis der Veränderung gewisser physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Tone und Mergel bezüglichlich auf die mineralogischen und geologischen Verhältnisse.

έπεξεργασμένων άργίλων, πλὴν δύο (καολίνου καὶ μπεντονίτου), τὰ ὁποῖα ἐξητάσθησαν πρὸς σύγκρισιν μετὰ τῶν ἄλλων.

Τὰ δείγματα ἐλήφθησαν ἐκ γνωστῶν εἰς ἡμᾶς ἰουρασικῶν στρωμάτων τοῦ ὑψιπέδου τῆς Φραγκονίας τῆς Βαυαρίας. Εἶναι δηλαδὴ ὅλα θαλάσσιοι σχηματισμοί.

Ἡ ἐργαστηριακὴ ἐξέτασις ἐγένετο εἰς τὸ ἐργαστήριον τῆς Ἐδρας Γεωλογίας III (Γεωτεχνικῆς) τοῦ Παν/μίου Ruhr-Bochum. Οἱ ὀρυκτολογικοὶ προσδιορισμοὶ ἐγένοντο ὑπὸ τοῦ κ. D. RIEDEL ἐπιμελητοῦ τῆς Ἐδρας Γεωλογίας II (Ἰζηματολογία) τοῦ Ἰνστιτούτου Γεωλογίας τοῦ ἀνωτέρω Παν/μίου. Τὸν κ. RIEDEL εὐχαριστοῦμεν θερμῶς διὰ τὴν μετὰ προθυμίας ἐκτέλεσιν τῆς ὀρυκτολογικῆς ἀναλύσεως.

Ἰδιαιτέρως ἐκφράζομεν τὰς εὐχαριστίας μας πρὸς τὸ Ὑπουργεῖον Ἐθνικῆς Οἰκονομίας (Δ/σιν Τεχνικῆς Βοηθείας) διὰ τὴν χορήγησιν τετραμήνου ὑποτροφίας εἰς τὰ πλαίσια τῆς ὁποίας, μεταξὺ τῶν ἄλλων ἐπιστημονικῶν δραστηριοτήτων, ἔλαβε χώραν καὶ ἡ παροῦσα ἔρευνα.

I. Τὰ στάδια τῆς ἐπεξεργασίας καὶ ἐξετάσεως τῶν δειγμάτων.

Ἐπειδὴ διὰ τὰ διάφορα πειράματα ἐχρησιμοποιήθησαν 300 γρ. περίπου ἕξ ἐκάστου δείγματος ἦτο πολὺ δύσκολος ἂν ὄχι ἀδύνατος ἡ λήψις τῆς ποσότητος ταύτης διὰ κρησαρώσεως ἐν ὑγρῷ ἢ ὑπὸ μορφὴν ἰζημάτων ὠρισμένης κοκκομετρικῆς συνθέσεως. Οὕτως ἡ ἀνωτέρω ποσότης ἐλήφθη διὰ κρησαρώσεως, ἐν ξηρῷ, τοῦ δείγματος, προηγηθείσης τῆς λειοτριβῆς αὐτοῦ. Τὸ μέγεθος τῶν κόκκων τοῦ κατὰ τὴν ἀνωτέρω κρησαρώσειν ληφθέντος καὶ περαιτέρω ἐξετασθέντος ἐδάφους ἦτο μικρότερον τῶν 0,063 χιλ.

Τὸ ὄριον ὑδαρότητος W_v , ἐπροσδιορίσθη διὰ τῆς γνωστῆς συσκευῆς τοῦ A. Casagrande. Δι' ἕκαστον δεῖγμα ἐγένοντο τέσσαρες δοκιμαὶ μὲ διαφορετικὴν περιεκτικότητά ὕδατος. Ἐὰν μετὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς ποσότητος τοῦ ὕδατος αἱ τέσσαρες τιμαὶ δὲν ἔκειντο ἀκριβῶς ἢ σχεδὸν ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας τοῦ διαγράμματος ἐπανελαμβάνοντο (ἐπὶ πέντε δειγμάτων) ἀπ' ἀρχῆς ὅλαι αἱ δοκιμαί.

Μόνον εἰς τὸ δεῖγμα 1 (ιδεὲ κατωτέρω πίνακα) δὲν συνέπιπτον εἰς τὸ διάγραμμα αἱ τέσσαρες τιμαὶ ἐπὶ μιᾶς εὐθείας. Πρόκειται περὶ ἑνὸς εἴδους μπεντονίτου, τοῦ ὁποίου τὸ ὄριον ὑδαρότητος εἶναι περίπου 400. Λόγω τῆς μεγάλης ὑδροαπορροφητικότητος (περιέχει μοντμοριλλονίτη περίπου 87 %) δὲν δύναται νὰ προσδιορισθῇ ἀκριβῶς τὸ ὄριον ὑδαρότητος. Τόσον τὸ δεῖγμα τοῦτο, καλούμενον «ἐνεργὸς μπεντονίτης», ὅσον καὶ τὸ δεῖγμα 19, καλούμενον «καολίνης Ο», προέρχονται ἐκ τοῦ ἐμπορικοῦ οἴκου Ergslöh, Geisenheim.

Τὸ ὄριον πλαστικότητος W_p , ἐπροσδιορίσθη διὰ τῆς γνωστῆς μεθόδου κυλινδρουμένου τοῦ μείγματος διὰ τῆς χειρὸς ἐπὶ εἰδικοῦ χάρτου εἰς κυλίνδρους διαμέτρου 3 χιλ. (ρωγάτωσις), προσδιοριζομένου ἐν συνεχείᾳ τοῦ εἰς τὴν κατάστασιν ταύτην περιεχομένου ποσοστοῦ ὕδατος.

Ἡ διαφορὰ $W_v - W_p = I_p$ ἀποτελεῖ τὸν δείκτην πλαστικότητος.

Τὸ ἰξῶδες η, ἔμετρήθη δι' ἑνὸς ὄργανου καλουμένου Rotovisko τοῦ ἐργοστασίου Haake K. G. (Βερολίνου). Ἡ μέτρησις στηρίζεται εἰς τὴν ἀρχὴν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ μείγμα (μάργα ἢ ἄργιλος + ὕδωρ) τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ κοίλου κυλίνδρου ἄνευ κενῶν. Ἐντὸς τούτου εἰσχωρεῖ ἕτερος κύλινδρος, ὁ ὁποῖος περιστρέφεται μὲ σταθερὰν καὶ ὠρισμένην ταχύτητα (μεταβαλλομένης κατὰ βούλησιν) καὶ τοῦ ὁποίου ἡ ἀντίστασις τριβῆς καταγράφεται αὐτομάτως ἐπὶ εἰδικοῦ χάρτου. Εἰς τὴν ἀρχὴν τὸ διάγραμμα ὁμοιάζει μὲ καρδιογράφημα, πρέπει ὁμως νὰ ἀναμένωμεν ἕως ὅτου ἡ βελὸν ἡ γράφει εὐθείαν γραμμὴν. Ἡ ἔνδειξις τῆς εὐθείας γραμμῆς πολλαπλασιαζομένη ἐπὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν τοῦ κυλίνδρου καὶ μιᾶς σταθερᾶς (ὠρισμένη δι' ἕκαστον ὄργανον) μᾶς δίδει τὴν τιμὴν τοῦ ἰξώδους η. Δι' ἕκαστον δείγμα ἐγένοντο δύο τοῦλάχιστον μετρήσεις καὶ ἐλήφθη ὑπ' ὄψιν ὁ μέσος ὄρος.

Ἐπειδὴ τὸ ἀνωτέρω ὄργανον ἔχει κατασκευασθῆ διὰ τὴν μέτρησιν μειγμάτων μὲ χαμηλὸν σχετικῶς ἰξῶδες (λίπη, σάπωνες, ἔλαια, γλυκόζη κλπ.) καὶ εἶναι λίαν εὐαίσθητον, παρουσιάζει πολλὰς δυσκολίας εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν ἀργίλων. Ἡ ὁμοιόμορφος ἀνάμειξις τῆς ἀργίλου μετὰ τοῦ ὕδατος, τὸ μέγεθος τῶν κόκκων, ἡ ἐπιλεγείσα ταχύτης (ἀριθμὸς στροφῶν ἀνὰ λεπτόν), ὡς καὶ ἄλλοι παράγοντες, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπηρεάσουν μεγάλως τὸ ἀποτέλεσμα τῶν μετρήσεων, ὅθεν ἡ ἐργασία ἀπαιτεῖ μεγάλην προσοχὴν καὶ ἐμπειρίαν.

Ἐπειδὴ τελικὸς σκοπὸς μας ἦτο νὰ συγκρίνωμεν τὰ δείγματα μεταξὺ των, ἡ μέτρησις τοῦ ἰξώδους ἐγένετο μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα περιστροφῆς καὶ τὴν αὐτὴν ποσότητα ὕδατος δι' ὅλα τὰ δείγματα.

Κατόπιν πολλῶν δοκιμῶν διεπιστώσαμεν ὅτι διὰ τὴν ἡμετέραν μελέτην ἡ πλέον κατάλληλος ταχύτης ἦτο 27 στροφές τοῦ κυλίνδρου ἀνὰ λεπτόν καὶ ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος ἦτο 60% καὶ 70%. Κατ' ἀρχὰς κατεβλήθη προσπάθεια ὥστε νὰ ὑπολογισθῆ τὸ ἰξῶδες ἐκάστου δείγματος μὲ τὴν ποσότητα τοῦ ὕδατος τὴν ἀντιστοιχοῦσα πρὸς τὸ ὄριον ὑδαρότητος. Τὸ μείγμα ἐπαρουσίαζεν ὁμως εἰς τὰ περισσότερα δείγματα ὑψηλὸν ἰξῶδες, κείμενον ἐκτὸς τῶν δυνατῶν ὁρίων μετρήσεως τοῦ ὄργανου. Κατόπιν τούτου ἐγένετο καὶ ἕτερα σειρά μετρήσεων μὲ ποσότητα ὕδατος ἴσην πρὸς τὸ ὄριον ὑδαρότητος ἠϋξημένον κατὰ 15% (10% αὔξησις ἔδιδεν καὶ πάλιν ὑψηλὸν ἰξῶδες), ὡς φαίνεται εἰς τὸν κατωτέρω ἐπισυναπτόμενον πίνακα.

Ἡ περιεκτικότης τοῦ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου ἐπροσδιορίσθη χημικῶς διὰ τιτλοδοτήσεως τοῦ Ca μὲ Komplexον ὑπολογιζομένου κατόπιν εἰς CaCO₃.

Ἡ περιεκτικότης τοῦ χαλαζίου ἐπροσδιορίσθη ἀκτινογραφικῶς διὰ συγκρίσεως μετὰ τοῦ CaF₂ (WIEGMANN & KRANZ, 1961).

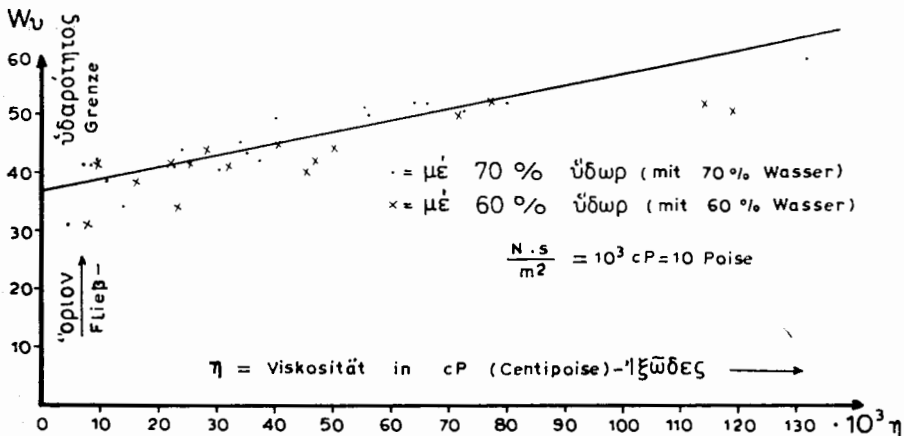
Δι' ὅλα τὰ δείγματα διεπιστώθησαν εἰς τὰ ἀκτινοδιαγράμματα τὰ ἀργιλικά ὄρυκτά, ἰλλίτης, καολινίτης καὶ ἐν μείγμα ἰλλίτου - μοντμοριλλονίτου. Τὰ ἀργιλικά ὄρυκτά εἶναι δηλαδὴ τὰ αὐτὰ εἰς ὅλα τὰ δείγματα. Οὕτως ἐπροσδιορίσθησαν ποσοτικῶς μόνον τὸ CaCO₃ καὶ ὁ χαλαζίας. Τὸ ὑπόλοιπον ποσοστὸν ἐκ τοῦ 100% ἀποτελεῖ τὴν περιεκτικότητα εἰς ἀργιλικά ὄρυκτά.

II. Παρατηρήσεις επί τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς ἐργαστηριακῆς ἐξετάσεως.

Αἱ ἐκ τῶν δοκιμῶν καὶ μετρήσεων ληφθεῖσαι τιμαὶ δίδονται ὑπὸ μορφὴν πίνακος εἰς τὴν παροῦσαν ἐργασίαν.

Εἰς τὸν πίνακα τοῦτον τὰ δείγματα εἶναι ταξινομημένα ἐκ τῆς ὑψηλοτέρας πρὸς τὴν χαμηλοτέραν τιμὴν τοῦ ὅριου ὑδαρότητος, τὸ ὁποῖον ἔχει προσδιορισθῆ μετὰ μεγάλης σχολαστικότητος. Εἰς τὸν μπεντονίτη τὸ ὅριον ὑδαρότητος κυμαίνεται μεταξὺ 400 καὶ 415 ἄν καὶ τὸ δείγμα περιέχει χαλαζίαν 10%. Ἡ ἐπίδρασις τοῦ χαλαζίου ἐξουδετεροῦται ἐκ τῆς ὑψηλῆς περιεκτικότητος μοντμοριλλονίτου (περίπου 87%) καὶ ἐπὶ πλέον ὁ χαλαζίας ἔχει κονιοποιηθῆ καὶ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων εἶναι σχεδὸν τὸ αὐτὸ ὅσον τῶν ἀργιλικῶν ὀρυκτῶν.

Τὸ δείγμα 2 ἄν καὶ παρουσιάζη ἠϋξημένην ποσότητα χαλαζίου, ἐν τούτοις τὸ ὅριον ὑδαρότητος αὐτοῦ εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλύτερον ἄλλων δειγμάτων ἐχόν-



Σχ. 1. Σχέσις μεταξὺ ὅριου ὑδαρότητος καὶ ἰξῶδους.

των ὀλιγώτερον χαλαζίαν καὶ περισσότερα ἀργιλικὰ ὀρυκτά. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν παρουσίαν μικρᾶς ποσότητος ὀργανικῶν προσμειξέων. Τὸ χρῶμα τῆς ἀργίλου ταύτης ἦτο βαθὺ κυανομέλαν. Τόσον ἡ αὔξησις τῆς περιεκτικότητος τοῦ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου, ὅσον καὶ τοῦ χαλαζίου ἢ καὶ ἀμφοτέρων ἐλαττώνουν αἰσθητῶς τὴν τιμὴν τοῦ ὅριου ὑδαρότητος. Τὰ δείγματα 14, 15 καὶ 16 (μάργαι), τὰ ὁποῖα ἔχουν σχεδὸν τὴν αὐτὴν ὀρυκτολογικὴν σύστασιν, ἔχουν περίπου τὸ αὐτὸ ὅριον ὑδαρότητος καὶ πλαστικότητος. Ὁ χαλαζίας εἶναι σταθερὸς καὶ εἰς τὰ τρία δείγματα καὶ μόνον τὸ ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον αὐξάνει ἢ ἐλαττοῦται ἐλάχιστα. Πρέπει νὰ τονισθῆ ἐπίσης ὅτι τὰ δείγματα ταῦτα οὐδὲν ἴχνος ὀργανικῶν προσμειξέων παρουσιάζουν ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ δείγμα 11.

Τὸ ὅριον πλαστικότητος δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ προσδιορισθῆ ἀκριβῶς διὰ τῆς γνωστῆς μεθόδου. Δὲν γνωρίζει κανεὶς πότε ἀκριβῶς οἱ κύλινδροι (μακαρόνια) ἔχουν διάμετρον 3 χλ. Οὕτω βλέπομεν ὅτι τὸ ὅριον πλαστικότητος παρουσιάζει

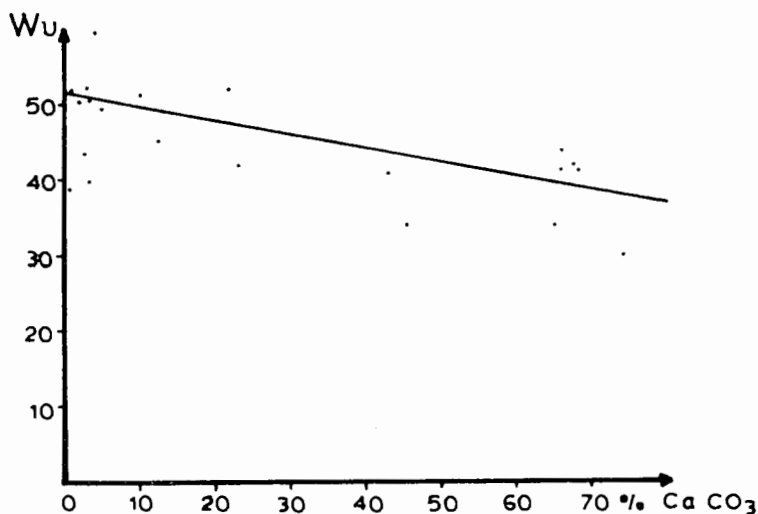
Πίναξ αποτελεσμάτων τών εξετασθέντων δειγμάτων.

α.α	Όριον υδαρό- τητος W _υ	Όριον πλαστι- κότητος W _π	Δείκτης πλαστι- κότητος I _π	η = Ίξώδες εις cP. — W = ύδαρ		CaCO ₃ % _ο	Χαλαζίας % _ο	Άργιλικά όρυκτά % _ο	Παρατηρήσεις
				W = W _υ + 15 % _ο	W = 70 % _ο W = 60 % _ο				
1	~ 400	—	—	—	—	—	—	90,0	Μπεντονίτης
2	59,8	25,7	34,1	80.000	131.500	4,0	10,0	67,0	'Όργαν. προσμείξεις
3	52,0	26,3	25,7	70.600	64.200	22,0	18,0	60,0	
4	52,0	19,2	32,8	86.600	66.600	2,2	15,0	82,8	
5	52,0	17,8	34,2	93.000	80.000	1,1	15,0	83,9	
6	51,0	25,4	25,6	62.400	55.300	10,0	16,0	74,0	
7	50,5	22,7	27,8	80.200	72.200	3,1	17,0	79,9	
8	50,1	20,2	29,9	80.200	56.100	2,1	19,0	78,9	
9	49,8	20,3	29,5	56.000	40.100	5,0	13,0	82,0	
10	45,0	18,8	26,2	40.100	34.200	12,9	19,0	68,1	
11	44,0	20,2	23,8	32.100	24.000	66,0	4,0	30,0	
12	43,4	20,2	23,2	64.200	35.300	2,6	20,0	77,4	
13	42,0	16,6	25,4	56.900	37.600	22,9	12,0	65,1	
14	42,0	20,8	21,2	28.900	9.800	67,5	4,0	28,5	
15	41,8	20,2	21,6	34.500	8.400	66,0	4,0	30,0	
16	41,8	20,1	21,7	15.200	7.500	68,0	4,0	28,0	
17	41,0	19,0	22,0	40.100	22.500	43,0	11,0	46,0	
18	40,1	18,0	22,1	57.700	30.200	3,1	22,0	74,9	
19	38,8	23,1	15,7	25.700	11.000	0,8	26,0	73,2	Καολίνη
20	34,0	22,8	11,2	38.500	14.000	45,5	5,0	49,5	Μεγάλοι κόκκοι
21	34,0	23,7	10,3	25.700	—	65,0	6,0	29,0	
22	30,7	15,1	15,6	32.100	4.400	74,2	4,0	21,8	

ἀδικαιολογήτους αὐξομειώσεις. Δείγματα δηλ. με μεγάλην ποσότητα χαλαζίου (ὡς τὸ 12) ἔχουν μεγαλύτερον ὄριον πλαστικότητος ἀπὸ ἄλλα (ὡς τὸ 5) με ὀλιγώτερον χαλαζίαν. Ἡ κυλίνδρωσις ὄφειλε νὰ γίνεται μεταξὺ δύο εἰδικῶν πλακῶν, τῶν ὁποίων ἡ ἐλάχιστη μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις 3 χλ. νὰ καθορίζεται ὑπὸ δύο κυλίνδρων περιστρεφομένων ἐπὶ σταθερῶν ἀξόνων εἰς τὰ δύο ἄκρα τῆς κάτω πλακός.

Ὁ δείκτης πλαστικότητος διορθώνει κάπως τὰς ἀνωτέρω ἀνακριβείας. Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι ἡ τιμὴ αὐτοῦ μειοῦται βαθμηδὸν πρὸς τὰ κάτω ὡς καὶ ἡ τοῦ ὄριου ὑδαρότητος.

Παρατηρουμένων τῶν τιμῶν τοῦ ἰξώδους εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα καὶ μὴ λαμβανομένων ὑπ' ὄψιν ὠρισμένων ἀποτόμων μεταβολῶν, διαπιστοῦται ἐν γένει



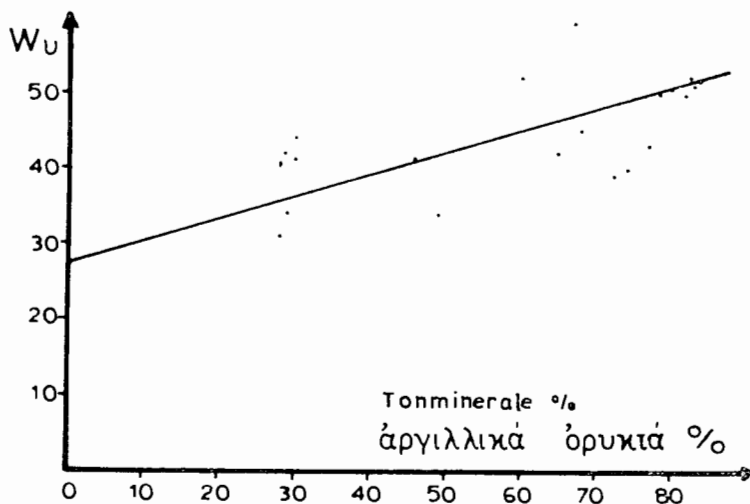
Σχ. 2. Σχέσις μεταξὺ ὄριου ὑδαρότητος καὶ περιεκτικότητος εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον. Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦτο ὡς καὶ εἰς τὰ ἐπόμενα δύο παρουσιάζουν τὰ σημεῖα μεγάλην σχετικῶς διασποράν, διότι δὲν συμπεριλαμβάνεται καὶ ἡ περιεκτικότης εἰς χαλαζίαν ἢ ὁποῖα ἐπηρεάζει πολὺ τὸ ἀποτέλεσμα τῶν μετρήσεων.

ἐλάττωσις τῶν τιμῶν τούτων ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐλάττωσιν τοῦ ὄριου ὑδαρότητος καὶ τοῦ δείκτου πλαστικότητος. Αἱ ἀπότομοι μεταβολαὶ ὀφείλονται εἰς τὴν μεγάλην εὐαισθησίαν τοῦ ὄργανου. Εἰς τὸ δεῖγμα 1 δὲν ἐγένετο μέτρησις τοῦ ἰξώδους, διότι αἱ ποσότητες τοῦ ὕδατος 60% καὶ 70% ἦσαν ἐλάχιστοι ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν ὑδροαπορροφητικότητά του. Με 60% ὕδωρ δὲν ἐγένετο ἐπίσης μέτρησις τῶν δειγμάτων 5, 8 καὶ 9 καθ' ὅσον ἡ τιμὴ τοῦ ἰξώδους ἦτο μεγάλη, κειμένη ἐκτὸς τῶν ὁρίων καταγραφῆς τοῦ ὄργανου. Τὸ δεῖγμα 21 ὡς διεπιστώθη ἐκ τῶν ὑστέρων ἀπετελεῖτο ἐκ σχετικῶς μεγάλων κοκκίων (μικροτέρων βεβαίως τῶν 0,063 χλ.) μαργαϊκοῦ ἀσβεστολίθου, τὰ ὁποῖα με 70% καὶ 60% ὕδωρ κατεκάθισαν ὑπὸ μορφὴν ἰζήματος εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου καὶ ὁ ἐσωτερικὸς κύλινδρος περιστρέ-

φετο ἐντὸς τοῦ καθαροῦ ὕδατος, ἢ δὲ ἔνδειξις εἰς τὸ διάγραμμα ἦτο ἐκείνη ἢ τοῦ ὕδατος. Εἰς τὰ κοκκία ταῦτα ὀφείλεται καὶ ἡ λίαν χαμηλὴ τιμὴ τοῦ δείκτου πλαστικότητος.

Ἐν τοιοῦτον ὄργανον ἐκτὸς τοῦ ὅτι εἶναι δαπανηρὸν (50.000 μάρκα περίπου), λόγῳ τῆς μεγάλης εὐαισθησίας του οὐδένα σκοπὸν ἐξυπηρετεῖ εἰς τὰ ἐργαστήρια ἐδαφομηχανικῶν ἐρευνῶν ὡς ἀποδεικνύεται ἐνταῦθα. Ἀντιθέτως δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς ἐργοστάσια εἰδῶν κεραμεικῆς καὶ πορσελάνης, ὡς καὶ εἰς ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια δι' ἐρευναν.

Ἐπειδὴ εἰς ὅλα τὰ δείγματα ὑπάρχουν τὰ αὐτὰ ἀργιλικὰ ὄρυκτά ἀλλὰ εἰς διαφορετικὸν ποσοτικὸν σύνολον, ὀφείλομεν νὰ ἀναζητήσωμεν τὴν διαφορὰν τῶν



Σχ. 3 Σχέσις μεταξὺ ὁρίου ὑδαρότητος καὶ περιεκτικότητος εἰς ἀργιλικὰ ὄρυκτά.

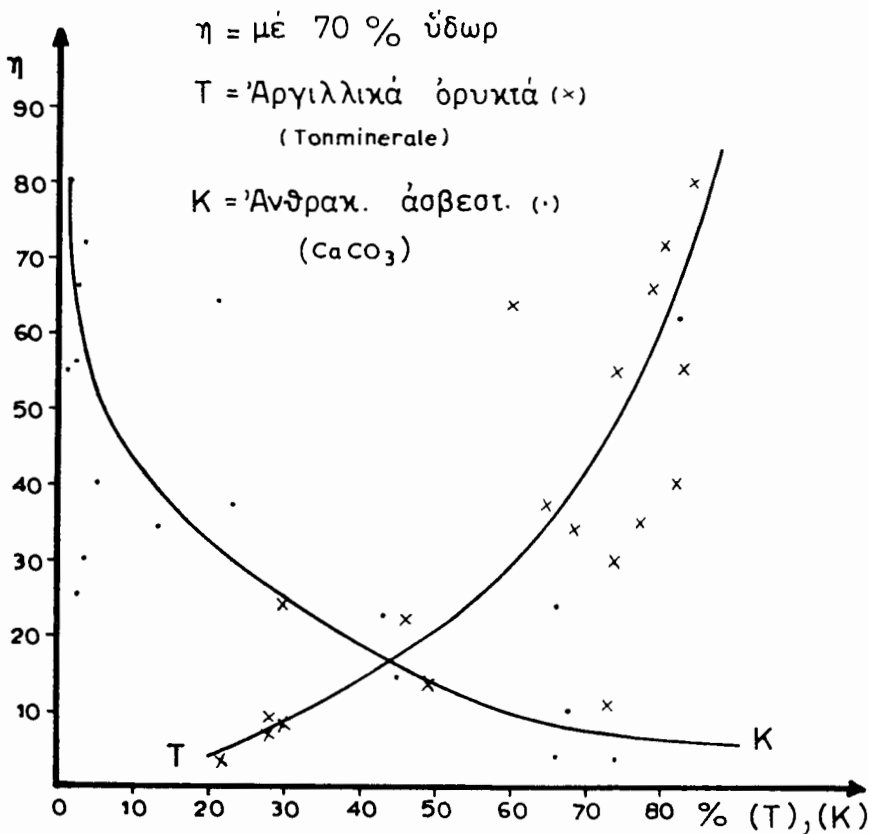
τιμῶν τοῦ πίνακος μας εἰς τὴν περιεκτικότητα (%) τοῦ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου, τοῦ συνόλου τῶν ἀργιλικῶν ἐν γένει ὄρυκτων καὶ τοῦ χαλαζίου.

Εἰς τὸ σχ. 1 δίδομεν τὴν σχέσιν μεταξὺ ὁρίου ὑδαρότητος καὶ ἰξώδους, εἰς τὸ σχ. 2 τὴν σχέσιν μεταξὺ ὁρίου ὑδαρότητος καὶ τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον καὶ εἰς τὸ σχ. 3 ὁμοίως τὴν σχέσιν μεταξὺ ὁρίου ὑδαρότητος καὶ τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀργιλικὰ ὄρυκτά. Εἰς τὸ σχ. 4 δίδεται διὰ τῆς καμπύλης Κ ἡ σχέσις μεταξὺ ἰξώδους καὶ περιεκτικότητος εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον καὶ διὰ τῆς καμπύλης Τ ἡ σχέσις μεταξὺ ἰξώδους (με ὕδωρ 70%) καὶ περιεκτικότητος εἰς ἀργιλικὰ ὄρυκτά. Τὰ σημεῖα εἰς ὅλα τὰ διαγράμματα ἐν γένει παρουσιάζουν μεγάλην διασποράν. Τοῦτο εἶναι φυσικὸν καθ' ὅσον ἡ ἐπίδρασις τοῦ χαλαζίου δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὰ ἀνωτέρω διαγράμματα. Τὸ ἄθροισμα τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον καὶ χαλαζιῶν δὲν παρουσιάζει τοιαύτην διασπο-

ράν. Δι' αὐτοῦ ὅμως δὲν δεικνύεται μόνον ἡ σχέσηις τοῦ CaCO_3 ἀλλὰ τοῦ ἀνωτέρου ἀθροίσματος μετὰ τῆς μεταβολῆς τῶν προαναφερθεισῶν ιδιοτήτων.

Παρὰ τὴν διασπορὰν τῶν σημείων εἰς τὰ διαγράμματα εἶναι ἐμφανῆς καὶ ἐκ τοῦ πίνακος ἡ μεγάλη ἐπίδρασις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ αὔξησις τῆς περιεκτικότητος τόσον εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον, ὅσον καὶ εἰς χαλαζίαν.

Εἰς τὴν Γεωλογίαν ὑπάρχει ὡς γνωστὸν σαφῆς διαχωρισμὸς μεταξὺ μαργῶν καὶ ἀργίλων. Εἰς τὴν Ἑδαφομηχανικὴν συνιθίζεται νὰ δίδεται ὁ ὄρισμός: «Μάργα



Σχ. 4. Σχέσις μεταξὺ ἰξώδους καὶ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου ἀφ' ἑνὸς καὶ ἀργιλλικῶν ὄρυκτῶν ἀφ' ἑτέρου.

εἶναι ἀσβεστοῦχος ἢ ἀσβεστολιθική ἢ ἀσβεστιτική ἄργιλος». Ὁ ὄρισμός ὅμως αὐτὸς εἶναι ἀνακριβής, καθ' ὅσον ὅταν ἀπουσιάζουν τὰ ἀργιλλικὰ ὄρυκτὰ καὶ τὴν θέσιν αὐτῶν καταλαμβάνει τὸ CaCO_3 δὲν δυνάμεθα νὰ ὀμιλῶμεν περὶ ἀργίλων, διότι ὡς ἴδωμεν αἱ μηχανικαὶ καὶ φυσικαὶ ιδιότητες αὐτῶν μεταβάλλονται αἰσθητῶς ἐκ τῆς ὄρυκτολογικῆς συστάσεως.

Θὰ ἦτο προτιμώτερον νὰ διακρίνωμεν ἀναλόγως τῆς εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον περιεκτικότητος: Ἄργιλον (0 - 5%), ἀσβεστοῦχον ἄργιλον (6 - 16%), ἀργιλώδη

μάργαν (17 - 35 %), μάργαν (36 - 65 %), άσβεστολιθικήν μάργαν (66 - 75 %), μαργαϊκόν άσβεστόλιθον (76 - 90 %) και άσβεστόλιθον (91 - 100 %), δηλαδή όπως περίπου και εις την Γεωλογίαν. Έπειδή όμως δέν δυνάμεθα νά γνωρίζωμεν κατά τόν μακροσκοπικόν προσδιορισμόν την εις CaCO_3 περιεκτικότητα είναι άρκετόν άν καθορίζωμεν άπλώς άργιλον, άργιλώδη μάργαν, μάργαν και μαργαϊκόν άσβεστόλιθον.

III. Άλλαι Ιδιότητες τών μαργών και τών άργίλων.

Έφ' όσον ή παρουσία τοῦ CaCO_3 και τοῦ χαλαζίου επηρεάζει αισθητῶς τά όρια Atterberg, επηρεάζει κατά φυσικήν συνέπειαν και την γωνίαν έσωτερικής τριβής ως και την συμπίεστικότητα αυτών. Δηλαδή ή τιμή τής μέν γωνίας έσωτερικής τριβής αυξάνει τής δέ συμπίεστικότητος μειούται αυξανομένης τής περιεκτικότητος εις CaCO_3 ή εις χαλαζιαν ή και εις άμφοτέρα τά όρυκτά. Μία τοιαύτη έρευνα είναι όμως λίαν δυσχερής καθ' όσον ή εξέταση γίνεται επί άδιαταράκτων δειγμάτων και έπομένως δέν δυνάμεθα νά προκαθορίσωμεν δια κρησαρώσεως τό μέγεθος τών κόκκων, άν και άσκή μεγάλην επίδρασιν επί τών άποτελεσμάτων.

Έτερος παράγων, ό οποῖος άσκει μεγίστην επίδρασιν επί τής γωνίας έσωτερικής τριβής και τής συμπίεστικότητος είναι ή φυσική συμπύκνωσις ή όποία αποτελεί εις την Γεωλογίαν στάδιον τής διαγενέσεως. Ό παράγων αυτός δυσχεραίνει έπίσης την έρευναν τής όρυκτολογικής επίδράσεως επί τών δύο τούτων ιδιοτήτων.

Όσον άφορᾷ εις την μειωμένην τιμήν τής γωνίας έσωτερικής τριβής έδαφών μη ύποστάντων την φυσικήν συμπύκνωσιν δύναται τις νά διαπιστώσῃ τοῦτο εις φυσικά πρανῆ. Πολλάκις δηλαδή ένῶ έχομεν μάργας με ύψηλόν ποσοστόν άνθρακικοῦ άσβεστίου σχηματίζουν πρανῆ με γωνίαν κλίσεως μικροτέραν από εκείνην την όποίαν σχηματίζουν μάργαι τής αυτῆς όρυκτολογικής συστάσεως, αλλά άνηκουσῶν στρωματογραφικῶς εις βαθυτέρους όρίζοντας (στρώματα). Εις την πρώτην περίπτωσιν αἱ μάργαι είναι χαλαραι διότι δέν επρόφθασαν νά διέλθουν στάδια τινά τής διαγενέσεως ή νά ύποστοῦν αυτῆν έξ ολοκλήρου (τής φυσικής συμπυκνώσεως ή και τελείας στερεοποιήσεως) έν αντιθέσει πρὸς την δευτέραν περίπτωσιν (εικ. 1, 2 και 3).

Έντονος διαγένεσις και ύψηλόν ποσοστόν άνθρακικοῦ άσβεστίου επιτρέπουν την κατασκευήν όρυγμάτων με κλίσιν $45^\circ - 55^\circ$. Έάν εις τοῦς δύο τούτους παράγοντας προστεθῆ και ή παρουσία χαλαζίου (άμμου) έχομεν τὰς συμπυκνωμένας άμμομιγεῖς μάργας, αἱ όποια σχηματίζουν πρανῆ $70^\circ - 80^\circ$. Αἱ άνωτέρω κλίσεις άφοροῦν βεβαίως εις σχηματισμούς, οἱ όποιοι δέν ύπόκεινται εις την επίδρασιν τοῦ ύδροφόρου όρίζοντος.

Άνάλογον συμπεριφορὰν παρουσιάζουν και αἱ άργιλοι όταν έχουν ύποστῆ διαγένεσιν, αλλά ως γνωστόν ή γωνία έσωτερικής τριβής είναι πολὺ μικροτέρα και ή συμπίεστικότης μεγαλυτέρα άπ' ότι εις τὰς μάργας. Άργιλος ύποστᾶσα έντονον διαγένεσιν δημιουργεῖ ψευδοσχιστότητα, δίδουσα την έντύπωσιν λεπτοτάτων στρώσεων. Εις την περίπτωσιν ταύτην ή «σχιστοειδής» άργιλος παρουσιάζει μέν

μικρὰν συμπίεστικότητα, ἀλλὰ ἡ γωνία ἐσωτερικῆς τριβῆς ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν τῆς ψευδοσχιστότητος μειοῦται ἐπικινδύνως, τόσοσ ὥστε, ἐπὶ στρωμάτων μὲ κλίσιν $5^\circ - 10^\circ$ νὰ δημιουργοῦνται ὀλισθήσεις (ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω ἐπιφανειῶν) ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἐλαχίστης φορτίσεως ὀφειλομένης εἰς τὰ ὑπερκείμενα στρώματα.

Ἐν λεπτὸν στρῶμα ἀργίλου μεταξὺ μαργῶν εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ κατολίσθησιν τῶν ὑπερκειμένων αὐτοῦ μαργῶν, πολὺ περισσότερον δὲ ὅταν τὸ στρῶμα τῆς ἀργίλου περιέχῃ ὀργανικὰς προσμείξεις. Μία τοιαύτη λίαν χαρακτηριστικὴ περίπτωσις διεπιστώθη ὑφ' ἡμῶν προσφάτως εἰς τὴν παραποτάμιον περιοχὴν τοῦ Ἰαλφειοῦ μεταξὺ τῶν χωρίων «Λοῦβρον» καὶ «Ἄσπρα Σπίτια» τῆς Ὀλυμπίας. Εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην εὐρίσκειται 10 - 15 μ. ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους καὶ μεταξὺ ἀμμομιγῶν μαργῶν (μὲ ἐλαχίστην συμπύκνωσιν) λεπτὸν στρῶμα ἀργίλου μὲ ὀργανικὰς προσμείξεις, τὸ ὁποῖον ἐπροκάλεσεν κατολίσθησιν τῶν ὑπερκειμένων μαργῶν εἰς ἕκτασιν 0,6 χλμ. περίπου. Δὲν εἶναι βεβαίως πρωτοφανὲς τὸ φαινόμενον, ἀλλὰ ὀπωσδήποτε ἄξιον προσοχῆς καὶ μνείας ἂν φαντασθῆ κανεὶς πόσα προβλήματα εἶναι δυνατὸν νὰ δημιουργήσῃ ἐν καὶ μόνον λεπτὸν στρῶμα ἀργίλου εἰς τὴν πλέον συνήθη περίπτωσιν π. χ. τῆς ὁδοποιΐας. Εἰς τὴν προαναφερθεῖσαν περίπτωσιν αἱ χαλαραὶ σχετικῶς ἀμμομιγεῖς μάργαι ἀπορροφοῦν μικρὰν μόνον ποσότητα τῶν ὀμβρίων ὑδάτων, ἀφήνουν δὲ νὰ διέλθῃ μικρὰ ἐπίσης ποσότης ὑδατος καὶ νὰ φθάσῃ μέχρι τοῦ στρώματος τῆς ἀργίλου, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾶται ὑπ' αὐτῆς. Ἡ ἐπανάληψις τῆς διαδικασίας ταύτης ρευστοποιεῖ τὴν ἄργιλον καὶ μετατρέπει τὸ στρῶμα τοῦτο εἰς ἐπίπεδον ὀλισθήσεως.

Αἱ ἐκτεταμένα κατολισθήσεις εἰς τὸν φλύσχην, δὲν ὀφείλονται μόνον εἰς τὴν ἐναλλαγὴν στρωμάτων μαργῶν, ἀργίλων καὶ ψαμμιτῶν, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸ γεγονός ὅτι λόγῳ τῆς τεκτονικῆς ἐπιδράσεως μετεκινήθησαν ἐκ τῆς ἀρχικῆς τῶν θέσεως καὶ τοιουτοτρόπως οἰαδήποτε ἀρχικὴ συμπύκνωσις αὐτῶν κατεστράφη.

Εἰς τὴν ὁδοποιΐαν καὶ ἐν γένει κατὰ τὴν διάνοξιν ὀρυγμάτων, ὀφείλομεν νὰ κατασκευάζωμεν τὰ πρᾶνῃ μὲ κλίσιν ἴσῃν ἢ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τι μικροτέραν τῆς φυσικῆς τοιαύτης. Τοῦτο εἶναι εὐνόητον ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι διὰ νὰ δημιουργήσῃ ἡ φύσις τὴν κλίσιν ταύτην ἐμεσολάβησαν ἑκατοντάδες ἢ καὶ χιλιάδες (κατὰ περίπτωσιν) ἔτων καὶ δὲν ἔλαβε χώραν αἰφνιδία διατάραξις τῆς ἰσοροπίας τῶν ἐπικρατουσῶν συνθηκῶν, ὡς συμβαίνει δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν κατασκευῆς τεχνητοῦ πρᾶνοῦς.

Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

1. Αὐξάνοντος τοῦ ὀρίου ὑδαρότητος τῶν μαργῶν καὶ ἀργίλων, αὐξάνει καὶ τὸ ἰξῶδες αὐτῶν.

2. Ἡ αὐξήσις τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον, ὡς καὶ εἰς χαλαζίαν προκαλεῖ μείωσιν τοῦ ὀρίου ὑδαρότητος, τῆς πλαστικότητος καὶ τοῦ ἰξώδους, ἐνῶ ἡ αὐξήσις τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀργιλικά ὀρυκτὰ προκαλεῖ τὸ ἀντίθετον.

3. Ὅμοίως ἡ αὐξήσις τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον καὶ

χαλαζιαν προκαλεῖ αὐξησιν τῆς γωνίας ἔσωτερικῆς τριβῆς καὶ τὴν μείωσιν τῆς συμπιεστότητος.

4. Μεγάλην ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς γωνίας ἔσωτερικῆς τριβῆς καὶ τῆς συμπιεστότητος ἄσκει ἐπίσης καὶ ἡ φυσικὴ συμπύκνωσις (διαγένεσις) τῶν ἀργίλων καὶ μαργῶν.

ZUSAMMENFASSUNG

Von 20 Tonen und Mergeln aus dem Jura Süddeutschlands wurden die Atterberg'schen Kennzahlen (Fließgrenze, Ausrollgrenze, Plastizitätszahl), die Viskosität bei bestimmten Wassergehalten und der Mineralbestand (Quarz, Kalk, Tonminerale) bestimmt.

Es ergab sich, dass sich die verschiedenen bodenmechanischen Kennzahlen untereinander und mit dem Mineralbestand Korrelieren lassen.

Weiter wird der Einfluss des Kalk- und Quarzgehaltes sowie des Grades der Diagenese («natürliche Verdichtung») auf den Winkel der inneren Reibung und der Zusammendrückbarkeit der Tone und Mergel auf Grund Geländebeobachtungen beschrieben.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ATTERBERG, A. 1911.— Die Plastizität der Tone. *Internat. Inst. Mitt. Bodenkd.* **1**, s. 18, Berlin.
- BENTZ, A. & MARTINI, H. J. 1969.— Lehrbuch der Angewandten Geologie-Geowissenschaftliche Methoden. Bd. II/2, s. 1625-1630, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- ENDELL, K. 1941.— Quellfähigkeit der Tone und ihre technische Bedeutung. *Z.VDI* **85**, s. 687 - 688, Düsseldorf.
- KEIL, K. 1951.— Ingenieurgeologie und Geotechnik. Halle.
 ——— 1963.— Die Bedeutung der mineralchemischen Eigenschaften für die bodenphysikalischen und bodenmechanischen Kennwerke bindiger Erdarten. *Die Bautechnik*, **12**, s. 422 - 430.
- LANGER, M. 1961.— Vergleichende rheologische und bodenmechanische Untersuchungen an Tonen. *Geol. Jb.* **79**, s. 255- 294, Hannover.
- ΛΟΪΖΟΣ, Α. 1968.— Θεμελιώσεις. Μέρος πρώτον. Τὸ ἔδαφος τῶν θεμελιώσεων. Γ' ἀνατύπωσις, Ἀθήναι.
- SCHULTZE, E. & MUHS, H. 1967.— Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten s. 384-392, 2 Aufl., Göttingen, Heidelberg (Springer).
- SIEDEK / VOSS 1960.— Die Bodenprüfverfahren bei Strassenbauten. Düsseldorf.
- SKEMPTON, A. W. & NORTHEY, R. D. 1952.— Sensitivity of clays. *Geotechn.* **4**, Nr. I, s. 30, London.
- WIEGMANN, J. & KRANZ, G. 1961.— Beitrag zur quantitativen Mineralanalyse von Tonen, Kaolinen und ähnlichen Gesteinen mittels röntgenographischer Methoden. *Ber. Deut. Keram. Ges.* **38**, H. **7**, s. 294 - 302.

ΕΠΕΞΗΓΗΣΙΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Π Ι Ν Α Ξ Ι

- Είκ. 1. Διαβρωσιγενές πρηνές μαργών με ελάχιστην συμπύκνωσιν και με ποσοστόν άνθρακικού άσβεστίου 60 - 65 % (Άλιάκμων).
- Είκ. 2. Όμοίως διαβρωσιγενές πρηνές (τής ίδιας περιοχής) με ένδιάμεσα στρώματα μαργαϊκού άσβεστολίθου και με μεγαλύτεραν φυσικήν συμπύκνωσιν από την είκ. 1. Η περιεκτικότης του άνθρακικού άσβεστίου ως άνωτέρω. Έχει κλίσιν περίπου 85°.

Π Ι Ν Α Ξ ΙΙ

- Είκ. 1. Άμμομιγεῖς μάργαι με ελάχιστην συμπύκνωσιν. Τò τεχνητόν πρηνές (δεξιὰ) κατεσκευάσθη με κλίσιν σχεδόν διπλασίαν τής φυσικής τοιαύτης, με άποτέλεσμα να προκληθῆ ἡ εικονιζομένη κατολίσθησις (Μεγαλόπολις).
- Είκ. 2. Τὰ ύψώματα εις τὸ άριστερόν τής φωτογραφίας άποτελοῦνται εκ μαργών με ένδιάμεσα στρώματα άργιλωδών μαργών. Αἱ κλίσεις τών πρηνών εἶναι σχετικῶς άπότομοι (μεγίστη κλίσις 40° - 45°), διότι εις τήν κορυφήν τὸ έπιφανειακόν στρώμα συνεκτικῶ κροκαλοπαγοῦς έμποδίζει τήν διάβρωσιν τής κορυφῆς και έπομένως τὸν σχηματισμόν όμκλωτέρων πρηνών (άεροφωτογραφία - Ρόδος).



1



2



1



2