

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 165-175	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ ΚΑΙ  
ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ  
ΣΕΙΣΜΩΝ  
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ  
ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ  
ΑΡΓΙΛΩΝ

ΣΠ. ΖΕΡΒΑΣ

1.- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελληνική χερσόνησος και ο ευρύτερος χώρος του Αιγαίου είναι η περισσότερο σεισμικώς ενεργός περιοχή σ' ολόκληρη την Δυτική Ευρασία. Συγκεκριμένως η χώρα μας, τόσο το ηπειρωτικό της τμήμα, όσο και το νησιώτικον τόξον παρουσιάζει την μεγαλύτερη σεισμικότητα (εκδήλωση σεισμικής δράσεως στον χώρο και στον χρόνο) σε σχέση με όλες τις χώρες της Μεσογείου. Ενδεικτικώς αναφέρουμε ότι η σεισμική ενέργεια που απελευθερώνεται κάθε χρόνο στον Ελλαδικό χώρο είναι σχεδόν ίση με αυτή που απελευθερώνεται στον αυτό χρόνο στην υπόλοιπη Ευρώπη.

Η κατά τα τελευταία έτη εκδηλωθείσα σεισμική δραστηριότητα έδειξε σαφώς ότι η σεισμική επικινδυνότητα αυξάνεται με τον χρόνο και οφείλεται προφανώς στην μεγάλη ανάπτυξη σε έκταση και ύψος των πόλεων, με συνέπεια να ανεγείρονται οικοδομές σε χαλαρά και ασταθή εδάφη (εδάφη σεισμικώς επικίνδυνα).

Κατά την ανάπτυξη του θέματος δεν θα ασχοληθούμε με την θεωρητική και μαθηματική πλευρά αλλά θα προσπαθήσουμε να δώσουμε ερμηνεία των καταστρεπτικών συνεπειών των σεισμών στις κατασκευές σε συνάρτηση με το έδαφος θεμελιώσεως. Δηλαδή θα εξετασθεί η συμπεριφορά των αργιλικών και μαργαϊκών εδαφών θεμελιώσεως κατά τους σεισμούς και τα αποτελέσματα της συμπεριφοράς αυτής επί των κτιρίων και λοιπών τεχνικών έργων.

2.- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΣΕΙΣΜΟΥ

Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την εστία κατά την διάρκεια του σεισμού είναι ποσότης που συνδέεται άμεσα με το μέγεθός του. Η ποσότης που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των μακροσκοπικών αποτελεσμάτων

Μεταξύ της ενεργείας E, σε έργια, που εκλύεται από την εστία του σεισμού και του επιφανειακού μεγέθους  $M_S$  υφίσταται η σχέση :

$$E = 10^{(12,24 + 1,44 M_S)}$$

για τιμές  $M_S \geq 5$ .

Παραδείγματος χάριν σεισμός μεγέθους 5 και 6 μονάδων εκλύουν ενέργεια  $2,7510^{19}$  ergs και  $7,59 10^{20}$  ergs αντίστοιχως, δηλ. σε μεταβολή του επιφανειακού μεγέθους κατά μία μονάδα η ενέργεια μεταβάλλεται 28 φορές περίπου.

Οι βλάβες κατά τους σεισμούς εξαρτώνται από διάφορα στοιχεία της σεισμικής κίνησης και συνεπώς ο καθορισμός ενός μόνο φυσικού μεγέθους ως μέτρων των σεισμικών βλαβών είναι αδύνατος. Οι βλάβες συγκεκριμένα εξαρτώνται από την ταχύτητα διαδόσεως του σεισμικού κύματος, την επιτάχυνση, το πλάτος, την περίοδο, την διάρκεια του σεισμού, την εστιακή απόσταση και την ακτινοβολούμενη ενέργεια καθώς επίσης από την ιδιοπερίοδο της κατασκευής, την τεχνική των οικοδομών, τον συντελεστή απόσβεσης.

Η πλέον χρησιμοποιούμενη κλίμακα για την μέτρηση της εντάσεως των σεισμών είναι η αναθεωρημένη δωδεκαβάθμια κλίμακα MERCALLI (M M).

Σεισμοί μεγέθους 5,5 και άνω υπό ωρισμένες συνθήκες δύναται να προκαλέσουν βλάβες VII βαθμού και άνω λόγω εστιακής αποστάσεως και λοιπών ευνοϊκών συνθηκών π.χ. τεκτονικής της περιοχής, εδάφους θεμελιώσεως και αντοχής των κτιρίων. Βλάβες VII βαθμού προκαλούνται και από σεισμούς μεγέθους μικρότερου από 5,5 (ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ 1981).

### 3.- ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ

Η ανάπτυξη των τριτογενών και τεταρτογενών αργιλικών ή αργιλομαργαϊκών ιζημάτων εις το σύνολο της στερεάς επιφανείας της χώρας μας είναι σημαντική τόσο σε κατακόρυφη όσο και σε οριζοντία ανάπτυξη. Το γεγονός αυτό συνδυαζόμενο με το σχετικώς ομαλό ανάγλυφο και την δυνατότητα καλλιέργειας απετέλεσε κύριον πόλον έλξεως των ανθρώπων με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν σημαντικοί οικισμοί

εις μέγεθος και αριθμόν. Συνετέλεσε σε αυτό πολύ και η αξιόλογος υδροφορία και ευφορία των Τριτογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών.

Πέραν των σχηματισμών αυτών και όλα τα άλλα πετρώματα, είτε πρόκειται περί ιζηματογενών προτριτογενούς ηλικίας, είτε περί μεταμορφωμένων ή πλουτωνίων, υφίστανται επιφανειακή αποσάθρωση εξ αιτίας φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων (φυτικών και ζωικών) με αποτέλεσμα τα ευδιάλυτα προϊόντα να μεταφέρονται προς την θάλασσα, τα δε αδιάλυτα πρωτογενή ορυκτά, το  $SiO_2$  και τα αργιλικά παραμένουν επί τόπου και σχηματίζουν τον εδαφικόν μανδύα, του οποίου το πάχος υπό ωρισμένας προϋποθέσεις μπορεί να φθάσει αρκετά μέτρα.

Ο σχηματισμός εδάφους E σε ένα τόπο είναι συνάρτηση της μορφής

$$E = \sigma (P, A, O, K, t, \dots).$$

όπου: P : είδος μητρικού πετρώματος

A : ανάγλυφον τοπογραφικόν

O : οργανικός κόσμος (φυτικός και ζωικός)

K : κλιματικές συνθήκες (βροχοπτώσεις κ.λ.π.)

t : χρόνος δράσεως των ανωτέρω παραγόντων.

...: παράγων μη προσδιοριζόμενος.

Γενικώς, όλες οι κατασκευές θεμελιώνονται στη ζώνη αποσάθρωσης του μητρικού πετρώματος και μόνον σπανίως όταν πρόκειται δια μεγάλες κατασκευές αυτές εδράζονται απ' ευθείας στο μητρικό πέτρωμα το οποίο, πρέπει να τονισθεί, υφίσταται την επίδραση της αποσαθρώσεως σε πολλές δεκάδες μέτρα βάθος. Τούτο διαπιστούται από την παρουσία και κυκλοφορία σημαντικής ποσότητας νερού σε γρανιτικά πετρώματα ή περιδοτίτες σε βάθη 50 m και ακόμη 100 m.

### 4.- ΔΟΜΗ, ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΡΓΙΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΡΓΑΙΚΩΝ

#### ΕΔΑΦΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ.

Τα αργιλικά συστατικά του εδάφους, είτε πρόκειται περί πρωτογενών αποθέσεων (θαλασσίας ή λιμναίας προελεύσεως) είτε περί προϊόντων αποσαθρώσεως αργιλοπηριτικών πετρωμάτων, αποτελείται κυρίως από υπομικροσκοπικά φύλλα αργιλικών ορυκτών διαστάσεων κάτω των 2  $\mu m$ . Τα κύρια ορυκτά των αργίλων υπάγονται σε μία από τις τρεις ομάδες : του καολίνου, του μοντμοριλονίτου - ιλλίτου και του χλωρίτου.

Πλέον των αργιλικών ορυκτών εντός του εδάφους υπάρχει χαλαζίας υπό μορφή λεπτής άμμου καθώς και άλλα ορυκτά ανθεκτικά εις τας συνθήκας του δευτερογενούς περιβάλλοντος, κυρίως οξειδία και υδροξειδία μετάλλων.

Τα αργιλικά ορυκτά αποτελούνται από στοιχειώδη τετραεδρικά φύλλα εναλλασσόμενα με οχταεδρικά φύλλα. Κάθε στοιχειώδες φύλλο από τα πρώτα αποτελείται από τετράεδρα με τις βάσεις τους επάνω σε ένα επίπεδο. Τα τετράεδρα αποτελούνται από  $Si^{+4}$  εις το κέντρο και κορυφάς  $O^{-2}$ . Τα οχτάεδρα φέρουν στο κέντρο  $Al^{+3}$  ή  $Mg^{+2}$  και κορυφάς  $O^{-2}$  ή  $OH^{-}$ . Η τοποθέτηση των φύλλων γίνεται κατά (001).

Η παρουσία αρνητικών φορτίων στις εξωτερικές επιφάνειες των φύλλων έχει σαν συνέπεια την προσρόφηση σημαντικών ποσοτήτων νερού, το οποίον συγκρατείται δια στενών δυνάμεων Van der Waals, καθώς και διαφόρων κατιόντων, δημιουργία διπλοστιβάδος με εκδήλωση δυναμικού εις τας οριακάς επιφανείας των μικκυλίων.

Ο τρόπος καθιζήσεως των κολλοειδών μικκυλίων των αργίλων στο νερό είναι συνάρτηση του φορτίου των, της παρουσίας ηλεκτρολυτών και συνεπώς ο ιστός και η υφή του ιζήματος που θα προκύψει εξαρτάται από το μέγεθος των μικκυλίων και το φορτίο τους (τα αντιθέτου φορτίου μικκύλια έλκονται ενώ του αυτού φορτίου απωθούνται).

Εις το φυσικόν περιβάλλον της αποσθρώσεως και ιζηματογενέσεως υπάρχουν άφθονα κατιόντα  $Ca^{+2}$ ,  $Na^{+}$ ,  $K^{+}$  και ανιόντα  $Cl^{-}$ ,  $HCO_3^{-}$ ,  $SO_3^{-2}$ , τα οποία προσροφώνται στις εξωτερικές επιφάνειες των μικκυλίων.

Τα αντιθέτου φορτίου μικκύλια είναι δυνατόν να πλησιάσουν μεταξύ των και να δημιουργήσουν ευμεγέθη συσσωματώματα, τα οποία είναι αδύνατον να συγκρατηθούν εν αιωρήσει στο νερό και συνεπώς καθιζάνουν υπό την επίδραση της βαρύτητας.

Συνήθως τα μικκύλια των αργίλων έχουν μορφή φυλλώδη με ανάπτυξη κατά τους άξονας α και β. Οι επιφάνειες των φύλλων οι κάθετες προς τον c φέρουν αρνητικά φορτία, οι δε παράλληλες θετικά. Συνέπεια της παρουσίας συγχρόνως θετικών και αρνητικών φορτίων επί του αυτού φύλλου, τα μικκύλια έλκονται μεταξύ των και διατάσσονται καθέτως και αναλόγως του μεγέθους των δημιουργούν κατά την θρόμβωση την τολιπόδη δομή, με μεγάλους εσωτερικούς χώρους γεμάτους νερό.

Στην κυψελώδη δομή οι χώροι που δημιουργούνται μεταξύ των μικκυλίων ομοιάζουν με κυψέλη. Επίσης είναι δυνατόν οι θρόμβοι να διατάσσονται παράλληλως και να δημιουργούν την παράλληλο δομή.

Αυξανόμενης της εξασκουμένης πίεσεως σε ένα αργιλικό ίζημα συνεπεία αποθέσεως νεωτέρων ιζημάτων επ' αυτού ή από εξωτερικά φορτία, η περιεκτικότης σε νερό της αργίλου ελαττούται, τα σωματίδια εξαναγκάζονται να πλησιάσουν μεταξύ τους και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως συμπαγές (διαδικασία διαγενέσεως). Η ενέργεια η οποία απαιτείται δια την στερεοποίηση του αργιλικού ιζήματος καταναλίσκεται δια την διάσπαση των θρόμβων, την αποβολή των προσροφημένων του εγκλωβισμένου νερού, την εξουδετέρωση των απωστικών δυνάμεων μεταξύ σωματιδίων του αυτού φορτίου και την ελαστική παραμόρφωση των αργιλικών φύλλων.

Αφαιρουμένης της προσθέτου πίεσεως επί ενός αργιλικού ιζήματος και εφ' όσον αυτό ευρίσκεται σε επαφή με ελεύθερο νερό (νερό βαρύτητας) ο όγκος του ιζήματος αυξάνεται. Το φαινόμενο ονομάζεται διόγκωση. Τα διάφορα συστατικά των αργίλων έχουν την ιδιότητα να διογκούνται κατά διάφορον βαθμόν. Ο λόγος κενών e (όγκος κενών προς όγκον στερεών συστατικών) μπορεί να πάρει δια μαλακή οργανική άργιλο τιμή 3 και δια μπετονίτη 5,2. Η αποδιδομένη κατά τη διόγκωση ενέργεια αντιπροσωπεύει το έργο που παράγεται από τις απωστικές δυνάμεις των φύλλων, την ελαστική αποκατάσταση της παραμορφώσεως και την αύξηση του όγκου των φύλλων από την προσρόφηση νερού. Στην τελευταία περίπτωση η αναπτυσσομένη πίεση είναι της τάξεως του  $1 \text{ kg/cm}^2$  (GILLOTT 1968).

Ορισμένοι άργιλοι στην φύση (καολινίτης, μπεντονίτης, κ.λ.π.) υπό ωρισμένες συνθήκες μεταπίπτουν από την κατάσταση του λύματος εις την ημιστερεάν ή στερεάν κατάσταση (πήκτωμα), η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλό ιζώδες, σταθερά εξωτερική μορφή και αντοχή. Εάν το πήκτωμα υποστή μηχανική ανατάραξη ή ώθηση μεταπίπτει σε λύμα, δια να επανέλθει μετά από ηρεμία στην κατάσταση του ηκτώματος (θιζοτροπία).

##### 5.- ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ

Κατά την μεταβολή των σεισμικών κυμάτων επό τα συμπαγή πε-

τρώματα του φλοιού στα χαλαρά επιφανειακά ιζήματα ή τα προϊόντα αποσπάρσεως (εδαφινός μανδύας) τόσο των συμπαγών, όσο και των χαλαρών ιζημάτων, πραγματοποιείται αύξηση του πλάτους της αιωρήσεως εξ αιτίας της ελαττώσεως της πυκνότητας  $\rho$  και του συντελεστού ελαστικότητας  $E$ . Η πυκνότης των αργιλικών εδαφών κυμαίνεται μεταξύ  $1,5 - 2 \text{ gr/cm}^3$ , ενώ των συμπαγών πετρωμάτων είναι  $2,5 - 3 \text{ gr/cm}^3$  και ενίοτε δύναται να φθάσει τα  $4 \text{ gr/cm}^3$  π.χ. στην περίπτωση του φαϊαλίτου. Επίσης ανάλογες μεταβολές συμβαίνουν και στον συντελεστή ελαστικότητας.

Η αύξηση του πλάτους της αιωρήσεως συνεπάγεται αύξηση της σεισμικής επιταχύνσεως και συνεπώς μεγαλύτερες καταστροφές στα χαλαρά ιζήματα και εδάφη.

Πέραν των καταστροφών αυτών, προκαλούνται και καταστροφές εξ αιτίας της ανομοιογενείας κατά την οριζόντιον και κατακόρυφον έννοια τόσο της πυκνότητας όσο και του συντελεστού ελαστικότητας των εδαφών, με αποτέλεσμα δύο πλησιόνκείμενα σημεία του εδάφους θεμελιώσεως να κινούνται με διαφορετικά πλάτη και περιόδους.

Η περιεκτικότητα σε νερό της εδαφικής ζώνης είναι σημαντική, ιδίως κατά την χειμερινή περίοδο. Συχνά όταν το πάχος του εδαφικού καλύματος δι' ένα τόπον είναι σημαντικόν δημιουργείται μόνιμος υδροφόρος ορίζων, του οποίου η πιεζομετρική στάθμη παρουσιάζει επη- οσία διακύμανση από ολίγα cm έως πολλά m από την επιφάνεια.

Η αύξησης της σεισμικής εντάσεως μιας περιοχής συνδέεται με το βάθος της ελευθέρας υδροστατικής στάθμης με αρνητική εκθετική συνάρτηση (MEDVEDEN 1962):

$$\Delta j = e^{-0,04h^2}$$

όπου  $\Delta$  : η αύξηση της σεισμικής εντάσεως

$e$  : η βάση των φυσικών λογαρίθμων

$h$  : το βάθος σε m της ελευθέρας επιφανείας του υπογείου νερού.

Π.χ. δια βάθη της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντος 1 m και 10 m η αύξηση της σεισμικής εντάσεως είναι 0,961 και 0,018 αντιστοίχως, ενώ δηλ. το βάθος δεκαπλασιάζεται η σεισμική ένταση μικραίνει κατά 53,4 φορές. Έτσι μπορούν να ερμηνευθούν οι μεγάλες διαφορές σε σεισμικές καταστροφές δύο παρακειμένων περιοχών που παρατηρούνται συνήθως. Τυπικό παράδειγμα της ανωτέρω περιπτώσεως αποτελεί η πό-

λις της Κορίνθου, όπου το βάθος του υδροφόρου ορίζοντος στην παρα- λιακή αλλουβιακή ζώνη είναι 1 - 3 m, ενώ στην ζώνη των τυρηνίων στρωμάτων (υψηλή ζώνη) είναι περισσότερο από 20 - 40 m, με απο- τέλεσμα οι μεγαλύτερες καταστροφές να παρουσιάζονται στην χαμηλή αλ- λουβιακή ζώνη.

Επίσης με βάση τα ανωτέρω θα πρέπει να ερμηνευθεί η διαφορά σε καταστροφές από δύο σεισμούς του αυτού μεγέθους που συμβαίνουν σε ένα τόπο αλλά σε διαφορετικές χρονικές περιόδους π.χ. άνοιξη και φθινόπωρο, όπου παρουσιάζεται η μεγίστη διαφορά υδροστατικής στάθμης.

Άλλη περίπτωση ηυξημένων καταστροφών προέρχεται κατά την μετάβαση των σεισμικών κυμάτων από το υγιές μητρικόν πέτρωμα στην ζώνη αποσπάρσεως. Στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται αύξηση του πλάτους αιωρήσεως κατ' αντίστροφον λόγον πάχους της ζώνης αποσπάρσεως. Επίσης η κλίσις του υγιούς υποβάθρου επηρεάζει την σεισμική επιτάχυνση.

Πρέπει να τονισθεί ότι σχεδόν όλες οι οικοδομές θεμελιώνονται επάνω στη ζώνη αποσπάρσεως του μητρικού πετρώματος και συνεπώς οι σεισμικές εντάσεις αυξάνονται και επιτείνονται οι ζημιές.

#### 6.- ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ ΕΞ ΑΙΤΙΑΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ

##### α) Βλάβες λόγω συμπιεστού του εδάφους θεμελιώσεως

Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως τα αργιλικιά συστατικά του εδάφους είναι επιδεκτικά συμπιέσεως. Κατά τον σεισμόν εξ αιτίας της σεισμικής επιταχύνσεως το βάρος της οικοδομής αυξάνεται στιγ- μιαίως (αύξηση της κατακόρυφου συνιστώσης της βαρύτητος μπορεί να φθάσει και να περάσει τα 0,30 g) και συνεπώς η εξασκουμένη πίεση δύναται να προκαλέσει συρρίκνωση του υποκειμένου των θεμελίων εδά- φους. Δεδομένου δε ότι υπάρχει ανομοιογένεια στην κοκκομετρική σύσταση και περιεκτικότητα σε νερό του αργιλικού εδάφους, τόσο κατά την κατακόρυφον, όσο και την οριζόντιον έννοιαν, ο βαθμός συρρικνώσεως είναι μεταβλητός εις τον χώρον του κτιρίου.

Στην περίπτωση που το έδαφος έχει χάσει μεγάλο ποσοστό της υγρασίας του, η συρρίκνωση εκ του σεισμού είναι εντονωτέρα και οι καταστροφές σημαντικότερες.

#### β) Βλάβες εξ' ολισθήσεως εδαφών

Το φαινόμενο της ολισθήσεως μεγάλων μαζών συνεπεία σεισμού είναι σύνηθες εις τας περιπτώσεις όπου οι μάζες επαναπαύονται σε κεικλιμένο αδιαπέρατο στρώμα, διαποτίζονται με νερό και συνεπώς ευρίσκονται σε ευαίσθητο ισορροπία. Συνεπώς οι σεισμοί κατά τους υγρούς μήνες του έτους προκαλούν περισσότερο και εντονώτερα κατολισθητικά φαινόμενα σε σχέση με τους σεισμούς που συμβαίνουν κατά τους ξηρούς μήνες. Στην χώρα μας διευκολύνεται η εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων εκ σεισμών, διότι εκπληρούνται αρκετές προϋποθέσεις της ασταθείας των μαζών (ανώμαλο ανάγλυφο, τεκτονική δομή, φυσικοχημικές συνθήκες αργιλικών υλικών).

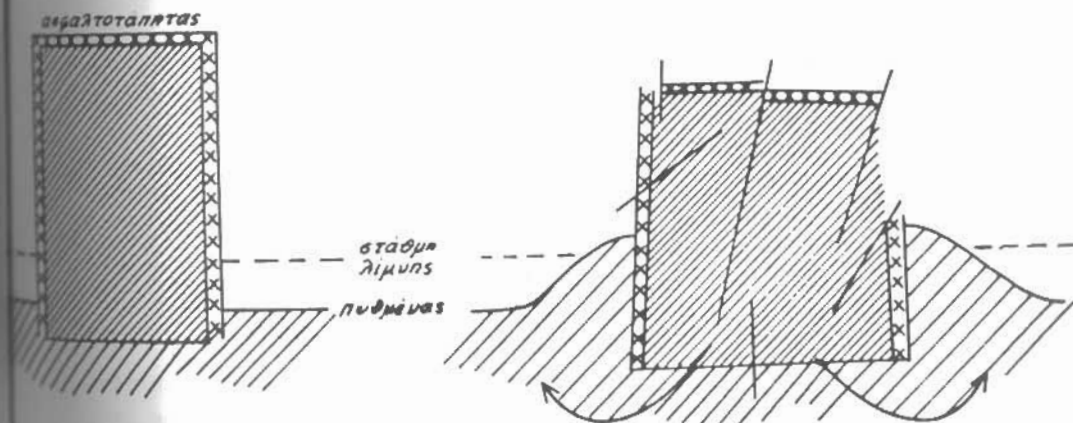
#### γ) Βλάβες εκ ρευστοποίησης υγρού εδάφους

Ορισμένα εδάφη θεμελιώσεως αργιλικής συστάσεως κορεσμένα με νερό δίδουν την εντύπωση στερεού σχηματισμού με υψηλό ιζώδες και σταθερά μορφή και αντοχή. Εάν η μάζα του εδάφους αυτού υποστεί την επίδραση σεισμικών ωθήσεων μεταπίπτει εις λύμα, οι δε κατασκευές που έχουν θεμελιωθεί επάνω του βυθίζονται και καταστρέφονται ολοκληρωτικώς.

Κλασικόν παράδειγμα τεχνικού έργου, το οποίον κατεστράφη εν μέρει εξ αιτίας της ρευστοποίησης του εδάφους θεμελιώσεως από επισυμβάντα σεισμό αποτελεί η γέφυρα της οδού Αγρινίου - Αμφιλοχίας εις την λίμνη της Αμβρακίας. Κατά τον σεισμό της 29ης Οκτωβρίου 1966 της περιοχής Κατούνας μεγέθους 6,5 και εντάσεως VIII βαθμών κατεστράφη ολοκληρωτικώς η ανωτέρω γέφυρα εξ' αιτίας της βυθίσεως των λιθοκτίστων βάθρων εντός της ιλύος. Συγκεκριμένως η υπό την οσάθμην της λίμνης ευρισκομένη χαλαρά οργανική ιλύς του πυθμένου είχε χρησιμοποιηθεί δια την θεμελίωσιν των βάθρων της γεφύρας και ενός τμήματος της οδού.

Εις την εικ. 1 δίδονται δύο κατακόρυφες τομές εγκάρσιως του άξονος της γεφύρας προ και μετά τον σεισμό.

Ως γνωστόν η γέφυρα ευρέθη στην επικεντρική περιοχή του σεισμού και συνεπώς η κατακόρυφος συνιστώσα της σεισμικής επιταχύνσεως έλαβε την μεγίστη τιμή με αποτέλεσμα το βάρος της κατασκευής να αυξηθεί σημαντικώς. Το έδαφος θεμελιώσεως ήτο υπέρκορο και υπό συνθήκας ηρεμίας συγκρατούσε το τμήμα του δρόμου και τα βάθρα της γεφύρας. Κατά την διάρκεια του σεισμού η ιλύς του υποβάθρου μετέπεσε στην κατάσταση του λύματος (ρευστοποίησης) και ένα μέρος του δρόμου και τα βάθρα λόγω στιγμιαίας αυξήσεως του βάρους βυθίστηκαν μέσα στην ιλύ. Η ανομοιογένεια του υποβάθρου είχε σαν αποτέλεσμα τα διάφορα τμήματα του δρόμου να βυθισθούν ανομοιομόρφως και να εμφανισθούν εγκάρσια και παράλληλα ρήγματα προς τον άξονα του δρόμου.



Εικ. 1. Καταστραφέν τμήμα της γεφύρας της δημοσίας οδού Αγρινίου - Αμφιλοχίας εις την λίμνη της Αμβρακίας συνεπεία των σεισμών της Κατούνας της 29ης.10.1966.

## 7.- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από όσα ανεφέρθησαν διαφαίνεται σαφώς ότι η ζώνη του εδάφους θεμελιώσεως απο κοινού με την γεωλογία και τεκτονική του φλοιού διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην σεισμική επικινδυνότητα ενός τόπου, ενδεχομένως μεγαλύτερον απ' αυτό καθ' αυτό το απόλυτο μέγεθος του σεισμού\* προφανώς διά σεισμούς της τάξεως μεγέθους μεταξύ 5,5 και 7,5 οι οποίοι προκαλούν ζημιές και επίσης μπορούν να πλήξουν την χώρα μας.

Δια την επιβεβαίωση των ανωτέρω αναφερόμεν ωρισμένα στατιστικά στοιχεία από σεισμούς στον ελληνικό χώρο της περιόδου 1950 - 1978 (ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1981). Κατά την περίοδο αυτή με καλύτεραν μικροσεισμική και μακροσεισμική κάλυψη του Ελληνικού χώρου συνέβησαν 491 σεισμοί με μέγεθος 5,5 και άνω. Τα επίκεντρα όλων των σεισμών αυτών ήσαν στο Ελληνικό έδαφος ή σε απόσταση από τα σύνορα της Ελλάδος επικίνδυνη δια τους πλησίον οικισμούς. Από το σύνολο αυτό των σεισμών μόνον 102 επέφεραν ζημιές VII βαθμού και άνω δηλ. ποσοστό 20,77%, ήτοι μόνον ο ένας στους πέντε ήτοι πράγματι βλαβερός, ενώ οι υπόλοιποι 79,23%, ήτοι 4, προκάλεσαν βλάβες μικρότερες του VII βαθμού. Και το σημαντικότερον, βλάβες VII βαθμού και άνω παρατηρήθησαν κατά την περίοδο αυτή και από 18 σεισμούς που είχαν μέγεθος μικρότερο από 5,5, ήτοι ποσοστόν 15% των σεισμών που προκάλεσαν βλάβες VII βαθμού και άνω είχαν μέγεθος μικρότερο του 5,5.

### A B S T R A C T

The damaging effects of earthquakes on foundations are interpreted with base on behaviour of bedrocks of foundations. The relation between physico-chemical conditions of clays and seismic risk it is examined. It is ascertained that the majority of constructions are founded on argillaceous or marly clays formations and on zone of weathering of all kinds of rocks.

The soil struction is related of physico-chemical behaviour of colloidal solutions.

The damages of earthquakes are primary and secondary. The primary damages are due on changes of density, elasticity (E) and table water level.

The secondary damages are due on the compressibility of soil, slipping down and liquefity of argillaceous soils.

Below an examle of liquefity of bed rock is refered. The Amvra-  
kia lake's bridge collapsed because of the earthquake of the 29 Octo-  
ber, 1966, sise 6,5 and indensity VIII deegres.

### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. BROWNLOW, A. (1979).- Geochemistry. Prentice-Hall.
2. CASTANY, G. (1964).- Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
3. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. (1984).- Μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου. Πρακτ. Συνεδρ. Σεισμοί και κατασκευές. Αθήνα.
4. GIGNOUX, M. et BARBIER, R. (1955).- Géologic des Barrages et des Aménagements Hydrauliques. Masson, Paris.
5. GILLOTT, J. (1968).- Clay in Engineering Geology. Elsevier, N.York.
6. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1955).- Μαθήματα σεισμολογίας (μακρο -και μικροσεισμική σπουδή των σεισμών. Αθήνα.
7. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1981).- Οι βλαβεροί σεισμοί και το σεισμικόν δυναμικόν της Ελλάδος. Ann Géol. des Pays Hellèn, Vol. XXX
8. KRAUSKOPF, K. (1967).- Introduction to Geochemistry. McGraw-Hill.
9. ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. (1984). Τεκτονική βάθος και σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου. Πρακτ. Συνεδρ. Σεισμοί και κατασκευές. Αθήνα.
10. ΤΕΧΖΑΓΗ, Κ. and PEACK, R. (1961).- Mécanique des Soiles appliquée. Dunod, Paris.