

Εφαρμοσμένη Έρευνα με Τίτλο:

**ΣΥΛΛΟΓΗ - ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΝΟΥΣΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΕΑΚ**

Τελική έκθεση
ΤΕΥΧΟΣ 1: ΚΕΦΑΛΑΙΑ 1, 2

Συντονιστής: Σταματόπουλος και Συνεργάτες ΕΠΕ
(πρώην Κοτζιάς - Σταματόπουλος Ε.Π.Ε)

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2003

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Κωνσταντίνος Σταματόπουλος

Ισαύρων 5, 11471 Αθήνα. Τηλ: 3603911, 3624898, 3622855 - Fax: 3616919 - e-mail:
kostama@athena.compulink.gr

Πίνακας Περιεχομένων

Σελίδα

ΤΟΜΟΣ 1

1. Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός	1
1.2 Ανάθεση	1
1.3 Προηγούμενες μελέτες, συναντήσεις, επιστολές	1
1.4 Εκτελεσθείσες εργασίες	1
1.5 Περιεχόμενα	2
2. Στάδιο 1. Συλλογή και εγγραφή στοιχείων	3
2.0 Εισαγωγή	3
2.1 Φυσικά πρανή	4
2.2 Φράγματα	28
2.3 Τοίχοι αντιστήριξης	64
2.4 Επιχώματα	85
2.5 Κρητιδότοιχοι	106
2.6 Παράκτια πρανή (πλευρική εξάπλωση)	141
2.7 Δυναμική συνίζηση (εδαφική καθίζηση)	199
2.8 Θεμελιώσεις	215
2.9 Σχεδιασμός βάσης δεδομένων	268

ΤΟΜΟΣ 2

3. Συνέπειες της εδαφικής μετακίνησης και καθορισμός ανεκτών ορίων μετακίνησης	1
3.0 Σκοπός	1
3.1 Ανεκτές Μετακινήσεις – Γενικά χαρακτηριστικά	1
3.2 Διαδικασία που θα ακολουθηθεί	2
3.3 Κατηγορίες κατασκευών και φυσικών πρανών που κινούνται ευμετακίνητα	3
3.4 Επίπεδα βλαβών	3
3.5 Ανεκτές Μετακινήσεις εδαφικών κατασκευών (Χωμάτινα φράγματα και επιχώματα)	5
3.6 Ανεκτές μετακινήσεις ευμετακίνητων τοίχων αντιστήριξης (και κρητιδότοιχων)	13
3.7 Ανεκτές μετακινήσεις επιφανειακών θεμελιώσεων	22
3.8 Ανεκτές σεισμικές μετακινήσεις φυσικών πρανών (ορεινών και παράκτιων), χωρίς κατασκευές.	31
3.9 Ευχαριστίες	35
3.10 Βιβλιογραφία του κεφαλαίου	35
4. Επισκόπηση της δημοσιευμένης βιβλιογραφίας προσδιορισμού της ασκούμενης σεισμικής διέγερσης και της επακόλουθης σεισμικής μετακίνησης	39
4.0 Εισαγωγή	39
4.1 Μέθοδοι προσδιορισμού της ασκούμενης σεισμικής διέγερσης σε συγκεκριμένη θέση	39

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
4.2 Μέθοδοι προσδιορισμού της επακόλουθης καθίζησης λόγω συνίζησης τόσο “ξηρών” όσο και κορεσμένων εδαφών.	47
4.3 Μέθοδοι προσδιορισμού (στατικής) αστάθειας σε σεισμό και άρα ανεξέλεγκτης σεισμικής μετακίνησης	57
4.4 Μέθοδοι προσδιορισμού της επακόλουθης σεισμικής μετακίνησης λόγω αστοχίας σε διάτμηση	62
5. Πρόβλεψη της έντασης της σεισμικής ταλάντωσης και των σεισμικών παραμενουσών παραμορφώσεων με τις υπάρχουσες μεθόδους για περιπτώσεις που συλλέχθηκαν	88
5.0 Εισαγωγή	88
5.1 Σεισμική ταλάντωση	88
5.2 Δυναμική συνίζηση	99
5.3 Στατική αστάθεια	102
5.4 Σεισμική μετακίνηση λόγω αστοχίας σε διάτμηση	110
6. Νέες μέθοδοι και νέα μεθοδολογία υπολογισμού της σεισμικής μετακίνησης λόγω αστοχίας σε διάτμηση	124
6.0 Εισαγωγή	124
6.1 Μέθοδοι που θα αναπτυχθούν	124
6.2 Νέα μέθοδος υπολογισμού της σεισμικής μετακίνησης πρηνών με προσομοίωση σώματος που ολισθαίνει σε δύο επίπεδα και εφαρμογές	125
6.3 Μοντέλο πρόβλεψης της σεισμικής στροφής κτιρίων λόγω ρευστοποίησης	135
6.4 Συμπεράσματα για την ακρίβεια της προσομοίωσης σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο και νέα μεθοδολογία υπολογισμού της σεισμικής μετακίνησης λόγω αστοχίας σε διάτμηση	151
7. Βελτιωμένες μέθοδοι πρόβλεψης της συνίζησης λόγω σεισμού	160
7.0 Εισαγωγή	160
7.1 Υπάρχουσες μέθοδοι και σύγκριση τους με επιτόπου μετρήσεις	160
7.2 Εργαστηριακές δοκιμές	162
7.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων δοκιμών με τις μεθόδους σχεδιασμού	170
7.4 Προτεινόμενες μέθοδοι αντισεισμικού σχεδιασμού	170
8. Προτάσεις για τον αντισεισμικό κανονισμό για σχεδιασμό βάσει της μετακίνησης	172
8.0 Γενικά	172
8.1 Προτάσεις	172

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΤΟΜΟΣ 3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. (Κεφάλαιο 3). Στατιστικά στοιχεία συνεπειών της εδαφικής μετακίνησης

A1. Στατιστικά στοιχεία Χωμάτων των Φραγμάτων και άλλων επιχωμάτων

A2. Στατιστικά στοιχεία τοίχων αντιστήριξης (και κρηπιδοτόιχων)

A3. Στατιστικά στοιχεία επιφανειακών θεμελιώσεων

A4. Στατιστικά στοιχεία Φυσικών πρανών

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. (Ενότητα 4.4.6). Μοντέλο των Stamatopoulos et al (2001) που περιγράφει την επίδραση των καταστατικών εξισώσεων, και ενδεικτικά αποτελέσματα

B.1 Καταστατικές σχέσεις

B.2 Συζήτηση

B.3 Τυπικές παράμετροι του μοντέλου

B.4 Εφαρμογή του καταστατικού μοντέλου στη προσομοίωση σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο

B.5 Πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή και εφαρμογή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. (Ενότητα 5.2). Υπολογισμοί καθίζησης λόγω συνίζησης

Γ1. Υπολογισμός καθίζησης με την μέθοδο Tokimatsu and Seed, 1987.

Γ2. Υπολογισμός καθίζησης με την μέθοδο Ishihara&Yoshimine, 1992.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ. (Ενότητα 6.2) Εξισώσεις κίνησης για την περίπτωση σώματος κινούμενου σε η επίπεδα

Δ1. Σχέσεις μεταξύ των μετακινήσεων των σωμάτων

Δ2. Ασκούμενες δυνάμεις και εξισώσεις ισορροπίας

Δ3. Εξίσωση κίνησης στη γενική περίπτωση

Δ4. Μεταβολές επιφανειών και μηκών με την απόσταση στη γενική περίπτωση

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε (Ενότητα 6.3) Εξισώσεις αναφορικά με το μοντέλο πρόβλεψης της σεισμικής στροφής κτιρίων

E1. Ροπή αδρανείας

E2. Υπολογισμός των όρων τριβής $\Sigma \Delta W_j |\cos \beta_j|$, $\Sigma \Delta W_j |\sin \beta_j|$

E3. Θεώρηση δύο εδαφικών στρώσεων με διαφορετική συνοχή

E4. Υπολογισμός φαινόμενου βάρους κτιρίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ (Ενότητα 7.2) Εργαστηριακές δοκιμές

Z1. Δοκιμές υπό μονοτονική φόρτιση

Z2. Δοκιμές υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση και σταθερό όγκο

Z3. Δοκιμές υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση και συνθήκες πλήρους στράγγισης

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σ Χ Η Μ Α Τ Α

ΤΟΜΟΣ 1

Σχ. 2.1.1.α	Σχέδιο του πρανούς πριν από την κατολίσθηση Nikawa και περίγραμμα της περιοχής της κατολίσθησης (Sassa et al., 1996)	14
Σχ. 2.1.1.β	Η κεντρική τομή A-A' της κατολίσθησης Nikawa (Sassa et al., 1996)	14
Σχ. 2.1.1.γ	Αποτελέσματα ανακυκλικής φόρτισης στη συσκευή σε δείγματα από την κατολίσθηση Nikawa (Sassa et al., 1996)	15
Σχ. 2.1.2.α	Σχέδιο της περιοχής της κατολίσθησης Takarazuka και θέσεις παρατήρησης (Sassa et al., 1996)	16
Σχ. 2.1.2.β	Κατά μήκος τομή A-A' της κατολίσθησης Takarazuka (Sassa et al., 1996)	16
Σχ. 2.1.3.α	Θραύση εδάφους και διατομή της περιοχής ολίσθησης Fourth Avenue (Stark et al., 1998)	17
Σχ. 2.1.3.β	Διατομή κατά μήκος της D street στην κατολίσθηση της Fourth Avenue (Stark et al., 1998)	17
Σχ. 2.1.3.γ	Δοκιμές κυκλικής διάτμησης σταθερού όγκου στην άργιλο του λιμανιού Bootlegger από την κατολίσθηση της Fourth Avenue (Stark et al., 1998)	18
Σχ. 2.1.3.δ	Περίληψη της ανάλυσης μετακινήσεων της κατολίσθησης της Fourth Avenue (Stark et al., 1998)	18
Σχ. 2.1.3.ε	Διακύμανση του κανονικοποιημένου λόγου της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής προς τη μετακίνηση της επιφάνειας του εδάφους (Stark et al., 1998)	19
Σχ. 2.1.3.ζ	Αποτελέσματα δοκιμών Vane shear από την ολίσθηση της Fourth Avenue (Stark et al., 1998)	19
Σχ. 2.1.4.α	Κάτοψη του Chonan Middle School στην Chiba, Ιαπωνία (Ishihara et al., 1993)	20
Σχ. 2.1.4.β	Τομή της κατολίσθησης στην περιοχή του Chonan Middle School (Ishihara et al., 1993)	20
Σχ. 2.1.4.γ	Εδαφικό «προφίλ» στην περιοχή του Chonan Middle School (Ishihara et al., 1993)	21
Σχ. 2.1.4.δ	Επιφάνεια ολίσθησης στην κατολίσθηση της περιοχής του Chonan (Ishihara et al., 1993)	21
Σχ. 2.1.4.ε	Μετρηθείσα αστράγγιστη αντοχή στην αρχική κατάσταση για την ιλυώδη άμμο της περιοχής του Chonan (Ishihara et al., 1993)	22
Σχ. 2.1.5.α	Γεωλογικός χάρτης του Popayan, Colombia, και κοντινές περιοχές (Page, 1983)	23
Σχ. 2.1.5.β	Μόνιμες παραμορφώσεις σε πρανές με κερκίδες αμφιθεάτρου (K&S, ADK)	24
Σχ. 2.1.6.α	Αστοχία πρανούς (K&S, ADK)	25
Σχ. 2.1.10.α	Αστοχία του πρανούς στο Usoy (Ambrasey and Srbulov, 1994)	26

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Σχ. 2.1.11.α Τομή της κατολίσθησης του Puriscal, Κόστα Ρίκα (Al-Homoud and Tahtamoni, 2000)	27
Σχ. 2.2.2.α Χάρτης του Βόρειου Hokkaido που δείχνει τις θέσεις των φραγμάτων (Tani, 1993)	49
Σχ. 2.2.2.β Μέγιστες επιταχύνσεις στη βάση φραγμάτων (Tani, 1995)	50
Σχ. 2.2.2.γ Τομή του φράγματος Niwa-Ikumine που παρουσίασε βλάβες από το σεισμό του Hokkaido Nansei-Oki το 1993 (Tani, 1993)	50
Σχ. 2.2.2.δ Βλάβη του φράγματος Niwa-Ikumine (Tani, 1993)	51
Σχ. 2.2.3.α Τοπογραφικός χάρτης του φράγματος Lower San Fernando με τη μετρηθείσα μετακίνηση και τη θέση των επιτόπου ερευνών CPT (Davis et. al., 1996)	52
Σχ. 2.2.3.β Εγκάρσια τομή A-A' του φράγματος Lower San Fernando, θέση των δοκιμών CPT και επιφάνεια αστοχίας που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ευστάθειας του πρανούς (Davis et. al., 1996)	52
Σχ. 2.2.3.γ Μέση διατμητική αντοχή S_u στο hydraulic fill του Lower San Fernando Dam: (α) Διακύμανση του Συντελεστή Ασφαλείας F_s συναρτήσει της S_u στη στατική ανάλυση ευστάθειας, (β) Διακύμανση της S_u συναρτήσει της επιτάχυνσης αστοχίας που αντιστοιχεί σε μία μόνιμη μετακίνηση 15 cm (Davis et. al., 1996)	53
Σχ. 2.2.3.δ Σχέση μεταξύ της επιτάχυνσης αστοχίας και της μέγιστης μετακίνησης για ανάλυση μάζας που ολισθαίνει κατά Newmark, υπολογισμένη από περιπτώσεις οριζόντιων επιταχύνσεων που καταγράφηκαν σε οκτώ σταθμούς του συγκροτήματος Van Norman Complex κατά τη διάρκεια του σεισμού του Northridge το 1994 (Davis et. al., 1996)	53
Σχ. 2.2.4.α Τοπογραφικός χάρτης του φράγματος Upper San Fernando με ρωγμές, περιοχές όπου η άμμος αναδύθηκε στην επιφάνεια, δείκτες πλευρικής εξάπλωσης και τις θέσεις των δοκιμών CPT (Davis et. al., 1996)	54
Σχ. 2.2.4.β Εγκάρσια τομή A-A' του φράγματος Upper San Fernando και θέση των CPT βυθομέτρων (Davis et. al., 1996)	54
Σχ. 2.2.5.α Φράγμα Lower San Fernando: τομή κατά μήκος του αναχώματος (Seed et al., 1975)	55
Σχ. 2.2.5.β Υπολογισμοί της παραμένουσας διατμητικής αντοχής, στο ανάντι τμήμα του φράγματος Lower San Fernando, σεισμός του 1971, από διάφορους ερευνητές από εργαστηριακές δοκιμές και ανάδρομες αναλύσεις (Baziar and Dobry, 1995)	56
Σχ. 2.2.5.γ Προτεινόμενες σχέσεις μεταξύ παραμένουσας διατμητικής αντοχής και κανονικοποιημένης αντοχής SPT για καθαρές και ιλυώδεις άμμους και χαλίκια:	

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	Σελίδα
(a) με διορθώσεις για λεπτόκοκκα (b) χωρίς διορθώσεις για λεπτόκοκκα (Baziar and Dobry, 1995)	57
Σχ. 2.2.6.α Διατομή και σεισμική μετακίνηση του φράγματος Upper San Fernando (Seed et al., 1975)	58
Σχ. 2.2.9.α Χάρτης της Κεντρικής Χιλής που δείχνει την επικεντρική περιοχή και τις μέγιστες επιταχύνσεις που έχουν καταγραφεί στο σεισμό την 3 Μαρτίου 1985 (De Alba et al., 1988)	59
Σχ. 2.2.9.β Τομές μέσα σε ζώνη αστοχίας του αναχώματος La Marquesa (De Alba et al., 1988)	59
Σχ. 2.2.9.γ Ανακατασκευασμένη διατομή σε τμήμα του La Marquesa που έχει αστοχήσει (De Alba et al., 1988)	60
Σχ. 2.2.10.α Διατομή σε ζώνη αστοχίας και αποτελέσματα γεωτρήσεων του αναχώματος La Palma (De Alba et al., 1988)	61
Σχ. 2.2.10.β Ανακατασκευασμένη διατομή σε τμήμα του αναχώματος La Palma που έχει αστοχήσει (De Alba et al., 1988)	61
Σχ. 2.2.10.γ Σχέση μεταξύ παραμένουσας αντοχής και ισοδύναμη τιμή $(N1)_{60}$ καθαρής άμμου (De Alba et al., 1988)	62
Σχ. 2.2.10.δ Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων (De Alba et al., 1988)	62
Σχ. 2.2.27.α Τομή του φράγματος "La Villita", Μεξικό (Gazetas and Uddin, 1994).	63
Σχ. 2.3.1.α Επίκεντρο και καταγεγραμμένες μέγιστες τιμές επιταχύνσεων (Tatsuoka et al., 1996)	71
Σχ. 2.3.1.β Εδαφικές συνθήκες και θέσεις τοίχων αντιστήριξης (Tatsuoka et al., 1996)	71
Σχ. 2.3.1.γ Τυπική βλάβη σε τοίχους βαρύτητας από άοπλο σκυρόδεμα: ανάχωμα για την κύρια γραμμή του σιδηρόδρομου Hanshin, παρακείμενης στο σταθμό Ishiyagawa (θέση GT1 στο Σχ. 2.3.1.β.): (a) τομή και (b) σχέδιο (Tatsuoka et al., 1996)	72
Σχ. 2.3.2.α Τυπική βλάβη σε τοίχο με πρόβολο – Ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Sanyo μεταξύ των σταθμών Hyogo και Shin-Nagata (Tatsuoka et al., 1996)	73
Σχ. 2.3.3.α Αστοχία ενός τοίχου με πρόβολο – Ανάχωμα του σταθμού JR Shin-Nagata (A) τομή και (b) μετακίνηση (Tatsuoka et al., 1996)	74
Σχ. 2.3.4.α Βλάβη σε τοίχο με πρόβολο: ανάχωμα για την κύρια γραμμή του σιδηρόδρομου Hanshin Railway Co. παρακείμενης στο σταθμό Ishiyagawa (Tatsuoka et al., 1996)	75
Σχ. 2.3.5.α Τυπική βλάβη σε τοίχο με πρόβολο – Ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Sanyo μεταξύ των σταθμών Hyogo και Shin-Nagata (Tatsuoka et al., 1996)	73

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	Σελίδα
Σχ. 2.3.5.α Βλάβη σε τοίχο-πρόβολο: ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Tokaido line μεταξύ του Higashi-Nada και του Kobekou (Tatsuoka et al., 1996)	76
Σχ. 2.3.8.α Βλάβη τοίχου από λιθοδομή, Γραμμή "J.R. Tokaido", Kobe στο σεισμό Hyogoken Nambu (Tatsuoka et al., 1996)	77
Σχ. 2.3.9.α Χάρτης των περιοχών της Αθήνας γύρω από το επίκεντρο του σεισμού της Πάρνηθας (Protonotarios, 1999)	78
Σχ. 2.3.9.β Αστοχία τοίχου αντιστήριξης στην Ορεινή Οδό προς Πάρνηθα στο σεισμό της Πάρνηθας (Protonotarios, 1999)	79
Σχ. 2.3.10.α Χάρτης με τις θέσεις που μελετήθηκαν (Yung-Show Fang et al., 2001)	80
Σχ. 2.3.10.β Ολίσθηση και πτώση του τοίχου αντιστήριξης (Yung-Show Fang et al., 2001)	80
Σχ. 2.3.11.α Ανατροπή του τοίχου αντιστήριξης (Yung-Show Fang et al., 2001)	81
Σχ. 2.3.12.α Επιφάνεια αστοχίας του πρανούς (Yung-Show Fang et al., 2001)	82
Σχ. 2.3.12.β Ολίσθηση τοίχου χτισμένου σε πλαγιά (Yung-Show Fang et al., 2001)	82
Σχ. 2.3.12.γ Καθίζηση και ρηγμάτωση του καταστρώματος (Yung-Show Fang et al., 2001)	83
Σχ. 2.3.13.α Αστοχία ενισχυμένου με γεώπλεγμα τοίχου αντιστήριξης (Yung-Show Fang et al., 2001)	84
Σχ. 2.3.13.β Λωρίδες ενίσχυσης και υλικό πλήρωσης (Yung-Show Fang et al., 2001)	84
Σχ. 2.4.1.α Καθίζηση αναχώματος μεταξύ των Kayanuma και Gojikkoku κατά τη διάρκεια του σεισμού του 1993 του Kushiro-Oki (Wakamatsu et al., 1995)	93
Σχ. 2.4.2.α Μέγιστες επιταχύνσεις σε cm/s^2 σε περιοχές ελεύθερης επιφάνειας και ισόγεια κατασκευών (Wakamatsu et al., 1995)	94
Σχ. 2.4.2.β Κάτοψη των αναχωμάτων του ποταμού (Kaneko et al., 1995)	95
Σχ. 2.4.2.γ Σχέδιο αστοχίας του αναχώματος (Kaneko et al., 1995)	95
Σχ. 2.4.2.δ Μηχανισμός αστοχίας του αναχώματος (αριστερή όχθη) (Kaneko et al., 1995)	96
Σχ. 2.4.2.ε Αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών (Αριστερή όχθη) (Kaneko et al., 1995)	97
Σχ. 2.4.2.ζ Οι τιμές N της δοκιμής SPT (Kaneko et al., 1995)	97
Σχ. 2.4.3.α Χάρτης του ανατολικού Hokkaido που δείχνει τις θέσεις του κλεισμένου δρόμου και φωτογραφία από το ανάχωμα του Route 994 στο Bekkai που έχει καταρρεύσει (Wakamatsu et al., 1995)	98
Σχ. 2.4.5.α Αστοχία σιδηροδρομικού επιχώματος μεταξύ Kayanuma και Gojikkoku στο σεισμό του Hokkaido-toho-oki (Wakamatsu et al., 1995)	99
Σχ. 2.4.8.α Τυπική βλάβη αναχώματος κατά μήκος της γραμμής JR Tokaido μεταξύ των Higashi-Nada και Kobekou (Tatsuoka et al., 1996)	100
Σχ. 2.4.9.α Τυπική βλάβη σε ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Sanyo Line μεταξύ των σταθμών Hyogo και Shin-Nagata (Tatsuoka et al., 1996)	101

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Σχ. 2.4.10.α Γενική άποψη του αναχώματος μετά το σεισμό και τομή του αναχώματος πριν και μετά το σεισμό (Tika et al., 1997)	102
Σχ. 2.4.10.β «Προφίλ» του εδάφους και N_{SPT} (Tika et al., 1997)	102
Σχ. 2.4.10.γ Προτεινόμενη σχέση μεταξύ παραμένουσας αντοχής υπό αστράγγιστες συνθήκες, S_{us} , και κανονικοποιημένης τιμής $(N1)_{60}$ της δοκιμής SPT για καθαρές και ιλυώδεις άμμους και χαλίκια (Tika et al., 1997)	103
Σχ. 2.4.10.δ Αποτελέσματα δοκιμής τριαξονικής θλίψης υπό αστράγγιστες συνθήκες σε ιλυώδη άμμο ($\sigma'_c = 114.3$ kPa, $e = 0.785$) (Tika et al., 1997)	103
Σχ. 2.4.10.ε Σχέση μεταξύ μόνιμης μετακίνησης, u_{max} , και λόγου κρίσιμης επιτάχυνσης προς τη μέγιστη επιτάχυνση του εδάφους, kc/km (Tika et al., 1997)	104
Σχ. 2.4.11.α Επίκεντρο του σεισμού Northridge (ΗΠΑ-1994) και η περιοχή "Redondo", όπου φαίνεται η κατανομή των επιταχύνσεων που μετρήθηκαν (Kerwin and Stone et al., 1997)	105
Σχ. 2.4.11.β Μώλος στην περιοχή "King Harbor Redondo Beach", Καλιφόρνια (ΗΠΑ) – Τομή του επιχώματος (Kerwin and Stone et al., 1997)	105
Σχ. 2.5.1.α Καθίζηση του νότιου άκρου του Fishery Pier (Wakamatsu et al., 1994)	120
Σχ. 2.5.2.α Πλευρική μετακίνηση του τοίχου της νότιας αποβάθρας του Ανατολικού Pier (Wakamatsu et al., 1995)	121
Σχ. 2.5.2.β Άμμος που αναδύθηκε στην επιφάνεια στην περιοχή του East Pier (Wakamatsu et al., 1995)	121
Σχ. 2.5.3.α Λεπτομερές «προφίλ» της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα P-3 του Port Island (Ishihara et al., 1997)	122
Σχ. 2.5.3.β Εδαφικό «προφίλ» σε μία περιοχή κοντά στο τμήμα P-3 (Ishihara et al., 1997)	122
Σχ. 2.5.3.γ Λεπτομερές «προφίλ» της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα R-2 στο Rokko Island (Ishihara et al., 1997)	123
Σχ. 2.5.3.δ Λεπτομερές «προφίλ» της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα R-3 στο Rokko Island (Ishihara et al., 1997)	123
Σχ. 2.5.3.ε Εδαφικό «προφίλ» σε μία περιοχή κοντά στα τμήματα R-2 και R-3 (Ishihara et al., 1997)	124
Σχ. 2.5.3.ζ Λεπτομερές «προφίλ» της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα F-2 στο Fukaehama Island (Ishihara et al., 1997)	124
Σχ. 2.5.3.η Εδαφικό «προφίλ» σε μία περιοχή κοντά στο τμήμα F-2 (Ishihara et al., 1997)	125
Σχ. 2.5.3.θ Μέγεθος της επιτάχυνσης που πιστεύεται ότι ασκήθηκε στον κρηπιδότοιχο (Inagaki et al., 1996) ($1\ gal = 1\ cm/sec^2$)	125
Σχ. 2.5.3.ι Πλευρικές μετακινήσεις του τοίχου της αποβάθρας (Inagaki et al., 1996)	126

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Σχ. 2.5.3.κ Πλευρικές μετακινήσεις συναρτήσει της απόστασης από το μώλο (Τοίχοι της αποβάθρας που βλέπουν στο βορρά ή στο νότο) (Ishihara et al., 1997)	126
Σχ. 2.5.3.λ Πλευρικές μετακινήσεις συναρτήσει της απόστασης από το μώλο (Τοίχοι της αποβάθρας που βλέπουν στην ανατολή ή στη δύση) (Ishihara et al., 1997)	127
Σχ. 2.5.4.α Επίκεντρο της κύριας δόνησης και το ρήγμα της 13-9-88 ($M \approx 6$) και των κύριων μετασεισμικών δονήσεων της 15-9-88 ($M \approx 5$) και κατανομή της βλάβης στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας (Kotta et al., 1988)	128
Σχ. 2.5.4.β Γενική άποψη του λιμανιού της Καλαμάτας και θέση της βλάβης (Kotta et al., 1988)	128
Σχ. 2.5.4.γ Χαρακτηριστική διατομή του τοίχου της αποβάθρας πριν και μετά τους σεισμούς (οι μετακινήσεις είναι υπερτιμημένες) (Kotta et al., 1988)	129
Σχ. 2.5.4.δ Εδαφικό «προφίλ» διατομή και αποτελέσματα της δοκιμής SPT στην Γεώτρηση Γ5 (βλ. Σχ. 2.5.4.β) (Kotta et al., 1988)	129
Σχ. 2.5.4.ε Τυπική διατομή και κατασκευαστικές λεπτομέρειες του τοίχου της αποβάθρας και απλοποιημένο εδαφικό «προφίλ» της περιοχής του τοίχου (N: μέση τιμή SPT από τις γεωτρήσεις Γ1 και Γ2, βλ. Σχ. 2.5.4.β) (Kotta et al., 1988)	130
Σχ. 2.5.4.ζ Επίδραση της γωνίας φ και του συντελεστή κατακόρυφης επιτάχυνσης A_v στις τιμές της συνολικής μετακίνησης δ_{tot} στη στέψη του τοίχου της αποβάθρας (Kotta et al., 1988)	130
Σχ. 2.5.4.η Συνολική μόνιμη υπολογιστική μετακίνηση στο επίπεδο κάθε ογκόλιθου του τοίχου της αποβάθρας (Kotta et al., 1988)	131
Σχ. 2.5.5.α Επίκεντρο και Σεισμική Ένταση (JMAI) του σεισμού του Niigata το 1964 (Hamada et al., 1992)	132
Σχ. 2.5.5.β Μόνιμες μετακινήσεις του εδάφους στην περιοχή του Λιμανιού Niigata (Hamada et al., 1992)	133
Σχ. 2.5.5.γ Εδαφικές συνθήκες στην περιοχή του Λιμανιού Niigata, Αποβάθρα C, τομή G-G' (Hamada et al., 1992)	134
Σχ. 2.5.6.α Επίκεντρο, Ρηγματωμένη Ζώνη, Μέγιστη Επιτάχυνση και Σεισμική Ένταση (JMAI) του σεισμού Nihonkai-Chubu (Hamada et al., 1992)	135
Σχ. 2.5.6.β Μόνιμες μετακινήσεις του εδάφους και ενδείξεις ρευστοποίησης στο Gaiko Wharf (Hamada et al., 1992)	136
Σχ. 2.5.6.γ Κίνηση και κλίση του κρηπιδότοιχου του Pier C στο Gaiko (Hamada et al., 1992)	137
Σχ. 2.5.6.δ Εδαφικές συνθήκες στο Gaiko Wharf (Hamada et al., 1992)	138
Σχ. 2.5.17.α Εδαφικές συνθήκες στην περιοχή του Λιμανιού Niigata. Αποβάθρα D2, τομή H-H' (Hamada et al., 1992)	139

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Σχ. 2.5.18.α Θέση του επικέντρου και του ρήγματος στο σεισμό του Αιγίου (Bouckovalas et al., 1999)	140
Σχ. 2.6.1.α Τομές για έρευνα των εδαφικών συνθηκών και υπολογισμό του ρευστοποιημένου στρώματος και συσχέτιση με σεισμική μετακίνηση (Hamada et al., 1992)	152
Σχ. 2.6.1.β Τομή 1-1: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	153
Σχ. 2.6.1.γ Τομή 2-2: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	154
Σχ. 2.6.1.δ Τομή 3-3: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	155
Σχ. 2.6.1.ε Τομή 4-4: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	156
Σχ. 2.6.1.ζ Τομή 5-5: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	157
Σχ. 2.6.1.η Τομή 6-6: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	158
Σχ. 2.6.2.α Τομές για έρευνα των εδαφικών συνθηκών και υπολογισμό του ρευστοποιημένου στρώματος και συσχέτιση με σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	159
Σχ. 2.6.2.β Τομή 7-7: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	160
Σχ. 2.6.2.γ Τομή 8-8: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	161
Σχ. 2.6.2.δ Τομή 9-9: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	162
Σχ. 2.6.2.ε Τομή 10-10: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	163
Σχ. 2.6.2.ζ Τομή 11-11: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	164
Σχ. 2.6.3.α Τομές για έρευνα των εδαφικών συνθηκών και υπολογισμό του ρευστοποιημένου στρώματος και συσχέτιση με σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	165
Σχ. 2.6.3.β Τομή 12-12: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	166

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Σχ. 2.6.3.γ Τομή 13-13: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	167
Σχ. 2.6.4.α Τομές για τη μελέτη των εδαφικών συνθηκών (Hamada, 1992)	168
Σχ. 2.6.4.β Τομές S1 και S2: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	169
Σχ. 2.6.4.γ Τομές S3 και S4: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	170
Σχ. 2.6.4.δ Τομές S5 και S10: Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	171
Σχ. 2.6.5.α Τομές για τη μελέτη των εδαφικών συνθηκών (Hamada, 1992)	172
Σχ. 2.6.5.β Εδαφικό «προφίλ», εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)	173
Σχ. 2.6.6.α Χάρτης της ευρύτερης περιοχής γύρω από το επίκεντρο του σεισμού του Kocaeli στην Τουρκία (Gazetas, προσωπική ενημέρωση)	174
Σχ. 2.6.6.β Θέσεις των διαφόρων περιοχών που υπέστησαν βλάβες στον κόλπο του Izmit (Kiku et al., 2001)	175
Σχ. 2.6.6.γ Θέσεις των περιοχών που αποκολλήθηκαν στο Degirmedere (Kiku et al., 2001)	175
Σχ. 2.6.6.δ Περιοχή που αποκολλήθηκε στο Degirmedere (Kiku et al., 2001)	176
Σχ. 2.6.6.ε Αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στο Degirmedere (Kiku et al., 2001)	176
Σχ. 2.6.6.ζ Χάρτης της περιοχής Degirmedere Nose με τις ζώνες παράκτιας καθίζησης, πλευρικής εξάπλωσης και δευτερευουσών ρωγμών (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	177
Σχ. 2.6.6.η Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή Degirmedere Nose (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	178
Σχ. 2.6.7.α Χάρτης της περιοχής του Police Station (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	179
Σχ. 2.6.7.β Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Police Station λόγω πλευρικής εξάπλωσης (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	179
Σχ. 2.6.7.γ Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του Police Station (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	180
Σχ. 2.6.8.α Χάρτης της περιοχής του Soccer Field (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	181
Σχ. 2.6.8.β Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Soccer Field λόγω πλευρικής εξάπλωσης (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	182

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σχ. 2.6.8.γ	Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Soccer Field λόγω πλευρικής εξάπλωσης (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	182
Σχ. 2.6.8.δ	Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του Soccer Field (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	183
Σχ. 2.6.9.α	Χάρτης της περιοχής του Yalona Harbor (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	184
Σχ. 2.6.9.β	Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Yalona Harbor λόγω πλευρικής εξάπλωσης (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	184
Σχ. 2.6.9.γ	Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του Yalona Harbor (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	185
Σχ. 2.6.10.α	Χάρτης της περιοχής της Yakin Street (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	186
Σχ. 2.6.10.β	Ρωγμές στα πεζοδρόμια της Yakin Street (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	187
Σχ. 2.6.10.γ	Ρωγμές στα πεζοδρόμια της Yakin Street (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	187
Σχ. 2.6.9.γ	Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην Yakin Street (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	188
Σχ. 2.6.11.α	Θέση του ρήγματος και της περιοχής που βυθίστηκε (Kiku et al., 2001)	189
Σχ. 2.6.11.β	Αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στην περιοχή Kavakli, στο Golcuk (Kiku et al., 2001)	189
Σχ. 2.6.11.γ	Σχηματική παράσταση της αλλαγής του βάθους του νερού στην περιοχή Kavakli, στο Golcuk (Kiku et al., 2001)	189
Σχ. 2.6.11.δ	Πλευρική εξάπλωση στο παράκτιο τμήμα της πόλης Golcuk – Εκδηλώθηκε σε χαλαρούς πρόσφατους σχηματισμούς (Δελτίο TEE, 1999)	190
Σχ. 2.6.12.α	Σχέδιο της περιοχής (Duzceer et al., 2001)	191
Σχ. 2.6.12.β	Γενικευμένο εδαφικό προφίλ σε τμήμα του κτιρίου του Body Shop (Duzceer et al., 2001)	192
Σχ. 2.6.12.β	Μετρηθείσες καθιζήσεις και οριζόντιες μετακινήσεις των κτιρίων του συγκροτήματος λόγω του σεισμού (Duzceer et al., 2001)	192
Σχ. 2.6.13.α	Θέση των περιοχών που υπέστησαν βλάβες και αποκολλήθηκαν στο Haliderere (Kiku et al., 2001)	193
Σχ. 2.6.13.β	Περιοχή που αποκολλήθηκε στο Haliderere (Kiku et al., 2001)	193
Σχ. 2.6.13.γ	Αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στο Haliderere (Kiku et al., 2001)	193
Σχ. 2.6.14.α	Θέση Ελίκης – Ρήγμα σεισμού 1861 (Schmidt, 1867)	194

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Σχ. 2.6.14.β Απλοποιημένη τομή εδάφους (Σωτηρόπουλος, 1997)	194
Σχ. 2.6.14.γ Ρευστοποίηση αμμωδών εδαφών στην Ελύκη στο σεισμό του Αιγίου (Ελλάδα, 1867) (Stamatoropoulos A., Stamatoropoulos C., 2001)	195
Σχ. 2.6.15.α Χάρτης της ευρύτερης περιοχής της πόλης Nantou, Taiwan (Chang et al., 2001)	196
Σχ. 2.6.15.β Κώνοι αναδυόμενης άμμου στην περιοχή του ποταμού Maolou (Chang et al., 2001)	196
Σχ. 2.6.15.γ Πλευρική εξάπλωση στις όχθες του ποταμού Maolou (Chang et al., 2001)	197
Σχ. 2.6.15.δ Πλευρική εξάπλωση στο δρόμο γύρω από την όχθη του ποταμού (Chang et al., 2001)	197
Σχ. 2.6.16.α Θέση του επικέντρου και του ρήγματος στο σεισμό του Αιγίου σε σχέση με την περιοχή Ερατεινή (Bouckovalas et al., 1999)	198
Σχ. 2.6.16.β Τομή τυπικής κατολίσθησης στην Ερατεινή (Bouckovalas et al., 1999)	198
Σχ. 2.7.3.α Χάρτης της περιοχής (Akamoto et al., 1996)	206
Σχ. 2.7.3.β Εδαφική τομή (Akamoto et al., 1996)	206
Σχ. 2.7.3.γ Σχέση χρόνου καθίζησης στην περιοχή (Akamoto et al., 1996)	207
Σχ. 2.7.3.δ Αποτελέσματα της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (Akamoto et al., 1996)	207
Σχ. 2.7.8.α Χάρτης της γύρω περιοχής με τη θέση του επίκεντρου, τη θέση παρατήρησης Rory Lane και τη θέση του σταθμού μέτρησης της εδαφικής κίνησης (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)	208
Σχ. 2.7.8.β Χάρτης με τις περιοχές όπου παρατηρήθηκε ρευστοποίηση και τις περιοχές των επί τόπου δοκιμών (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)	208
Σχ. 2.7.8.γ Φωτογραφία περιοχής όπου παρατηρήθηκε ρευστοποίηση (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)	209
Σχ. 2.7.8.δ Ταχύτητες διατμητικών κυμάτων από δοκιμές CPT (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)	209
Σχ. 2.7.8.ε Αποτελέσματα δοκιμών CPT και προβλεπόμενες ογκομετρικές παραμορφώσεις από την περιοχή Rory Lane (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)	210
Σχ. 2.7.8.ζ Ογκομετρικές παραμορφώσεις λόγω ρευστοποίησης (Tokimatsu and Seed, 1987)	211
Σχ. 2.7.8.η Προσδιορισμός των ογκομετρικών παραμορφώσεων από δοκιμές διάτμησης και τιμές $(N_1)_{60}$ (Tokimatsu and Seed, 1987)	211
Σχ. 2.7.9.α Τιμές SPT στη θέση του ξενοδοχείου που κατέρρευσε στο Βραχάτι στο σεισμό των Αλκυονίδων (Stamatoropoulos A., Stamatoropoulos C., 2001)	212
Σχ. 2.7.9.β Τιμές SPT με το βάθος και εδαφικό προφίλ στην περιοχή του ξενοδοχείου (Κοτζιάς - Σταματόπουλος, 1969)	213

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	Σελίδα
Σχ. 2.7.10.α Μέτρηση των καθιζήσεων στην πόλη Bisaccia μετά το σεισμό Irpinia (Silvestri, 1993)	214
Σχ. 2.7.10.β Υπολογισμός των μέγιστων επιταχύνσεων και της διατμητικής παραμόρφωσης (Olivares et al., 2001)	214
Σχ.2.8.1.α Θέσεις των γεωτρήσεων στην περιοχή του ξενοδοχείου στο Βραχάτι (Κοτζιας - Σταματόπουλος, 1969)	238
Σχ.2.8.2.α Κατάρρευση ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα στο σεισμό Αιγίου (Stamatoropoulos A. et al., 2001)	239
Σχ.2.8.2.β Θέσεις των γεωτρήσεων στην περιοχή του ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα (ΚΕΔΕ, 1996)	240
Σχ.2.8.2.γ Τιμές SPT με το βάθος και εδαφικό προφίλ στην περιοχή του ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα (ΚΕΔΕ, 1996)	241
Σχ.2.8.2.δ Τιμές δοκιμής SPT στην περιοχή του ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα (Stamatoropoulos A. et al., 2001)	242
Σχ.2.8.3.α Κατάρρευση κτιρίου στο άκρο απότομης πλαγιάς στην περιοχή "Ψηλά Αλώνια" στην πόλη του Αιγίου (Stamatoropoulos C. et al., 1995)	243
Σχ.2.8.3.β Εδαφικό προφίλ της περιοχής (Bouckovalas et al., 1999)	243
Σχ.2.8.3.γ Μεταβολή του V_s με το βάθος (Bouckovalas et al., 1999)	244
Σχ.2.8.4.α Αεροφωτογραφία του εργοστασίου της "ΡΙκομέξ" που κατέρρευσε στο σεισμό της Πάρνηθας (Stamatoropoulos A. et al., 2001)	245
Σχ.2.8.4.β Το πραινές όπου παρατηρήθηκε η αστοχία (Stamatoropoulos A. et al., 2001)	245
Σχ.2.8.5.α Μόνιμη μετακίνηση του εδάφους στην οριζόντια κατεύθυνση κοντά στο κτίριο NHK (Hamada, 1992)	246
Σχ.2.8.5.β Βλάβες σε πασσάλους θεμελίωσης του κτιρίου NHK και γεωτεχνικές συνθήκες (Hamada, 1992)	246
Σχ.2.8.6.α Περίγραμμα του κτιρίου Hokuřiku και διάταξη πασσάλων θεμελίωσης (Hamada, 1992)	247
Σχ.2.8.7.α Καθιζήσεις, κλίσεις και πλήρεις ανατροπές σχετικά εύκαμπτων και πλευρικά ελεύθερων κτιρίων λόγω εκτεταμένης αστοχίας (Gazetas, προσωπική ενημέρωση)	248
Σχ.2.8.7.β Τιμές N της δοκιμής SPT και q_s της δοκιμής CPT συναρτήσει του βάθους κάτω από κτίρια που ανατράπηκαν στο Adapazari της Τουρκίας (Gazetas, προσωπική ενημέρωση)	249
Σχ.2.8.8.α Καθίζηση και κλίση κτιρίων στην λεωφόρο Perez του Dagupan στο σεισμό του Luzon Island στις Φιλιππίνες (Wakamatsu et al., 1992)	250

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	Σελίδα
Σχ.2.8.8.β Σημαντική κλίση τετραώροφου κτιρίου λόγω ρευστοποίησης του υπεδάφους στο Dagupan. Και αυτό και το γειτονικό κτίριο αχρηστεύθηκαν (Wakamatsu et al., 1992)	250
Σχ.2.8.8.γ Βλάβες στο κολέγιο λόγω ρευστοποίησης του υπεδάφους (Wakamatsu et al., 1992)	250
Σχ.2.8.8.δ Καθίζηση πενταόροφου κτιρίου στο μέσο της Fernadez Street. Η καθίζηση ξεπέρασε το μισό του ύψους του πρώτου ορόφου (Wakamatsu et al., 1992)	251
Σχ.2.8.8.ε Σημαντική κλίση και αστοχία της θεμελίωσης κτιρίου στην αριστερή όχθη του ποταμού Pandal λόγω της μετακίνησης του εδάφους θεμελίωσης (Wakamatsu et al., 1992)	251
Σχ.2.8.9.α Εδαφικό 'προφίλ' κάτω από τον Λευκό Πύργο στη Θεσσαλονίκη (Gazetas, 1979)	252
Σχ.2.8.9.β Εδαφικό Πίνακας με τα στοιχεία των τριών σεισμών της Θεσσαλονίκης το 1978 (Gazetas, 1979)	252
Σχ.2.8.12.α Αστοχία πρανούς και βλάβες στα σπίτια στο Kaganuma κατά τη διάρκεια του σεισμού του Hokkaido-toho-oki το 1994 (Wakamatsu et al., 1994)	253
Σχ.2.8.12.β Αστοχία πρανούς και βλάβες στα σπίτια στο Kaganuma κατά τη διάρκεια του σεισμού του Kushiro-oki το 1993 (Wakamatsu et al., 1994)	253
Σχ.2.8.13.α Κτίριο που έλαβε μεγάλη κλίση λόγω αστοχίας σε διάτμηση του εδάφους θεμελίωσης στο σεισμό της Niigata στην Ιαπωνία (Hamada, 1992)	254
Σχ.2.8.13.β Κτίρια που ανατάπηκαν λόγω αστοχίας σε διάτμηση του εδάφους θεμελίωσης στο σεισμό της Niigata στην Ιαπωνία (Steven L. Kramer, 1996)	254
Σχ.2.8.14.α Χάρτης της ευρύτερης περιοχής του ξενοδοχείου Sapanca στο Adapazari της Τουρκίας με τις καθιζήσεις του κτιρίου (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	255
Σχ.2.8.14.β Καθίζηση στο ξενοδοχείο Sapanca (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	256
Σχ.2.8.14.γ Καθίζηση στο ξενοδοχείο Sapanca (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	256
Σχ.2.8.14.δ Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του ξενοδοχείου Sapanca (http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html)	257
Σχ.2.8.15.α Χάρτης με τις θέσεις των κτιρίων (Miyazaki et al., 2001)	258
Σχ.2.8.15.β Μέγστη υπολογισθήσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Α (Miyazaki et al., 2001)	258

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σχ. 2.8.16.α Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Β (Miyazaki et al. 2001)	259
Σχ. 2.8.17.α Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Γ (Miyazaki et al. 2001)	260
Σχ. 2.8.18.α Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Δ (Miyazaki et al. 2001)	261
Σχ. 2.8.19.α Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Ε (Miyazaki et al. 2001)	262
Σχ. 2.8.20.α Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, και γεώτρηση F (Miyazaki et al., 2001)	263
Σχ. 2.8.26.α Χάρτης του νησιού Sakhalin και της γύρω περιοχής	264
Σχ. 2.8.26.β Κατάρρευση πενταόροφου κτιρίου στο Neftergorsk (Klyachko, 2001)	264
Σχ. 2.8.26.γ Βλάβη σε διόροφο κτίριο στο Neftergorsk (Klyachko, 2001)	265
Σχ. 2.8.27.α Χάρτης με τις περιοχές που μελετήθηκαν (Lee et al. 2001)	266
Σχ. 2.8.27.β Αποτελέσματα επιτόπου δοκιμών στην περιοχή Wufeng (Lee et al. 2001)	266
Σχ. 2.8.27.γ Κατοικία που παρουσίασε κλίση στην περιοχή Wufeng (Lee et al. 2001)	267
Σχ. 2.9.1 Ενδεικτική περίπτωση που έχει καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων	269

ΤΟΜΟΣ 2

Σχ. 3.5.1 Φράγματα και άλλα αναχώματα: Λόγος της κατακόρυφης προς την οριζόντια μετακίνηση συναρτήσει του τύπου του αναχώματος και της οριζόντιας μετακίνησης	9
Σχ. 3.5.2 Φράγματα: Κατηγορία ζημιάς συναρτήσει του λόγου δ/Η	10
Σχ. 3.5.3 Παράκτια αναχώματα: Κατηγορία ζημιάς συναρτήσει του λόγου δ/Η. Δίδονται επίσης για σύγκριση και οι τιμές των φραγμάτων	11
Σχ. 3.5.4 Οδικά και σιδηροδρομικά επιχώματα: Κατηγορία ζημιάς συναρτήσει της μετακίνησης. Δίδονται επίσης για σύγκριση και οι τιμές των φραγμάτων και παράκτιων αναχωμάτων με ύψος περίπου 10 m	12
Σχ. 3.6.1 Κρητιδότοιχοι και άλλοι τοίχοι αντιστήριξης: Λόγος οριζόντιας μετακίνησης στην κορυφή προς τη μετακίνηση στη βάση του τοίχου, συναρτήσει της μετακίνησης στη βάση και του τύπου του τοίχου	17
Σχ. 3.6.2 Κρητιδότοιχοι και άλλοι τοίχοι αντιστήριξης: Λόγος κατακόρυφης μετακίνησης στο αντιστηριζόμενο έδαφος προς την οριζόντια μετακίνηση στην κορυφή του	

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	Σελίδα
τοίχου, συναρτήσει της μετακίνησης στην κορυφή του τύπου του τοίχου	18
Σχ. 3.6.3 Κρηπιδοτόιχοι με και χωρίς κατασκευές κοντά στον τοίχο: Κατηγορία βλαβών συναρτήσει της οριζόντιας μετακίνησης	19
Σχ. 3.6.4 Τοίχοι αντιστήριξης (πλην κρηπιδοτοίχων) χωρίς κατασκευές κοντά στον τοίχο: Κατηγορία βλαβών συναρτήσει του τύπου του τοίχου και της οριζόντιας μετακίνησης	20
Σχ. 3.6.5 Τοίχοι αντιστήριξης (πλην κρηπιδοτοίχων) με και χωρίς κατασκευές κοντά στον τοίχο: Κατηγορία βλαβών συναρτήσει της οριζόντιας μετακίνησης	21
Σχ. 3.7.1 Ενιαίες θεμελιώσεις: Στροφή κτιρίων συναρτήσει της καθίζησης: (α) πόλη Dagupan, (β) πόλη Adapazari	25
Σχ. 3.7.2 Ενιαίες θεμελιώσεις: Διαφορική καθίζηση συναρτήσει της καθίζησης: (α) πόλη Dagupan, (β) πόλη Adapazari	26
Σχ. 3.7.3 Ενιαίες θεμελιώσεις: Κατηγορία βλαβών συναρτήσει της καθίζησης	27
Σχ. 3.7.4 Ενιαίες θεμελιώσεις: Κατηγορία βλαβών συναρτήσει της στροφής	28
Σχ. 3.7.5 Θεμελιώσεις με μεμονωμένα πέδιλα: Κατηγορία ζημιάς συναρτήσει της μετακίνησης. Δίδονται επίσης τα στοιχεία για τις ενιαίες θεμελιώσεις για σύγκριση	29
Σχ. 3.7.6 Θεμελιώσεις δεξαμενών: Κατηγορία ζημιάς συναρτήσει της μετακίνησης. Δίδονται επίσης τα στοιχεία για τις ενιαίες θεμελιώσεις για σύγκριση	30
Σχ. 3.8.1 Φυσικά πρηνή: Λόγος καθίζησης προς την οριζόντια μετακίνηση συναρτήσει της οριζόντιας μετακίνησης.	33
Σχ. 3.8.2 Φυσικά πρηνή χωρίς κατασκευές: Κατηγορία βλαβών συναρτήσει της μετακίνησης.	34
Σχ. 4.1.1. Μεταβολή της οριζόντιας επιτάχυνσης με το βάθος (ο συντελεστής r_d της εξίσωσης (4.1.1α) σύμφωνα με τους Seed and Idriss (1971).	45
Σχ. 4.1.2. Σύγκριση μετρηθέντων και υπολογισθέντων με ελαστο-πλαστικές και ισοδύναμα-ελαστικές δυναμικών φασμάτων στον σεισμό (α) του Μεξικού και (β) του Nothorthidge (Modaressi and Lopez-Caballero, 2001).	46
Σχ. 4.2.1. Ογκομετρική παραμόρφωση ϵ_{vol}^r για σεισμό μεγέθους $M=7.5$ (ή σε 15 ομοιόρρους κύκλους) συναρτήσει της διατμητικής κυκλικής παραμόρφωσης, γ_{cyc} και την αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση (από Tokimatsu and Seed, 1987).	53
Σχ. 4.2.2. Εκτίμηση του κινδύνου ρευστοποίησης βάσει της αντοχής σε τυποποιημένη διείσδυση (Ευρωκώδικας)	54
Σχ. 4.2.3. Ογκομετρική παραμόρφωση ϵ_{vol}^r σε κορεσμένη άμμο και σεισμό μεγέθους $M=7.5$ συναρτήσει του λόγου κυκλικής τάσης SR και της αντοχής σε τυποποιημένη διείσδυση (από Tokimatsu and Seed, 1987).	55

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σχ. 4.2.4.	Ογκομετρική παραμόρφωση ϵ'_{vol} σε κορεσμένη άμμο συναρτήσει του συντελεστή ασφαλείας για ρευστοποίηση και τη σχετική πυκνότητα (από τον Ishihara, 1993).	56
Σχ. 4.3.1.	Ενδεικτική μεταβολή της διατμητικής αντίστασης με την παραμόρφωση και παραδοχή αντοχής που συνιστάται σε αναλύσεις σεισμικής ευστάθειας: (α) ξηρό χαλαρό έδαφος ή κορεσμένο πυκνό (ή προστερεοποιημένο) έδαφος, (β) ξηρό πυκνό (ή προστερεοποιημένο) έδαφος ή κορεσμένο χαλαρό έδαφος. Δίνεται επίσης η παραδοχή αντοχής που συνιστάται σε ανάλυση ευστάθειας ή προσομοίωσης με το μοντέλο σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο.	60
Σχ. 4.3.2.	Σχέση (α) της αστράγγιστης αντοχής του εδάφους λόγω ρευστοποίησης, c_u συναρτήσει του N της επιτόπου δοκιμής SPT (Seed and Harder, 1990) και (β) του λόγου c_u/σ'_v συναρτήσει του N (Ishihara, 1993)	61
Σχ. 4.4.1.	Σώμα που ολισθαίνει λόγω οριζόντιου σεισμού σε κεκλιμένο επίπεδο, και οι ασκούμενες δυνάμεις.	76
Σχ. 4.4.2.	Γραφική απεικόνιση υπολογισμού παραμενουσών μετακινήσεων σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο σε τυχαία ασκούμενη επιτάχυνση (ταλάντωση).	77
Σχ. 4.4.3.	Μοντέλο αλυσίδας που κινείται σε η κεκλιμένα επίπεδα (α) αρχική γεωμετρία, (β) γεωμετρία όταν η διανούμενη απόσταση είναι u (Stamatoroulos, 1996)	78
Σχ. 4.4.4.	Επίδραση της μεταβολής της γεωμετρίας στη σεισμική μετακίνηση u με το μοντέλο του Stamatoroulos (1996).	79
Σχ. 4.4.5.	Μοντέλο των Stamatoroulos et al (2000) σώματος σε δύο κεκλιμένα επίπεδα: (α) αρχική γεωμετρία, (β) γεωμετρία όταν η διανούμενη απόσταση είναι u_2	80
Σχ. 4.4.6.	Επίδραση της μεταβολής της γεωμετρίας στη σεισμική μετακίνηση σε ολίσθηση τυπικών φραγμάτων βάσει του μοντέλου των Stamatoroulos (2000): (α) γεωμετρίες που εξετάζονται: (i) χωρίς στάθμη και (ii) με στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, (β) επίδραση του σεισμού, (γ) επίδραση του μήκους της ολίσθησης.	81
Σχ. 4.4.7.	(α) Προσομοίωση της παραμένουσας σεισμικής μετακίνησης τοίχων βαρύτητας με σύστημα δύο σωμάτων: του τοίχου και του κρίσιμου πρίσματος του αντιστηριζόμενου εδάφους (Stamatoroulos and Velgaki, 2001) και (β) η μεταβολή της γεωμετρίας του αντιστηριζόμενου από τον τοίχο βαρύτητας εδάφους με τη μετακίνηση (Stamatoroulos et al, 2001).	84
Σχ. 4.4.8.	Επίδραση της μεταβολής της γεωμετρίας στη σεισμική μετακίνηση του τοίχου βάσει του μοντέλου των Stamatoroulos and Velgaki: (α) επίδραση του σεισμού, (β) επίδραση του ύψους του τοίχου (Stamatoroulos et al, 2001).	85

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σχ. 4.4.9.	Επίδραση των καταστατικών σχέσεων του εδάφους στη σεισμική μετακίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο: (α) συνθήκες πλήρους στράγγισης, (β) αστράγγιστες συνθήκες (Lopez-Caballero and Modaressi, 2001)	86
Σχ. 4.4.10.	Σύγκριση της σεισμικής μετακίνησης των προβλέψεων που συλλέχθηκαν από τους Al-Homoud, and Tahtamoni (2000) με (α) την εμπειρική σχέση των Ambraseys and Menu και (β) τα αποτελέσματα των ελαστο-πλαστικών αναλύσεων των Lopez-Caballero and Modaressi (2001).	87
Σχ. 5.1.1	Γεωμετρία που μελετήθηκε από τους Modaressi και Lopez-Caballero	92
Σχ. 5.1.2	Οριζόντια συνιστώσα (βορράς – νότος) του επιταχυνσιογραφήματος Caraino του σεισμού Igripia, Ιταλία, 1980 ($a_{max} = 0.11g$), α) συναρτήσει του χρόνου και β) φασματική ανάλυση	93
Σχ. 5.1.3	Αρχικό επιταχυνσιογράφημα (κανονικοποιημένο στην τιμή $a_{max} = 0.33g$) και επιταχυνσιογραφήματα στα σημεία Α, Β, Γ του Σχ. 5.1.1 μέσω ελαστοπλαστικής ανάλυσης των Modaressi και Lopez-Caballero για $a_{max} = 0.33g$	94
Σχ. 5.1.4	Φασματική ανάλυση της επιτάχυνσης των επιταχυνσιογραφημάτων του Σχ. 5.1.3	95
Σχ. 5.1.5	Αρχικό επιταχυνσιογράφημα (κανονικοποιημένο στην τιμή $a_{max} = 0.33g$) και επιταχυνσιογραφήματα στα σημεία Α, Β, Γ του Σχ. 5.1.1 μέσω της παρούσης ισοδύναμα γραμμικής ανάλυσης για $a_{max} = 0.33g$	96
Σχ. 5.1.6	Φασματική ανάλυση της επιτάχυνσης των επιταχυνσιογραφημάτων του Σχ. 5.1.5	97
Σχ. 5.1.7	Ενίσχυση της επιτάχυνσης στα σημεία Α, Β, Γ σε συνάρτηση με την εισαγόμενη επιτάχυνση στο βραχώδες υπόβαθρο: α) ελαστοπλαστική ανάλυση, β) ισοδύναμα-γραμμική ανάλυση	98
Σχ. 5.3.1	Τομή κατολίσθησης Nikawa, Ιαπωνία, σεισμός του Kobe (17-01-1995).	104
Σχ. 5.3.2	Τομή κατολίσθησης Takarazuka, Ιαπωνία, σεισμός του Kobe (17-01-1995): α) γεωμετρία πριν και μετά την ολίσθηση, β) λεπτομέρεια της περιοχής του ποδός.	105
Σχ. 5.3.3	Θεωρούμενη γεωμετρία για την ανάδρομη ανάλυση της κατολίσθησης Nikawa	106
Σχ. 5.3.4	Θεωρούμενη γεωμετρία για την ανάδρομη ανάλυση της κατολίσθησης Takarazuka	107
Σχ. 5.3.5	Κατολίσθηση Nikawa. Συντελεστής κρίσιμης επιτάχυνσης K_c σε συνάρτηση με την τιμή της αντοχής στα τμήματα της επιφάνειας ολίσθησης που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης: α) υποτίθεται $C_u \neq 0$, $\phi = 0$, β) $\phi \neq 0$, $C_u = 0$	108
Σχ. 5.3.5	Κατολίσθηση Takarazuka. Συντελεστής κρίσιμης επιτάχυνσης K_c σε συνάρτηση με την τιμή της αντοχής στα τμήματα της επιφάνειας ολίσθησης που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια ολίσθησης: α) υποτίθεται $C_u \neq 0$, $\phi = 0$, β) $\phi \neq 0$, $C_u = 0$	109

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σχ. 5.4.1	Τοίχος βαρύτητας που μελετήθηκε στη δονητική τράπεζα από τους Nishimara et al (1995): (α) γεωμετρία, (β) τρόπος αστοχίας	121
Σχ. 5.4.2.	Μώλος του King Harbor: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (Kerwin and Stone, 1997) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	122
Σχ. 5.4.3	Κρηπιδότοιχος Νήσου Rokko: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (Inagaki et al, 1996) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	123
Σχ. 6.2.1.	Φράγμα Marquesa κατάντι: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (De Alba et al, 1988) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	130
Σχ. 6.2.2.	Φράγμα La Palma ανάντι: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (De Alba et al, 1988) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	131
Σχ. 6.2.3.	Κατολίσθηση Chonan: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (Ishihara, 1993) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	132
Σχ. 6.2.4.	Επίχωμα ποταμού Kushiro: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (Kaneko et al, 1995) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	133
Σχ. 6.2.5.	Επίχωμα γέφυρας ποταμού, Ρύμνιο: Φράγμα Marquesa κατάντι: (α) γεωμετρία της ολίσθησης (Tika and Pitilakis, 1999) και (β) προσομοίωση της αρχικής γεωμετρίας με το προτεινόμενο μοντέλο	134
Σχ. 6.3.1.	Η γεωμετρία που εξετάζεται	147
Σχ. 6.3.2.	Οι ασκούμενες δυνάμεις	148
Σχ. 6.3.3.	Οι δυνάμεις αντίστασης στην περίπτωση που η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είναι κάτω από τη βάση του κτιρίου	149
Σχ. 6.3.4.	Οι δυνάμεις που ασκούνται στη λωρίδα i και ορισμός των S_j , h_j	253
Σχ. 6.4.1.	Η αστράγγιστη αντοχή του εδάφους Cu που υπολογίσθηκε από όλες τις ανάδρομες αναλύσεις συναρτήσεως του συντελεστή N_1 της δοκιμής SPT και σύγκριση με τις σχέσεις των Seed and Harder (α) και Ishihara (β).	159
Σχ. 7.1.1.	Σύγκριση της υπολογισθείσας συνίζησης με τη μέθοδο του Ishihara and Yoshimine, σε σχέση με τη μέθοδο των Tokimatsu and Seed για ορισμένες περιπτώσεις πεδίου.	161
Σχ. 7.2.1.	Άμμος Β: Στερεοποίηση συναρτήσεως της πυκνότητας	166
Σχ. 7.2.2.	Άμμος Β: Τελική αστράγγιστη αντοχή συναρτήσεως του λόγου κενών.	167
Σχ. 7.2.3.	Άμμος Β: (α), και καμπύλες ρευστοποίησης, δηλαδή ο λόγος SR συναρτήσεως των αριθμών κύκλων N_f για τους οποίους η παραμόρφωση λαμβάνει την τιμή $\pm 2.5\%$, (β) Ογκομετρική παραμόρφωση μετά τη ρευστοποίηση συναρτήσεως της κυκλικής τάσης και της πυκνότητας.	168

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Σχ. 7.2.4.	Άμμος Β: (α) Η κυκλική τάση τ_{cyc} συναρτήσει της κυκλικής παραμόρφωσης, (β) η παραμένουσα ογκομετρική παραμόρφωση μετά από 15 κύκλους συναρτήσει της κυκλικής παραμόρφωσης και της πυκνότητας.
------------	---

169

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

ΤΟΜΟΣ 2

Πίνακας 3.4.1.	Κατηγορίες σεισμικών βλαβών κατασκευών	4
Πίνακας 3.4.2.	Κατηγορίες σεισμικών βλαβών φυσικών εδαφών χωρίς κατασκευές	4
Πίνακας 3.5.1.	Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση φραγμάτων με ύψος < 20 m, συναρτήσει του ύψους του φράγματος, H.	6
Πίνακας 3.5.2.	Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση επιχωμάτων ποταμών συναρτήσει του ύψους του επιχώματος, H.	7
Πίνακας 3.5.3.	Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση οδικών επιχωμάτων	8
Πίνακας 3.5.4.	Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση σιδηροδρομικών επιχωμάτων	8
Πίνακας 3.6.1.	Προτεινόμενη μέγιστη ανεκτή μετακίνηση κρηπιδοτοιχών	15
Πίνακας 3.6.2.	Προτεινόμενη μέγιστη ανεκτή μετακίνηση "ευμετακίνητων" τοίχων αντιστήριξης πλην κρηπιδοτοιχών που στηρίζουν ακόρεστο έδαφος	16
Πίνακας 3.7.1.	Ανεκτές μετακινήσεις βάσει του Ευρωκώδικα 1	22
Πίνακας 3.7.2.	Προτεινόμενες ανεκτές σεισμικές καθίζησης και στρόφης (στις περιπτώσεις που πρέπει να ελεγχθεί) θεμελιώσεων και δεξαμενών.	24
Πίνακας 3.8.1.	Περιπτώσεις φυσικών πρηνών με κατασκευές	31
Πίνακας 3.8.2.	Προτεινόμενες ανεκτές μετακινήσεις φυσικών πρηνών χωρίς κατασκευές	32
Πίνακας 4.1.1.	Προσεγγιστική συσχέτιση του μεγέθους του σεισμού και του αριθμού κύκλων με επιτάχυνση $a > 0.65a_{max}$, $N_{ισοδ}$ (Seed et al, 1981).	40
Πίνακας 4.1.2.	Ενδεικτική συσχέτιση της μεταβολής της μέγιστης τιμής της επιτάχυνσης της εδαφικής κίνησης a_{max} με την απόσταση από το σεισμικό ρήγμα (r) και το μέγεθος του σεισμού (M) (Bard, 1997).	40
Πίνακας 4.1.3.	Μεταβολή του μέτρου διάτμησης και του συντελεστή απόσβεσης με τη διατμητική παραμόρφωση συναρτήσει του δείκτη πλαστικότητας (βάσει των Vucetic and Dobry, 1991).	41
Πίνακας 4.2.1.	Μείωση του μέτρου διάτμησης και του συντελεστή απόσβεσης με την οριζόντια επιτάχυνση σε εδάφη που δεν είναι πολύ σκληρά και έχουν δείκτη πλαστικότητας $PI < 40$, βάσει του Ευρωκώδικα	48
Πίνακας 4.2.2.	Η επίδραση του μεγέθους του σεισμού στην ογκομετρική παραμόρφωση για ξηρή άμμο (Από Tokimatsu και Seed, 1987).	48
Πίνακας 4.2.3.	Διορθωτικοί συντελεστές της κυκλικής αντοχής συναρτήσει του μεγέθους του σεισμού (βάσει του Ευρωκώδικα)	50
Πίνακας 4.4.1.	Σεισμική μετακίνηση σε (cm) βάσει της (4.4.7α)	64

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

Σελίδα

Πίνακας 4.4.2.	Σεισμική μετακίνηση βάσει των σεισμολογικών παραμέτρων του μεγέθους (M) και της εστιακής απόστασης (r) του σεισμού που προβλέπεται απο την εξίσωση (3.4.7γ).	64
Πίνακας 4.4.3.	Σεισμική μετακίνηση (σε cm) που προβλέπουν οι Lopez-Caballero and Modaressi (2001) με σώμα σε κεκλιμένο επίπεδο και ελαστο-πλαστική συμπεριφορά που προσομοιώνεται με παπερασμένα στοιχεία, και σύγκριση με την αντίστοιχη μετακίνηση που προβλέπει η προσομοίωση σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο (και σταθερή αντοχή) και ίδια τελική αντοχή.	70
Πίνακας 4.4.4.	Σεισμική μετακίνηση (σε cm) που προβλέπουν οι Gazetas and Uddin (1994) με (α) ανάλυση ενός σταδίου και (β) δύο σταδίων.	71
Πίνακας 4.4.5.	Εφαρμογές πρόβλεψης της σεισμικής μετακίνησης στην περίπτωση (α) με τη προσομοίωση σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο.	71
Πίνακας 4.4.6.	Σχολιασμός προβλέψεων του πίνακα 4.4.5.	72
Πίνακας 4.4.7.	Εφαρμογές πρόβλεψης της σεισμικής μετακίνησης στη περίπτωση (γ) με τη προσομοίωση σώματος σε δύο κεκλιμένα επίπεδα.	73
Πίνακας 4.4.8.	Σχολιασμός των προβλέψεων του πίνακα 4.4.7.	73
Πίνακας 5.1.1.	Πάχος των στρώσεων, ταχύτητα Vs και βαθμός προστερεοποίησης, στα τρία μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν (Modaressi and Caballero, 2001)	89
Πίνακας 5.1.2.	Ελαστοπλαστικές και άλλες παράμετροι των στρώσεων (Modaressi and Caballero, 2001)	89
Πίνακας 5.1.3.	Χαρακτηριστικά στρώσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην ισοδύναμη-γραμμική ανάλυση	91
Πίνακας 5.1.4.	Αποτελέσματα αναλύσεων: μέγιστη επιτάχυνση για τη Περίπτωση 1.	89
Πίνακας 5.1.5.	Αποτελέσματα αναλύσεων: Δυναμικά φάσματα στη περίπτωση του σεισμού της Ιρηνία με $a_{max} = 0.33g$ στο βραχώδες υπόβαθρο και τη περίπτωση 1	90
Πίνακας 5.1.6.	Παράμετροι αναλύσεων: μέγιστη επιτάχυνση συναρτήσει του μοντέλου	90
Πίνακας 5.2.1.	Περίπτώσεις που θα προβλεφθεί η δυναμική συνίζηση	99
Πίνακας 5.2.2.	Προβλέψεις της δυναμικής συνίζησης (σε m)	100
Πίνακας 5.4.1.	Περίπτώσεις των οποίων η σεισμική μετακίνηση θα προβλεφθεί στην παρούσα έρευνα, ανά κατηγορία.	112
Πίνακας 5.4.2.	Μετρηθείσες και υπολογισθείσες τιμές του τοίχου βαρύτητας που μελετήθηκε στη δονητική τράπεζα από τους Nishimura, et al. (1995).	115
Πίνακας 5.4.3.	Καταγραφείσα μετακίνηση του τοίχου από την ελαστο-πλαστική ανάλυση των Modaressi and Coballero (2001) και υπολογισθείσα με το απλοποιημένο μοντέλο των Stamatopoulos and Velgaki. Δίδονται επίσης προβλέψεις εάν η μεταβολή της γεωμετρίας του αντιστηριζόμενου εδάφους με τη	

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
παραμόρφωση δεν ληφθεί υπόψιν. Η μετακίνηση είναι σε cm.	117
Πίνακας 5.4.4. Υπολογισθείσα μετακίνηση με τις απλές εμπειρικές μεθόδους και σύγκριση με τα αριθμητικά αποτελέσματα (α) όταν ο ασκούμενος σεισμός είναι η ταλάντωση του βράχου (β) όταν ο ασκούμενος σεισμός είναι η ταλάντωση του Cyberquake σε βάθος 5 m	118
Πίνακας 5.4.5. Μώλος του King Harbor. Σχετική μετακίνηση κατά μήκος των δύο επιφανειών ολίσθησης και αντίστοιχη τιμή της γωνίας δ . Δίδεται επίσης η αντίστοιχη τιμή που αντιστοιχεί στην ελάχιστη τιμή της κρίσιμης επιτάχυνσης	119
Πίνακας 5.4.6. Οι παράμετροι του μοντέλου ανά περίπτωση	119
Πίνακας 5.4.7. Αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση και όρια του c_u βάσει της σχέσης των Seed and Harder (1990). Μέγιστη ασκούμενη επιτάχυνση και αντοχή και αντίστοιχη κρίσιμη επιτάχυνση της αρχικής γεωμετρίας που υπολογίσθηκε με την ανάδρομη ανάλυση.	120
Πίνακας 5.4.8. Κρηπιδότοχος Νήσου Rokko. Σχετική μετακίνηση κατά μήκος των δύο επιφανειών ολίσθησης και αντίστοιχη τιμή της γωνίας α_2 . Δίδεται επίσης η τιμή του α_2 που αντιστοιχεί στην ελάχιστη τιμή της κρίσιμης επιτάχυνσης	120
Πίνακας 6.2.1. Σύγκριση των προβλέψεων του νέου μοντέλου με τις προβλέψεις της μέθοδο των Stamatopoulos and Velgaki της ενότητας 5.5.4	127
Πίνακας 6.2.2. Περιπτώσεις που θα εφαρμοσθεί το μοντέλο.	127
Πίνακας 6.2.3. Σχετική μετακίνηση κατά μήκος των δύο επιφανειών ολίσθησης και αντίστοιχη τιμή της γωνίας δ . Δίδεται επίσης η αντίστοιχη τιμή που αντιστοιχεί στην ελάχιστη τιμή της κρίσιμης επιτάχυνσης	128
Πίνακας 6.2.4. Οι παράμετροι του μοντέλου ανά περίπτωση	128
Πίνακας 6.2.5. Αντοχή σε τυποποιημένη διείσδυση. Μέγιστη ασκούμενη επιτάχυνση και αντοχή που υπολογίσθηκε με την ανάδρομη ανάλυση. Δίδονται επίσης τα όρια του c_u βάσει της σχέσης των Seed and Harder (1990).	129
Πίνακας 6.3.1. Γεωμετρικές παράμετροι των κτιρίων, και η στροφή τους (βάσει των Acacio et al, 2001)	145
Πίνακας 6.3.2. Γεωμετρικές παράμετροι των κτιρίων, με στροφή μεγαλύτερη από 3° στο Adapazari (βάσει των Yoshida et al, 2001), και πρόβλεψη του c_u με ανάστροφη	145
Πίνακας 6.4.1. Μειωτικοί συντελεστές για τον τοίχο αντιστήριξης των Modaressi and Caballero με το μοντέλο των Stamatopoulos-Velgaki	154
Πίνακας 6.4.2. Η τιμή του N_1 και των c_u και c_u/σ' που υπολογίστηκαν από τις ανάδρομες αναλύσεις ανά περίπτωση	155

Πίνακας Περιεχομένων (συνέχεια)

	<i>Σελίδα</i>
Πίνακας 7.1. Εκτελεσθείσες δοκιμές σε μονοτονική φόρτιση υπό πλήρη στράγγιση και μέγιστη και τελική γωνία τριβής.	163
Πίνακας 7.2. Εκτελεσθείσες δοκιμές απλής διάτμησης με ανακυκλική φόρτιση υπό κορεσμένες συνθήκες και μέτρηση του αριθμού κύκλων για ρευστοποίηση και της μεταβολής του όγκου μετά τη ρευστοποίηση	163
Πίνακας 7.3. Εκτελεσθείσες δοκιμές απλής διάτμησης με ανακυκλική φόρτιση υπό ξηρές στραγγισμένες συνθήκες	164
Πίνακας 7.4. Μεταβολή της ογκομετρικής παραμόρφωσης με τον αριθμό κύκλων υπό ξηρές συνθήκες, και σύγκριση με την αντίστοιχη που προβλέπει η μέθοδος Tokimatsu and Seed	165
Πίνακας 7.5. Σύγκριση της μετρηθείσας μέσης ογκομετρικής παραμόρφωσης μετά τη ρευστοποίηση συναρτήσει της αρχικής πυκνότητας και της αντίστοιχης που προβλέπουν οι μέθοδοι Tokimatsu and Seed και Ishihara and Yoshimine.	170
Πίνακας 7.6. Σύγκριση της μετρηθείσας μέσης ογκομετρικής παραμόρφωσης υπό ξηρές συνθήκες συναρτήσει της αρχικής πυκνότητας και της κυκλικής παραμόρφωσης, με την αντίστοιχης που προβλέπει η μέθοδος Tokimatsu and Seed (N=15).	170
Πίνακας 8.1.1. Κατηγορίες σεισμικών βλαβών κατασκευών	173
Πίνακας 8.1.2. Κατηγορίες σεισμικών βλαβών φυσικών εδαφών χωρίς κατασκευές	173
Πίνακας 8.1.3. Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση φραγμάτων με ύψος <20 m, συναρτήσει του ύψους του φράγματος, H.	173
Πίνακας 8.1.4. Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση επιχωμάτων ποταμών συναρτήσει του ύψους του επιχώματος, H.	173
Πίνακας 8.1.5. Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση οδικών επιχωμάτων	173
Πίνακας 8.1.6. Προτεινόμενη ανεκτή μέγιστη σεισμική καθίζηση σιδηροδρομικών επιχωμάτων	173
Πίνακας 8.1.7. Προτεινόμενη μέγιστη ανεκτή μετακίνηση κρητιδότοιχων	173
Πίνακας 8.1.8. Προτεινόμενη μέγιστη ανεκτή μετακίνηση “ευμετακίνητων” τοίχων αντιστήριξης πλην κρητιδότοιχων που στηρίζουν ακόρεστο έδαφος	173
Πίνακας 8.1.9. Προτεινόμενη ανεκτή σεισμική καθίζηση και στροφή ενιαίων θεμελιώσεων και δεξαμενών.	174
Πίνακας 8.1.10. Προτεινόμενες ανεκτές μετακινήσεις φυσικών πρηνών χωρίς κατασκευές	174

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Η παρούσα έκθεση είναι η τελική έκθεση του ερευνητικού προγράμματος του ΟΑΣΠ με τίτλο «Συλλογή-Ανάλυση παραμενουσών εδαφικών παραμορφώσεων και βελτίωση αντιστοίχων διατάξεων ΕΑΚ». Παρουσιάζει τα αποτελέσματα όλων των σταδίων της παρούσας έρευνας.

1.2 Ανάθεση

Η έρευνα ανατέθηκε στην εταιρία Σταματόπουλος και Συνεργάτες ΕΠΕ (πρωήν Κοτζιάς - Σταματόπουλος ΕΠΕ), με επιστημονικό υπεύθυνο τον Κων/νο Σταματόπουλο, μετά από την πρόταση του αναδόχου για την εκτέλεση του ερευνητικού έργου με τον παραπάνω τίτλο. Η σύμβαση υπογράφηκε από τον ΟΑΣΠ, έχει ημερομηνία 28/12/2000 και εστάλη στις 15/1/2001 με αριθμό πρωτοκόλλου 2442.

1.3. Προηγούμενες μελέτες, συναντήσεις, επιστολές

Τον Νοέμβριο του 2001 υποβλήθηκε η πρώτη έκθεση προόδου του ερευνητικού προγράμματος που περιλάμβανε τα αποτελέσματα των δύο πρώτων σταδίων του ερευνητικού προγράμματος, δηλαδή των: (i) Στάδιο 1. Συλλογή και εγγραφή στοιχείων και (ii) Στάδιο 2. Ανάλυση επακόλουθων της εδαφικής μετακίνησης και καθορισμός ανεκτών ορίων μετακίνησης.

Στις 8 Φεβρουαρίου του 2002 έγινε συνάντηση στα γραφεία του ΟΑΣΠ όπου αξιολογήθηκε η πρόοδος του έργου, και αναφέρθηκε ότι η εργασία "Ανάλυση επακόλουθων της εδαφικής μετακίνησης και καθορισμός ανεκτών ορίων μετακίνησης" είναι καλό να βελτιωθεί.

Επίσης, στις 25/7/02 στάλθηκε επιστολή κατά την οποία ζητήθηκε επιπροσθέτως στην ανασκόπηση περιπτώσεων οι διάφορες περιπτώσεις να χαρακτηρισθούν ανάλογα με το ρόλο της ρευστοποίησης στις αναφερόμενες μετακινήσεις.

1.4 Εκτελεσθείσες εργασίες

Στην παρούσα περίοδο εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργασίες:

(α) Πρόσθεση ορισμένων πρόσθετων περιπτώσεων που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία στη βάση δεδομένων, και της πρόσθετης κατηγορίας όσον αφορά την εκδήλωση ή μη της ρευστοποίησης, που ζητήθηκε.

(β) βελτίωση και επανυποβολή του Σταδίου 2 της εργασίας "Ανάλυση επακόλουθων της εδαφικής μετακίνησης και καθορισμός ανεκτών ορίων μετακίνησης"

(γ) Καταγραφή από την δημοσιευμένη βιβλιογραφία μεθόδων προσδιορισμού της ασκούμενης σεισμικής διέγερσης σε συγκεκριμένη θέση και της επακόλουθης σεισμικής μετακίνησης λόγω αστοχίας σε διάτμηση ή καθίζησης λόγω συνίζησης τόσο "ξηρών" όσο και κορεσμένων εδαφών που είναι σχετικά απλές και άρα μπορούν να ενσωματωθούν στον ΕΑΚ.

(δ) Πρόβλεψη μετρηθέντων σεισμικών επιταχύνσεων και παραμενουσών παραμορφώσεων για περιπτώσεις που συλλέχθηκαν και αξιολόγηση των υπάρχουσών μεθόδων.

(ε) ανάπτυξη μεθόδων που υπολογίζουν τη σεισμική μετακίνηση λόγω αστοχίας σε διάτμηση υπό ρευστοποίηση σε (i) πρηνή και (ii) άκαμπτες θεμελιώσεις και ανάπτυξη βελτιωμένης μεθοδολογίας πρόβλεψης της σεισμικής μετακίνησης σε λόγω αστοχίας σε διάτμηση.

(ζ) Εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών που μετρούν τη καθίζηση λόγω ανακυκλιζόμενης φόρτισης τόσο υπό ξηρές όσο και υπό κορεσμένες συνθήκες, και προτάσεις βελτιωμένων μεθόδων πρόβλεψης της σεισμικής συνίζησης.

(η) προτάσεις για τον ΕΑΚ βάσει των παραπάνω.

Η εκτέλεση του παρόντος ερευνητικού προγράμματος έγινε από τους Πολιτικούς Μηχανικούς Κωνσταντίνο Σταματόπουλο (ΚΣ), Αρη Σταματόπουλο (ΑΣ), Σταύρο Αναιρούση (ΣΑ), Πέτρο Πετριδη (ΠΠ), Λυδία Μπάλλα (ΛΜ) και Παναγιώτα Παπανικολάου (ΠΑΠ) και από τους εργαστηριακούς Χρύσανθο Μαυρίδη (ΧΜ) και Αλέξανδρο Ξενάκη (ΑΞ). Ειδικότερα, στην παραπάνω εργασία (α)

εργάσθηκαν οι ΚΣ, ΣΑ, ΠΑΠ, στη (β) οι ΚΣ, ΣΑ, ΑΣ, ΛΜ, στη (γ) ο ΚΣ, στη (δ) οι ΚΣ, ΣΑ, στην (ε) οι ΚΣ, ΠΠ, ΣΑ, στην (ζ) οι ΚΣ, ΛΜ, ΧΜ, ΑΞ και στην (η) ο ΚΣ.

1.5 Περιεχόμενα

Η παρούσα έκθεση περιλαμβάνει τρία τεύχη.

Στο παρόν πρώτο τεύχος, το κεφάλαιο 2 επανυποβάλλει την εργασία "Βάση δεδομένων ", προσθέτοντας ορισμένες πρόσθετες περιπτώσεις που βρέθηκαν στην βιβλιογραφία και πρόσθετα στοιχεία σε κάθε περίπτωση.

Το δεύτερο τεύχος περιλαμβάνει τα κεφάλαια 3 έως 8:

- Το κεφάλαιο 3 επανυποβάλλει την εργασία "Ανάλυση επακόλουθων της εδαφικής μετακίνησης και καθορισμός ανεκτών ορίων μετακίνησης".
- Το κεφάλαιο 4 κάνει κριτική επισκόπηση της δημοσιευμένης βιβλιογραφίας. Δίδονται: (α) μέθοδοι προσδιορισμού της ασκούμενης σεισμικής διέγερσης σε συγκεκριμένη θέση, (β) μέθοδοι πρόβλεψης της καθίζησης (συνίζησης) κορεσμένου ή ακόρεστου εδάφους λόγω πύκνωσης από σεισμό, (γ) μέθοδοι πρόβλεψης της στατικής αστοχίας λόγω σεισμού, δηλαδή της ανεξέλεγκτης (>περίπου 5m) κατωφερικής κίνησης και (δ) μέθοδοι προσδιορισμού της επακόλουθης σεισμικής μετακίνησης λόγω αστοχίας σε διάτμηση. Δίδονται επίσης προβλέψεις που βρέθηκαν στην βιβλιογραφία με τις παραπάνω μεθόδους.
- Το κεφάλαιο 5 προβλέπει την ασκούμενη σεισμική διέγερση σε συγκεκριμένη θέση, και τις επακόλουθες καταγραφείσες σεισμικές παραμένουσες παραμορφώσεις για περιπτώσεις που συλλέχθηκαν στο στάδιο 1 της παρούσης έρευνας με τις μεθόδους του κεφαλαίου 4.
- Το κεφάλαιο 6 πρώτα αναπτύσσει, και εφαρμόζει για την πρόβλεψη της επιτόπου μετακίνησης, βελτιωμένες μεθόδους που υπολογίζουν τη σεισμική μετακίνηση λόγω αστοχίας σε διάτμηση υπό ρευστοποίηση σε πρηνή. Κατόπιν, αναπτύσσει, και εφαρμόζει για την πρόβλεψη της επιτόπου στροφής, μεθόδους που υπολογίζουν τη σεισμική στροφή λόγω αστοχίας σε διάτμηση άκαμπτων θεμελιώσεων υπό ρευστοποίηση. Τέλος, αξιολογεί την ακρίβεια των απλών μεθόδων που προβλέπουν την σεισμική μετακίνηση λόγω αστοχίας σε διάτμηση, και προτείνει βελτιωμένη μεθοδολογία πρόβλεψης.
- Το κεφάλαιο 7 αξιολογεί την ακρίβεια μεθόδων πρόβλεψης της σεισμικής συνίζησης τόσο υπό ξηρές όσο και υπό κορεσμένες συνθήκες, περιγράφει την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών που μετρούν τη καθίζηση λόγω ανακυκλιζόμενης φόρτισης τόσο υπό ξηρές όσο και υπό κορεσμένες συνθήκες, και δίδει προτάσεις βελτιωμένων μεθόδων πρόβλεψης της σεισμικής συνίζησης.
- Το κεφάλαιο 8 δίνει προτάσεις για τον ΕΑΚ βάσει των παραπάνω.

Το τρίτο τεύχος δίνει τα Παραρτήματα.

2. Στάδιο 1. Συλλογή και εγγραφή στοιχείων

2.0. Εισαγωγή

Από τη μελέτη των συνεπειών του σεισμού σε κατασκευές καθώς και στο ίδιο το φυσικό έδαφος, προκύπτει μια μοναδική ευκαιρία για τη μελέτη της σεισμικής μετακίνησης εδαφών και την αξιολόγηση διαφόρων θεωρητικών προτύπων και μεθοδολογιών. Έγινε συλλογή **143** περιπτώσεων βλαβών από σεισμό, όπου υπήρχαν πληροφορίες για τη μετακίνηση μιας κατασκευής ή απλώς του φυσικού εδάφους. Στις παραγράφους που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι ακόλουθες κατηγορίες:

- 2.1. Φυσικά πρηνή
- 2.2. Φράγματα
- 2.3. Τοίχοι αντιστήριξης
- 2.4. Επιχώματα
- 2.5. Κρητιδότοιχοι
- 2.6. Παράκτια πρηνή (πλευρική εξάπλωση)
- 2.7. Δυναμική συνίζηση (εδαφική καθίζηση λόγω πύκνωσης σε περίπου οριζόντιο έδαφος)
- 2.8. Θεμελιώσεις

Για την τελική επιλογή κάθε περίπτωσης που εξετάζεται, κριτήριο είναι η ύπαρξη όλων ή μέρους από τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Μέγεθος σεισμού
2. Εστιακό βάθος
3. Απόσταση από το επίκεντρο
4. Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος
5. Εκτιμώμενη (ή μετρηθείσα) επιτάχυνση
6. Εκτιμώμενη (ή μετρηθείσα) μετακίνηση (με αναφορά από τον συγγραφέα ή με εμπειρική εκτίμηση από φωτογραφία ή σχήμα)
7. Εδαφικά χαρακτηριστικά όπως μετρήθηκαν επί τόπου ή με εργαστηριακές δοκιμές
8. Τεκμηρίωση των παραπάνω από την ελληνική ή διεθνή βιβλιογραφία

Οι παραπάνω παράμετροι είναι σημαντικές για την δημιουργία βάσης δεδομένων. Στην παράγραφο 2.9. δίνονται στοιχεία για τον σχεδιασμό της βάσης δεδομένων.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.3-0.4 g

Περιγραφή της αστοχίας:

Το μήκος της αρχικής κατολίσθησης ήταν 50-70 m. Το ολικό μήκος ήταν περίπου 185 m. Η κατολίσθηση είναι ένα τυπικό παράδειγμα αστράγγιστης αστοχίας. Η εδαφική μάζα αστόχησε από το ιδιαίτερα επικλινές τμήμα του πρανούς και επέβαλλε αστράγγιστη φόρτιση σε κορεσμένη εδαφική μάζα λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το κυρίαρχο εδαφικό υλικό ήταν "μπλέ άμμοι" μαζί με αργίλους από την ομάδα εδαφών "Osaka" (βλ. επίσης την κατολίσθηση Nikawa). Η αύξηση της πίεσης πόρων εντός της κορεσμένης εδαφικής στρώσης εξ' αιτίας της αστράγγιστης φόρτισης από την κατολισθαίνουσα μάζα, επέφερε χαμηλή τιμή της γωνίας τριβής (10.8°) και έδωσε το έναυσμα για έντονη κίνηση (παρόμοια περίπτωση με την κατολίσθηση της Nikawa, αλλά με διαφορετικό μηχανισμό κινητοποίησης).

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Παρούσα έκθεση: για $k_c=0$ προκύπτει $\phi=11^\circ$.

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 3

Σχήματα: 2.1.2.α., 2.1.2.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Sassa K., Fukuoaka H., Scarascia-Mugnozza G., Evans S.: "Earthquake-induced-landslides: Distribution, motion and mechanisms", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 53-64.
2. Shibata T., Oka F., Ozawa Y.: "Characteristics of ground deformation due to liquefaction", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 65-79

2.1.3. Η κατολίσθηση της 4ης Λεωφόρου στο Anchorage στον σεισμό της Αλάσκας του 1964 (Αλάσκα)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 27 Μαρτίου, 1964
Μέγεθος : 8.5

Ωρα : 17:36 τοπική ώρα

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (βλ. Σχ. 2.1.3.α., 2.1.3.β.) 5.3 m

Απόσταση από το επίκεντρο: 130 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ----

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.15-0.20 g

Περιγραφή της αστοχίας:

Μηχανισμός κατολίσθησης: οριζόντια μετακίνηση χαρακτηριζόμενη από πλευρική εξάπλωση.

Εκτιμήθηκε ότι η κατολίσθηση δεν μπορεί να προκληθεί από ρευστοποίηση της στρώσης άμμου που είναι πάνω από την άργιλο που βρίσκεται στην περιοχή (bootlegger cove clay) ή από την δημιουργία υπερπίεσεων πόρων στο συγκεκριμένο στρώμα άμμου.

Επομένως, η αιτία αστοχίας φαίνεται να είναι η αστράγγιστη διατμητική αστοχία της μαλακής και ευαίσθητης αργίλου που είναι χαρακτηριστική της περιοχής (bootlegger cove clay). Ο συγκεκριμένος αργιλικός σχηματισμός αποτελείται από ελαφρώς υπερστερεοποιημένη ευαίσθητη άργιλο με σχεδόν ομοιόμορφη δομή και στρωματογραφία. Περιέχει εξαιρετικά λεπτούς και μη συνεχόμενους θύλακες λεπτής ιλυώδους άμμου. Ο βαθμός προστερεοποίησης είναι περίπου 1.2 εντός της μάζας που ολίσθησε και 1.6 εκτός. Ο δείκτης πλαστικότητας είναι μεταξύ 7 και 22 (μέση τιμή: 14) και το όριο πλαστικότητας είναι μεταξύ 20 και 30 (μέση τιμή: 25).

Βρέθηκε ότι η κυκλική φόρτιση και γένεση υπερπλίσεων πόρων δεν θα μειώσει σημαντικά την διατμητική αντοχή της αργίλου "bootlegger cone clay". Πάντως, εάν λάβει χώρα σημαντική παραμόρφωση κατά το σεισμό, είναι πιθανό να επιτευχθούν συνθήκες παραμένουσας αντοχής υπό αστράγγιστες συνθήκες μετά την πτώση αντοχής (postpeak strength loss) (σύνθηδες φαινόμενο για ελαφρά προστεροποιημένες αργίλους).

Εργαστηριακές δοκιμές:

Δοκιμές ταχείας διάτμησης (ring shear tests) υπό σταθερό όγκο πραγματοποιήθηκαν για να εκτιμηθεί η πτώση αντοχής και η παραμένουσα αντοχή της αργίλου "bootlegger cone clay".

Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν είχαν τάση προστεροποίησης σ'_p της τάξης των 280-320 kPa. Η τάση υπερκειμένων από τα μητρώα γεωτρήσεων εκτιμήθηκε γύρω στα 230 kPa. Ως εκ τούτου ο λόγος προστεροποίησης της αργίλου "bootlegger cone clay" εντός της μάζας ολίσθησης είναι μεταξύ 1.2 και 1.4. Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στο Σχ. 2.1.3 γ.

Η μέγιστη αντοχή σημειώθηκε μετά από 1-2mm μετακίνησης. Η αστράγγιστη παραμένουσα αντοχή ενεργοποιήθηκε σε μετακίνηση των 80-100mm. Ο λόγος αστράγγισης παραμένουσας αντοχής (S_u/σ'_{vc}) είναι περίπου 0.06. Ο λόγος της αστράγγιστης μέγιστης αντοχής [S_u/σ'_p για τη φάση επαναφόρτισης ($\sigma'_{vo} < \sigma'_{vc} < \sigma'_p$) και S_u/σ'_{vc} για τη φάση φόρτισης (ή κανονικώς στερεοποιημένη) ($\sigma'_{vc} > \sigma'_p$)] βρίσκεται μεταξύ 0.17 και 0.23.

Τα εδάφη αυτά είχαν περιορισμένο εύρος πλαστικότητας και μεγέθους λεπτόκκοκων και επομένως είχαν παρόμοιους λόγους αστράγγιστης μέγιστης αντοχής και αστράγγιστης παραμένουσας αντοχής. Επίσης, οι μετακινήσεις σε συνθήκες μέγιστης και παραμένουσας αντοχής είναι σε συμφωνία.

Επομένως οι δοκιμές κυκλικής διάτμησης (ring shear tests) υπό σταθερό όγκο στην άργιλο "bootlegger cone clay" είναι συμβατά με τις δοκιμές σε άλλα εδάφη με παρόμοια πλαστικότητα και ποσοστό λεπτόκκοκων.

Ανάδρομη ανάλυση:

Έγινε ανάδρομη ανάλυση της κατολίσθησης κατά μήκος διαφόρων τομών (βλ. Σχ. 2.1.3.α.) με τη χρήση του μοντέλου "σώματα σε κεκλιμένο επίπεδο" του Newmark (1965). Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχ. 2.1.3.ζ.

Το Σχ. 2.1.3.δ. δείχνει ότι οι μάζες που ολίσθησαν λιγότερο από 0.15 m, είχαν λόγο αστράγγιστης αντοχής ($S_{u\text{mob}}/\sigma'_p$) μεταξύ 0.16 και 0.22. Μάζες που ολίσθησαν μεταξύ 0.15 και 2.5 m, είχαν λόγο αστράγγιστης αντοχής ($S_{u\text{mob}}/\sigma'_p$) μεταξύ 0.15-0.19. Μάζες που ολίσθησαν περισσότερο από 2.5 m είχαν λόγο αστράγγιστης αντοχής ($S_{u\text{mob}}/\sigma'_p$) μεταξύ 0.05 και 0.08. (μέση τιμή = 0.06)

Φαίνεται ότι οι μάζες που μετακινήθηκαν περισσότερο από 0.15 m ενεργοποίησαν περίπου 80% της μέγιστης αντοχής σύμφωνα με τις εργαστηριακές δοκιμές. Μάζες που μετακινήθηκαν περισσότερο από 2.5 m ενεργοποίησαν την παραμένουσα τιμή της αστράγγιστης αντοχής. Μάζες που μετακινήθηκαν μεταξύ 0.15 και 2.5 m ενεργοποίησαν τιμές της αντοχής μεταξύ της μέγιστης και της παραμένουσας αντοχής.

Το Σχ. 2.1.3.ε. παρουσιάζει στοιχεία από την κατολίσθηση της 4ης Λεωφόρου και δύο άλλες κατολίσθησεις με παρόμοιους μηχανισμούς. Συμπεραίνεται ότι για επιφανειακές μετακινήσεις μέχρι 0.15 m, ενεργοποιήθηκε το 80% της εργαστηριακής αστράγγιστης μέγιστης αντοχής, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συντηρητική εκτίμηση της μόνιμης παραμόρφωσης νέων ή υπαρχόντων πρηνών (επίσης προτείνεται από τους Makdisi και Seed, 1978). Για επιφανειακές μετακινήσεις μεγαλύτερες από 2.5 m, σημειώνεται απώλεια της τάξης του 70% και αντιστοιχεί στην ενεργοποίηση της εργαστηριακής αστράγγιστης παραμένουσας αντοχής.

Πέραν της μετακίνησης των 0.15 m, η εδαφική μετακίνηση αυξάνεται με ταχύτητα και το Σχ. 2.1.3.ε. μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αντοχής που ενεργοποιείται σε συνεκτικά

εδάφη παρόμοια με την άργιλο "bootlegger cove clay". Επομένως προτείνεται η χρήση της αστράγγιστης παραμένουσας αντοχής για ανάλυση, όταν η εκτιμώμενη μετακίνηση υπερβαίνει τα 0.15 m. Επομένως, για τους σκοπούς της ανάλυσης και του σχεδιασμού, το σημείο εναλλαγής από την μέγιστη αντοχή στην παραμένουσα "post-peak" μπορεί να υποτεθεί ότι λαμβάνει χώρα για μετακίνηση ίση με 0.15 m.

Σημείωση: Προτείνεται η χρήση των πραγματικών εδαφικών μετακινήσεων αντί αυτών στο εργαστήριο για τη διαπίστωση του σημείου μετάβασης από την περιοχή μέγιστης αντοχής στην περιοχή παραμένουσας αντοχής. Η συσκευή "ring shear" επικεντρώνεται σε διατμητικές τάσεις πάνω σε μια λεπτή διατμητική επιφάνεια, σε αντίθεση με την πραγματική κατολίσθηση, όπου αναπτύσσεται διατμητική ζώνη. Δεδομένου ότι οι δοκιμές με την συσκευή "ring shear" υπό σταθερό όγκο δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς, έγιναν επίσης δοκιμές "πτερυγίου" για να γίνει εκτίμηση της αστράγγιστης διατμητικής μέγιστης και παραμένουσας αντοχής.

Προτείνεται η χρήση κατάλληλου συντελεστή διόρθωσης για την εκτίμηση της αστράγγιστης μέγιστης διατμητικής αντοχής από την διατμητική αντοχή που προκύπτει από τη δοκιμή "πτερυγίου" (Σχ. 2.1.3.ζ.). Αυτός ο συντελεστής διόρθωσης εφαρμόζεται σε υπολογισμούς σεισμικής ευστάθειας συνεκτικών εδαφικών πρανών. Τα αποτελέσματα της δοκιμής "πτερυγίου" σε περιοχές κατά μήκος της κατολίσθησης της 4ης Λεωφόρου παρουσιάζονται στο Σχ. 2.1.3.η. Ο λόγος αστράγγιστης μέγιστης διατμητικής αντοχής από την δοκιμή "πτερυγίου" ($S_u(FV)/\sigma'_p$) είναι περίπου 0.27 (τυπική τιμή για μια ελαφρώς προστερεοποιημένη άργιλο)

Ο λόγος προστερεοποίησης της άργιλου "bootlegger cove clay" βρέθηκε μεταξύ 1.2 και 1.4. Αυτές οι τιμές συμφωνούν με αυτές που υπολογίστηκαν από την ανάδρομη ανάλυση (0.16-0.22) για μάζες που ολίσθησαν λιγότερο από 0.15 m. Ο λόγος της αστράγγιστης παραμένουσας αντοχής ($S_u(FV)/\sigma'_p$) εκτιμήθηκε γύρω στο 0.05 (βλ. Σχ. 2.1.3.ζ.). Αυτή η τιμή είναι απολύτως σύμφωνη με την μετρηθείσα στην συσκευή "ring shear" (0.06) και τις τιμές βάσει ανάδρομης ανάλυσης (0.05-0.08) για μάζες που μετακινήθηκαν περισσότερο από 2.5 m. Η χρήση ενός συντελεστή διόρθωσης δεν είναι απαραίτητη επειδή η επίδραση της προστερεοποίησης αφαιρείται πριν την έλευση των συνθηκών αστράγγιστης παραμένουσας αντοχής.

Συνοψίζοντας, η δοκιμή "ring shear" υπό σταθερό όγκο καθώς και η δοκιμή πτερυγίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της αστράγγιστης μέγιστης και παραμένουσας αντοχής στις αναλύσεις σεισμικής ευστάθειας σε ευαίσθητα αργιλικά εδάφη.

Η επανεκτίμηση της κατολίσθησης της 4ης Λεωφόρου έδειξε ότι η κατολίσθηση προκλήθηκε από μεγάλη απώλεια της αστράγγιστης αντοχής και την διαμόρφωση συνθηκών αστράγγιστης παραμένουσας αντοχής στην άργιλο "bootlegger cove clay".

Τα αποτελέσματα της δοκιμής "ring shear" υπό σταθερό όγκο και της δοκιμής πτερυγίου στην άργιλο "bootlegger cove clay" συγκρίθηκαν με τις διατμητικές αντοχές που εκτιμήθηκαν με ανάδρομη ανάλυση με την τεχνική του "sliding block". Η σύγκριση δείχνει ότι για μάζες που μετακινήθηκαν λιγότερο από 0.15 m, ενεργοποιήθηκε τουλάχιστον 80% της αστράγγιστης μέγιστης αντοχής. Μάζες που ολίσθησαν μεταξύ 0.15 και 2.5 m, ενεργοποίησαν αστράγγιστη διατμητική αντοχή μεταξύ της μέγιστης και της παραμένουσας. Μάζες που ολίσθησαν περισσότερο από 2.5 m, ενεργοποίησαν την αστράγγιστη παραμένουσα αντοχή.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Stark and Contreras (1998)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 1

Σχήματα: 2.1.3.α. – 2.1.3.ζ.

Βιβλιογραφικές Αναφορές:

1. Stark T.D., Contreras I.A.: "Fourth Avenue Landslide during 1964 Alaskan Earthquake", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 1998, Vol 124, No 2, pp 99-109.

2.1.4. Η κατολίσθηση του "Chonan Middle School" (Ιαπωνία) – Ο σεισμός Chiba

Σεισμός:

Ημερομηνία : 17 Δεκεμβρίου, 1987

Μέγεθος : 6.7

Επικεντρική απόσταση : 50 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (στον πόδα): $\cong 3$ m (βλ. Σχ. 2.1.4.α.)

Απόσταση από το επίκεντρο: 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Περιγραφή της αστοχίας:

Η κατολίσθηση αυτή είναι τυπικό παράδειγμα ρευστοποίησης. Η αστοχία έλαβε χώρα σε εδάφη που κατασκευάστηκαν σε τεχνητά επιχώματα πάνω από παλαιά "valley floors". Πιθανολογείται ότι στρώμα χαλαρής απόθεσης άμμου στο κεντρικό τμήμα της επιφάνειας ολίσθησης ρευστοποιήθηκε.

Εργαστηριακές δοκιμές:

Το Σχ. 2.1.4.ε. δείχνει τα αποτελέσματα τριαξονικών δοκιμών σε δοκίμια από την εκτεθειμένη επιφάνεια των αμμωδών αποθέσεων. Προκύπτει ότι $S_{us}/\sigma'_o = 0.088$.

Στο βάθος όπου σημειώθηκε η ρευστοποίηση ($\cong 5$ m) προέκυψε ότι $S_{us} = 5.0$ KPa.

Ανάδρομη ανάλυση:

Ανάδρομη ανάλυση των επιφανειών πριν και μετά την αστοχία (βλ. Σχ. 2.1.4.γ.) έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πριν την αστοχία $S_{us} = 12.2$ KPa

Μετά την αστοχία $S_{us} = 6.3$ KPa

Φαίνεται ότι η παραμένουσα αντοχή που προέκυψε από την γεωμετρία μετά την αστοχία είναι πιο κοντά στην τιμή της παραμένουσας αντοχής που προσδιορίστηκε στο εργαστήριο.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Ishihara (1993), Παρούσα έκθεση (για $k_c=0$): $C_u=9$ kPa ($\phi=0$), $\phi=6$ ($C=0$)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 4

Σχήματα: 2.1.4.α.-2.1.4.ε.

Βιβλιογραφικές Αναφορές:

1. Ishihara, K. : "Liquefaction and Flow Failure During Earthquakes", *33rd Rankine Lecture, Geotechnique*, 1993, Vol 43, No. 3, pp 351-415.

2.1.5. Ζημιές σε κερκίδες αμφιθεάτρου στον σεισμό του Popayan (Κολομβία)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 31 Μαρτίου, 1983 Ωρα : 08:12

Μέγεθος (body waves) : 5.5 Εστιακό βάθος : 10 km

Μέγιστες επιταχύνσεις : Δεν έγιναν καταγραφές από επιταχυνσιογράφους

Σημείωση: Δεν βρέθηκαν ενδείξεις ρευστοποίησης ή εμφάνιση ρήγματος στην επιφάνεια.

Ενδεχομένως υπήρξε μετακίνηση ρήγματος σε κάποιο βάθος κάτω από αλλούβια στρώματα.

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση 10 cm (βλ. Σχ. 2.1.5.β.)

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Απόσταση από το επίκεντρο: 3 km

Απόσταση από επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 2.5 km

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 6

Σχήματα: 2.1.5.α., 2.1.5.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. BRGM, ADK, K&S : "Programma de Reconstrucction en Colombia, Estudio de sismologia de la region de Popayan", *Comision de las Comunidades Europeas*, Septiembre 1987
2. Page W.D.: "Popayan earthquake of 31 March 1983. Geologic and Seismologic Aspects".

2.1.6. Μετασεισμική κατολίσθηση στον σεισμό του Popayan (Κολομβία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.5.

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: —

ολίσθηση: βάθος 50 m

Απόσταση από το επίκεντρο: 6.5 km

Απόσταση από επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 7.5 km

Περιγραφή της αστοχίας:

Συνέβη 10 ημέρες μετά το σεισμό και ύστερα από δυνατές βροχοπτώσεις, εξ' αιτίας δευτερευόντων παραγόντων (ρωγμές στο έδαφος που γέμισαν με νερό)

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 7

Σχήματα: 2.1.6.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. BRGM, ADK, K&S : "Programma de Reconstrucction en Colombia, Estudio de sismologia de la region de Popayan", *Comision de las Comunidades Europeas*, Septiembre 1987
2. Page W.D.: "Popayan earthquake of 31 March 1983. Geologic and Seismologic Aspects".

2.1.7 Η κατολίσθηση Galdian, περιοχή Rudbar, στο σεισμό του Manjil, (Ιράν)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1990

Μέγεθος : 7.7

οριζόντια μετακίνηση : 425m

κατακόρυφη μετακίνηση : 50m

Απόσταση από το επίκεντρο: 90 km

Εδαφικές συνθήκες: Βράχοι και σκληρά εδάφη

Επιτόπου δοκιμές: Τιμή SPT 40

Περιγραφή της αστοχίας

Η κατολίσθηση είχε μήκος 2500m, πλάτος 350m και κλίση 12 μοίρες

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 138

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Haeri S.M., Sattari M.H. & Ishihara K., (1994): "Galdian landslide induced by Manjil earthquake", Proceedings of the 13th International Conference SMFE, New Delhi, p 35-40.

2.1.8 Η κατολίσθηση Giash, περιοχή Rudbar, στο σεισμό του Manjil, (Ιράν)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1990

Μέγεθος : 7.7

Απόσταση από το επίκεντρο: 25 km

Εδαφικές συνθήκες: Αλλούβιες αποθέσεις και κροκαλοπαγή πετρώματα

Επιτόπου δοκιμές: Τιμή SPT 30

Περιγραφή της αστοχίας

Η κατολίσθηση είχε μήκος 800m, πλάτος 400m και πάχος 35 m

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 139

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Haeri S.M. & Samiee A.H. (1995): "Study on Giash landslide induced by Manjil earthquake, Iran," Proceedings of the Earthq. Geotech. Engng., Vol 2, p 1031-1037.

2.1.9 Η κατολίσθηση Andretta, στο σεισμό Irpinia (Ιταλία)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 23 Νοεμβρίου 1980

Μέγεθος : 6.8

Εδαφικές μετακινήσεις:

Κατώτερο μέρος: 50 - 150 cm

Ανώτερο μέρος: 0.5 - 1.5 cm.

Εδαφικές συνθήκες:

Σκληρή άργιλος και κροκαλοπαγείς αποθέσεις. Η στάθμη υπογείων υδάτων στο κατώτερο τμήμα της κατολίσθησης ήταν σχεδόν στην επιφάνεια του εδάφους ενώ στο ανώτερο τμήμα της κατολίσθησης κυμαινόταν μεταξύ 0 και 8 m από την επιφάνεια του εδάφους.

Επιτόπου δοκιμές: Τιμή SPT 35

Εργαστηριακές δοκιμές:

Κατώτερο μέρος: $c=0$, $\phi=16^{\circ}-18^{\circ}$ (παραμένουσες τιμές)

Ανώτερο μέρος: $c=0-20$ kPa , $\phi=31^{\circ}$

Περιγραφή της αστοχίας:

Η κατολίσθηση είχε μήκος 1300m, πλάτος 500m και πάχος 50 m. Η κατολίσθηση γίνεται να χωριστεί σε δύο τμήματα: α) στο κατώτερο μέρος η ολίσθηση έγινε σε προϋπάρχουσα επιφάνεια αστοχίας όπου η μετακίνηση κυμάνθηκε μεταξύ 50 και 150 cm, β) στο άνω μέρος η ολίσθηση έγινε σε νεοσχηματιζόμενη επιφάνεια ολίσθησης όπου η μετακίνηση κυμάνθηκε μεταξύ 0.5 και 1.5 cm.

Για το ανώτερο τμήμα της κατολίσθησης και για τιμές του συντελεστή κρίσιμης επιτάχυνσης $k_c=0.08-0.10$ υπολογίσθηκαν με τη μέθοδο sliding block μετακινήσεις της τάξης των 0.25-1.4 cm. Για το κατώτερο τμήμα της κατολίσθησης και για τιμές του συντελεστή κρίσιμης επιτάχυνσης $k_c=0.02-0.04$ υπολογίσθηκαν με τη μέθοδο sliding block μετακινήσεις της τάξης των 20-70 cm (η μέγιστη τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης ήταν περίπου 0.13 g).

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Al-Homoud and Tahtamoni (2000)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 137

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. D'Elia B., (1992): "Dynamic aspects of a landslide reactivated by the November 23, 1980 Irpinia earthquake (Southern Italy)", Proc. Of the French-Italian Conference on Slope Stability in seismic areas Bordigheva (Imperia), Italy, pp 25-32
2. Al-Homoud A., Tahtamoni W.: "Comparison between predictions using different simplified Newmark's block-on-plane models and field values of earthquake induced displacements", *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2000, Vol 19, pp 73-90.

2.1.10 Η κατολίσθηση στο Usoy, στο σεισμό της πρώην Σοβιετικής Ένωσης

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1911

Μέγεθος : 7.4

Μέγιστη οριζόντια μετακίνηση : 2050m

Μέγιστη επιτάχυνση : 0.09g

Εδαφικές συνθήκες: ιζηματογενή πετρώματα

Περιγραφή της αστοχίας (βλ. Σχ.2.1.10):

Η κατολίσθηση είχε μήκος 3000m , ύψος 500m, και κλίση 18 μοίρες

Ανάλυση:

Έγινε από τους N. Ambraseys και M. Srbulov και υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη τη σεισμική μετακίνηση, $\varphi=9^\circ$

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Ambraseys and Srbulov (1995)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 140

Σχήματα: 2.1.10.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Ambraseys N., Srbulov M.: "Earthquake induced displacements of slopes", Soil Dynamics and Earthquake Engineering 14 (1995) p 59-71
2. Gaziev E., "Study of the Usoy landslide in Pamir", Proc. 4th Int. Symp. Landslides", 1984, 1, 511-5

2.1.11 Η κατολίσθηση του Puriscal στο σεισμό της Costa Rica.

Σεισμός:

Ημερομηνία : 30 Ιουνίου, 1990
Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 5.0

Απόσταση από το επίκεντρο: 7 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Μετακινήσεις της τάξης του 1 m παρατηρήθηκαν στο ευρύτερο πεδίο.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.16g$

Εδαφικές στρώσεις:

Τα πρώτα 40 m (ορίζοντας A) από την επιφάνεια του εδάφους αποτελούνται από ιλύ και αργιλική ιλύ υψηλής πλαστικότητας. Τα επόμενα 20 m (ορίζοντας B) αποτελούνται από βαριά αποσαθρωμένη βραχομάζα.

Μηχανισμός κατολίσθησης - Γεωμετρία:

Η επιφάνεια ολίσθησης είναι σχεδόν παράλληλη με το φυσικό έδαφος. Το κύριο επίπεδο ολίσθησης βρίσκεται μεταξύ 30 m και 60 m από την επιφάνεια του εδάφους. Η γεωμετρία του πρηνούς φαίνεται στο Σχ. 2.1.11.α. Η έκταση της μάζας που εμπλέκεται στην κατολίσθηση είναι συνολικά περίπου 4.5 km^2 και ο συνολικός όγκος είναι γύρω στα $195 \times 10^6 \text{ m}^3$. Το μέσο πάχος της κατολίσθησης είναι 30-60 m. Η ολισθαίνουσα μάζα αποτελείται από δύο τμήματα, με όγκους $115 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ αντίστοιχα.

Γεωτεχνικές συνθήκες:

Στον ορίζοντα A (εως 40 m από την επιφάνεια του εδάφους) οι μέσες τιμές της συνοχής και της γωνίας τριβής είναι 105 kPa και 24° αντίστοιχα. Στον ορίζοντα B (από 40 m έως τα 60 m από την επιφάνεια του εδάφους) οι μέσες τιμές της συνοχής και της γωνίας τριβής είναι 250 kPa και 30° αντίστοιχα. οι μέσες παραμένουσες τιμές της συνοχής και της γωνίας τριβής για τον ορίζοντα A είναι 0 kPa και 13° αντίστοιχα.

Ανάδρομη ανάλυση:

Η ανάδρομη ανάλυση έδειξε ότι για τιμές της συνοχής και της γωνίας τριβής 25 kPa και 8° αντίστοιχα, η κρίσιμη επιτάχυνση ήταν περίπου ίση με $0.05g$.

Ρευστοποίηση: Όχι

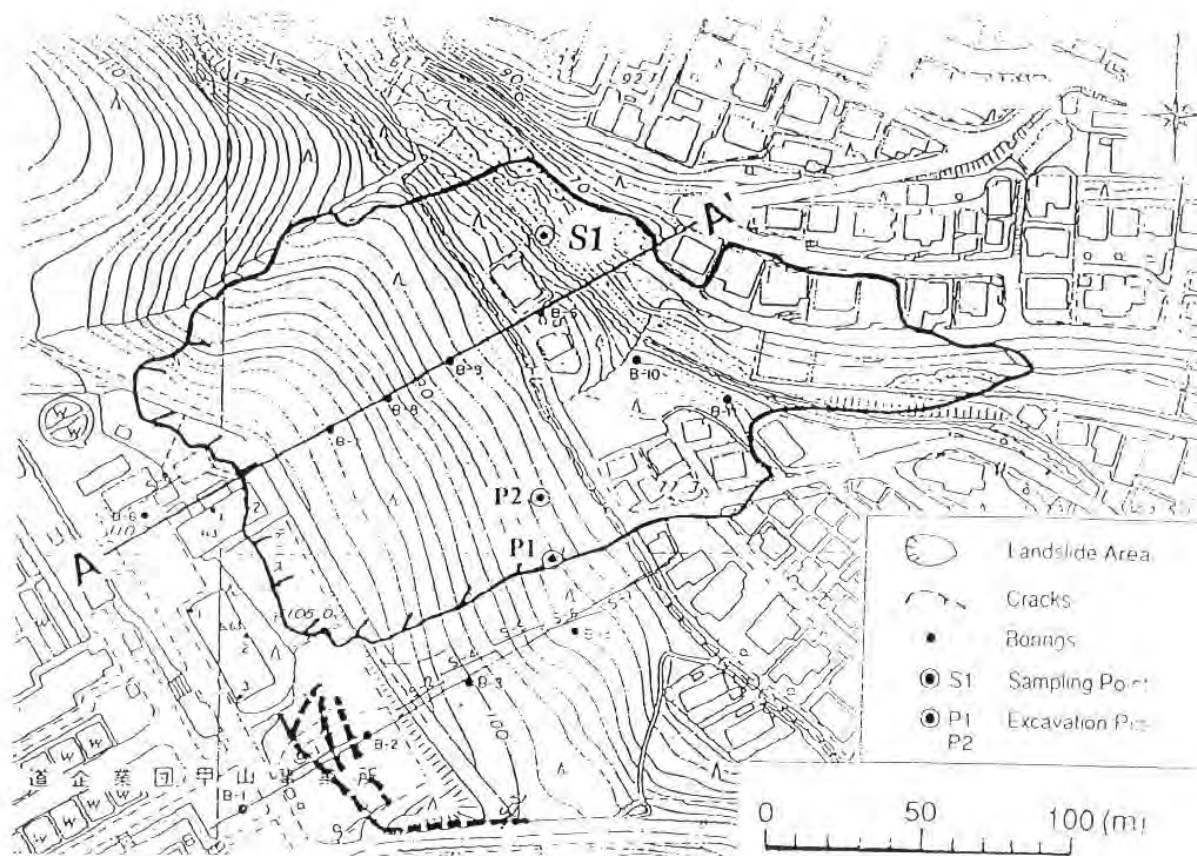
Αναλύσεις: Al-Homoud and Tahtamoni (2000)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 141

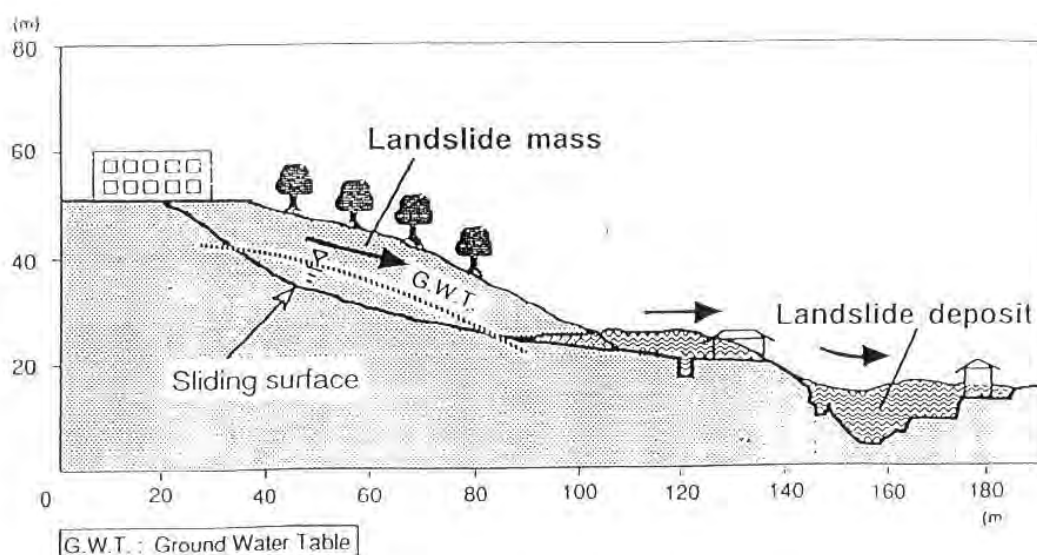
Σχήματα: 2.1.11.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

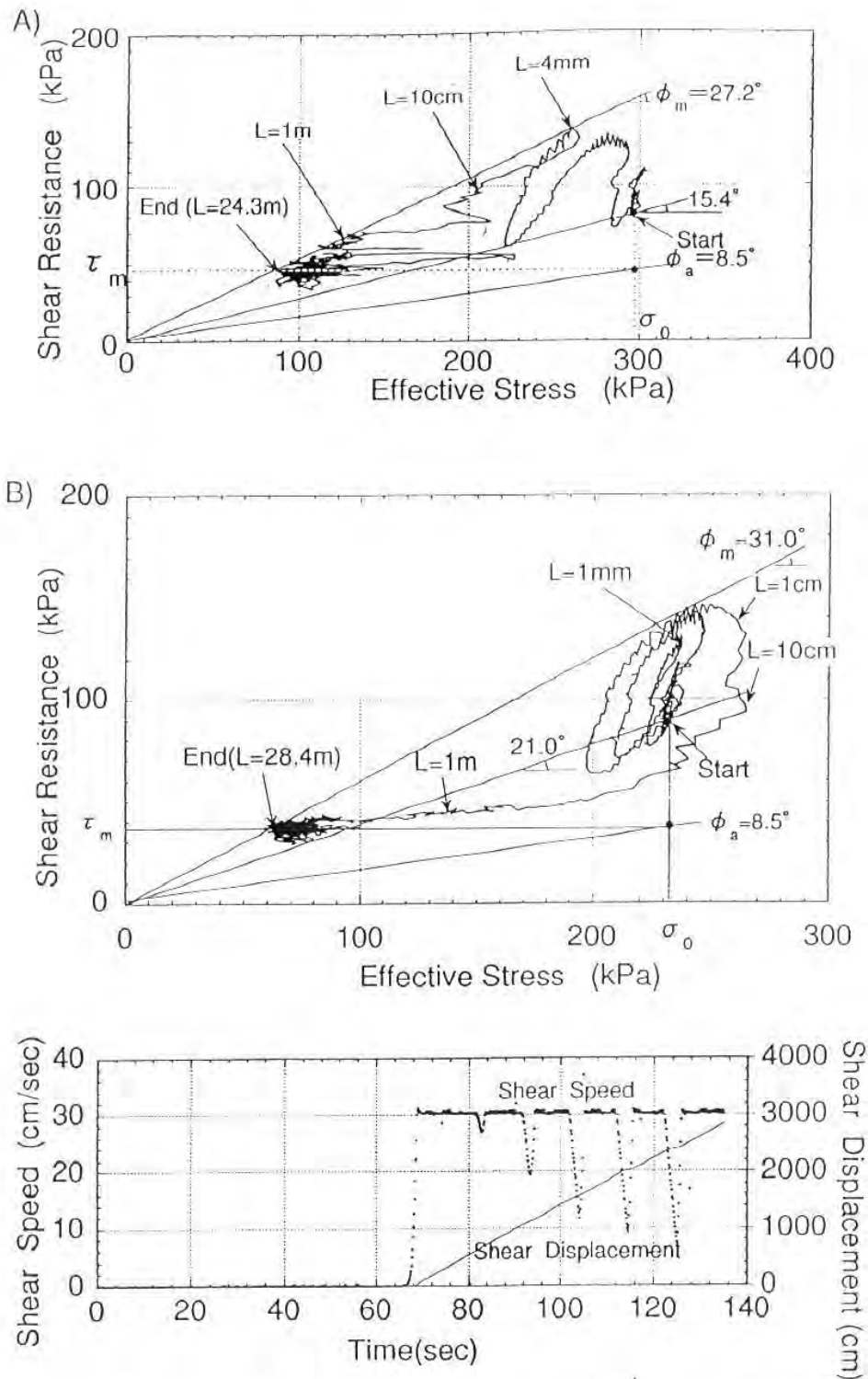
1. Al-Homoud A., Tahtamoni W.: "Comparison between predictions using different simplified Newmark's block-on-plane models and field values of earthquake induced displacements", *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2000, Vol 19, pp 73-90.



Σχ.2.1.1.α. Σχέδιο του πρηνούς πρίν από την κατολίσθηση Nikawa και περίγραμμα της περιοχής της κατολίσθησης (Sassa et al., 1996)

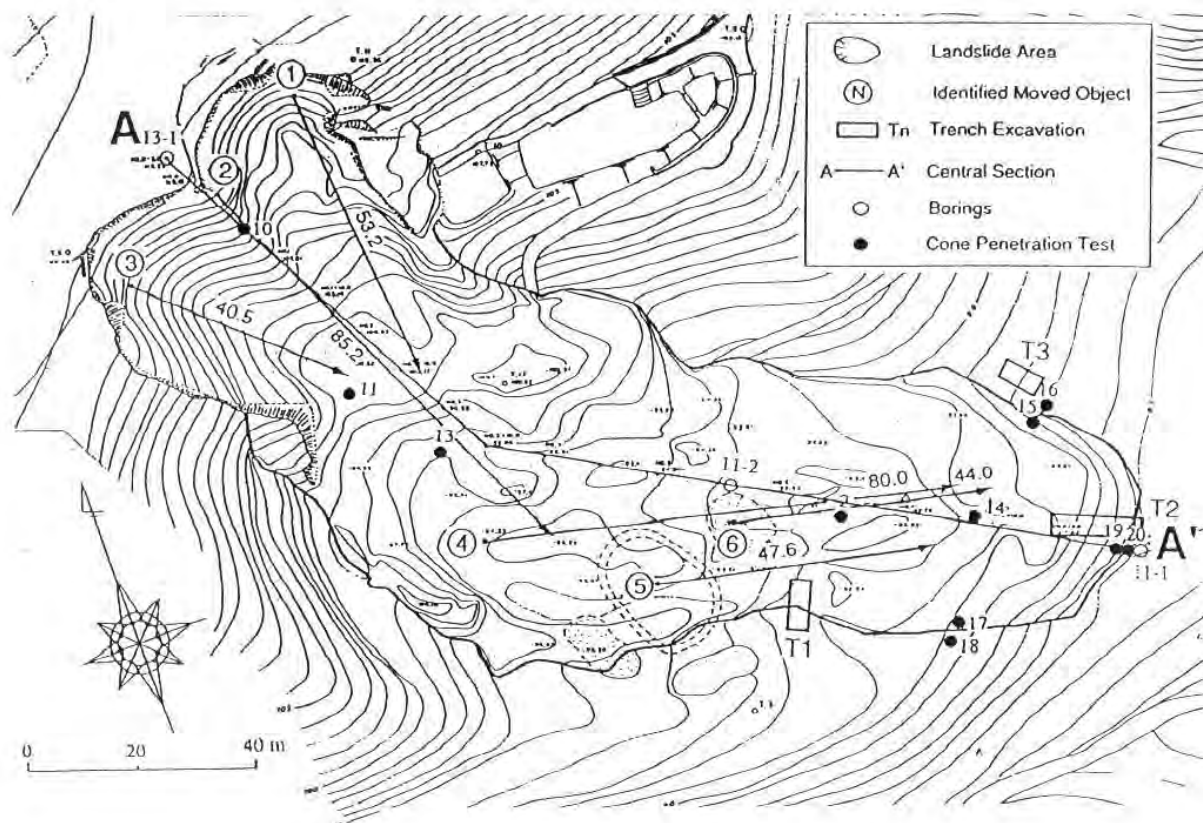


Σχ.2.1.1.β. Η κεντρική τομή A-A' της κατολίσθησης Nikawa (Sassa et al., 1996)

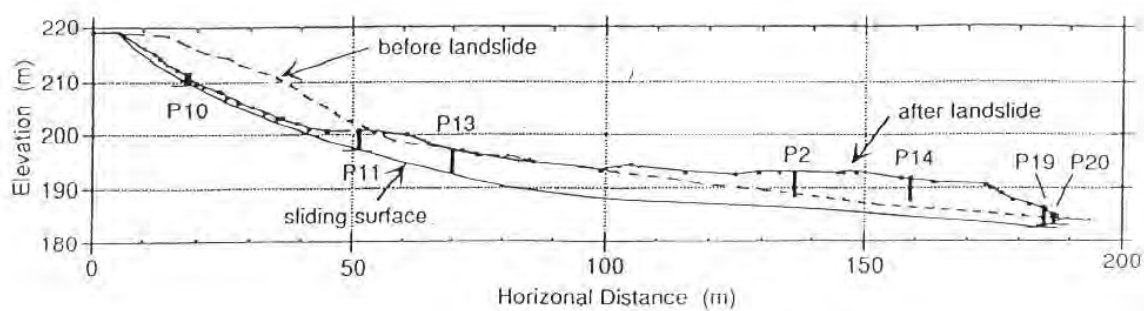


Stress path of the undrained cyclic loading ring shear test on the sample taken from the sliding zone of the Nikawa landslide
 (A) Stress path for the test of OCR=1.0, Pore pressure coefficient $\Delta u/\Delta \sigma = 0.35$
 (B) Stress path and shear velocity & displacement for the test of OCR=1.9, Pore pressure coefficient $\Delta u/\Delta \sigma = 0.35$
 L : Shear displacement at the center of sample
 ϕ_m : Effective friction angle during motion
 ϕ_a : Apparent friction angle during motion

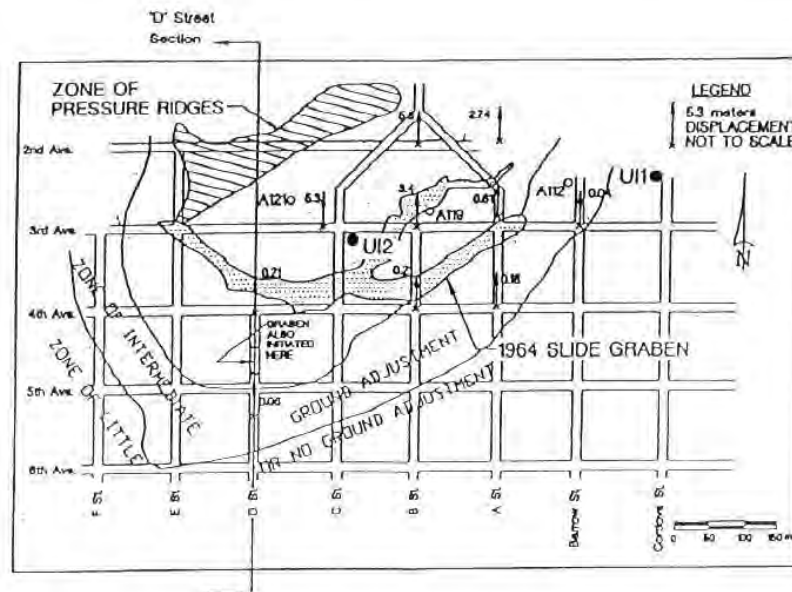
Σχ.2.1.1.γ. Αποτελέσματα ανακυκλικής φότισης στη συσκευή σε δείγματα από την κατολίσθηση Nikawa (Sassa et al., 1996)



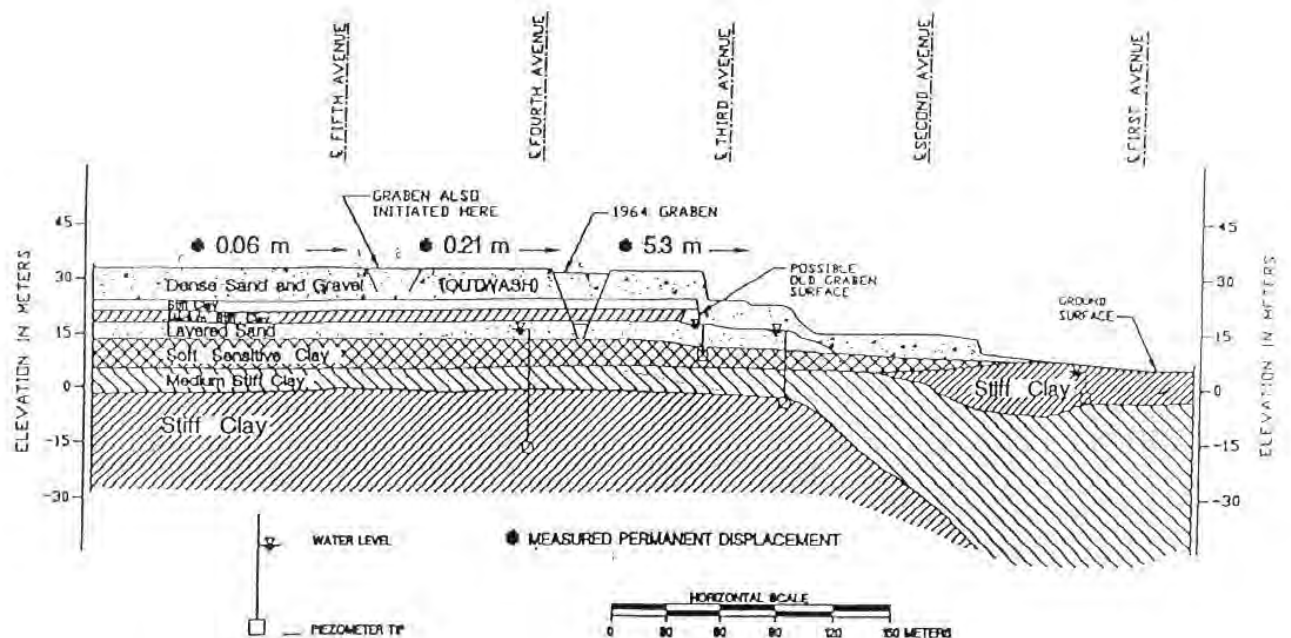
Σχ.2.1.2.α. Σχέδιο της περιοχής της κατολίσθησης Takarazuka και θέσεις παρατήρησης (Sassa et al., 1996)



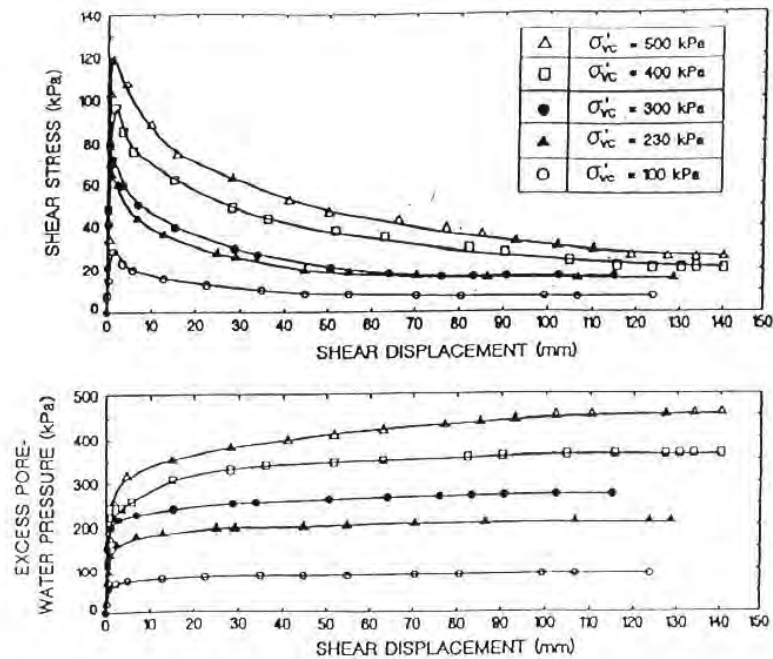
Σχ.2.1.2.β. Κατά μήκος τομή A-A' της κατολίσθησης Takarazuka (Sassa et al., 1996)



Σχ.2.1.3.α. Θραύση εδάφους και διατομή της περιοχής ολίσθησης Fourth Avenue (Stark et al. 1998)



Σχ.2.1.3.β. Διατομή κατά μήκος της D street στην κατολίσθηση της Fourth Avenue (Stark et al. 1998)



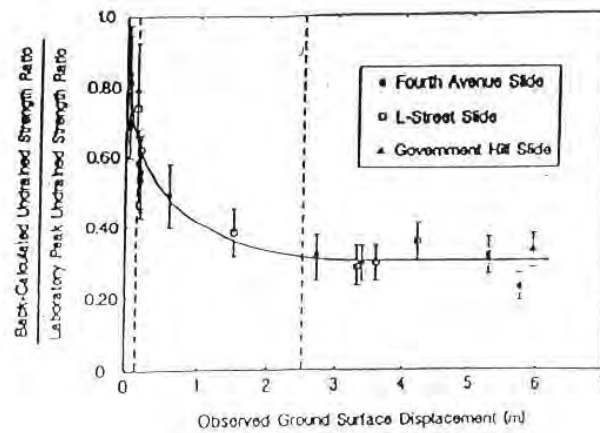
Σχ.2.1.3.γ. Δοκιμές κυκλικής διάτμησης σταθερού όγκου στην άργιλο του λιμανιού Bootlegger από την κατολίσθηση της Fourth Avenue (Stark et al. 1998)

Cross section (1)	Observed surface displacement* (m) (2)	Block weight (kN) (3)	F_{0A} (kN) (4)	F_{0B} (kN) (5)	F_{0C} (kN) (6)	Block length (m) (7)	K_r/K_{max} (8)	σ'_{so} (kPa) (9)	σ'_p (kPa) (10)	$s_d(mob)$ (kPa) (11)	$s_d(mob)$ σ'_p (kPa) (12)
F-Street	0.06	38,981	3,065	N/G*	N/G	107	0.72-0.80	263	316	50-69	0.16-0.22
	0.15	29,374	1,068	N/G	N/G	110.6	0.62-0.72	185	222	34-47	0.15-0.21
	0.21	22,767	1,167	N/G	N/G	126	0.58-0.68	144	173	18-27	0.10-0.16
D-Street	0.06	43,624	1,372	N/G	N/G	102	0.72-0.80	349	411	56-76	0.14-0.19
	0.21	40,879	1,424	N/G	379	109	0.58-0.68	349	411	42-60	0.10-0.15
	5.3	39,944	N/A	1,485	N/G	217.6	0.17-0.27	161	193	11.4-17	0.06-0.08
B-Street	0.21	41,142	1,313	N/G	212	117.5	0.58-0.68	232	387	41-58	0.10-0.15
	3.4	31,798	N/A	1,462	90	119.5	0.21-0.32	292	350	20-28	0.06-0.08
	5.8	20,790	N/A	826	N/G	117.5	0.14-0.24	209	250	11-15	0.04-0.06
A-Street	0.18	20,118	1,413	N/G	319	117.8	0.58-0.69	324	388	43-62	0.11-0.16
	0.61	23,330	N/A	1,014	242	85.3	0.44-0.55	240	288	27-39	0.09-0.13
	2.74	16,877	N/A	352	N/G	89.3	0.25-0.36	160	192	11-17	0.057-0.09
Barrow Street	<0.04	25,315	692	N/G	N/G	114.3	0.72-0.80	153	183	30-41	0.16-0.22

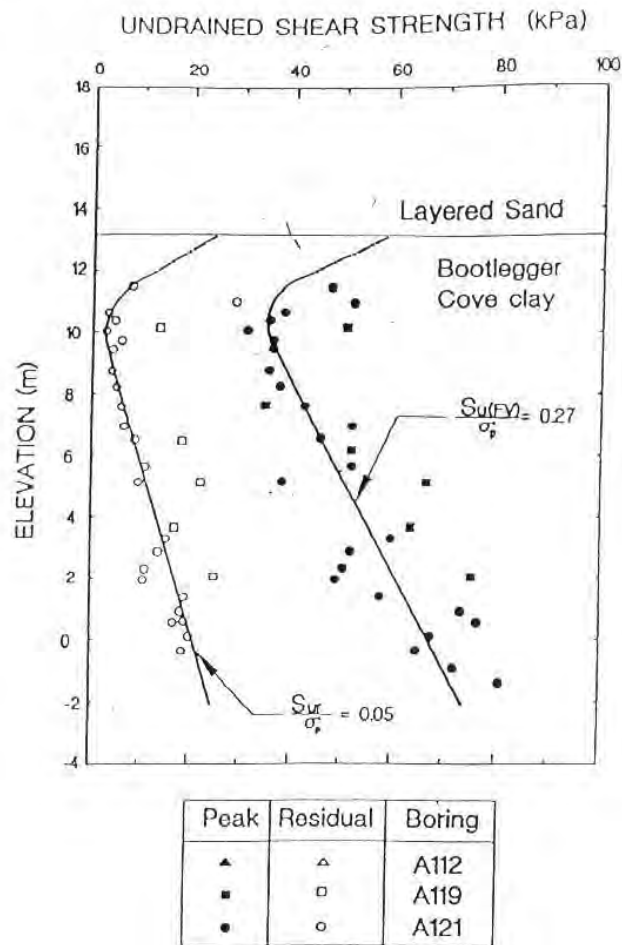
*From Shannon and Wilson (1964).

*N/G = no graben present.

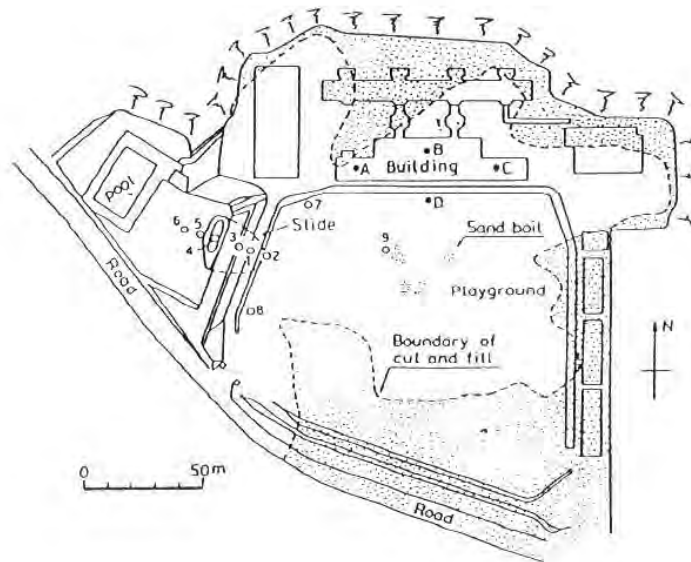
Σχ.2.1.3.δ. Περίληψη της ανάλυσης μετακινήσεων της κατολίσθησης της Fourth Avenue (Stark et al., 1998)



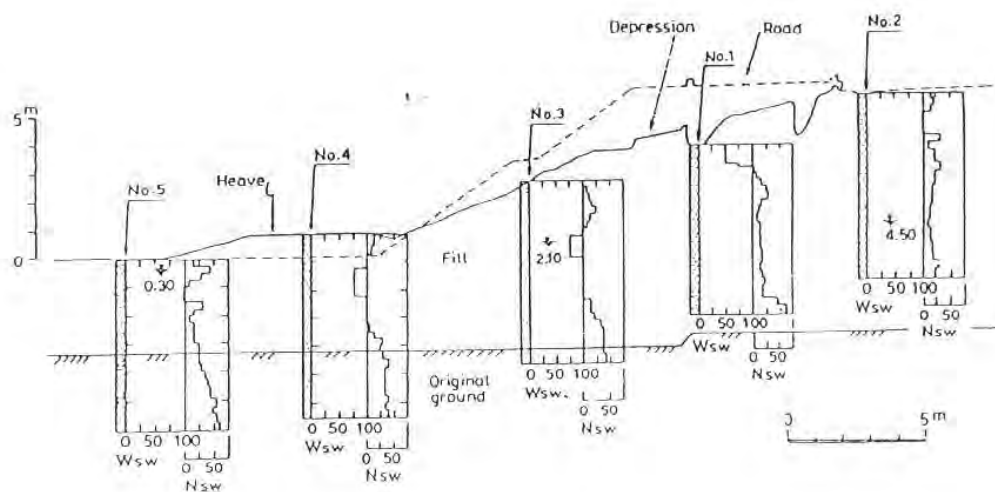
Σχ.2.1.3.ε. Διακύμανση του κανονικοποιημένου λόγου της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής προς τη μετακίνηση της επιφάνειας του εδάφους (Stark et al.,1998)



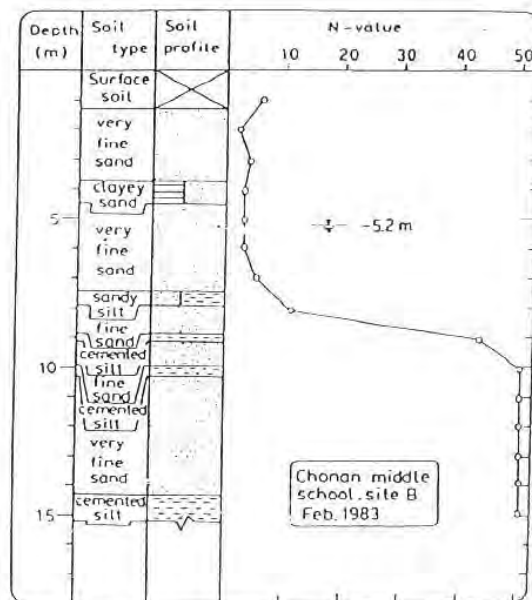
Σχ.2.1.3.ζ. Αποτελέσματα δοκιμών Vane shear από την ολίσθηση της Fourth Avenue (Stark et al.,1998)



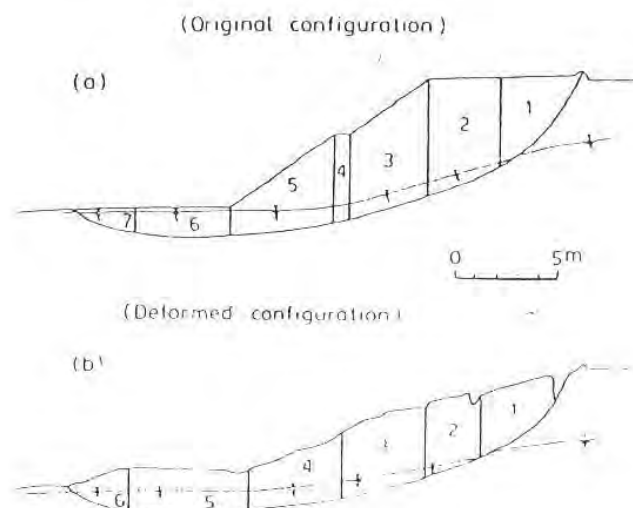
Σχ.2.1.4.α. Κάτοψη του Chonan Middle School στην Chiba, Ιαπωνία (Ishihara et al., 1993)



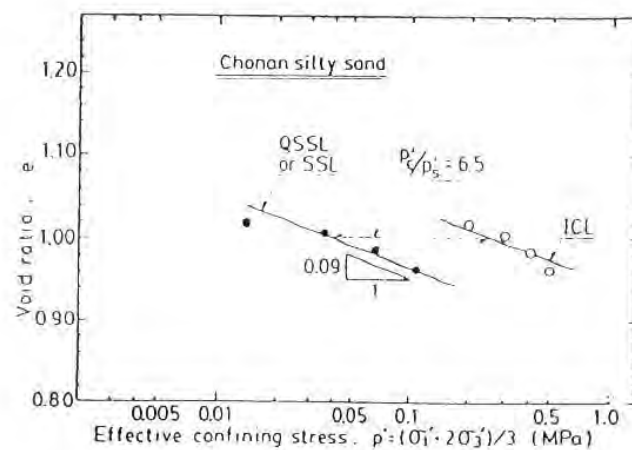
Σχ.2.1.4.β. Τομή της κατολίσθησης στην περιοχή του Chonan Middle School (Ishihara et al., 1993)



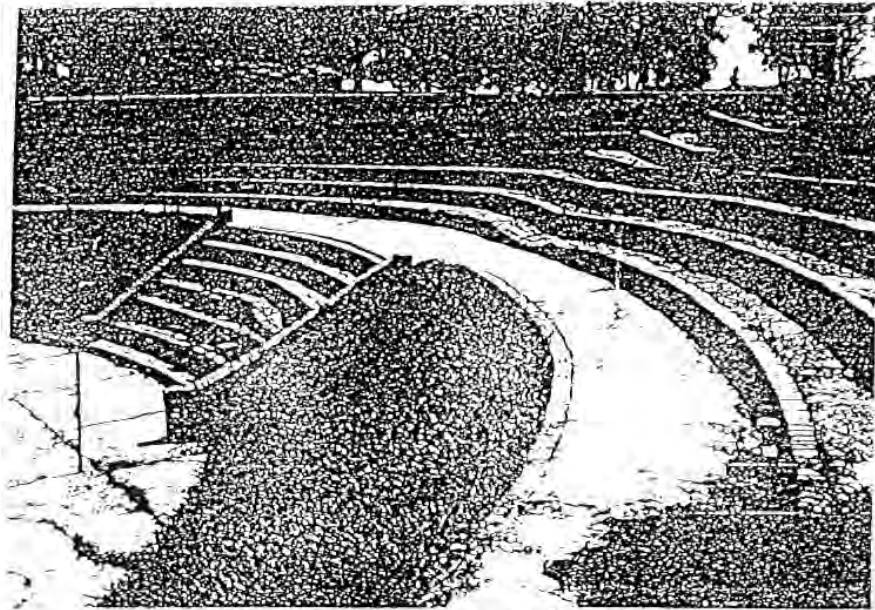
Σχ.2.1.4.γ. Εδαφικό 'προφίλ' στην περιοχή του Chonan Middle School (Ishihara et al., 1993)



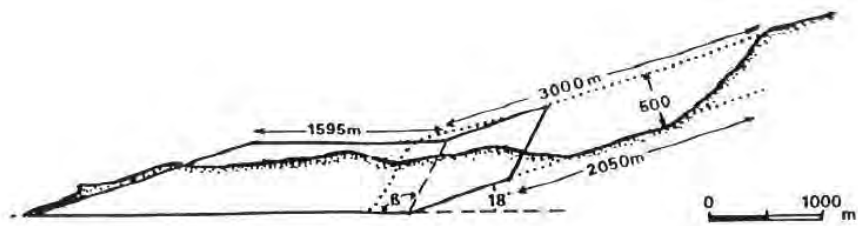
Σχ.2.1.4.δ. Επιφάνεια ολίσθησης στην κατολίσθηση της περιοχής του Chonan (Ishihara et al., 1993)



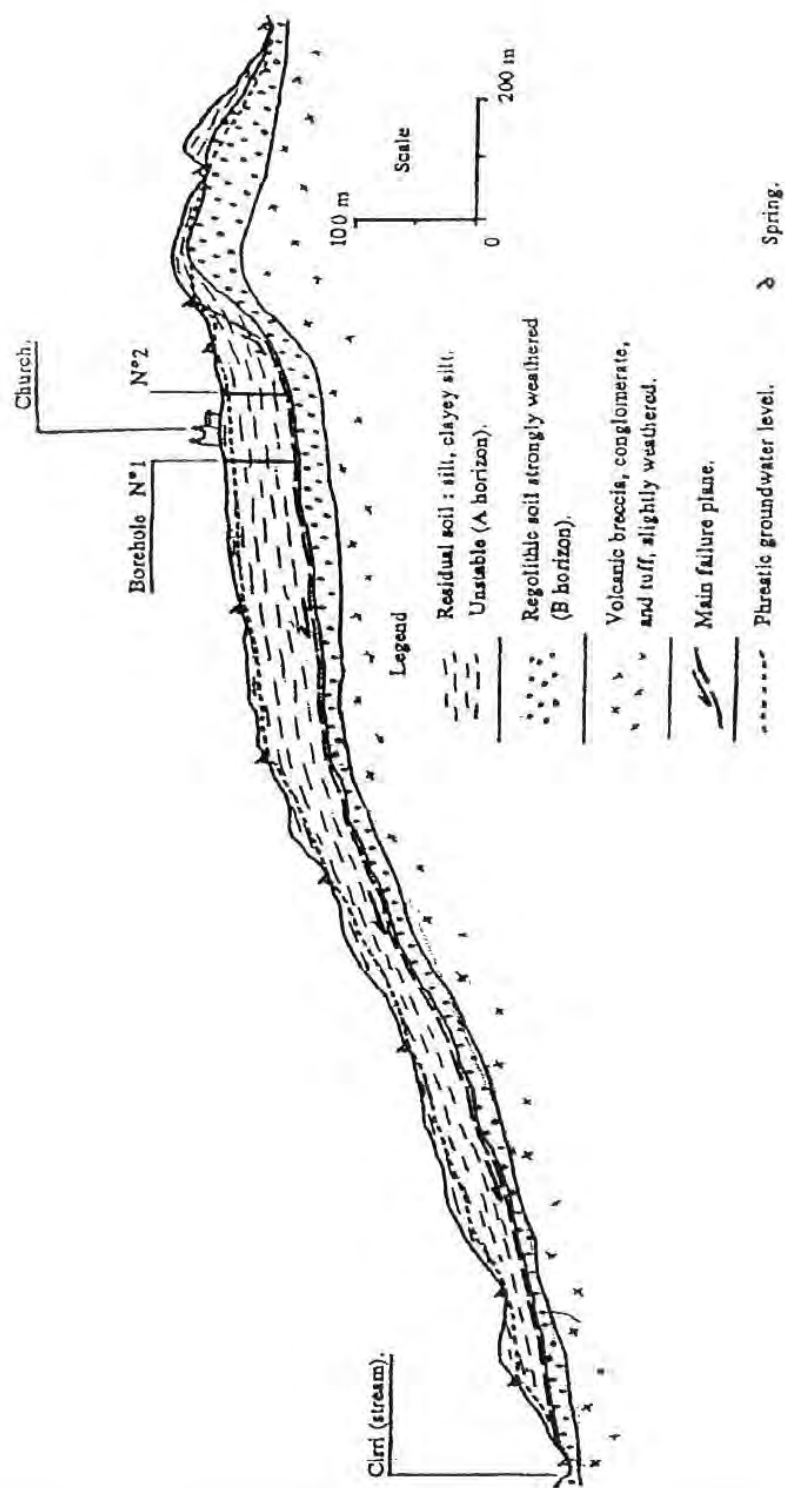
Σχ.2.1.4.ε. Μετρηθείσα αστράγγιστη αντοχή στην αρχική κατάσταση για την ιλυώδη άμμο της περιοχής του Chonan (Ishihara et al., 1993)



Σχ.2.1.5.β. Μόνιμες παραμορφώσεις σε πρανές με κερκίδες αμφιθεάτρου (Κ&Σ , ΑΔΚ)



Σχ.2.1.10.α. Αστοχία του πρανούς στο Usoy (Ambrasey and Srbulov, 1994)



Σχ. 2.1.11.α. Τομή της καταλίσθησης του Puriscal, Κόστα Ρίκα (Al-Homoud and Tahtamoni, 2000)

2.2. Φράγματα

2.2.1. Φράγμα “Makomanai” στο σεισμό Hokkaido Nansei-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 12 Ιουλίου, 1993 Ωρα : 22:17
Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 7.8 Εστιακό Βάθος : 34 km
Τεκτονικά : Η περιοχή είναι περιοχή συμπίεσης μεταξύ της
Βορειοαμερικάνικης και Ευρασιατικής πλάκας
Μέγιστες επιταχύνσεις : 0.19 g - 0.22 g σε ακτίνα 200 km από το επίκεντρο.
Επίκεντρο στη θάλασσα
Θέση προβολής ρήγματος στην επιφάνεια: -

Απόσταση από το επίκεντρο: 66 km

Απόσταση από επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.18 \text{ g} - 0.25 \text{ g}$.

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: ελαφρή καθίζηση του σώματος του φράγματος λίγων εκατοστών.

Περιγραφή της αστοχίας:

Τα περισσότερα φράγματα υπέστησαν ελαφρές ζημιές, ρωγμές και μερική καταβύθιση.

Ο σκελετός από σκυρόδεμα στο πρανές ανάντι παραμορφώθηκε ελεφρώς. Στο φυσικό έδαφος, κομμάτια από την δεξιά όχθη παραμορφώθηκαν, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στο φυσικό έδαφος στην αριστερή όχθη ολίσθησε ελαφρά και κατάρρευση μικρής κλίμακας σημειώθηκε στο φυσικό πρανές γύρω από τον ταμιευτήρα.

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα ήταν τύπου “Rock fill”, ύψους 34 m και υπέστη ελαφρές ζημιές.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 5

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Iwashita T., Nakamura A., Yasuda N.: “Behavior and damage of dams under the 1993 big earthquakes in Japan”, Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, University of Missouri-Rolla, 1995, Vol II, pp 515-518.
2. Kaneko M., Sasaki Y., Nishikawa J., Nagase M., Mamiya K.: “River Dike Failure in Japan by Earthquakes in 1993”, Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, University of Missouri-Rolla, 1995, Vol I, pp 495-498.
3. Tani S.: “Damage to agricultural facilities caused by the 1993 Kushiro-oki and Hokkaido Nansei-oki Earthquakes”, Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, University of Missouri-Rolla, 1995, Vol II, pp 641-644

2.2.2. Φράγμα “Niwa-Ikumine” στο σεισμό Hokkaido Nansei-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.1.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $0.19g = a_m$.

Απόσταση από το επίκεντρο: 71 km

Απόσταση από επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης της τάξης του 1-1.5 m (βλ. Σχ. 2.2.2.δ.)

Περιγραφή της αστοχίας:

Το φράγμα υπέστη μεγάλες ζημιές.

Σχεδόν ολόκληρο το μήκος της στέψης ρηγματώθηκε, ώστε σημειώθηκε διαφορική καθίζηση της τάξης του 1-1.5 m κατά μήκος της στέψης. Διόγκωση παρατηρήθηκε στο κάτω μέρος του πρανούς στην πλευρά ανάντι.

Η βασική αιτία για τις ζημιές ήταν η κατάρρευση της όχθης που προκλήθηκε από τη μείωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους καθώς αυξήθηκαν οι πιέσεις πόρων του εδάφους.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Περιγραφή της κατασκευής:

Χωμάτινο φράγμα, ύψους 10 m,

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 8

Σχήματα: 2.2.2.α - 2.2.2.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Iwashita T., Nakamura A., Yasuda N.: “Behavior and damage of dams under the 1993 big earthquakes in Japan”, Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol I, pp 515-518.
2. Kaneko M., Sasaki Y., Nishikawa J., Nagase M., Mamiya K.: “River Dike Failure in Japan by Earthquakes in 1993”, Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol I, pp 495-498.
3. Tani S.: “Damage to agricultural facilities caused by the 1993 Kushiro-oki and Hokkaido Nansei-oki Earthquakes”, Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol II, pp 641-644.

2.2.3. Συμπεριφορά του φράγματος Lower San Fernando στο σεισμό του Northridge

Σεισμός:

Ημερομηνία	: 17 Ιανουαρίου, 1994	Ωρα	: 04:31 am (PST)
Μέγεθος (moment wave - USGS, SCEC)	: 6.7	Εστιακό Βάθος:	18.5 km
Επικεντρική απόσταση	: 10 km		
Τεκτονικά	: Ενεργοποίηση ενός μη εντοπισμένου “τυφλού” ρήγματος τύπου “thrust” με κλίση προς Νότο κάτω από την κοιλάδα του San Fernando.		
Διάρκεια ισχυρής δόνησης	: 6 - 10 sec		

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.32-0.84 g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Ανάντι : Max: 15 cm

Min: 8 cm

Κατάντι : Max: 2 cm

Καθιζήσεις : κατά μήκος γραμμής (BB') - (Σχ. 2.2.3.α.): 6 - 20 cm

κατά μήκος γραμμής (DD') - (Σχ. 2.2.3.α.): $\cong 10$ cm

κατά μήκος γραμμής (CC') - (Σχ. 2.2.3.α.): ≤ 15 cm

Περιγραφή της αστοχίας:

Το 1994, το φράγμα "Lower San Fernando" ήταν εκτός λειτουργίας και συγκρατούσε μόνο λίγα μέτρα νερού όταν υπέστη εκτεταμένες ρηγματώσεις και καθιζήσεις εξ' αιτίας ρευστοποίησης του "hydraulic fill". Το φράγμα του Lower San Fernando στο σεισμό του Northridge μετακινήθηκε πάνω από 15 cm ανάντι. Οι ζημιές ήταν πάντως λιγότερο σημαντικές από ότι στον σεισμό του San Fernando του 1971.

Μετά από την μεγάλης κλίμακας κατολίσθηση οφειλόμενη σε ρευστοποίηση του πρανούς ανάντι κατά τον σεισμό του San Fernando του 1971 (βλ. σχετική παράγραφο), το φράγμα Lower San Fernando τέθηκε εκτός λειτουργίας και το πρανές ανάντι επανακατασκευάστηκε από συμπυκνωμένο επίχωμα "compacted fill". Τη στιγμή του σεισμού του 1994, η πλευρά ανάντι είχε μόνο μερικά μέτρα νερό. Παρόλα αυτά, το πρανές ανάντι καθώς και η στέψη, ρηγματώθηκαν και μετακινήθηκαν. Στην πλευρά ανάντι εμφανίστηκαν κρατήρες άμμου από ρευστοποίηση.

Η εδαφική κίνηση στο συγκρότημα "Van Norman Complex" καταγράφηκε από συσκευές "strong motion".

Ο υποτιθέμενος μηχανισμός αστοχίας περιλαμβάνει τα τεμάχια "A" και "B" (βλ. Σχ. 2.2.3.β.). Το τεμάχιο "A" αποτελείται από το ανακατασκευασμένο "rolled fill" ενώ το τεμάχιο "B" βρίσκεται πάνω από υπολείμματα της παλαιάς ζώνης αστοχίας. Ο σεισμός προκάλεσε ρευστοποίηση του κορεσμένου τμήματος "hydraulic fill slide debris" της παλαιάς ζώνης αστοχίας που βρίσκεται κάτω από το τεμάχιο "B". Το τεμάχιο "B" ολίσθησε ενώ το τεμάχιο "A" υπέστη καθίζηση της τάξης των 20 cm και μετακινήθηκε μέχρι 15 cm πλευρικά.

Εργαστηριακές δοκιμές και ανάδρομη ανάλυση:

Το Σχ. 2.2.3.γ. δείχνει ότι το φράγμα του Lower San Fernando είναι στατικά ευσταθές όταν γίνεται ανάδρομη ανάλυση της επιφάνειας αστοχίας του Σχ. 2.2.3.β. που σημειώνεται με διακεκομμένη γραμμή.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 2.2.3.δ., η επιτάχυνση που επιφέρει μετακίνηση της τάξης των 15 cm ποικίλλει μεταξύ 6% και 50% της επιτάχυνσης της βαρύτητας g, ανάλογα με το επιταχυνσιογράφημα.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 2.2.3.γ., η αστράγγιστη διατμητική αντοχή S_u βρέθηκε μεταξύ 19 και 215 kPa για επιταχύνσεις μεταξύ 6% και 50% της επιτάχυνσης της βαρύτητας g. Αυτό το εύρος τιμών S_u καλύπτει το εύρος 19-40 kPa που οι Seed et al. (1989) χρησιμοποίησαν στην ανάλυση του αρχικού φράγματος του Lower San Fernando. Οι Seed et al. (1989) επίσης κατέληξαν σε εύρος 80-200 kPa βάσει δοκιμών τριαξονικών αστράγγιστων μονοτονικών δοκιμών σε αδιατάρακτα δείγματα από το "hydraulic fill".

Η ρευστοποίηση του φράγματος Lower San Fernando κατά τον σεισμό του Northridge του 1994 γίνεται να συγκριθεί με άλλες περιπτώσεις ρευστοποίησης σχετικά με τον κανονικοποιημένο αριθμό κρούσεων $(N_1)_{60}$ της δοκιμής SPT και τον κρίσιμο λόγο κυκλικής τάσης τ/σ'_o . Η περίπτωση του φράγματος Lower San Fernando του σεισμού του 1971 αντιστοιχεί σε $(N_1)_{60} = 7$ και $\tau/\sigma'_o = 0.3$ για μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $a_{max} = 0.45$ g και πιθανό βάθος ρευστοποίησης $D = 6$ m. Το ποσοστό ιλύος ήταν 20% και η μέση διάμετρος κόκκων $D_{50} = 0.1$ mm. Κατά το σεισμό του 1994, σημειώθηκε ρευστοποίηση σε περίπου το ίδιο βάθος και για τις ίδιες τιμές του ποσοστού ιλύος και D_{50} . Η μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση a_{max} είναι μεταξύ 0.32 g και 0.84 g.

Ο λόγος κυκλικής τάσης που προκάλεσε ρευστοποίηση το 1994 είναι αναλογικός εκείνου του 1971. Προκύπτει ότι ο λόγος κυκλικής τάσης $t/s\%$ κυμαίνεται μεταξύ 0.22 και 0.57. Είναι φανερό ότι τα δεδομένα είναι αρκετά πάνω από τα όρια ρευστοποίησης.

Επιτόπου δοκιμές:

Ο κανονικοποιημένος αριθμός κρούσεων $(N_1)_{60}$ της δοκιμής SPT υποτίθεται ότι είναι μεταξύ 7 και 10 σύμφωνα με τις δοκιμές CPT.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Davis and Bardet (1996)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 9

Σχήματα: 2.2.3.α. – 2.2.3.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Performance of San Fernando Dams during 1994 Northridge Earthquake", *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1996, Vol 122, No. 7, pp 554-564.
2. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake - Van Norman Complex Ground Movement", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.4. Φράγμα Upper San Fernando στο σεισμό του Northridge

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.5-0.8 g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Μετακίνηση ανάντι: Max: 15 cm

Καθίζηση: Max: 45 cm

Περιγραφή της αστοχίας:

Το φράγμα Upper San Fernando υπέστη τρισδιάστατη μορφή παραμόρφωσης, που είναι δύσκολο να ληφθεί υπόψη σε μονοδιάστατες και διδιάστατες αναλύσεις.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 10

Σχήματα: 2.2.4.α., 2.2.4.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Performance of San Fernando Dams during 1994 Northridge Earthquake", *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1996, Vol 122, No. 7, pp 554-564.
2. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake - Van Norman Complex Ground Movement", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.5. Συμπεριφορά του φράγματος Lower San Fernando στο σεισμό του San Fernando (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 9 Φεβρουαρίου, 1971 Ωρα: 06:00 πμ (τοπική ώρα)
Μέγεθος (κλίμακα Richter) : 6.6
Εστιακό Βάθος : 13 km
Μηχανισμός : Ρήγμα τύπου "thrust" (45° γωνία)

Μέγιστη εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.5 g (12" ισχυρής δόνησης)

Επικεντρική απόσταση: ≈ 10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Το τμήμα ανάντι του φράγματος, μαζί με τα άνω 9.2 m της στέψης, μετακινήθηκε μεταξύ 21 και 46 m μέσα στον ταμιευτήρα.

Το ρευστοποιημένο έδαφος εξείχε πέρα από το πόδι του φράγματος και ενδιάμεσα από ανέπαφα τεμάχια με μέγιστες μετακινήσεις έως 61 m πέρα από το πόδι του φράγματος.

Περιγραφή της αστοχίας:

Η κεντρική κατολίσθηση έλαβε χώρα περίπου 40" μετά το τέλος της σεισμικής δόνησης. Επομένως οι μεγάλες μετακινήσεις έλαβαν χώρα στα κατάντι απουσία σεισμικών δυνάμεων λόγω των στατικών φορτίων από το βάρος των υλικών του επιχώματος.

Τούτο σημαίνει ότι η σεισμική δόνηση προκάλεσε απώλεια αντοχής των εδαφών του επιχώματος και άρα εκεί οφείλεται η ολίσθηση του πρανούς ανάντι και όχι στις αδρανειακές δυνάμεις από την σεισμική κίνηση.

Η κατολίσθηση συνέβη σαν συνέπεια της αύξησης της πίεσης πόρων των εδαφών του επιχώματος που προήλθε από την σεισμική κίνηση και την συνεπαγόμενη απώλεια αντοχής και ρευστοποίηση σε ζώνη πάχους 6 m στο "hydraulic fill" κοντά στη βάση του επιχώματος.

Περιγραφή της κατασκευής:

Μέγιστο ύψος: 43 m. Ικανότητα αποθήκευσης: $25 \times 10^6 \text{ m}^3$

Όγκος αποθήκευσης κατά την αστοχία: $13.6 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η στάθμη υδάτων ήταν 11 m κάτω από την στέψη του φράγματος.

Το αλλούβιο υλικό της θεμελίωσης αποτελείται από ετερογενές μίγμα καλώς διαβαθμισμένων αργιλικών και αμμωδών χαλίκων με μέση σχετική πυκνότητα 65-70%. Το "hydraulic fill" που αποτελεί τα κελύφη του φράγματος αποτελείται από στρώσεις χονδρής έως λεπτής άμμου και αργίλου, ο βαθμός "of stratification" τείνει να ελαττωθεί από τα έξω προς τον αργιλικό πυρήνα. Ο αργιλικός πυρήνας αναφέρεται ότι έχει αστράγγιστη αντοχή "steady state" γύρω στα 30 kPa (Castro et al., 1992).

Εργαστηριακές δοκιμές:

Οι Baziar και Dobry (1995) εκπόνησαν ένα πρόγραμμα εργαστηριακών μονοτονικών και κυκλικών δοκιμών σε "reconstituted, water deposited" δοκίμια ιλυώδους άμμου από το φράγμα Lower San Fernando. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το έδαφος έχει την τάση να μειώνει τον όγκο του κατά τη διάτμηση (με υψηλές μετακινήσεις) και η πυκνότητα όπως η "steady-state" αντοχή S_{us} αυξάνονται γρήγορα με την τάση στερεοποίησης σ'_{vc} . Επίσης ξεχώρισαν αντοχές σε δύο διαφορετικές καταστάσεις: την "Remolded Layered" και την "Remolded Homogeneous" αντοχή. Η τελευταία έχει μικρότερη αντοχή S_{us} και εικάζεται ότι καθώς η ολίσθηση προχωρούσε, το ρευστοποιημένο έδαφος "μετακινήθηκε" από την κατάσταση αντοχής "remolded layered" στην κατάσταση "remolded homogeneous" με σταθερό λόγο κενών κοντά στο 0.72.

Το Σχ. 2.2.5.γ. παρουσιάζει συσχετίσεις της παραμένουσας διατμητικής αντοχής S_r και της αντοχής στη δοκιμή τυποποιημένης διεύθυνσης, μαζί με στοιχεία από το φράγμα Lower San Fernando.

Ανάδρομη ανάλυση:

Οι Castro et al. (1992) έκαναν ανάδρομη ανάλυση των μηχανισμών πριν και μετά την αστοχία για να εκτιμήσουν τα άνω και κάτω όρια της αστράγγιστης αντοχής στη βάση της ζώνης "hydraulic fill" ανάντη.

Πριν την αστοχία $S_{us} = 42.5 - 52.5 \text{ kPa}$ (άνω όριο)

Μετά την αστοχία $S_{us} = 7.5 - 12.5 \text{ kPa}$ (κάτω όριο)

Ο αργιλικός πυρήνας αναφέρεται ότι έχει αστράγγιστη αντοχή $S_{us} \cong 30 \text{ kPa}$.

Οι Castro et al. (1992) τελικώς αναφέρουν ότι η καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής αστράγγιστης αντοχής στη βάση της ζώνης "hydraulic fill" ανάντι είναι μεταξύ 20 και 25 kPa.

Οι τιμές S_{us} διορθώνονται για την επίδραση των αλλαγών του λόγου κενών εξ' αιτίας της δειγματοληψίας και των δοκιμών.

Η καλύτερη συμφωνία μεταξύ πραγματικής επί τόπου αντοχής (20-25 kPa) προκύπτει για τις μέσες τιμές πλην μια τυπική απόκλιση (18-24 kPa).

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Castro et al. (1992), Stamatopoulos et al. (2000)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 13

Σχήματα: 2.2.5.α.-2.2.5.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Lee K.L., Idriss I.M., Makdisi F.I.: "The slides in the San Fernando Dams during the earthquake of February 9, 1971", *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 1975, Vol 101, No GT7, pp 651-688.
2. Castro G., Seed R.B., Keller T.O., Seed H.B.: "Steady-state strength analysis of Lower San Fernando Dam slide", *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 1992, Vol 108, No. 3, pp 406-427.
3. Stamatopoulos C., Velgaki E. and Sarma S. (2000), "Sliding-block back analysis of earthquake induced slides" *Soils and foundations, The Japanese Geotechnical Society*, Vol. 40, No. 6, 61-75, Dec.

2.2.6. Φράγμα Upper San Fernando στο σεισμό του San Fernando

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: 10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Μέγιστη εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.5 g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

οριζόντια μετακίνηση: 1.5 m

κατακόρυφη μετακίνηση: 0.9 m

Εδαφικές συνθήκες: στρώσεις χονδρής έως λεπτής άμμου και αργίλου,

θεμελίωση: αλλούβια

Περιγραφή ζημιών:

Μεγάλες ρωγμές παρατηρήθηκαν καθ' όλο το μήκος του φράγματος στο ανάντι τμήμα του. Κατά τη διάρκεια του σεισμού το επίπεδο του νερού μέσα στο φράγμα ήταν πάνω από τις ρωγμές με

αποτέλεσμα αυτές να μην είναι ορατές. Η εμφάνισή τους οφείλεται σε μία γενική κίνηση προς τα κατάντι και καθίζηση του άνω τμήματος του φράγματος σε σχέση με τη θεμελίωση.

Στα κατάντι, μία ανθρωποθυρίδα κοντά στο ανατολικό υποστήριγμα παρουσίασε αξιοσημείωτη κλίση και παραμόρφωση. Οι κινήσεις αυτές δείχνουν καθαρά ότι ολόκληρο το άνω τμήμα του φράγματος συμμετείχε στην κίνηση προς τα κατάντι.

Στο κεντρικό και ανάντι τμήμα, υπήρχαν αρκετές ρωγμές 13 με 19 mm, που δείχνουν την έκταση της μετακίνησης στη ζώνη αυτή. Κοντά στον πόδα του φράγματος, στο αγωγό, υπήρχαν μετακινήσεις όμοιες με αυτές που παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια, αλλά μικρότερες σε μέγεθος. Αυτό δείχνει είτε ότι η μεγαλύτερη κίνηση συνέβη μέσα στο επίχωμα πάνω από τον αγωγό, είτε ότι το επίχωμα γλίστρησε κατά μήκος του εξωτερικού άκρου του αγωγού. Η πρώτη υπόθεση αναφέρεται ως η πιο πιθανή.

Άλλη ζημιά που παρατηρήθηκε ήταν μία μεγάλη 'χοάνη' στο κάτω τμήμα του αγωγού. Αυτή επεκτάθηκε στην επιφάνεια και η εμφάνισή της προφανώς οφειλόταν σε διάβρωση και διαρροή μέσα στις ρωγμές στον αγωγό κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά το σεισμό.

Στην περιοχή κατώ από τον πόδα στο κατάντι τμήμα του φράγματος, ανέβλυσε άμμος λόγω ρευστοποίησης. Το έδαφος στην περιοχή αυτή αποτελούταν από ενά στρώμα από χαλαρό ιλυώδες αμώδες επίχωμα, πάχους περίπου 2.4 m, πάνω από αλλούβια.

Εκτός από την εγκάρσια κίνηση που περιγράφηκε παραπάνω, υπήρχε επίσης σχετική διαμήκης κίνηση του επιχώματος. Παρόλα αυτά, η συνολική διαμήκης κίνηση ήταν λιγότερο από 0.6m, και για το λόγο αυτό θεωρείται λιγότερο σημαντική από τις κινήσεις προς τα κατάντι.

Μεγάλο ενδιαφέρον στη μελέτη των λόγων που οδήγησαν στην μετακίνηση, είχαν οι παρατηρήσεις της στάθμης του νερού σε τρία πιεζόμετρα που τοποθετήθηκαν στο φράγμα. Η δόνηση προκάλεσε άμεση αύξηση στην πίεση των πόρων στο επίχωμα, η οποία εκτονώθηκε μετά το σεισμό.

Σύμφωνα με τις μελέτες που έγιναν, οι κινήσεις οφείλονταν σε αυξήσεις της πίεσης των πόρων και μία 'αποδυνάμωση' του εδάφους σε μεγάλο τμήμα του φράγματος.

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει μέγιστο ύψος 24 m και ικανότητα αποθήκευσης $2.3 \times 10^6 \text{ m}^3$

Κατασκευάστηκε επίσης πάνω σε αλλούβιο έδαφος. Το κύριο τμήμα του φράγματος κατασκευάστηκε με τη μέθοδο 'semihydraulic fill'. Το υλικό κατασκευής μεταφέρθηκε από την περιοχή δανεισμού στα άκρα του επιχώματος με βαγόνια, αποθηκεύτηκε, και διαχύθηκε από monitors που δουλεύανε πάνω σε πλωτά φορτηγά.

Το 'semihydraulic fill' κατασκευάστηκε από υλικό της κοιλάδας, ενώ το 'dry fill' αποκτήθηκε από την πλαγιά του λόφου.

Ανάδρομη ανάλυση:

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που διενεργήθηκαν έδειξαν ότι ο συντελεστής ασφάλειας σε κατολίσθηση προς τα κατάντι, ήταν περίπου 1.75. Έτσι, παρά την εκτεταμένη ρευστοποιημένη ζώνη ή την υψηλή πίεση πόρων που αναπτύχθηκαν λόγω της δόνησης, το επίχωμα μπορούσε να αντέξει τις μικρές αδρανειακές δυνάμεις που αναπτύχθηκαν αργότερα κατά τη διάρκεια του σεισμού.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 14

Σχήματα: 2.2.6.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Lee K.L., Idriss I.M., Makdisi F.I.: "The slides in the San Fernando Dams during the earthquake of February 9, 1971", *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 1975, Vol 101, No GT7, pp 651-688.

2.2.7. "L.A. Reservoir, L.A. Dam", Καλιφόρνια στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Απόσταση από το επίκεντρο: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια: 0.05 m

Κατακόρυφη: 0.08 m

Εδαφικές συνθήκες: συμπτυκνωμένη αργιλική ζώνη, χονδρόκοκκο υλικό. Τιμή SPT, 20
Θεμελίωση: βραχώδες υπόβαθρο

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 47 m , πλάτος στέψης 9 m, κλίσεις 1:3.5 (ανάντι), 1:3 (κατάντι) και μήκος 1060 m.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 11

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake - Van Norman Complex Ground Movement", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.8. "L.A. Reservoir, North Dike", Καλιφόρνια, στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο : 10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Μέγιστη εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση του εδάφους : 0.4 g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια: 0.05 m

Κατακόρυφη: 0.04 m

Εδαφικές συνθήκες: συμπτυκνωμένη αργιλική ζώνη, χονδρόκοκκο υλικό. Θεμελίωση: βραχώδες υπόβαθρο

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 36 m , πλάτος στέψης 9 m , κλίση 1:3 , μήκος 440 m

Επιτόπου δοκιμές:

Τιμή SPT= 20

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 12

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake - Van Norman Complex Ground Movement", Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.9. Το φράγμα "La Marquesa" στο σεισμό της Χιλής του 1985

Σεισμός:

Ημερομηνία

: 3 Μαρτίου, 1985

Ωρα : 22:47 GMT

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα)

: 7.8

Εστιακό βάθος

: Η εστία εντοπίζεται στην ζώνη καταβύθισης που σχηματίζεται στο σημείο που η τεκτονική πλάκα Nazca κινείται κάτω από την Νοτιοαμερικάνικη πλάκα υπό ρηχή γωνία.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.6 g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 45 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

- Μαζική ολίσθηση των πρανών στα ανάντι και κατάντι (οι μεγαλύτερες μετακινήσεις έλαβαν χώρα στα ανάντι).
- Απώλεια 2 m από την στέψη(μεσαίο 1/3 του επιχώματος)
- Εκτεταμένες διαμήκεις ρωγμές, ειδικά στο πρανές ανάντι (ανοίγματα ρωγμών έως 0.8 m, βάθη έως 2 m).
- Μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις: 11 m στο πόδι του πρανούς ανάντι, 6.5 m στο πόδι του πρανούς κατάντι.

Περιγραφή της αστοχίας:

Εντός ακτίνας 50 μιλίων από το επίκεντρο, 30 φράγματα μικρής σχετικά αποθηκευτικής ικανότητας (συγκρατούμενα από χωμάτινα επιχώματα που ποικίλουν σε ύψος από 4-26 m και αποτελούνται από ιλυώδεις και αργιλώδεις άμμους) υπέστησαν ελαφρές ζημιές. Δύο από αυτά (το "La Marquesa" και το "La Palma") υπέστησαν εκτεταμένες ζημιές. Το μέγεθος των μετακινήσεων των δύο αυτών φραγμάτων συνιστά πως η ρευστοποίηση του επιχώματος ή του υλικού της θεμελίωσης ήταν η πιο πιθανή αιτία και πως για κάποιο διάστημα κατά τη διάρκεια του σεισμού, η αντοχή του εδάφους έπεσε στην παραμένουσα τιμή της.

Περιγραφή της κατασκευής:

Μέγιστο ύψος: 10 m, μήκος στέψης: 220 m.

Αποθηκευτική ικανότητα: 204,000 m³.

Υλικά κατασκευής: τοπικές ιλυώδεις και αργιλώδεις άμμοι προερχόμενες από το χώρο του ταμιευτήρα και τα αντερείσματα. Το πιο πλαστικό υλικό τοποθετήθηκε στο κέντρο ώστε να σχηματιστεί ο πυρήνας του φράγματος.

Επιτόπου δοκιμές:

Από τις γεωτρήσεις φαίνεται ότι η ρευστοποίηση έλαβε χώρα στο στρώμα της ιλυώδους άμμου (το στρώμα στην γεώτρηση B-4 είναι παχύτερο από ότι στην γεώτρηση B-1 - η γεώτρηση B-1 ανήκει στην περιοχή με τις μεγαλύτερες ζημιές ενώ η B-4 σε μια περιοχή σχεδόν ανέπαφη). Επομένως οι

ιδιότητες του στρώματος της ιλυώδους άμμου στην γεώτρηση B-4 είναι ενδεικτικές της κατάστασης πριν το σεισμό.

Παρόλο που οι τιμές $N_1(60)$ του στρώματος της ιλυώδους άμμου στις γεωτρήσεις B-1 και B-4 είναι παρόμοιες (9 και 11 αντίστοιχα), η ρευστοποίηση δεν έλαβε χώρα κοντά στην B-4 λόγω της περιεκτικότητας σε λεπτόκοκκα (37%) και της πλαστικότητας τους ($PI = 11\%$).

Οι μέσες τιμές $N_1(60)$ για την καθαρή άμμο στο στρώμα της ιλυώδους άμμου είναι:

$$\begin{array}{ll} N_1(60)^{\text{ανάντι}} & = 6 \\ N_1(60)^{\text{κατάντι}} & = 11 \end{array}$$

Επιταχύνσεις της τάξης των 0.6 g στο στρώμα της ιλυώδους άμμου με τιμές $N_1(60)$ από 6 έως 11 είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσουν ρευστοποίηση του στρώματος από την αρχή κιάλας της σεισμικής δόνησης.

Στο πρανές ανάντι, το στρώμα της ιλυώδους άμμου ήταν χαλαρότερο από ότι στο πρανές κατάντι με συνέπεια την μαζική ροή του ρευστοποιημένου εδαφικού υλικού. Ο μηχανισμός στο πρανές κατάντι ήταν παρόμοιος, αλλά οι μετακινήσεις ήταν μικρότερες από ότι στο πρανές ανάντι (6.5 m και 11 m αντίστοιχα).

Ανάδρομη ανάλυση:

Άνω και κάτω όρια για την παραμένουσα αντοχή του στρώματος της ιλυώδους άμμου στα πρανή ανάντι και κατάντι είναι δυνατόν να προσδιορισθούν από την αντίστροφη ανάλυση των γεωμετριών των δύο πρανών για τις περιπτώσεις πριν και μετά το σεισμό. Η κρίσιμη επιτάχυνση λαμβάνεται από τις οριζόντιες μετακινήσεις και την επιτάχυνση στο ύπαιθρο (χάρτες Makdisi και Seed, 1977). Επομένως, οι τιμές της παραμένουσας αντοχής είναι οι παρακάτω (για το στρώμα της ιλυώδους άμμου):

$$\begin{array}{ll} \text{Ανάντι: } S_r & = 3.6 - 16.3 \text{ KPa} \\ \text{Κατάντι: } S_r & = 12.7 - 27.8 \text{ KPa} \end{array}$$

Επίσης οι Stamatopoulos et al (2000) υπολόγισαν την αστράγγιστη αντοχή του εδάφους λαμβάνοντας υπόψη την εδαφική μετακίνηση της ολίσθησης.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: De Alba et al. (1988), Stamatopoulos et al. (2000)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 15&16

Σχήματα: 2.2.9.α.- 2.2.9.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. De Alba P.A., Seed H.B., Retamal E., Seed R.B.: "Analyses of Dam Failures in 1985 Chilean Earthquake", *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1988, Vol 114, No. 12, pp 1414-1434.
2. Jitno H., Byrne P.M.: "Predicted and Observed Liquefaction Induced Deformations of La Palma Dam", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol I, pp 519-524.
3. Stamatopoulos C., Velgaki E. and Sarma S. (2000), "Sliding-block back analysis of earthquake-induced slides" *Soils and foundations*, The Japanese Geotechnical Society, Vol. 40, No. 6, 61-75, Dec.

2.2.10. Το φράγμα “La Palma” στο σεισμό της Χιλής του 1985

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.9.

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 75 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.46 g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

- Στο μεσαίο 1/3 του επιχώματος σημειώθηκαν μεγάλες μετακινήσεις με τον πόδα του πρανούς να έχει μετακινηθεί περίπου 5 m.
- Μια ρωγμή με μήκος 80 m και άνοιγμα 1.2 m (max) σχηματίστηκε κατά μήκος της στέψης εξαναγκάζοντας την πλευρά στα ανάντι να υποστεί καθίζηση μεγαλύτερη από 0.8 m σε σχέση με την πλευρά στα κατόντι.
- Άλλη μια ρωγμή, με μήκος 60 m και άνοιγμα 0.80 m, σχηματίστηκε 2 m κάτω από την στέψη στην πλευρά στα ανάντι, αφήνοντας ένα κενό 1.5 m.

Περιγραφή της αστοχίας:

Κατά τη διάρκεια του σειμού, έλαβε χώρα μαζική ολίσθηση του πρανούς ανάντι ενώ το πρανές κατόντι παρέμεινε σχεδόν ανέπαφο.

Περιγραφή της κατασκευής:

Μέγιστο ύψος: 10 m, μήκος στέψης: 140 m.

Αποθηκευτική ικανότητα: 56,000 m³.

Επιτόπου δοκιμές:

Οι γεωτρήσεις B-1 και B-4 έγιναν στη ζώνη του φράγματος με τις μεγαλύτερες ζημιές. Η γεώτρηση B-5 βρίσκεται σε απόσταση 35 m, προς την πλευρά του δεξιού αντερείσματος όπου σημειώθηκαν οι μικρότερες ζημιές.

Φαίνεται πως η ρευστοποίηση έλαβε χώρα στο στρώμα της ιλυώδους άμμου (C-M, M-C). Το στρώμα στην γεώτρηση ήταν πάνω από την στάθμη των υπογείων υδάτων κατά τη διάρκεια του σεισμού και δεν ρευστοποιήθηκε. Οι τιμές $N_1(60)$ του στρώματος της ιλυώδους άμμου (C-M, M-C) στις γεωτρήσεις B-3, B-4, B-5 είναι 2, 3, 5 αντίστοιχα, άρα μπορεί να ειπωθεί ότι η αντίσταση σε διείσδυση δεν άλλαξε σημαντικά από την ρευστοποίηση.

Επομένως, για την κορεσμένη χαλαρή ιλυώδη άμμο της βάσης του ανάντι κελύφους, η τιμή $N_1(60)$ είναι περίπου 3 και με 15% περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα, η ισοδύναμη τιμή για την καθαρή άμμο είναι $N_1(60) \cong 4$.

Επιταχύνσεις της τάξης των 0.46 g στο στρώμα της ιλυώδους άμμου με τιμές $N_1(60)$ της τάξης του 3-4 είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσουν ρευστοποίηση του στρώματος από την αρχή κιάλας της σεισμικής δόνησης στο κορεσμένο τμήμα του στρώματος στο πρανές ανάντι. Το ίδιο στρώμα της ιλυώδους άμμου στο πρανές κατόντι δεν ρευστοποιήθηκε επειδή δεν ήταν κορεσμένο.

Ανάδρομη ανάλυση:

Άνω και κάτω όρια για την παραμένουσα αντοχή του στρώματος της ιλυώδους άμμου στο πρανές ανάντι είναι δυνατόν να προσδιορισθούν από την αντίστροφη ανάλυση των γεωμετριών του πρανούς για τις περιπτώσεις πριν και μετά το σεισμό. Η κρίσιμη επιτάχυνση λαμβάνεται από την οριζόντια μετακίνηση (5 m) και την επιτάχυνση στο ύπαιθρο (χάρτες Makdisi και Seed, 1977). Επομένως, η παραμένουσα αντοχή του ρευστοποιημένου στρώματος της ιλυώδους άμμου κυμαίνεται μεταξύ 5.7 και 14.4 KPa ($S_r = 5.7 - 14.4$ KPa).

Επίσης οι Stamatopoulos et al (2000) υπολόγισαν την αστράγγιστη αντοχή του εδάφους λαμβάνοντας υπόψη την εδαφική μετακίνηση της ολίσθησης.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: De Alba et al. (1988), Stamatopoulos et al. (2000)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 17

Σχήματα: 2.2.10.α. - 2.2.10.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. De Alba P.A., Seed H.B., Retamal E., Seed R.B.: "Analyses of Dam Failures in 1985 Chilean Earthquake", *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1988, Vol 114, No. 12, pp 1414-1434.
2. Jitno H., Byrne P.M.: "Predicted and Observed Liquefaction Induced Deformations of La Palma Dam", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol I, pp 519-524.
3. Stamatopoulos C., Velgaki E. and Sarma S. (2000), "Sliding-block back analysis of earthquake-induced slides" *Soils and foundations*, The Japanese Geotechnical Society, Vol. 40, No. 6, 61-75, Dec.

2.2.11. Το φράγμα 'Bypass Reservoir Dam' στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο : 11km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση του εδάφους : 0.30 g

Εδαφικές συνθήκες:

Θεμελίωση: βράχος

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Οριζόντια: 0.015 m
Κατακόρυφη: 0.015 m

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 31m , πλάτος στέψης 9 m , κλίση ανάντι πρανούς 3:1,

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 81

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake – Van Norman Complex Ground Movement", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.12. Το φράγμα "Lower Debris Basin-Dam 1" στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο : -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια: 0,003 m

Κατακόρυφη: 0.034m

Εδαφικές συνθήκες:

Θεμελίωση: βράχος

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 15m , πλάτος στέψης 6 m , κλίση ανάντι πρηνούς 2:1,

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 82

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake – Van Norman Complex Ground Movement", Proceedings: "Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.13. Το φράγμα "Lower Debris Basin-Dam 2" στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο : -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια: 0,018 m

Κατακόρυφη: 0.055m

Εδαφικές συνθήκες:

Θεμελίωση: βράχος

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 7m , πλάτος στέψης 7.3 m , κλίση ανάντι πρηνούς 2:1

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 83

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake – Van Norman Complex Ground Movement", Proceedings: "Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.14. Το φράγμα “Yarnell Debris Basin” στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο : -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια: 0.003 m

Κατακόρυφη: 0.006m

Εδαφικές συνθήκες:

θεμελίωση: βράχος

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 6m , πλάτος στέψης 11m , κλίση ανάντι πρανούς 2.5:1,

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 84

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: “Northridge Earthquake – Van Norman Complex Ground Movement”, *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.15. Το φράγμα “Backwash Pond Dikes” στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο : -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια: -

Κατακόρυφη: 0.15m

Εδαφικές συνθήκες:

θεμελίωση: αλλούβια

Περιγραφή της κατασκευής:

Το φράγμα έχει ύψος 7.5m , πλάτος στέψης 6m , κλίση ανάντι πρανούς 2.5:1,

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 85

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Davis C.A., Bardet J.P.: "Northridge Earthquake – Van Norman Complex Ground Movement", Proceedings: "Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.16. Ζημιά στο επίχωμα του φράγματος "Power Plant Tailrace Dike" (California) στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ, 1994)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Απόσταση από το επίκεντρο: 10 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: ρωγμές στο φράγμα

Εδαφικές συνθήκες: έδαφος συμπαγωμένο, τιμή SPT20, Θεμελίωση αλλούβια

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε ρευστοποίηση του επιχώματος.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 25

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. C.A. Davis, J.P. Bardet : "Northridge Earthquake - Van Norman Complex Ground Movement", Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol III, pp 1423-1428.

2.2.17. Το φράγμα "Aino-no" στο σεισμό Akita-antou, Ιαπωνία, 1970

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1970

Μέγεθος : 6.5

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.15 g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 15 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Χωμάτινο φράγμα ύψους 41m

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκαν διαμήκεις ρωγμές πλάτους 5 έως 25 cm και μήκους 40m κατά μήκος της στέψης.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 93

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.18. Το φράγμα "Makio" στο σεισμό Nagano-ken Seibu, Ιαπωνία 1984

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1984

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6.9

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.5 – 0.6g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 5km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Φράγμα ύψους 105 m με πυρήνα που περιβάλλεται από λιθορριπή.

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκαν μετακινήσεις στα κατάντι του φράγματος, χωρίς όμως να προκληθούν σημαντικές βλάβες. Διαπιστώθηκαν μερικές ρωγμές στη λιθορριπή, αλλά καμία ρωγμή δεν έφτασε στον πυρήνα.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 94

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.19. Το φράγμα "Namioka" στο σεισμό Niconn kai Chyubu, Ιαπωνία 1983

Σεισμός:

Ημερομηνία : 26 Μαΐου, 1983 Ώρα : 12:00 a.m.

Μέγεθος : 7.7 Εστιακό Βάθος : 15 km

Μέγιστη ένταση : VII-VIII (MMI)

Μέγιστη επιτάχυνση : 0.25 g

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.094g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 141 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Φράγμα με πυρήνα που περιβάλλεται από λιθορριπή.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 95

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.20. Το φράγμα "Hongou" στο σεισμό Niconnκαι Chyubu, Ιαπωνία 1983

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.19.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.090g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 137 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Χωμάτινο φράγμα

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 96

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.21. Το φράγμα "Nagara" στο σεισμό Chiba-Touhouoki, Ιαπωνία 1987

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1987

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6.7

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.37g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 29 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:
Χωμάτινο φράγμα

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 97

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.22. Το φράγμα "Tanigama" στο σεισμό Hyogoken-Nanbu, Ιαπωνία 1995

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1995

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 7.2

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.58g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 8 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Χωμάτινο φράγμα

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 98

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.23. Το φράγμα "Tokiwa" στο σεισμό Hyogoken-Nanbu, Ιαπωνία 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.22.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.42g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:
Χωμάτινο φράγμα

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 99

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.24. Το φράγμα "Ohtani" στο σεισμό Hyogoken-Nanbu, Ιαπωνία 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.22.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.58g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 7 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Χωμάτινο φράγμα

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 100

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.25. Το φράγμα "Mitarai" στο σεισμό Kagoshima, Ιαπωνία 1997

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1997

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6.3

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.29g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 7 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Φράγμα με πυρήνα που περιβάλλεται από λιθορριπή.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 101

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.26. Το φράγμα "Kushikino" στο σεισμό Satsuma, Ιαπωνία 1997

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1997

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6.1

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.13g

Απόσταση φράγματος από το επίκεντρο: 19 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: —

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της στέψης λιγότερο από 0.5m

Περιγραφή της κατασκευής:

Φράγμα με πυρήνα που περιβάλλεται από λιθορριπή.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 102

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tani S.: "Consideration of the Earthquake Resistance of Large Fill Dams". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.2.27. Το χωμάτινο φράγμα "La Villita" στο σεισμό Michoacan του Μεξικού.

Σεισμός:

Ημερομηνία : 19 Σεπτεμβρίου, 1985

Μέγεθος (M_L) : 8.1

Απόσταση από το επίκεντρο: -

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Περίπου 0.25 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.20-0.30g$

Κατασκευή-Εδαφικό προφίλ:

Το φράγμα αποτελείται από αργιλικό πυρήνα και λιθοριπή. Κατασκευάστηκε στα μέσα της δεκαετίας του '60. Μεταξύ του επιχώματος και του βραχώδους υποστρώματος υπάρχει στρώμα από αλλούβια με πάχος που ποικίλλει και φτάνει τα 70 m.

Γεωμετρία-Γεωτεχνικά στοιχεία:

Το φράγμα έχει ύψος 60 m. Η γεωμετρία του φράγματος φαίνεται στο Σχ. 2.2.27.α. Η γωνία τριβής του επιχώματος εκτιμάται γύρω στις 38°.

Ανάδρομη ανάλυση:

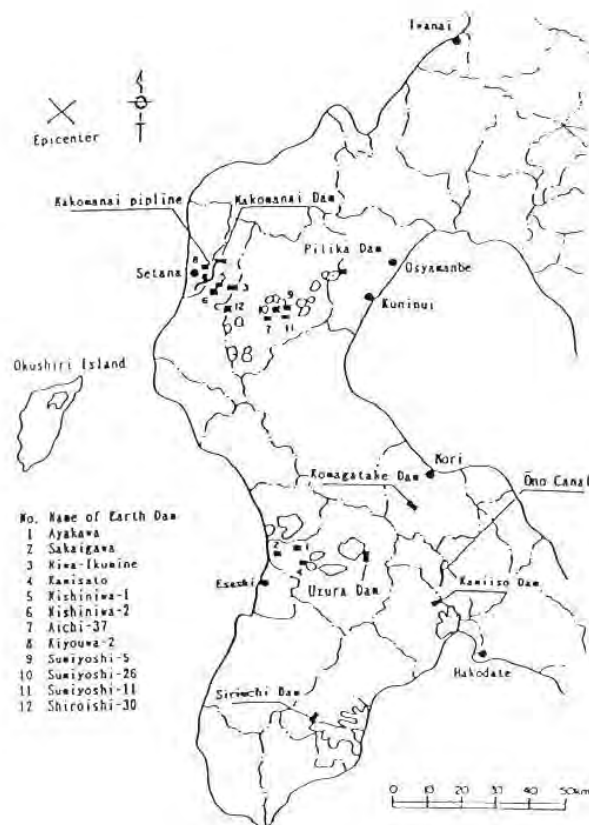
Η ανάδρομη ανάλυση έδειξε ότι η κρίσιμη επιτάχυνση ήταν περίπου ίση με 0.25g ενώ η μόνιμη μετακίνηση έφτασε τα 0.3 m. Αυτές οι τιμές είναι πολύ κοντά στις πραγματικές (0.20-0.30g και 0.25 m αντίστοιχα).

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 142

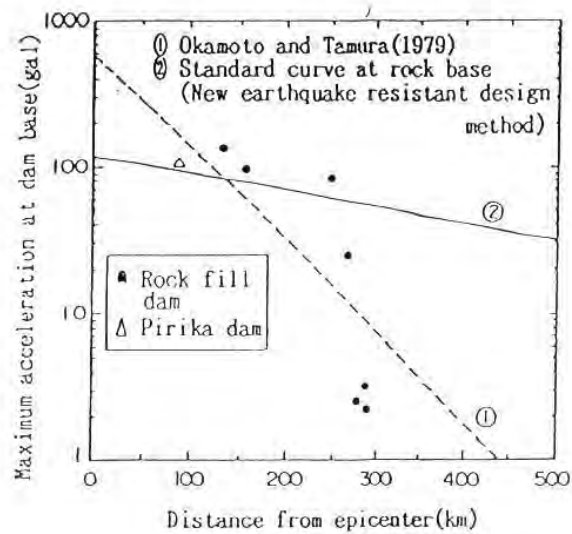
Σχήματα: 2.2.27.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

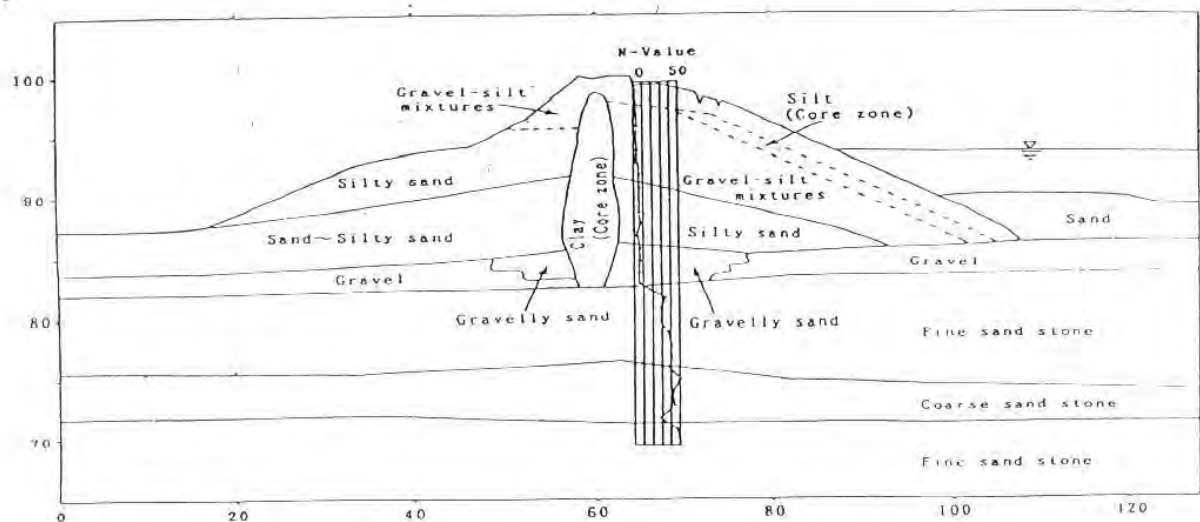
1. Gazetas G., Uddin N.: "Permanent deformation on preexisting sliding surfaces in dams", *Journal of Geotechnical Engineering*, 1994, Vol 120, No. 11, pp 2041-2061.



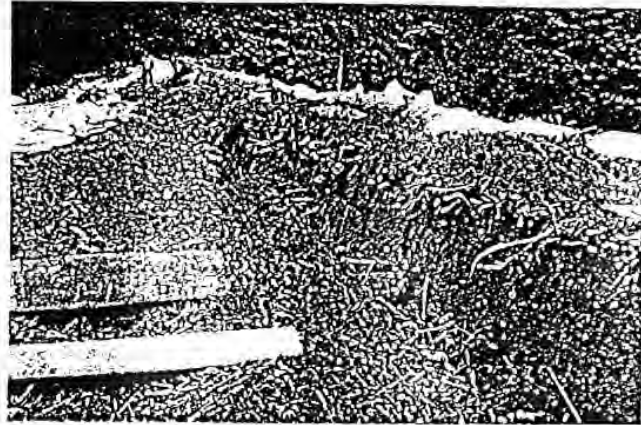
Σχ.2.2.2.α. Χάρτης του Βόρειου Hokkaido που δείχνει τις θέσεις των φραγμάτων (Tani, 1993)



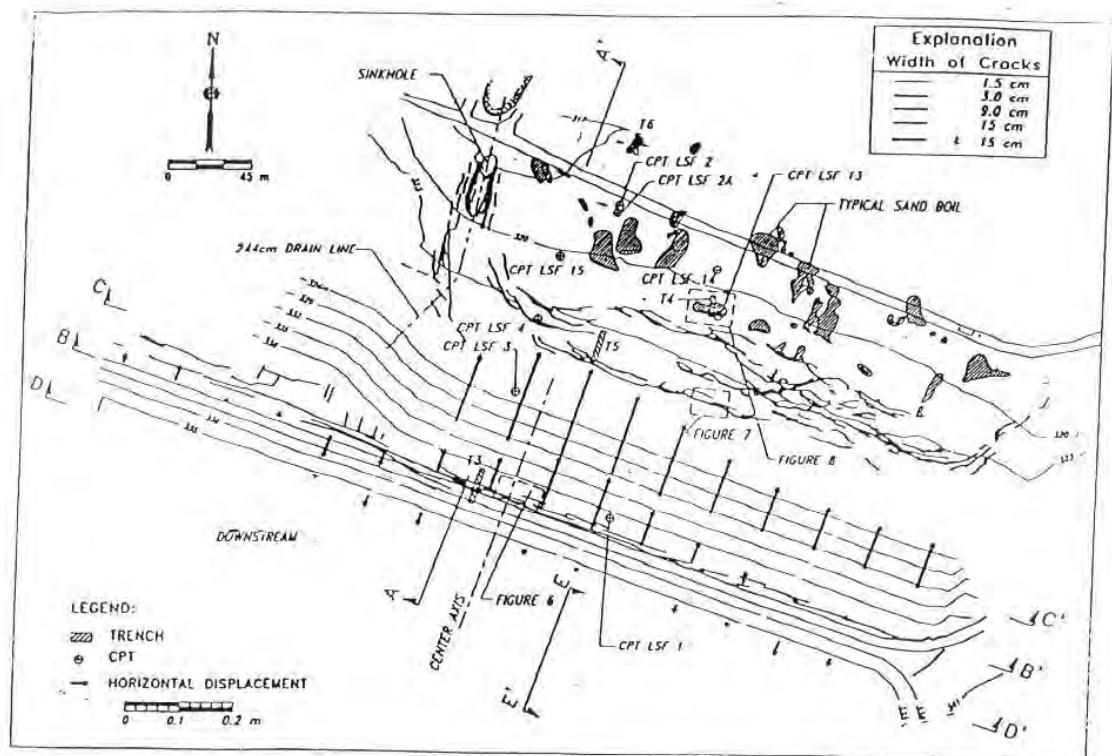
Σχ.2.2.2.β. Μέγιστες επιταχύνσεις στη βάση φραγμάτων (Tani, 1995)



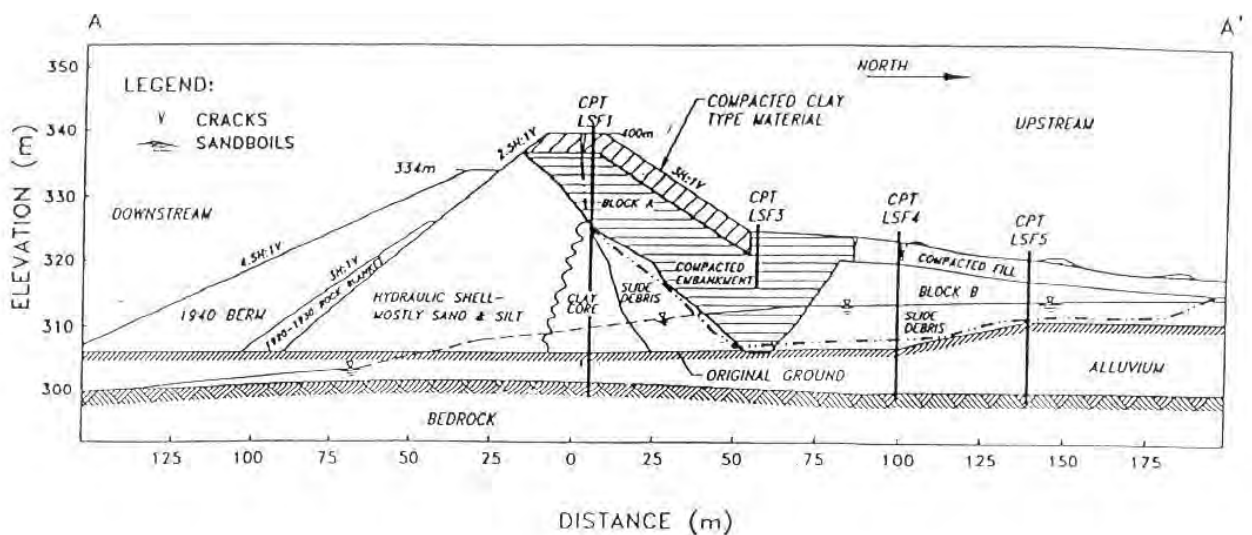
Σχ.2.2.2.γ. Τομή του φράγματος Niwa-Ikumine που παρουσίασε βλάβες από το σεισμό του Hokkaido Nansei-Oki το 1993 (Tani, 1993)



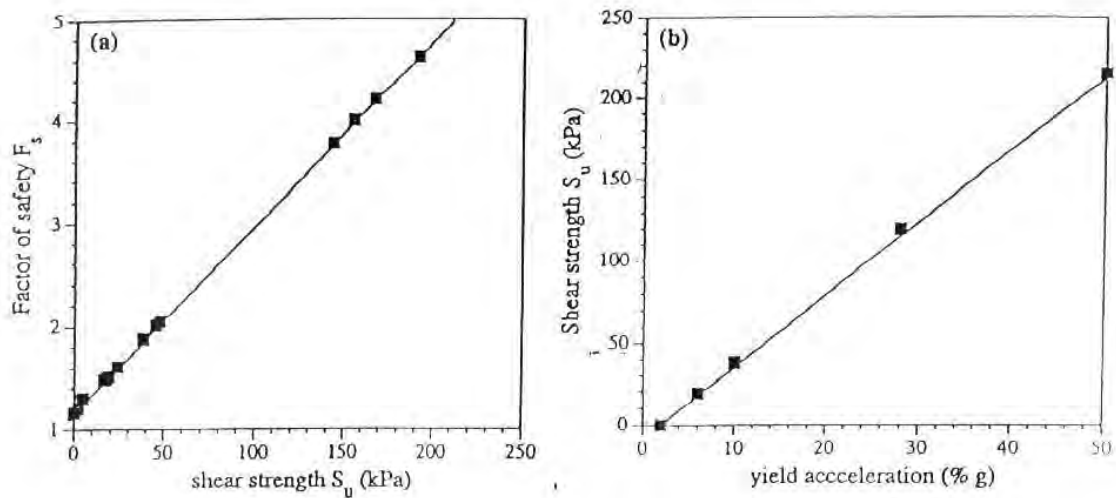
Σχ.2.2.2.δ. Βλάβη του φράγματος Niwa-Ikumine (Tani, 1993)



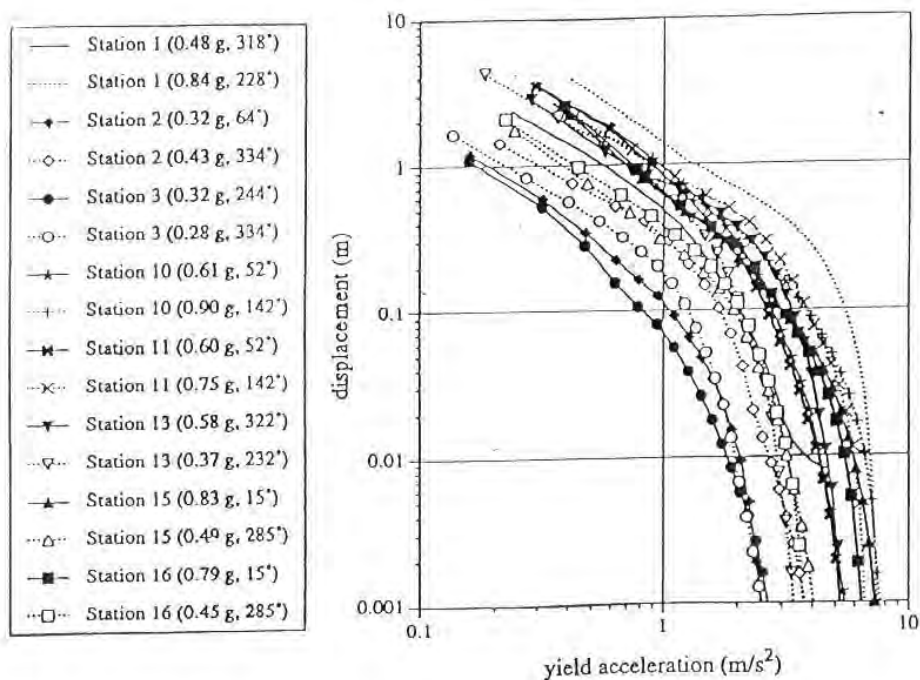
Σχ.2.2.3.α. Τοπογραφικός χάρτης του φράγματος Lower San Fernando με τη μετρηθείσα μετακίνηση και την θέση των επιτόπου ερευνών CPT (Davis et al., 1996)



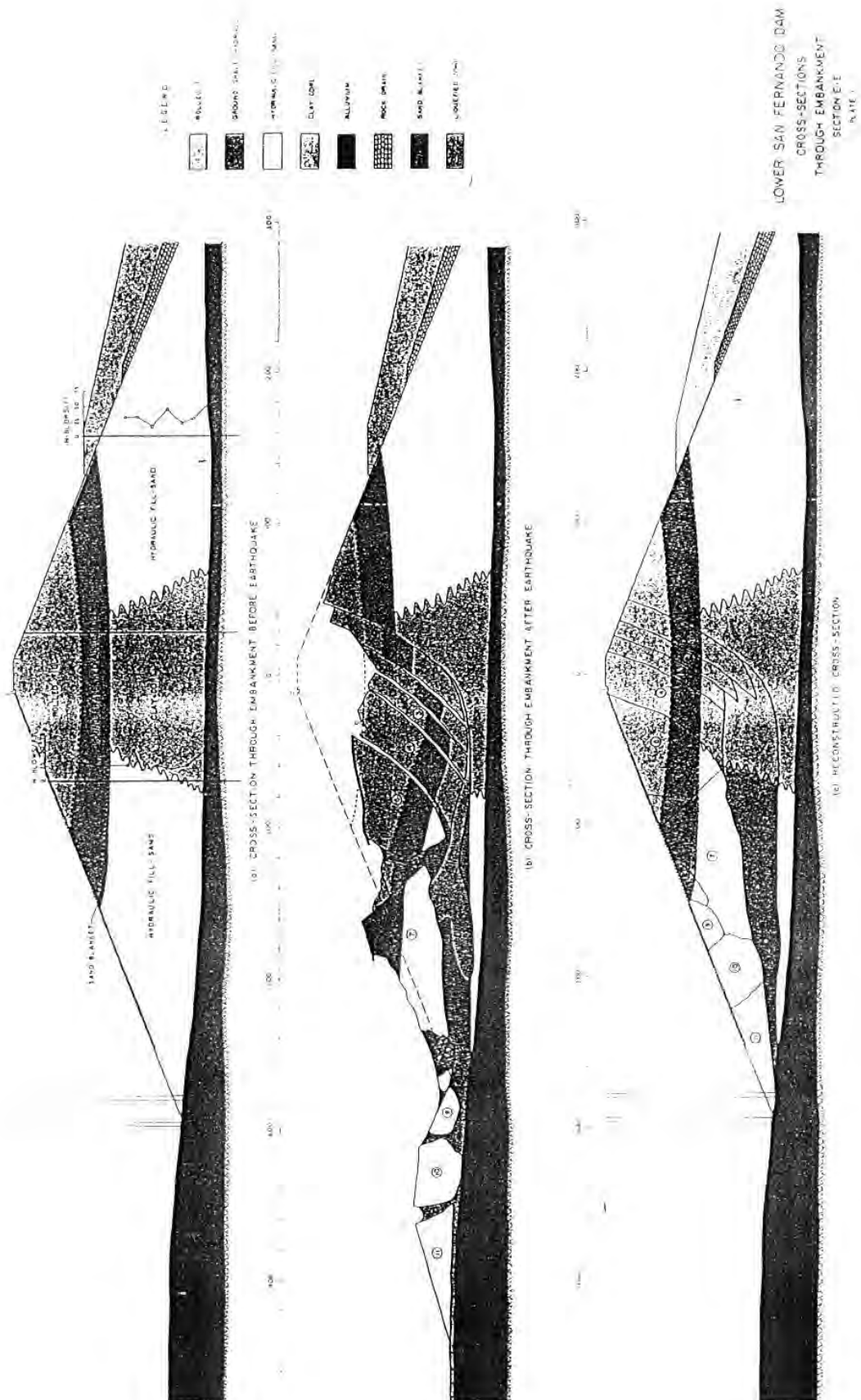
Σχ.2.2.3.β. Εγκάρσια τομή Α-Α' του φράγματος Lower San Fernando, θέση των δοκιμών CPT και επιφάνεια αστοχίας που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ευστάθειας του πρηνούς (Davis et al., 1996)



Σχ.2.2.3.γ. Μέση διατμητική αντοχή S_u στο hydraulic fill του Lower San Fernando Dam: (a) Διακύμανση του Συντελεστή Ασφαλείας F_s συναρτήσει της S_u στην στατική ανάλυση ευστάθειας, (b) Διακύμανση της S_u συναρτήσει της επιτάχυνσης αστοχίας που αντιστοιχεί σε μία μόνιμη μετακίνηση 15 cm (Davis et al., 1996)



Σχ.2.2.3.δ. Σχέση μεταξύ της επιτάχυνσης αστοχίας και της μέγιστης μετακίνησης για ανάλυση μάζας που ολισθαίνει κατά Newmark, υπολογισμένη από περιπτώσεις οριζόντιων επιταχύνσεων που καταγράφηκαν σε οκτώ σταθμούς του συγκροτήματος Van Norman Complex κατά τη διάρκεια του σεισμού του Northridge το 1994 (Davis et al., 1996)



Σχ.2.2.5.α. Φράγμα Lower San Fernando: τομή κατά μήκος του αναχώματος (Seed et al., 1975)

General approach (1)	Reference(s) (2)	Average undrained steady-state shear strength $S_{u,ss}$ (tsf) (3)	Average residual shear strength S_r (tsf) (4)	Comments (5)
Undrained lab testing	Castro et al. (1989) Castro et al. (1992)	0.305	—	Method A**
Undrained lab testing	Seed et al. (1989) Castro et al. (1992)	0.405	—	Method B**
Undrained lab testing	Vasquez-Herrera and Dobry (1989)	0.35	—	Remolded layered specimens and in situ void ratios
Undrained lab testing	Present study	0.37	—	Remolded layered specimens from $S_{u,ss}/\sigma'_{v,0} = 0.185$ and $\sigma'_{v,0} = 2$ tsf [Fig. 4(b)]
Undrained lab testing	Present study	0.31	—	Remolded layered specimens from $e = 0.72$ [Fig. 4(a)] and steady-state line [Fig. 5(b)]
Backfigured from 1971 flow slide	Seed (1987)	—	0.375	S_r at start of sliding [Fig. 1(a)]
Backfigured from 1971 flow slide	Seed et al. (1989) Seed and Harder (1990) Castro et al. (1993)	—	0.15–0.25	S_r at end of sliding [Fig. 1(b)]
Backfigured from 1971 flow slide	Davis et al. (1988) Castro et al. (1993)	—	0.22–0.32	Representative average of whole failure process [Figs. 1a and 1b]

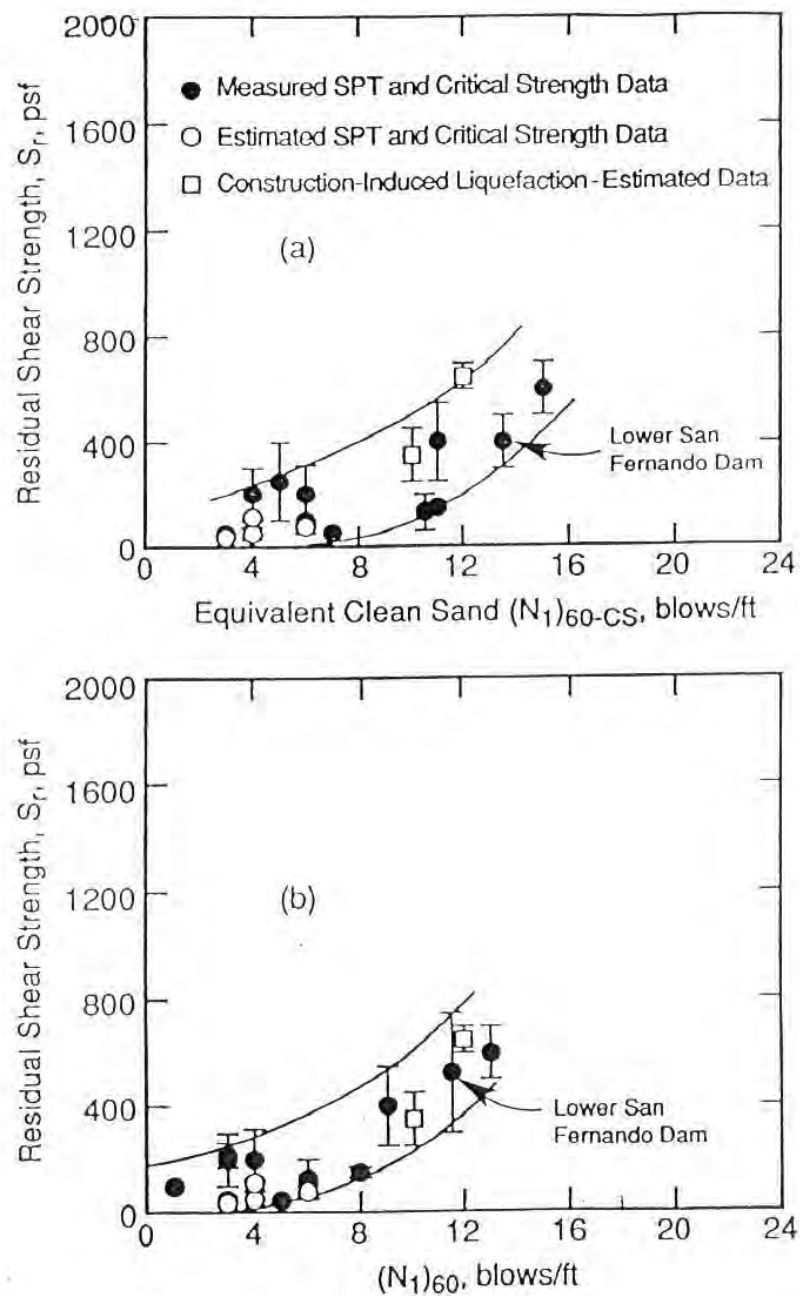
Note: 1 tsf = 95.76 kPa.

*Castro-Poulos-France (1982) procedure applied to the dam. Included steady-state strength determinations on remolded homogeneous specimens and undisturbed specimens; field density tests; in situ void ratio estimates from tube samples including corrections for changes during excavation and sampling; void ratio corrections for changes between 1971 and 1985 (year of field exploration); and statistical analyses of results to obtain average $S_{u,ss}$.

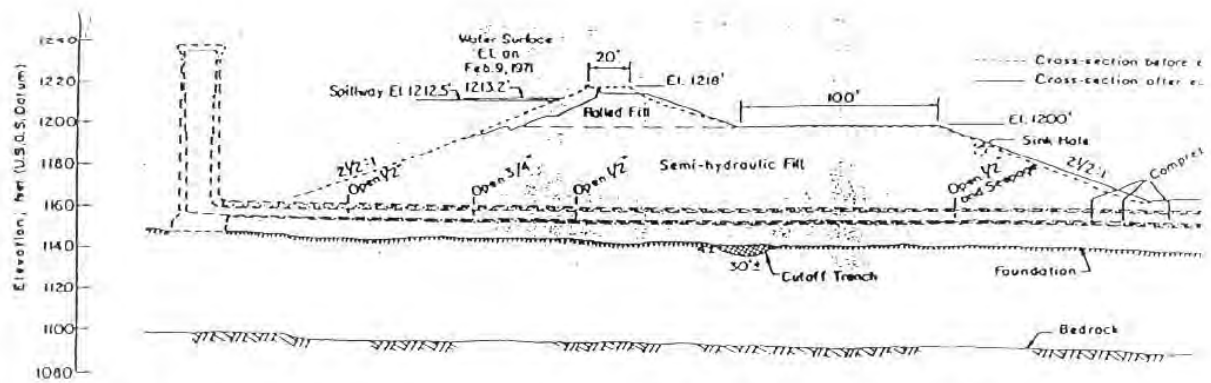
**Method A: Change of in situ void ratios between 1971 and 1985 estimated by Castro et al. (1989).

**Method B: Change of in situ void ratios between 1971 and 1985 estimated by Seed et al. (1989).

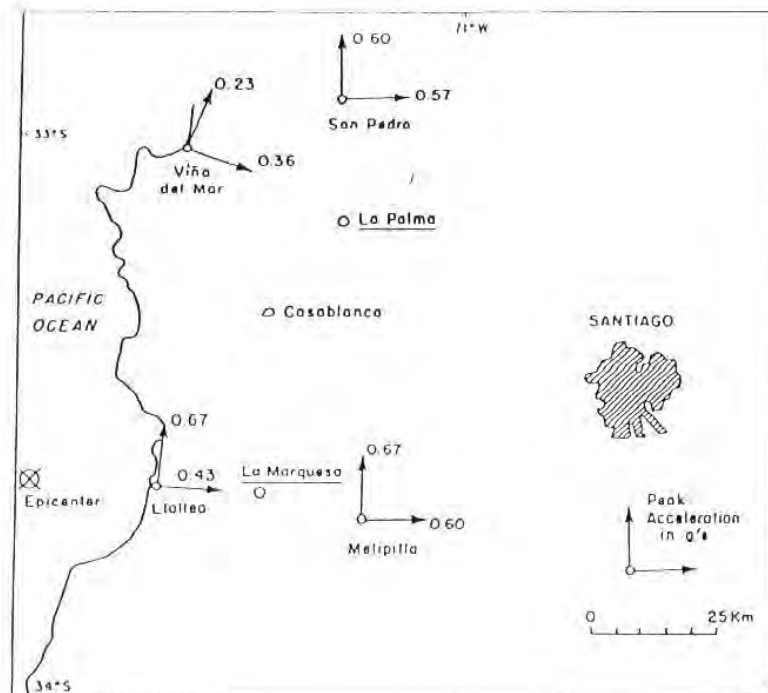
Σχ.2.2.5.β. Υπολογισμοί της παραμένουσας διατμητικής αντοχής, στο ανάντι τμήμα του φράγματος Lower San Fernando, σεισμός του 1971, από διάφορους ερευνητές από εργαστηριακές δοκιμές και ανάδρομες αναλύσεις (Baziar and Dobry, 1995)



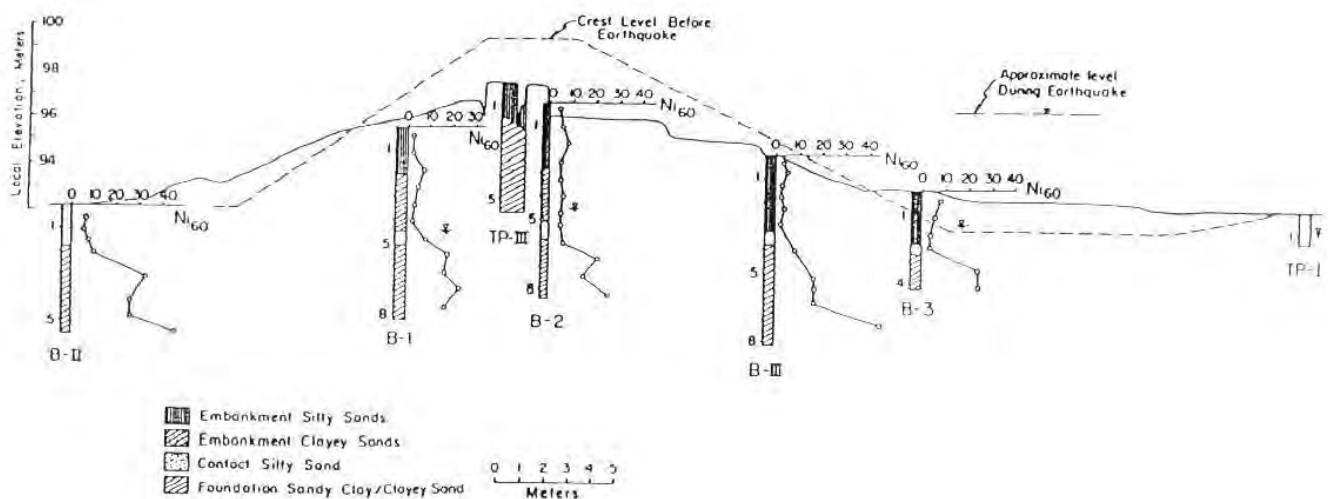
Σχ.2.2.5.γ. Προτεινόμενες σχέσεις μεταξύ παραμένουσας διατμητικής αντοχής και κανονικοποιημένης αντοχής SPT για καθαρές και ιλυώδεις άμμους και χαλίκια: (a) με διορθώσεις για λεπτόκοκκα (b) χωρίς διορθώσεις για λεπτόκοκκα (Baziar and Dobry, 1995)



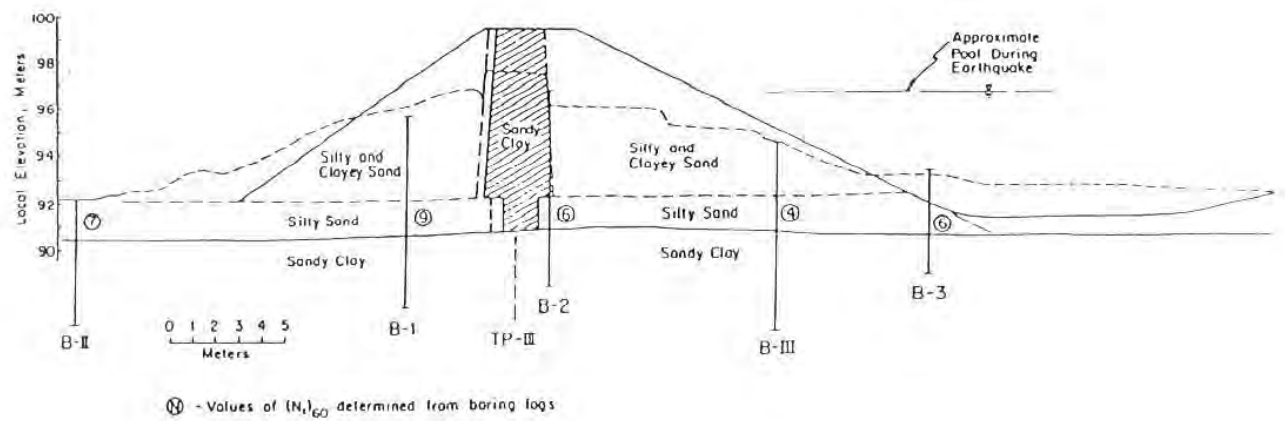
Σχ.2.2.6.α. Διατομή και σεισμική μετακίνηση του φράγματος Upper San Fernando (Seed et al., 1975)



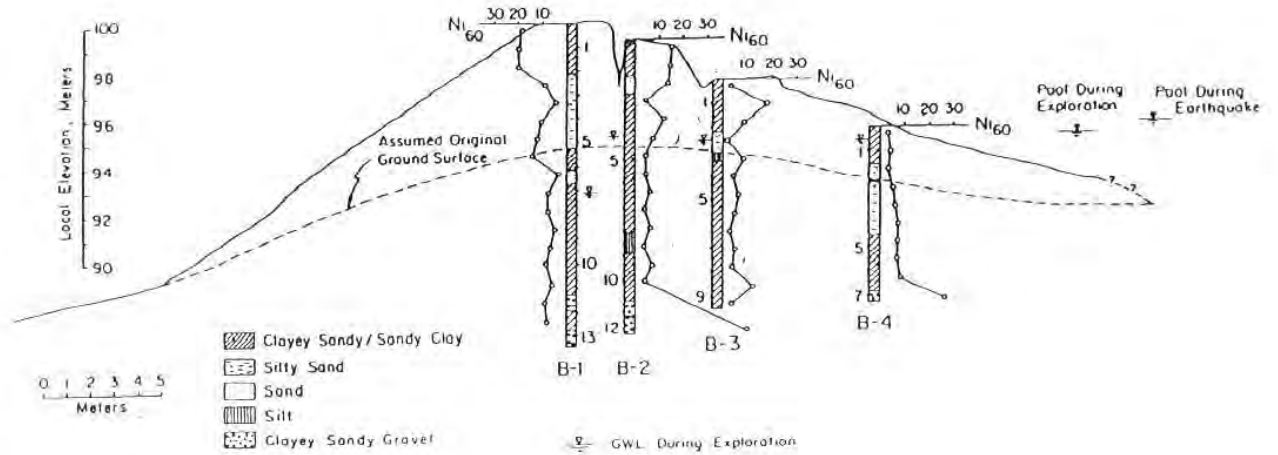
Σχ.2.2.9.α. Χάρτης της Κεντρικής Χιλής που δείχνει την επικεντρική περιοχή και τις μέγιστες επιταχύνσεις που έχουν καταγραφεί στο σεισμό την 3 Μαρτίου 1985 (De Alba et al., 1988)



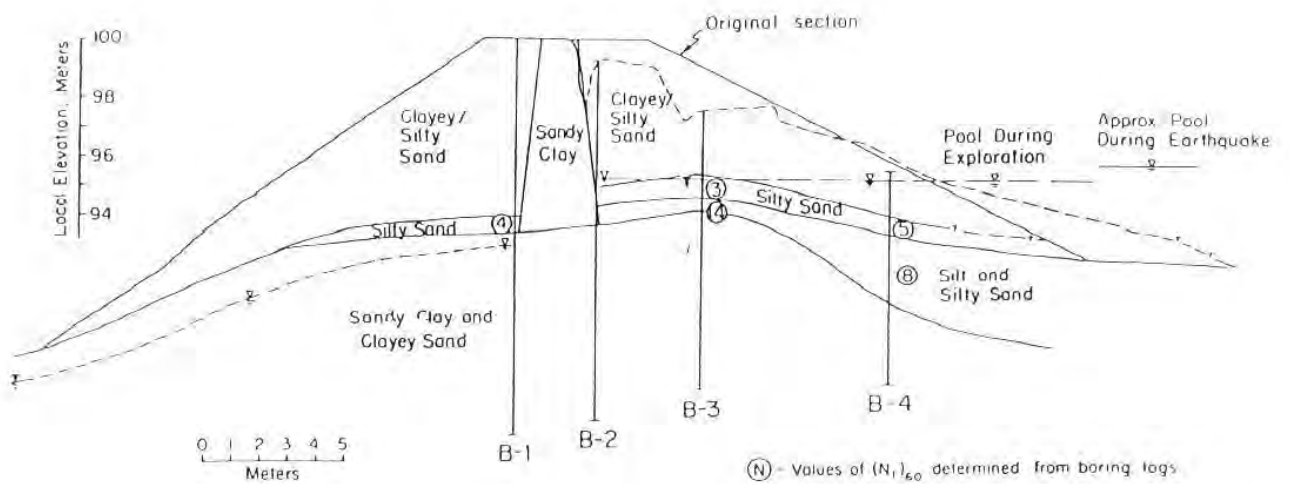
Σχ.2.2.9.β. Τομές μέσα σε ζώνη αστοχίας του αναχώματος La Marquesa (De Alba et al., 1988)



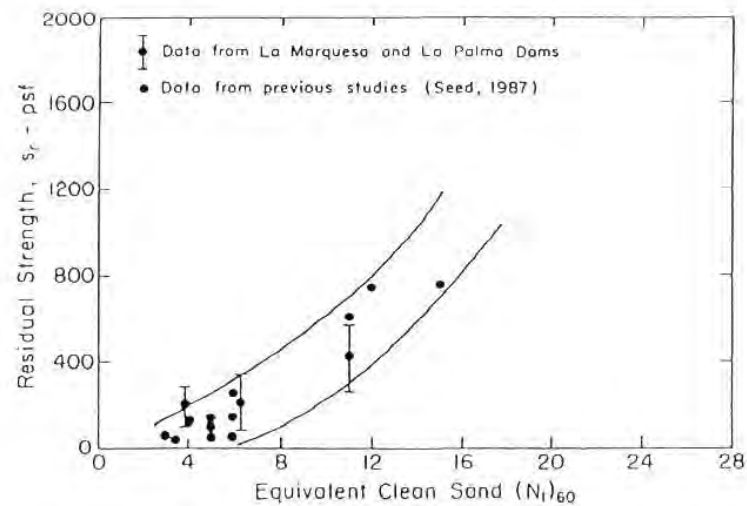
Σχ.2.2.9.γ. Ανακατασκευασμένη διατομή σε τμήμα του La Marquesa που έχει αστοχήσει (De Alba et al., 1988)



Σχ.2.2.10.α. Διατομή σε ζώνη αστοχίας και αποτελέσματα γεωτρήσεων του αναχώματος La Palma (De Alba et al., 1988)



Σχ.2.2.10.β. Ανακατασκευασμένη διατομή σε τμήμα του αναχώματος La Palma που έχει αστοχήσει (De Alba et al., 1988)

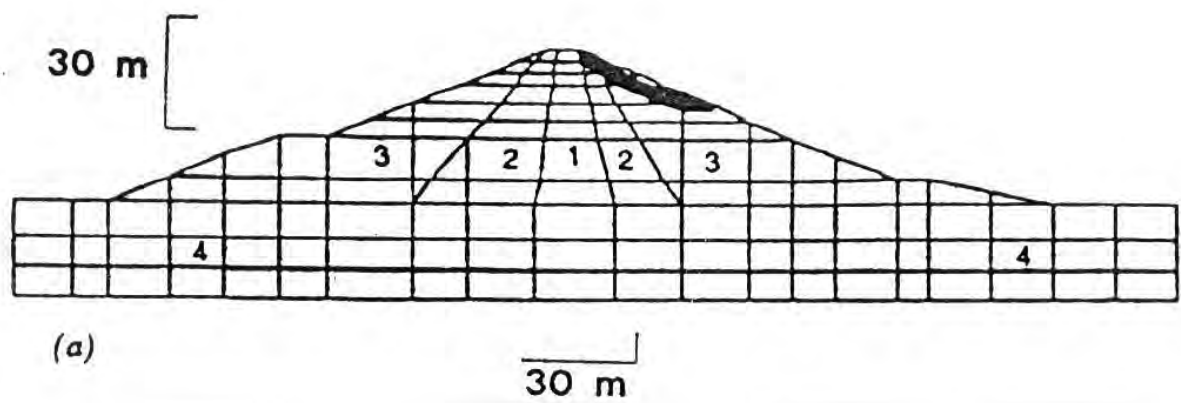


Σχ.2.2.10.γ. Σχέση μεταξύ παραμένουσας αντοχής και ισοδύναμη τιμή $(N_1)_{60}$ καθαρής άμμου (De Alba et al., 1988)

Sand layer (1)	$(N_1)_{60}$ (2)	Fines content (3)	Equivalent clean sand, $(N_1)_{60}$ (4)	Residual strength (psf) (5)
Base of upstream shell of La Marquesa Dam	≈ 4	≈ 30	≈ 6	76–340
Base of downstream shell of La Marquesa Dam	≈ 9	≈ 20	≈ 11	266–580
Base of upstream shell of La Palma Dam	≈ 3	≈ 15	≈ 4	120–300

Note: 1 psf = 0.0479 kPa.

Σχ.2.2.10.δ. Αποτελέσματα ανάδρομων αναλύσεων (De Alba et al., 1988)



Σχ. 2.2.27.α. Τομή του φράγματος “La Villita”, Μεξικό (Gazetas and Uddin, 1994)

2.3. Τοίχοι Αντιστήριξης

2.3.1. Ζημιές σε τοίχο βαρύτητας από άοπλο σκυρόδεμα στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 25 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (από Σχ. 2.3.1.γ.): 1 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 26

Σχήματα: 2.3.1.α.-2.3.1.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.2. Ζημιές σε τοίχους αντιστήριξης από ωπλισμένο σκυρόδεμα στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 13 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (Σχ. 2.3.2.α.) = 0.5 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 27

Σχήματα: 2.3.2.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.3. Ζημιές σε τοίχους αντιστήριξης από ωπλισμένο σκυρόδεμα στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 13 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (Σχ. 2.3.3.α.) = 1.0 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 28

Σχήματα: 2.3.3.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.4. Ζημιές σε τοίχους αντιστήριξης από ωπλισμένο σκυρόδεμα στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 25 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (Σχ. 2.3.4.α.) = 1.0 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 29

Σχήματα: 2.3.4.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.5. Ζημιές σε τοίχους αντιστήριξης από ωπλισμένο σκυρόδεμα στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 22 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 2 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (Σχ. 2.3.5.α.) = 0.3 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: ---

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 30

Σχήματα: 2.3.5.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.6. Τοίχος από ωπλισμένο σκυρόδεμα σε έδαφος ενισχυμένο με γεώπλεγμα (περιοχή GR1 στο Σχ. 2.3.1.γ.) στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 28 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια = 0.1 - 0.25 m

Κατακόρυφη = 0.15 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: ---

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 86

Σχήματα: 2.3.1.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.7. Τοίχος από ωπλισμένο σκυρόδεμα (περιοχή CL3 στο Σχ. 2.3.1.γ.) στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 28 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια = 0.1 - 0.2 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: —

Περιγραφή της αστοχίας:

Οι δύο τύποι τοίχου συμπεριφέρθηκαν πολύ καλά και μετακινήθηκαν περίπου το ίδιο. Αυτό οφείλεται στο ότι ο τοίχος από ωπλισμένο σκυρόδεμα στηριζόταν σε πασσάλους. Όμως το κόστος της κατασκευής ανά μέτρο μήκους του τοίχου από ωπλισμένο σκυρόδεμα ήταν 2 με 3 φορές μεγαλύτερο.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 87

Σχήματα: 2.3.1.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Nakagawa K., Shiono K., Inoue N., Sano M.: "Geological characteristics and problems in and around Osaka basin as a basis for assesment of Seismic Hazards", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 15-28.
2. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.8. Τοίχος από άοπλο σκυρόδεμα για σιδηροδρομικά επιχώματα, Γραμμή "J.R. Tokaido", Kobe στο σεισμό Hyogoken Nambu (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 14 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια = 1m

Κατακόρυφη = 1m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.27g

Συνθήκες υπεδάφους: άμμοι και χάλικες. Τιμή SPT 10

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 31

Σχήματα: 2.3.8.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.3.9. Αστοχία τοίχου αντιστήριξης στην ορεινή οδό προς Πάρνηθα, Αθήνα, Ελλάδα - Ο σεισμός της Πάρνηθας (Ελλάδα, 1999)

Σεισμός:

Μέγεθος: 5.9

Απόσταση από το επίκεντρο: 5 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση 0.5m

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 92

Σχήματα: 2.3.9.α., 2.3.9.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Protopotarios G., : "Πρώτα συμπεράσματα από το μεγάλο σεισμό της Αττικής (Κυρίως από τεχνικοσεισμολογικής και γεωτεχνικής άποψης). " Δελτίο ΣΠΜΕ, Τεύχος 267, Σεπτέμβριος 1999

2.3.10. Αστοχία τοίχου βαρύτητας κοντά στην είσοδο της σήραγγας Gan-Lin, στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ημερομηνία : 21 Σεπτεμβρίου, 1999

Μέγεθος : 7.3

Εστιακό βάθος : 7km

Μέγιστες επιταχύνσεις: 0.79 g

Απόσταση από το επίκεντρο: 25 km (βλ. Site 1, Σχ. 2.3.10.α.)

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (βλ. Σχ. 2.3.10.β.)

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.20 \text{ g} - 0.36 \text{ g}$

Περιγραφή της αστοχίας :

Το πάνω μέρος του τοίχου, ύψους 1.8 m, γλίστρησε κατά τη διάρκεια του σεισμού και έπεσε στο έδαφος (βλ. Σχ. 2.3.10.β.). Είναι πιθανό ότι η διατμητική αντοχή του σκυροδέματος του τοίχου δεν ήταν αρκετά μεγάλη ώστε να αντισταθεί στη δυναμική φόρτιση από το έδαφος και την αδρανειακή δύναμη του άνω τμήματος του τοίχου. Επίσης είναι πιθανό, η πλευρική εξάπλωση στο πρηνές (σαν αποτέλεσμα της σεισμικής δόνησης), να οδήγησε στην ολίσθηση του τοίχου.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 103

Σχήματα: 2.3.10.α., 2.3.10.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Yung-Show Fang et al.: "The behavior of Retaining Walls under 1999 Chi-Chi Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.3.11. Ανατροπή τοίχου βαρύτητας κοντά στο Του-Sheh, στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο: 7 km (βλ. Site 2, Σχ. 2.3.10.α.)

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.45 \text{ g}$

Περιγραφή της αστοχίας :

Το μήκος της αστοχίας ήταν περίπου 40m (βλ. Σχ. 2.3.11.β.). Από το Σχ. 2.3.10.α. φαίνεται ότι η περιοχή του τοίχου βρίσκεται κοντά στο επίκεντρο του σεισμού, γεγονός που εξηγεί τη δυνατή εδαφική κίνηση που προκάλεσε την ανατροπή του τοίχου. Η ανεπαρκής φέρουσα ικανότητα είναι επίσης μια πιθανή αιτία.

Περιγραφή της κατασκευής:

Ο τοίχος έχει ύψος 2.5m και πάχος 0.6m με τρύπες διαμέτρου 80mm ανά 2.5m.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 104

Σχήματα: 2.3.10.α., 2.3.11.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Yung-Show Fang et al.: "The behavior of Retaining Walls under 1999 Chi-Chi Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.3.12. Αστοχία τοίχου αντιστήριξης στο Lalu Resort, στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο: 13 km (βλ. Site 5, Σχ. 2.3.101.α.)

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση 1.3 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: -

Περιγραφή της αστοχίας (βλ. Σχ. 2.3.12.α.) :

Ο τοίχος, έχασε την ολική του ευστάθεια και αστόχησε κατά τη διάρκεια του σεισμού. Γλίστρησε πάνω στην πλαγιά όπου ήταν χτισμένος και μία επιφάνεια ολίσθησης σχηματίστηκε στο έδαφος πίσω από αυτόν. Στο σχήμα 2.3.12.γ. φαίνεται η καθίζηση και η ρηγμάτωση του καταστρώματος.

Περιγραφή της κατασκευής:

Ο τοίχος έχει ύψος 2m και ήταν χτισμένος πάνω σε πλαγιά.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 105

Σχήματα: 2.3.10.α., 2.3.12.α., 2.3.12.β., 2.3.12.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Yung-Show Fang et al.: "The behavior of Retaining Walls under 1999 Chi-Chi Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.3.13. Αστοχία τοίχου αντιστήριξης ενισχυμένου με γεώπλεγμα στο Εθνικό Πανεπιστήμιο του Chi-An (NCNU), στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο: 20 km (βλ. Site 6, Σχ. 2.3.10.α.)

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: –

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: -

Περιγραφή της αστοχίας (βλ. Σχ. 2.3.13.β.) :

Οι δύο δρόμοι στα δεξιά είναι για την είσοδο της κυκλοφορίας στο Εθνικό Πανεπιστήμιο του Chi-An και οι δύο δρόμοι αριστερά για την έξοδο της κυκλοφορίας από αυτό. Ο τοίχος στήριζε απότομα πρηνή κοντά στο δρόμο και αστόχησε κατά τη διάρκεια του σεισμού. Οι δρόμοι εισόδου της κυκλοφορίας "θάφτηκαν". Στο Σχ. 2.3.14.β. φαίνονται οι λωρίδες ενίσχυσης και το υλικό που κατολίσθησε.

Ρευστοποίηση: Όχι

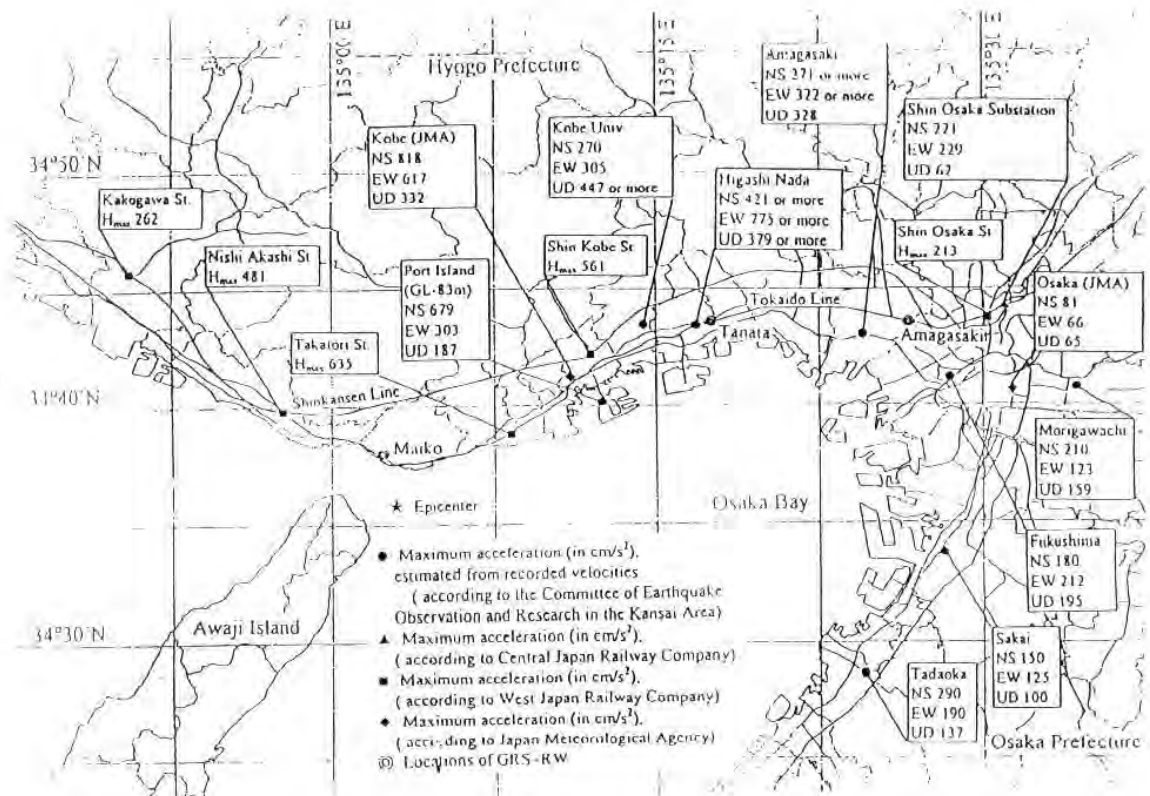
Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 117

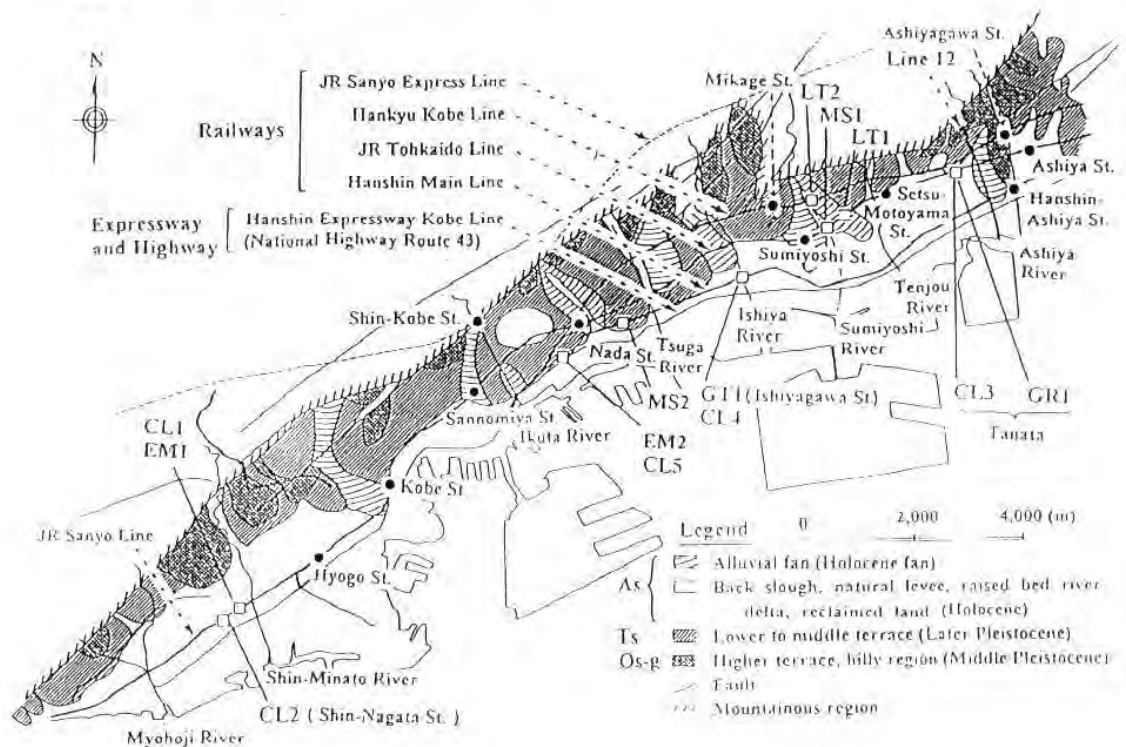
Σχήματα: 2.3.10.α., 2.3.13.α., 2.3.13.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

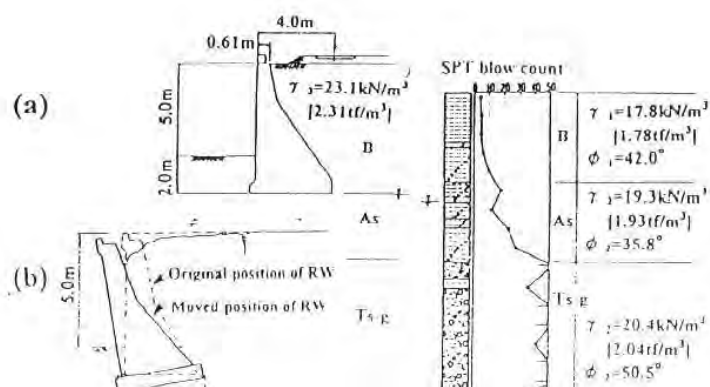
1. Yung-Show Fang et al.: "The behavior of Retaining Walls under 1999 Chi-Chi Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.



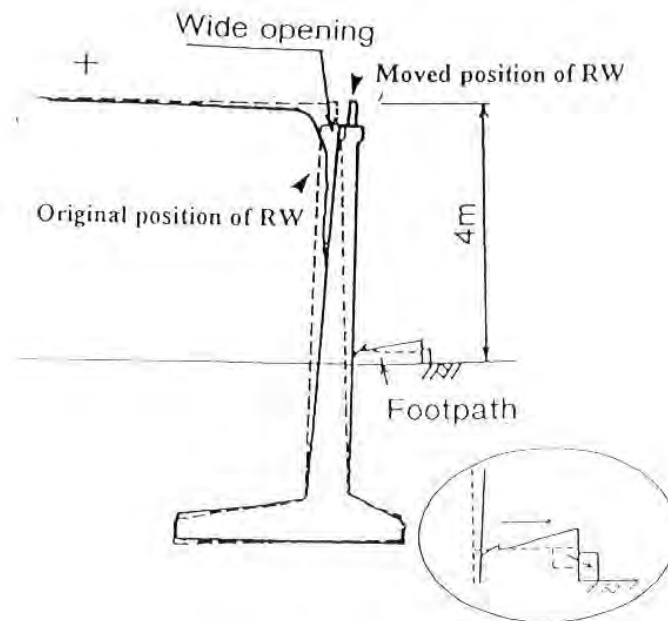
Σχ.2.3.1.α. Επίκεντρο και καταγεγραμμένες μέγιστες τιμές επιταχύνσεων (Tatsuoka et al., 1996)



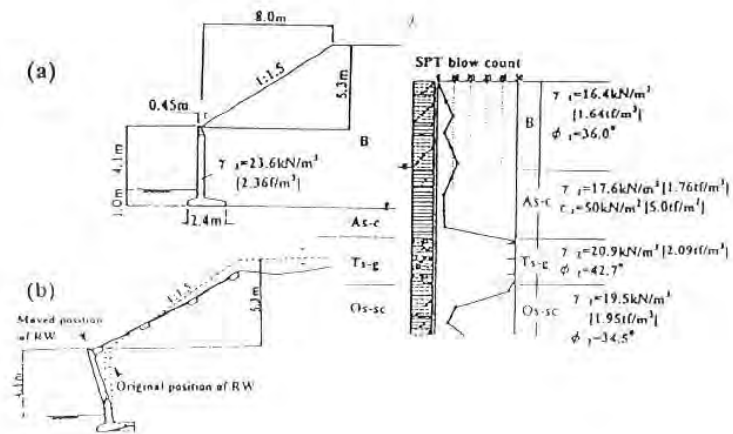
Σχ.2.3.1.β. Εδαφικές συνθήκες και θέσεις τοίχων αντιστήριξης (Tatsuoka et al., 1996)



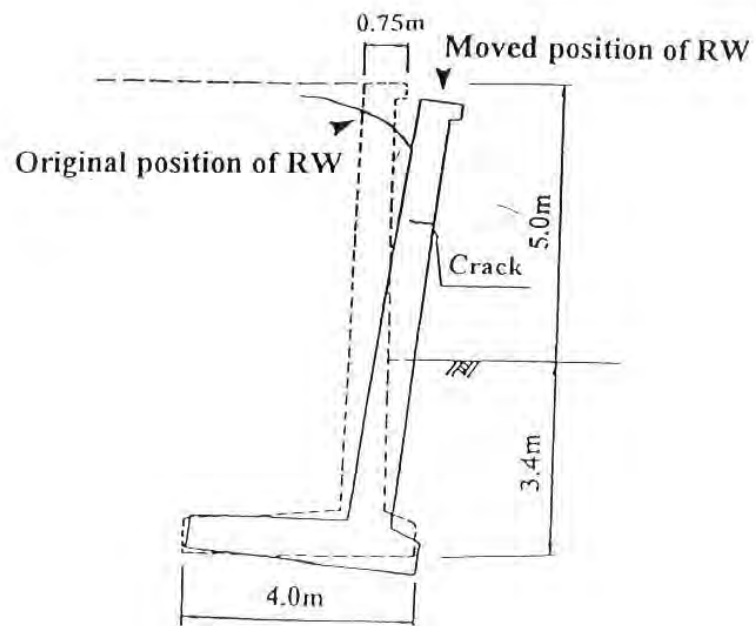
Σχ.2.3.1.γ. Τυπική βλάβη σε τοίχους βαρύτητας από άοπλο σκυρόδεμα: ανάχωμα για την κύρια γραμμή του σιδηρόδρομου Hanshin, παρακείμενης στο σταθμό Ishiyagawa (θέση GT1 στο Σχ. 2.3.1.β.): (α) τομή και (β) σχέδιο (Tatsuoka et al., 1996)



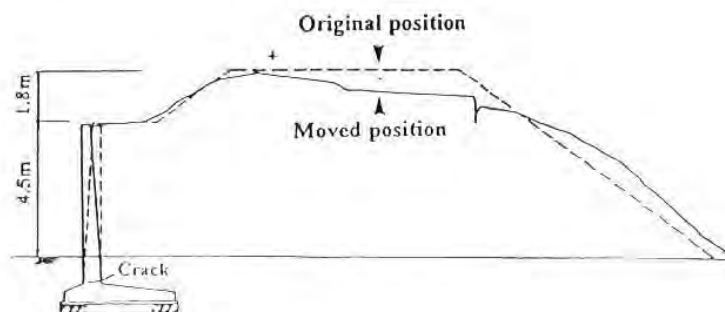
Σχ.2.3.2.α. Τυπική βλάβη σε τοίχο με πρόβολο - Ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Sanyo μεταξύ των σταθμών Hyogo και Shin-Nagata (Tatsuoka et al., 1996)



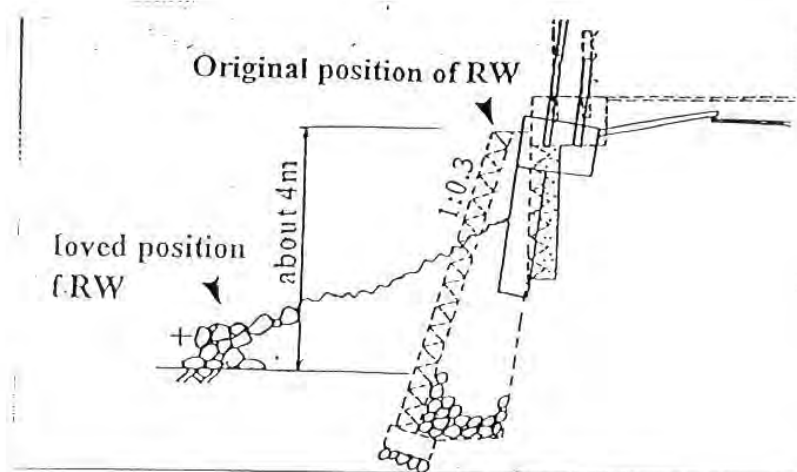
Σχ.2.3.3.α. Αστοχία ενός τοίχου με πρόβολο - Ανάχωμα του σταθμού JR Shin-Nagata (a) τομή και (b) μετακίνηση (Tatsuoka et al., 1996)



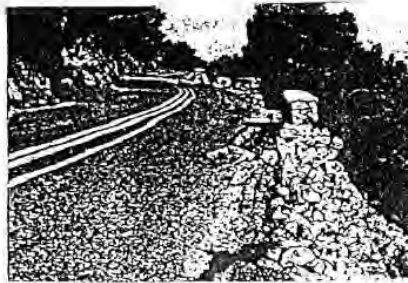
Σχ.2.3.4.α. Βλάβη σε τοίχο με πρόβολο: ανάχωμα για την κύρια γραμμή του σιδηρόδρομου Hanshin Railway Co. παρακείμενης στο σταθμό Ishiyagawa (Tatsuoka et al., 1996)



Σχ.2.3.5.α. Βλάβη σε τοίχο-πρόβολο: ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Tokaido line μεταξύ του Higashi-Nada και του Kobekou (Tatsuoka et al., 1996)



Σχ.2.3.8.α. Βλάβη τοίχου από λιθοδομή, Γραμμή "J.R. Tokaido", Kobe στο σεισμό Hyogoken Nambu (Tatsuoka et al., 1996)



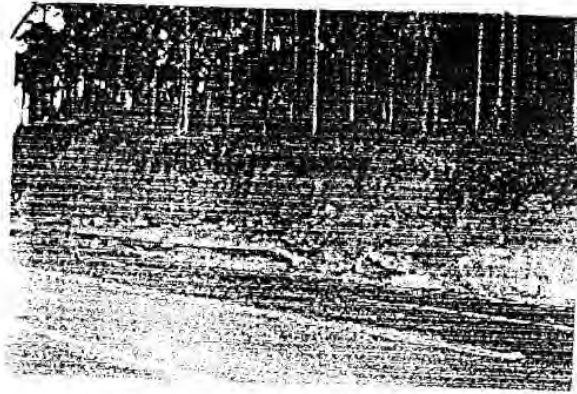
Σχ.2.3.9.β. Αστοχία τοίχου αντιστήριξης στην Ορεινή Οδό προς Πάρνηθα στο σεισμό της Πάρνηθας (Protonotarios, 1999)



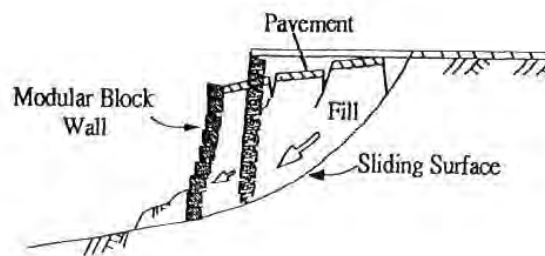
Σχ.2.3.10.α. Χάρτης με τις θέσεις που μελετήθηκαν (Yung-Show Fang et al., 2001)



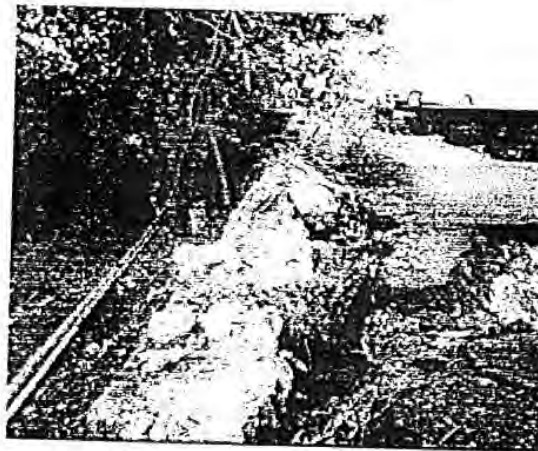
Σχ.2.3.10.β. Ολίσθηση και πτώση του τοίχου αντιστήριξης (Yung-Show Fang et al., 2001)



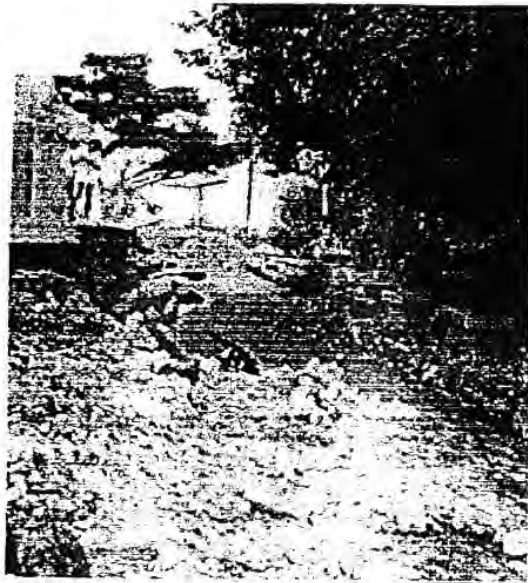
Σχ.2.3.11.α. Ανατροπή του τοίχου αντιστήριξης (Yung-Show Fang et al., 2001)



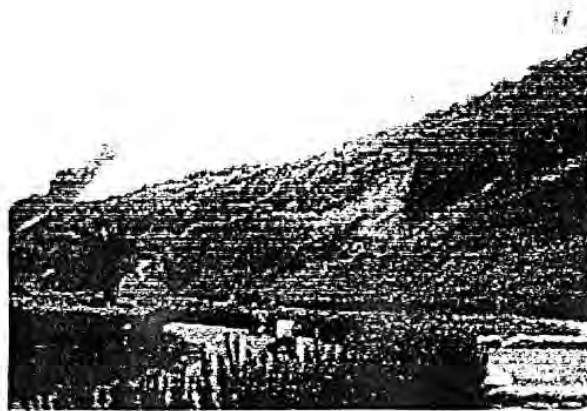
Σχ.2.3.12.α. Επιφάνεια αστοχίας του πρανούς (Yung-Show Fang et al., 2001)



Σχ.2.3.12.β. Ολίσθηση τοίχου χτισμένου σε πλαγιά (Yung-Show Fang et al., 2001)



Σχ.2.3.12.γ. Καθίζηση και ρηγμάτωση του καταστρώματος (Yung-Show Fang et al., 2001)



Σχ.2.3.13.α. Αστοχία ενισχυμένου με γεώπλεγμα τοίχου αντιστήριξης (Yung-Show Fang et al., 2001)



Σχ.2.3.13.β. Λωρίδες ενίσχυσης και υλικό πλήρωσης (Yung-Show Fang et al., 2001)

2.4. Επιχώματα

2.4.1. Ζημιές στα σιδηροδρομικά επιχώματα μεταξύ Kaganuma-Gojikkoku στο σεισμό του Kushiro-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 15 Ιανουαρίου, 1993 Ωρα : 20:06
Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 7.8
Εστιακό Βάθος : 107 km (η εσωτερική τεκτονική πλάκα του Ειρηνικού περνάει κάτω από την τεκτονική πλάκα της Βορείου Αμερικής)
Μέγιστες επιταχύνσεις : 0.36 g - 0.51 g εντός ακτίνας 100 km από το επίκεντρο.
Επίκεντρο : στη θάλασσα

Απόσταση από το επίκεντρο: 50 - 100 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: \approx καθίζηση 0.5 m (βλ. Σχ. 2.4.1.α.)

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.20 \text{ g} - 0.36 \text{ g}$

Γενικά Φαινόμενα:

Αστοχία και/ή καθίζηση σιδηροδρομικών αναχωμάτων πάνω σε μαλακά εδάφη (πεδιάδες ή υγρές κοιλάδες)

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 18

Σχήματα: 2.4.1.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Kaneko M, Sasaki Y., Nishikawa J., Nagase M., Mamiya K.: "River Dike Failure in Japan by Earthquakes in 1993", Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol I, pp 495-498.
2. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554.

2.4.2. Επιχώματα του ποταμού "Kushiro", στο σεισμό του Kushiro-Oki, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 25 - 30 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οι τιμές των μετακινήσεων που παρατηρήθηκαν πιο συχνά ήταν οριζόντια μετατόπιση περίπου 3 m συνοδευόμενη από καθίζηση της τάξης των 2 m.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.7 \text{ g} - 0.9 \text{ g}$ (Τοπικός μετεωρολογικός σταθμός του Kushiro)
 $a_m = 0.35 \text{ g} - 0.50 \text{ g}$ (εντός ακτίνας 100 km από το επίκεντρο)

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκαν αστοχίες των παρόχθιων επιχωμάτων σε μήκος 10 km (συνολικό μήκος στο οποίο έχουν σημειωθεί βλάβες)

Οι ζημιές προκλήθηκαν από την ρευστοποίηση μέρους του αμμόδους επιχώματος που βυθίστηκε μέσα στο υποκείμενο αλλούβιο στρώμα τύρφης. Αυτό το μέρος του αμμόδους επιχώματος βρισκόταν κάτω από την στάθμη των υπογείων υδάτων. Η βύθιση του αμμόδους επιχώματος οφείλετο ενδεχομένως στην στερεοποίηση του στρώματος τύρφης υπό το βάρος του επιχώματος.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Παρούσα έκθεση: $C_u=4$ kPa ($\varphi=0$) και $\varphi=4^\circ$ ($C_u=0$).

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 20

Σχήματα: 2.4.2.α. – 2.4.2.ζ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Kaneko M, Sasaki Y., Nishikawa J., Nagase M., Mamiya K.: "River Dike Failure in Japan by Earthquakes in 1993", Proceedings: *Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, Vol I, pp 495-498.
2. Sasaki Y., Tamura K., Yamamoto M., Ohbayashi J.: "Soil improvement work for river embankment damaged by the 1993 Kushiro-Oki Earthquake", *Earthquake Geotechnical Engineering* (Balkema, Rotterdam, 1995), pp 43-48.

2.4.3. Ζημιές σε επιχώματα σε φυσικά πρανή στο σεισμό του Kushiro-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 50-70 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 50 cm

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.35 g - 0.40 g

Περιγραφή της αστοχίας:

- Αστοχίες πρανών επιχωμάτων με αποτέλεσμα την κατάρρευση σπιτιών και αγωγών αποχέτευσης.
- Τα επιχώματα είχαν κατασκευαστεί στη δεκαετία του 80' με αφαίρεση εδάφους από φυσικά πρανή και επίχωση βαλτωδών περιοχών κάτω από το πόδι των πρανών αυτών.
- Η ρευστοποίηση συνέβαλε στην αστοχία των πρανών.
- Η αστοχία πρανών συνέβη μόνο σε περιοχές όπου είχαν κατασκευαστεί επιχώματα.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 37

Σχήματα: 2.4.3.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554

2.4.4. Ζημιές σε έργα αγροτικής υποδομής στο σεισμό του Kushiro-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.1.

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 5 από τις 7 περιπτώσεις αφορούσαν ελαφρές ζημιές (3-5 cm διαφορικές καθιζήσεις στο οδόστρωμα και ρωγμές)

2 από τις 7 περιπτώσεις αφορούσαν μεγάλες ζημιές (το έδαφος υποχώρησε μέχρι 2 m)

Αγωγοί άρδευσης:

Σπάσιμο βαλβίδων, αποχωρισμός αγωγών

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 128

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554

2.4.5. Ζημιές στα σιδηροδρομικά επιχώματα μεταξύ Kaganuma και Gojikkoku στο σεισμό του Hokkaido-toho-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 1994

Μέγεθος : 8.1

Μέγιστες επιταχύνσεις : 0.36 g - 0.51 g εντός ακτίνας 100 km από το επίκεντρο.

Απόσταση από το επίκεντρο: 225 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εδαφικές συνθήκες: Μαλακό έδαφος. Τιμή SPT 10

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 0.2 m κατακόρυφη μετακίνηση

Μέγιστη επιτάχυνση: 0.34 g

Γενικά φαινόμενα

Αστοχία πρανών, καθίζηση επιχωμάτων (δρόμοι, σιδηρόδρομοι, γέφυρες) πάνω σε μαλακά εδάφη. Το Σχ. 2.4.5.α. δείχνει την καθίζηση του επιχώματος σιδηροδρομικής γραμμής (βλ. Σχ. 2.4.1.α. με παρόμοια αστοχία στην ίδια περιοχή κατά τον σεισμό του Kushiro-oki).

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 19

Σχήματα: 2.4.5.α

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554.

2.4.6. Ζημιές σε επιχώματα δρόμων στο Bekkai στο σεισμό του Hokkaido-toho-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.5

Απόσταση από το επίκεντρο: 225km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 1 m κατακόρυφη μετακίνηση

Μέγιστη εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.34 g

Εδαφικές συνθήκες: Μαλακό έδαφος με υγρές κοιλάδες υπεδάφους. Τιμή SPT 10

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 21

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554

2.4.7. Ζημιές στα επιχώματα στις όχθες του ποταμού Shiribeshi-Toshibetsu στο σεισμό του Hokkaido Nansei-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 75 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Καθίζηση στην κορυφή: 3 m

Οριζόντια μετακίνηση προς την πλευρά του νερού: 3 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.13 \text{ g} - 0.22 \text{ g}$

Γενικά φαινόμενα

Αστοχία των επιχωμάτων στις όχθες του ποταμού λόγω ρευστοποίησης.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 22

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Kaneko M, Sasaki Y., Nishikawa J., Nagase M., Mamiya K.: "River Dike Failure in Japan by Earthquakes in 1993", *Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, 1995, University of Missouri, Rolla, Vol I, pp 495-498.

2.4.8. Ζημιές σε επιχώματα κατά μήκος της γραμμής JR Tokaido μεταξύ Higashi-Nada και Kobekou στο σεισμό του Hyogoken-Nambu (Kobe , Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση επιχωμάτων από το επίκεντρο: 22 km

Απόσταση επιχωμάτων από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 2 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Κατακόρυφη μετακίνηση: 0.75 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: --

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 23

Σχήματα: 2.3.1.α. - 2.3.1.γ., 2.4.8.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.4.9. Ζημιές σε επιχώματα κατά μήκος της γραμμής JR Tokaido μεταξύ των σταθμών Hyogo και Shin-Nagata στο σεισμό του Hyogoken-Nambu (Kobe , Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση επιχωμάτων από το επίκεντρο: 13 km

Απόσταση επιχωμάτων από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 3 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: --

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 91

Σχήματα: 2.4.9.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Tatsuoka F., Tateyama M., Koseki J.: "Performance of soil retaining walls for railway embankments", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japan Geotechnical Society, pp 311-324.

2.4.10. Αστοχία επιχώματος γέφυρας στο σεισμό της Κοζάνης-Γρεβενών (Ελλάδα)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 13 Μαΐου, 1995 Ωρα : 11:47 πμ (τοπική ώρα)
Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6.6
Εστιακό βάθος : 9 km

Απόσταση επιχώματος από το επίκεντρο: 17 km

Απόσταση επιχώματος από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 4 - 5 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Καθίζηση : 1 - 2 m
Οριζόντια : 0.8 - 2 m
Εκτιμώμενη επιτάχυνση : 0.144 g (στάθμη: 13.80 m, βλ. Σχ. 2.4.10.α.)

Περιγραφή της αστοχίας:

Η αστοχία του επιχώματος προκλήθηκε από την ρευστοποίηση του στρώματος ιλυώδους άμμου (στρώμα "SM" στο Σχ. 2.4.10.α.). Αυτό προκύπτει από παρατηρήσεις υπαίθρου (κρατήρες άμμου, υπερπίεση πόρων στο ιλυώδες στρώμα άμμου) και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας.

Εργαστηριακές δοκιμές:

Αστράγγιστες τριαξονικές δοκιμές με στερεοποίηση (CU) έδωσαν τιμές S_{us} από 25.2 έως 31.8 kPa (μέση τιμή: 28.5 kPa) για δείγμα που πάρθηκε από το στρώμα "SM" της ιλυώδους άμμου (βλ. Σχ. 2.4.10.δ., $S_{us} = q_s \cos \phi_{us}$). Επομένως, οι δύο παραπάνω μέθοδοι προσδιορισμού της S_{us} συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό.

Επιτόπου δοκιμές:

Για το στρώμα "SM": $N_{SPT}=18 \rightarrow N_1(60) = 14$

Από το Σχ. 2.4.10.γ. προκύπτει ότι η αστράγγιστη παραμένουσα αντοχή S_{us} είναι μεταξύ 16 και 39 kPa (μέση τιμή: 26 kPa) για $N_1(60) = 14$.

Ανάλυση:

Οι οριζόντιες μόνιμες μετακινήσεις υπολογίσθηκαν με την μέθοδο του "sliding block" του Newmark. Η κρίσιμη επιτάχυνση του επιχώματος εκτιμήθηκε δια μέσου δισδιάστατης ανάλυσης ευστάθειας πρανών ($K_c = 0.325$ g) και αντιστοιχεί στην έναρξη της κίνησης πριν την ρευστοποίηση του στρώματος "SM" της ιλυώδους άμμου. Μετά την ρευστοποίηση και κατά την διάρκεια της κίνησης, η κρίσιμη επιτάχυνση του μοντέλου του "sliding block" του Newmark εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$K_{cg} = [(S_{us}/\sigma'_v) - \tan \beta]g \quad (1)$$

, S_{us}/σ'_v λαμβάνεται από την τριαξονική δοκιμή (CU).

Οι υπολογισθείσες μόνιμες οριζόντιες μετακινήσεις ($u_{r \max}$) εκφράζονται σε συνάρτηση με τον λόγο K_c/K_m στο Σχ. 2.4.10.ε.

Τα επιταχυνσιογραφήματα που παρήχθησαν από μονοδιάστατη ανάλυση σεισμικής απόκρισης (με τη χρήση του προγράμματος Shake-91) των εδαφικών στρωμάτων, χρησιμοποιώντας ένα συνθετικό επιταχυνσιογράφημα του σεισμού για την προσομοίωση της ισχυρής δόνησης στο βραχώδες υπόβαθρο, χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό των μετακινήσεων με τη μέθοδο "sliding block". Όμως, με τη χρήση των παραπάνω επιταχυνσιογραφημάτων δεν δύναται να ληφθεί υπόψη η ρευστοποίηση του στρώματος "SM" της ιλυώδους άμμου αφού η μονοδιάστατη ανάλυση αδυνατεί να λάβει υπόψη την μη-γραμμική συμπεριφορά της ιλυώδους άμμου κατά τη διάρκεια της ρευστοποίησης της. Επομένως, χρησιμοποιήθηκε ένα πραγματικό επιταχυνσιογράφημα από το σεισμό του Kobe (1995) κανονικοποιημένο στην τιμή της οριζόντιας επιτάχυνσης των 0.144 g (η οποία αντιστοιχεί στη μέγιστη επιτάχυνση του

επιταχυνσιογραφήματος στο όριο των στρωμάτων "SG-GC" - "SM") το οποίο προήλθε από μια καταγραφή σε ρευστοποιηθέν στρώμα άμμου.

Από το Σχ. 2.4.10.ε. φαίνεται ότι οι παρατηρηθείσες μετακινήσεις (της τάξης των 0.8 - 2 m) αντιστοιχούν σε λόγους K_c/K_m που κυμαίνονται από 0 έως 0.09.

Χρησιμοποιώντας την έκφραση (1) και για $S_u/\sigma'_v = 0.158 - 0.200$ [αποτελέσματα της τριαξονικής δοκιμής (CU)] και για $\tan\beta = 0.187$ (από την δισδιάστατη ευστάθεια πρανών) προκύπτει ότι $K_c = 0 - 0.013 g$ και επομένως, αφού $K_m = 0.144 g$ (όριο των στρωμάτων "SG-GC" - "SM"), προκύπτει ότι $K_c/K_m = 0 - 0.09$.

Αρα, οι υπολογισθείσες οριζόντιες μετακινήσεις συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό με τις παρατηρηθείσες.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Tika et al. (1997), Παρούσα έκθεση: $C_u=17 \text{ kPa}$ ($\phi=0$) και $\phi=20^\circ$ ($C_u=0$).

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 24

Σχήματα: 2.4.10.α.-2.4.10.ε.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Alexandris A.: "The Grevena-Kozani (W. Macedonia, Greece) Earthquake of 13 May 1995", MSc Dissertation, Imperial College, 1995.
2. Tika T.E., Pitilakis K.D., Anagnostopoulos C.T., Petrakis N.E., Kougoulos M.B.: "Liquefaction Induced Failure of Rimnio Bridge Embankment during the Kozani-Grevena earthquake", Proceedings: 3rd Hellenic Conference on Geotechnical Engineering, 1997, Vol I, pp 543-550.

2.4.11. Ζημιές σε μώλο στην περιοχή King Harbor Redondo Beach στο σεισμό του Northridge (ΗΠΑ)

Σεισμός:

Ημερομηνία	: 17 Ιανουαρίου, 1994	Ωρα	: 04:31 am (PST)
Μέγεθος (σεισμική ροπή, USGS, SCEC)	: 6.7	Εστιακό Βάθος:	18.5 km
Τεκτονικά	: Ενεργοποίηση ενός μη εντοπισμένου «τυφλού» ρήγματος τύπου «thrust» με κλίση προς Νότο κάτω από την κοιλάδα του San Fernando.		
Διάρκεια ισχυρής δόνησης	: 6-10 sec		

Απόσταση από το επίκεντρο: 42 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Οριζόντια μετακίνηση στο πόδι περίπου 2.0 m (βλ. Σχ. 2.4.11.β.)

Οριζόντια μετακίνηση στο φρύδι περίπου 5.5 m (βλ. Σχ. 2.4.11.β.)

Κατακόρυφη μετακίνηση της τάξης του 1 m.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.15g$

Γενικά Φαινόμενα:

Εκδηλώθηκε ρευστοποίηση σε μια περιοχή πέρυξ του μώλου με έκταση 150m επί 50m.

Κατασκευή του επιχώματος:

Ο μώλος (μήκος 650 m και πλάτος 40 m) κατασκευάστηκε από άμμους που προήλθαν από γειτονική περιοχή αποθέσεων αμμωδών σχηματισμών και η κατασκευή έγινε χωρίς ιδιαίτερη μέριμνα στη σωστή συμπίκνωση του επιχώματος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Επίσης,

κατά την απόθεση του υλικού της επίχωσης, διέφυγαν στη θάλασσα πολλά λεπτόκοκκα υλικά (ιλείς, άργιλοι) γεγονός που δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις για την εκδήλωση ρευστοποίησης.

Γεωμετρία:

Η γεωμετρία του επιχώματος φαίνεται στο Σχ. 2.4.11.β. Η κλίση του πρανούς είναι περίπου 1.5:1 (οριζόντια : κατακόρυφα).

Γεωτεχνικές συνθήκες:

Η κατασκευή του επιχώματος έγινε πάνω σε παράκτιες αποθέσεις. Με βάση τα αποτελέσματα δοκιμών τυποποιημένης διεξόδου (SPT) - πριν το σεισμό - οι άμμοι του επιχώματος επίχωσης χαρακτηρίζονται πολύ χαλαρές έως χαλαρές (μέση τιμή $N_{1(60)}$ γύρω στο 6).

Περιγραφή της αστοχίας:

Λόγω της ρευστοποίησης, παρατηρήθηκε οριζόντια μετακίνηση του πρανούς της τάξης των 2 m και καθίζηση του επιχώματος του μώλου της τάξης του 1 m (βλ. Σχ. 2.4.11.β.)

Ρευστοποίηση: Ναι

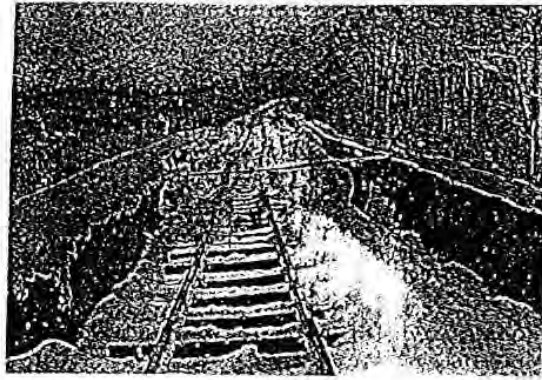
Αναλύσεις: Παρούσα έκθεση: $C_u=13$ kPa ($\phi=0$) και $\phi=21^\circ$ ($C_u=0$).

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 143

Σχήματα: 2.4.11.α - 2.4.11.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

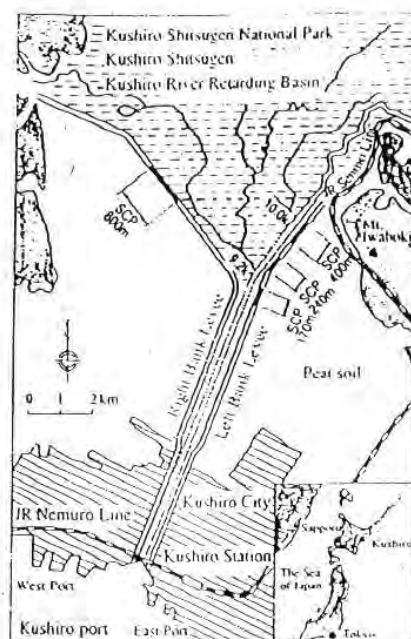
1. Kerwin S., Stone J.: "Liquefaction failure and remediation: King Harbor Redondo Beach, California", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 1997, Vol 123, No.8, pp 760-769.



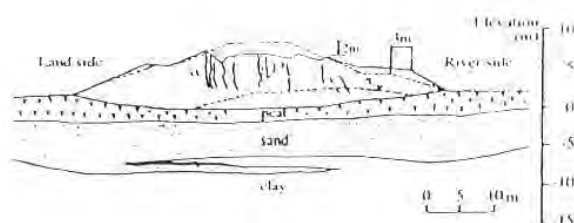
Σχ.2.4.1.α. Καθίζηση αναχώματος μεταξύ των Kaganuma και Gojikkoku κατά τη διάρκεια του σεισμού του 1993 του Kushiro-Okī (Wakamatsu et al., 1995)



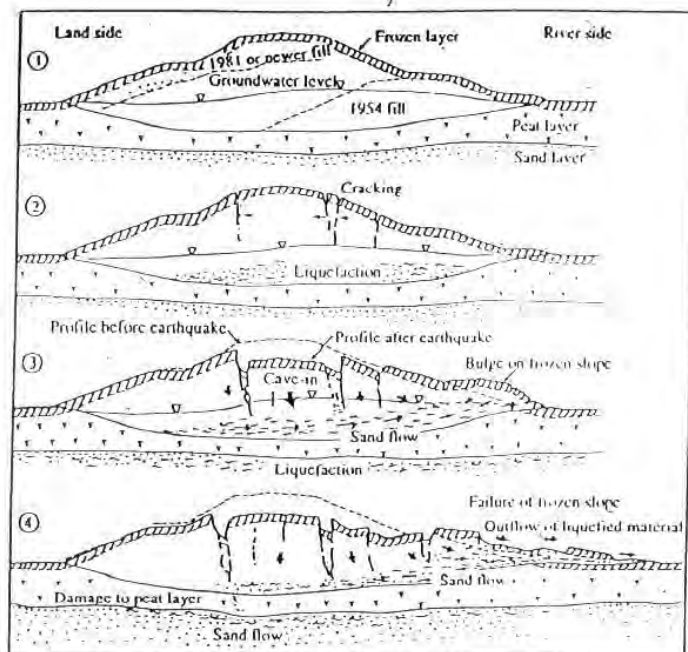
Σχ.2.4.2.α. Μέγιστες επιταχύνσεις σε cm/s^2 σε περιοχές ελεύθερης επιφάνειας και ισόγεια κατασκευών (Wakamatsu et al., 1995)



Σχ.2.4.2.β. Κάτοψη των αναχωμάτων του ποταμού (Kaneko et al., 1995)



Σχ.2.4.2.γ. Σχέδιο αστοχίας του αναχώματος (Kaneko et al., 1995)



① The embankment was about 6 m high. Settlement of embankment material was 2.5 m. The part of the layer below water level was also 2.5 m thick.

② Early earthquake motions caused cracking in the crown in the middle of the embankment, which was followed by liquefaction of embankment material below groundwater level.

It seems that liquefaction occurred in the old portion of the embankment constructed in or before 1954 and the portion constructed between 1954 and 1981. The portion constructed in or after 1981 was hardly affected.

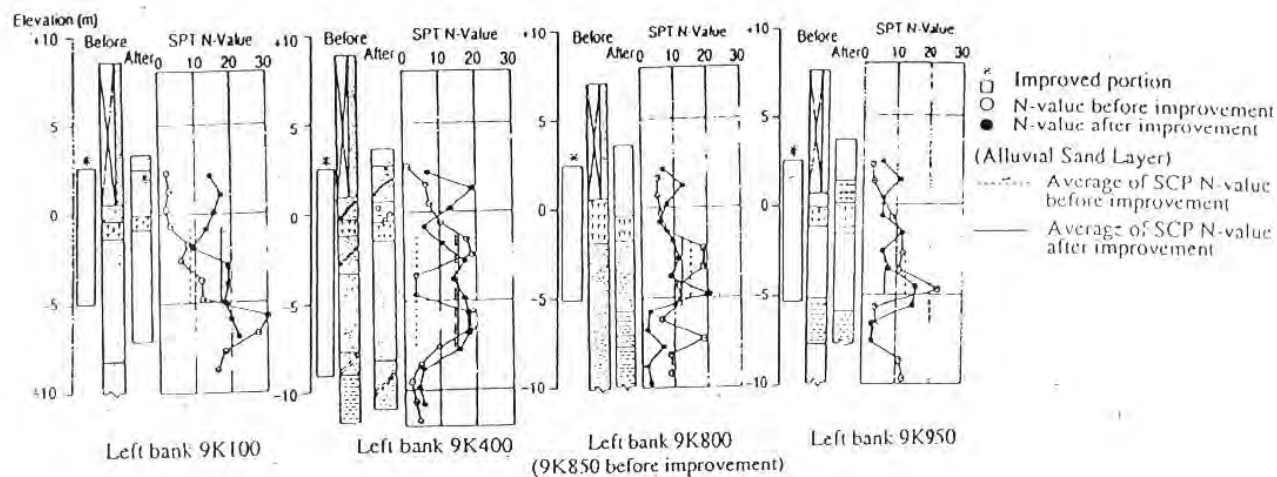
③ The crown caved in, pushing the river-side slope material forward. Sand and peat flowed toward the river-side slope.

The frozen layer prevented the liquefied material from being blown out. Consequently, the lower part of the slope bulged.

④ If the frozen surface layer of the slope collapses, the liquefied material will rush out, scattering fragments of the frozen layer.

The hammock-shaped peat layer might have been damaged because of the liquefaction of the overlying and underlying sand and the impact of the cave-in.

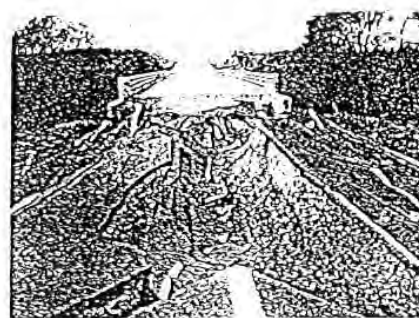
Σχ.2.4.2.δ. Μηχανισμός αστοχίας του αναχώματος (αριστερή όχθη) (Kaneko et al., 1995)



Σχ.2.4.2.ε. Αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών (Αριστερή όχθη) (Kaneko et al., 1995)

Embedded Levee					
	Time after SCP installation	Overburden Pressure (SPT elevation)	Average N-Value		Increase in N-Value
			Before Imp.	After Imp.	ΔN
Experimental execution	1 week	None (Above mat)	2.8	7.5	4.7
Soil improvement (left bank)	2-3 weeks	None (Above mat)	3.9	12.1	8.2
Soil improvement (right bank)	3 months	Levee height (At levee crest)	3.3	14.6	11.3
Alluvial Sand Layer					
	Time after SCP installation	Overburden Pressure (SPT elevation)	Average N-Value		Increase in N-Value
			Before Imp.	After Imp.	ΔN
Left bank	2-3 weeks	None (Above mat)	11.0	13.2	2.2

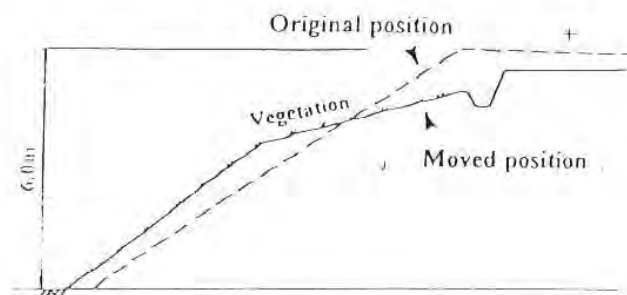
Σχ. 2.4.2.ζ. Οι τιμές N της δοκιμής SPT (Kaneko et al., 1995)



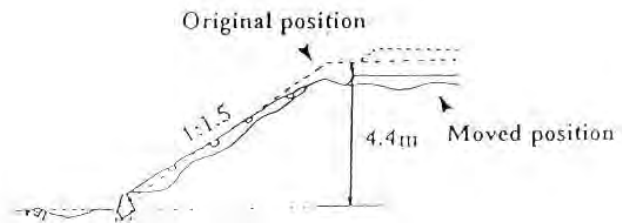
Σχ.2.4.3.α. Χάρτης του ανατολικού Hokkaido που δείχνει τις θέσεις του κλεισμένου δρόμου και φωτογραφία από το ανάχωμα του Route 994 στο Bekkai που έχει καταρρεύσει (Wakamatsu et al., 1995)



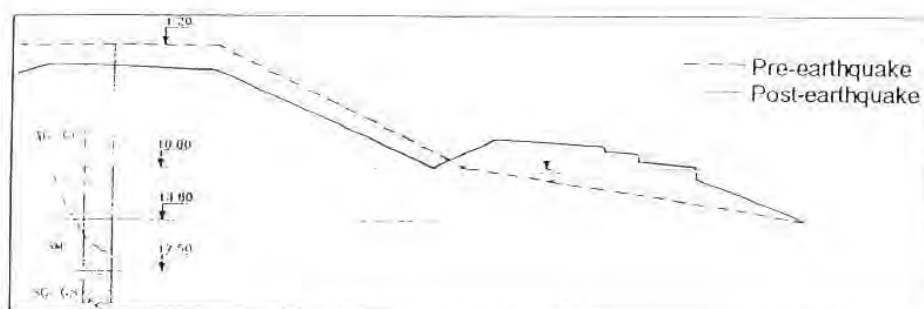
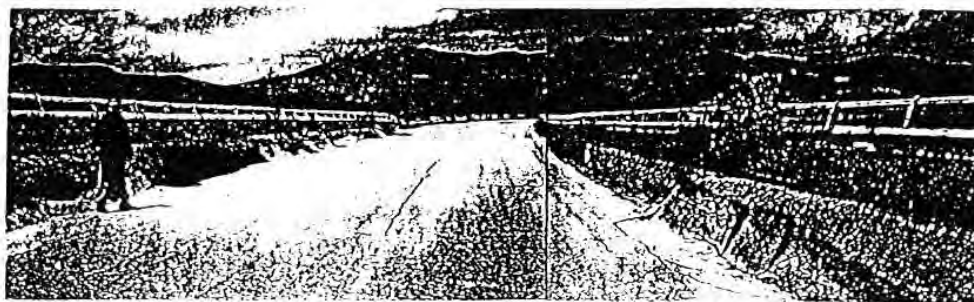
Σχ.2.4.5.α. Αστοχία σιδηροδρομικού επιχώματος μεταξύ Kaganuma και Gojikkoku στο σεισμό του Hokkaido-toho-oki (Wakamatsu et al., 1995)



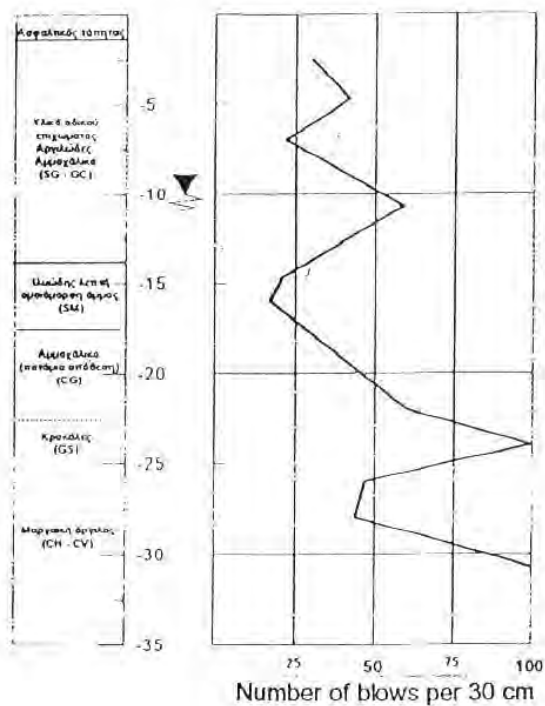
Σχ.2.4.8.α. Τυπική βλάβη αναχώματος κατά μήκος της γραμμής JR Tokaido μεταξύ των Higashi-Nada και Kobekou (Tatsuoka et al., 1996)



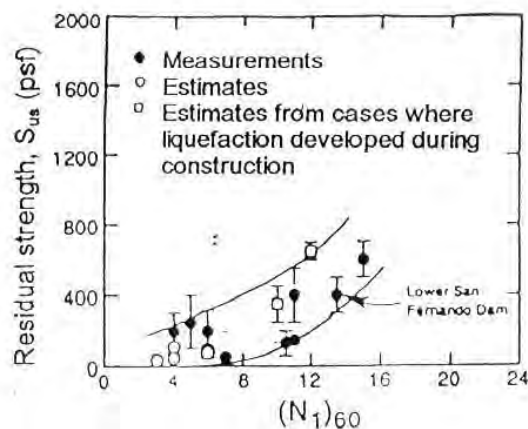
Σχ.2.4.9.α. Τυπική βλάβη σε ανάχωμα κατά μήκος της γραμμής JR Sanyo Line μεταξύ των σταθμών Hyogo και Shin-Nagata (Tatsuoka et al., 1996)



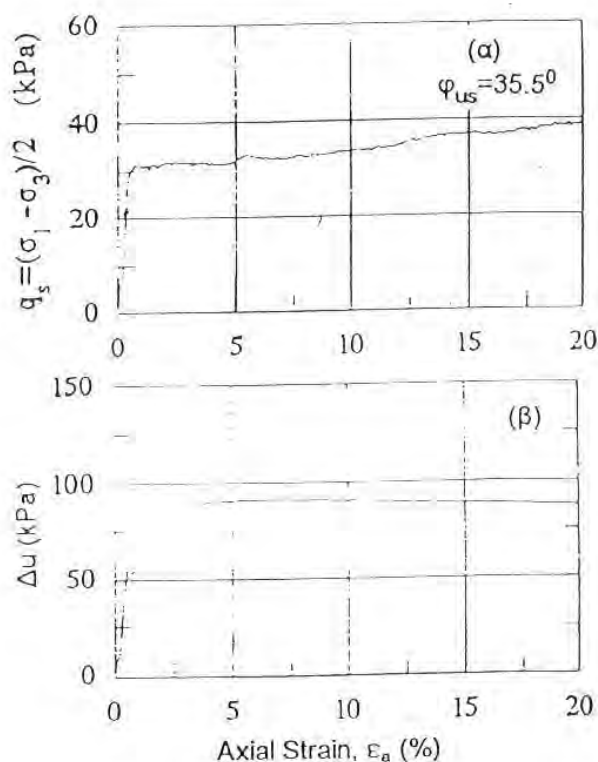
Σχ.2.4.10.α. Γενική άποψη του αναχώματος μετά το σεισμό και τομή του αναχώματος πριν και μετά το σεισμό (Tika et al., 1997)



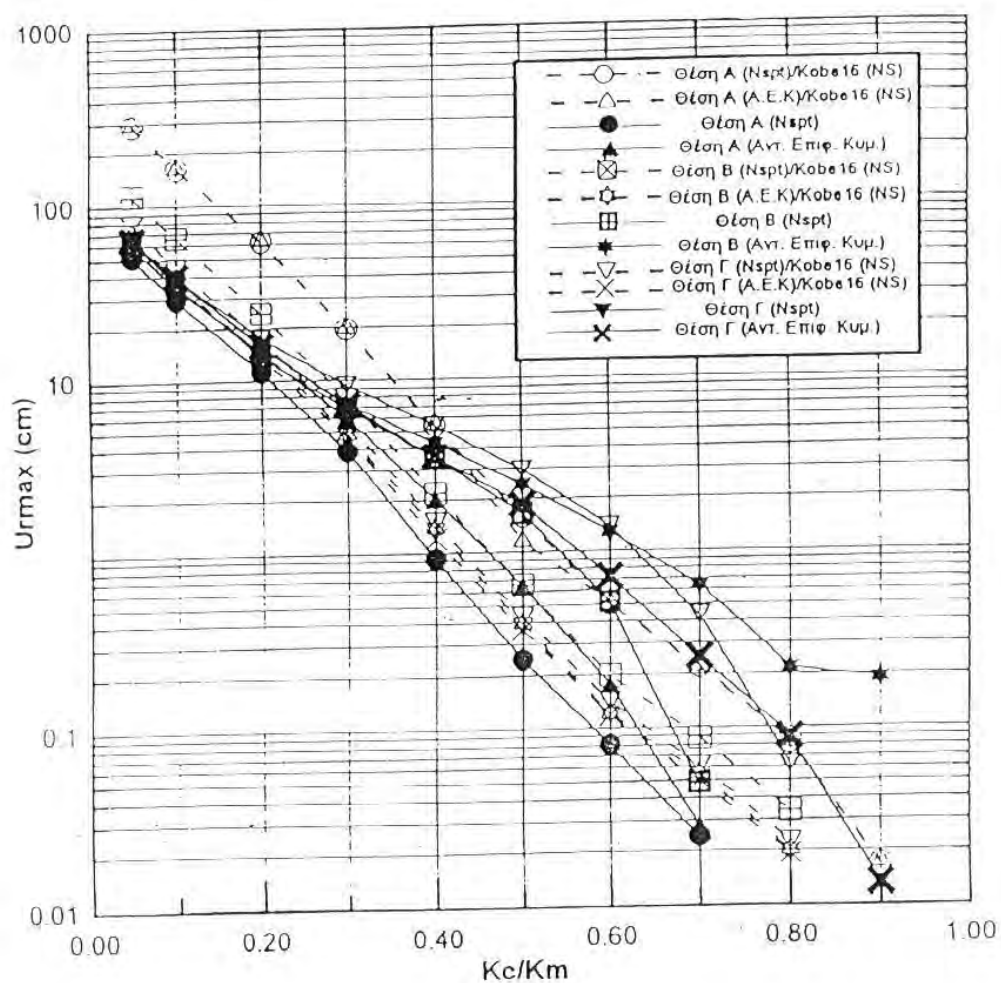
Σχ.2.4.10.β. 'Προφίλ' του εδάφους και N_{SPT} (Tika et al., 1997)



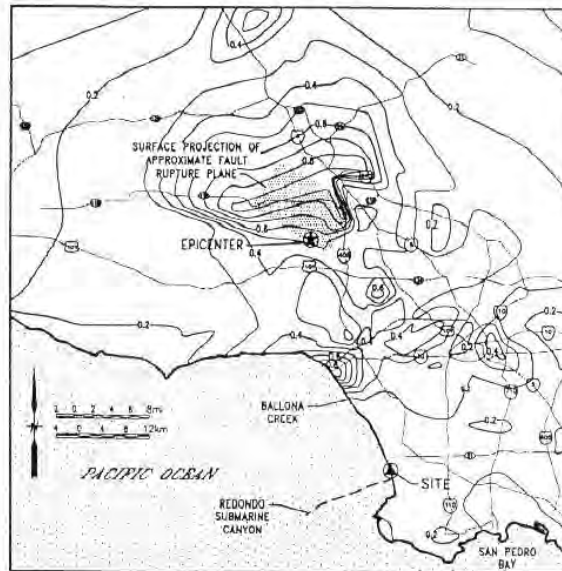
Σχ.2.4.10.γ. Προτεινόμενη σχέση μεταξύ παραμένουσας αντοχής υπό αστράγγιστες συνθήκες, S_{us} , και κανονικοποιημένης τιμής $(N_1)_{60}$ της δοκιμής SPT για καθαρές και ιλυώδεις άμμους και χαλίκια (Tika et al., 1997)



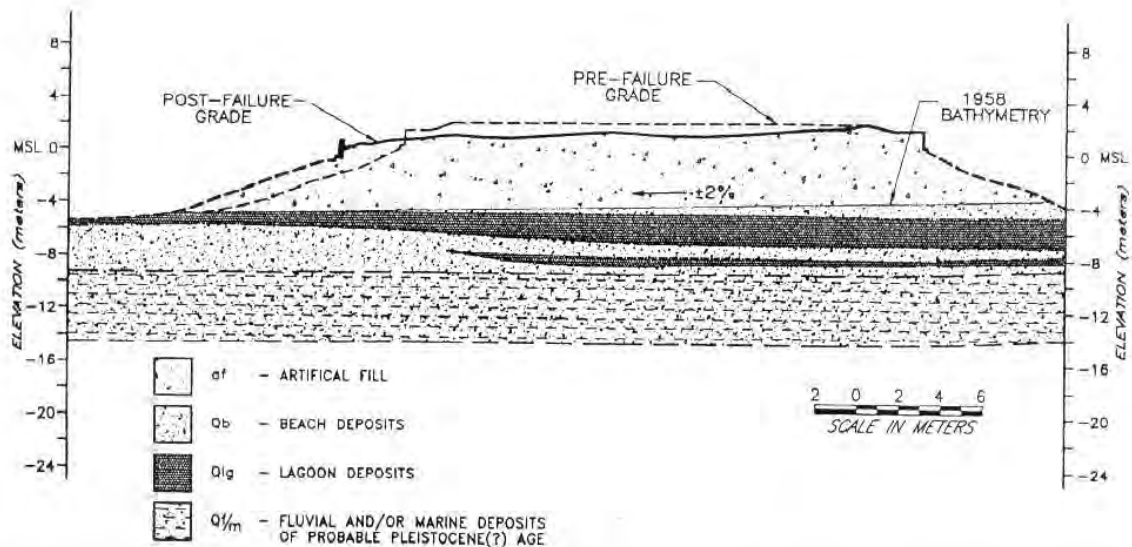
Σχ.2.4.10.δ. Αποτελέσματα δοκιμής τριαξονικής θλίψης υπό αστράγγιστες συνθήκες σε ιλυώδη άμμο ($\sigma'_c = 114.3$ kPa, $e = 0.785$) (Tika et al., 1997)



Σχ.2.4.10.ε. Σχέση μεταξύ μόνιμης μετακίνησης, u_{max} , και λόγου κρίσιμης επιτάχυνσης προς την μέγιστη επιτάχυνση του εδάφους, k_c/k_m (Tika et al., 1997)



Σχ. 2.4.11.α. Επίκεντρο του σεισμού Northridge (ΗΠΑ-1994) και η περιοχή “Redondo”, όπου φαίνεται η κατανομή των επιταχύνσεων που μετρήθηκαν (Kerwin and Stone, 1997).



Σχ. 2.4.11.β. Μώλος στην περιοχή “King Harbor Redondo Beach”, Καλιφόρνια (ΗΠΑ) - Τομή του επιχώματος (Kerwin and Stone, 1997)

2.5. Κρηπιδότοιχοι

2.5.1. Ζημιές στους κρηπιδότοιχους του λιμένα του Kushiro στο σεισμό του Hokkaido-Toho-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: 271 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: ---

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση 10-50 cm

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.4 \text{ g}$

Εδαφικές συνθήκες: Η περιοχή του λιμανιού είναι αποτέλεσμα τεχνητής επίχωσης με άμμο από τον βυθό της θάλασσας.

Περιγραφή αστοχίας:

Η αποκατάσταση των ζημιών του σεισμού του 1993 είχε μόλις τελειώσει. Κατά τον παρόντα σεισμό, σοβαρές ζημιές προκλήθηκαν στην περιοχή του ανατολικού λιμένα, κυρίως από την ρευστοποίηση της άμμου. Στην περιοχή του δυτικού λιμένα πλαίσια εγκιβωτισμού από σκυρόδεμα που είχαν τοποθετηθεί μπροστά από τους τοίχους που είχαν υποστεί ζημιές μετά το σεισμό του 1993, μετακινήθηκαν προς τη θάλασσα ενώ το κράσπεδο πίσω τους, υποχώρησε κατά 10-50 cm και μια μεγάλη ρωγμή σχηματίστηκε κατά μήκος του ορίου του παλιού και του νέου κρηπιδότοιχου (βλ. Σχ. 2.5.1.α.)

Στην περιοχή του δυτικού λιμένα το αντιστηριζόμενο έδαφος ήταν κυρίως άμμος. Όμως, η ζημιά στους τοίχους και το κράσπεδο δεν ήταν μεγάλη.

Η αντιστηριζόμενη άμμος αυτών των κρηπιδότοιχων είχε συμπυκνωθεί και είχαν τοποθετηθεί στραγγιστήρια με τις μεθόδους "gravel drains" και "deep mixing" σαν μέτρα ενάντια στη ρευστοποίηση πριν και μετά τον σεισμό του Kushiro-oki το 1993 (σε αντίθεση με την περιοχή του ανατολικού λιμένα).

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: ≈ 0

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 32

Σχήματα: 2.5.1.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554

2.5.2. Ζημιά στους κρηπιδότοιχους του λιμένα του Hanasaki στο σεισμό του Hokkaido-Toho-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.5

Απόσταση από το επίκεντρο: 168 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.39 \text{ g}$

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 0.6-2 m πλευρικές μετακινήσεις, διαφορική καθίζηση μέχρι 1 m

Περιγραφή λιμένα :

Ο λιμένας αποτελείται από 4 αποβάθρες: 1) δυτική, 2) κεντρική, 3) αλιευτική, 4) ανατολική. Η περιοχή είναι αποτέλεσμα τεχνητής επίχωσης με άμμο από τον βυθό της θάλασσας.

Η πιο πρόσφατη επίχωση (ανατολική) είχε τις σοβαρότερες ζημιές από ρευστοποίηση (είχε επιχωθεί μέχρι το 1991).

Περιγραφή ζημιών στην ανατολική αποβάθρα:

Οι κρηπιδότοιχοι έχουν γείρει και μετακινήθηκαν πλευρικά έως 2 m προς τη θάλασσα. Αυτό συνέβαλλε στη δημιουργία μεγάλων ρωγμών και/ή δαихωρισμό στο αντιστηριζόμενο έδαφος, διαφορεική καθίζηση του αντιστηριζόμενου εδάφους μέχρι 1 m και καθίζηση των κρασπέδων και των δρόμων από πίσω.

Εδαφικές συνθήκες: Η συγκρατούμενη άμμος των κρηπιδότοιχων της ανατολικής αποβάθρας είχε βελτιωθεί με τη μέθοδο "sand compaction pile".

Σημείωση: Κατά το σεισμό του Kushiro-oki του 1993 ($a_m = 0.16$ g, επικεντρική απόσταση: 100 km) παρατηρήθηκαν μόνο μικρές ρωγμές.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 33

Σχήματα: 2.5.2.α., 2.5.2.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1995, pp 543-554

2.5.3. Νήσοι Port, Rokko και Fukae στο σεισμό του του Hyogoken-Nambu (Kobe, Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 21 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 5 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: μέχρι 5m (βλ. Σχ. 2.5.3.ι.)

Εδαφικές συνθήκες:

Οι νήσοι Port, Rokko και Fukae είναι περιοχές τεχνητής επίχωσης με άμμο από τον βυθό της θάλασσας. Οι ζημιές οφείλονται στη ρευστοποίηση και στις αδρανειακές δυνάμεις.

Επιτόπου δοκιμές:

Τιμές SPT με το βάθος δίδονται στο Σχ.2.5.3.η.

NOTE: 1 gal = 1 cm/sec²

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις:

Παρούσα έκθεση: $c=30$ kPa ($\phi=0$), $\phi=15^\circ$ ($c=0$) (Port Island-"P3" section, βλ. Σχ.2.5.3.α.-)

Παρούσα έκθεση: $c=23$ kPa ($\phi=0$), $\phi=13^\circ$ ($c=0$) (Rokko Island-"R2" section, βλ. Σχ. 2.5.3.γ.)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 66

Σχήματα: 2.3.1.α. , 2.5.3.α. - 2.5.3.λ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Ishihara K., Yoshida K., Kato M.: "Characteristics of lateral spreading in liquefied deposits during the 1995 Hanshin-Awaji Earthquake", *Journal of Earthquake Engineering*, ASCE, 1997, Vol I, No. 1, pp 23-55.

2.5.4. Ζημιές σε κρηπιδότοιχο στο σεισμό της Καλαμάτας (Ελλάδα)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 13 Σεπτεμβρίου, 1986

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6.2

Εστιακό βάθος : 8 km

Απόσταση από το επίκεντρο: 10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 4.4 km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις Οριζόντια μετακίνηση (20-30 cm) της στέψης με στρέψη 1.5° γύρω από τον πόδα του κρηπιδότοιχου και καθίζηση 20 cm της στέψης.

Εκτιμώμενη επιτάχυνση:

Οριζόντια : $a_m^{hor} = 0.30 \text{ g}$

Κατακόρυφη : $a_m^{ver} \cong 0.30 \text{ g}$

Γεωτεχνικές συνθήκες: Το εδαφικό 'προφίλ' της περιοχής φαίνεται στο Σχ.2.5.4.δ.

Επιτόπου δοκιμές:

Οι τιμές του SPT και του V_s με το βάθος δίδονται στο Σχ.2.5.4.δ.

Αναλύσεις:

Οι Gazetas et al. (1988) υπολόγισαν τις μόνιμες μετακινήσεις του κρηπιδότοιχου της Καλαμάτας και βρήκαν ότι οι μετακινήσεις ήταν σε πολύ καλή συμφωνία με τις μετακινήσεις που παρατηρήθηκαν.

Χρησιμοποίησαν μια σχέση για την πρόβλεψη της μόνιμης οριζόντιας μετακίνησης που προτάθηκε αρχικά από τους Richards και Elms (1979):

$$\delta = 10^{-4} \cdot \frac{V^2}{A_h} \cdot \left(\frac{N}{A_h} \right)^{-4} \quad \delta \text{ σε cm, } V \text{ σε cm/sec.}$$

A_h : μέγιστη επιτάχυνση

N : κρίσιμη επιτάχυνση

Υπέθεσαν ότι $A_h = 0.3 \text{ g}$ και $V \cong 50 \text{ cm/sec}$. Η κρίσιμη επιτάχυνση του κρηπιδότοιχου υπολογίστηκε σε διάφορες στάθμες του κρηπιδότοιχου (με τη χρήση της μεθόδου Mononobe-Okabe). Το Σχ. 2.5.4.g. δείχνει τα αποτελέσματα για γωνία τριβής $\phi = 35^\circ$ και $A_h = A_v = 0.3 \text{ g}$ (A_v : κατακόρυφη επιτάχυνση). Φαίνεται ότι η κατακόρυφη επιτάχυνση στην στέψη του κρηπιδότοιχου είναι περίπου 25 cm, δηλαδή είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τις μετακινήσεις που σημειώθηκαν (20-30 cm).

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Kotta et al. (1988)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 34

Σχήματα: 2.5.4.α. - 2.5.4.η.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Gazetas G.: "The role of soil in the Mexico 1985 and the Kalamata 1986 Earthquakes", *Proceedings: First Hellenic Conference on Geotechnical Engineering*, 1988, Vol III, pp 39-66.
2. Kotta N., Tsamis V., Gazetas G.: "Seismic Failure of Kalamata Harbour Quaywall", *Proceedings: First Hellenic Conference on Geotechnical Engineering*, 1988, Vol II, pp 117-122.
3. Pitilakis C., Moutsakis A., Anastasiadis P.: "Seismic analysis of gravity walls", *Proceedings: First Hellenic Conference on Geotechnical Engineering*, 1988, Vol II, pp 117-122.

2.5.5. Ζημιές στον κρηπιδότοιχον του Rinko Wharf στο σεισμό της Niigata (Ιαπωνία), αποβάθρα "C"

Σεισμός:

Ημερομηνία	: 16 Ιουνίου, 1964	Ωρα	: 1.01 μμ
Μέγεθος	: 7.5		
Εστιακό βάθος	: 40 km		
Μέγιστη Ένταση	: VII-VIII (MMI)		
Μέγιστη επιτάχυνση	: 0.25 g		

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: ≈ 6 m (για την διατομή G-G' - βλ. Σχ. 2.5.5.β., 2.5.5.γ.)

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Συνθήκες υπεδάφους: βλ. Σχ. 2.5.5.γ. (διατομή G-G'). Δεν είναι σίγουρο εάν η ρευστοποίηση του εδάφους θεμελίωσης των κρηπιδότοιχων έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της σεισμικής δόνησης.

Περιγραφή Αποβάθρας "C" (βλ. Σχ. 2.5.5.β.):

Η αποβάθρα "C" δημιουργήθηκε με εκσκαφή της άμμου του βυθού από γειτονικές περιοχές και έτσι το έδαφος πίσω από τους τοίχους αποτελείται από σχετικά χαλαρή άμμο. Οι κρηπιδότοιχοι κατασκευάστηκαν με μεταλλικές "sheet piles" δοκούς.

Επιτόπου δοκιμές:

Οι τιμές του SPT με το βάθος δίδονται στο Σχ.2.5.5.γ.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 35

Σχήματα: 2.5.5.α. - 2.5.5.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M.: "Large ground deformations and their effects on lifelines: 1964 Niigata Earthquake", *Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes*, 1992, State University at Buffalo, Vol I: Japanese Case Studies, NCEER-92-0001, M. Hamada-T. O'Rourke.

2.5.6. Ζημιές σε κρηπιδότοιχους στον λιμένα Akita στο σεισμό του Nihonkai-Chubu (Ιαπωνία) – αποβάθρες Gaiko Wharf - (Αποβάθρα "C")

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.19.

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 150 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: ≈ 1.5 m max. (βλ. Σχ. 2.5.6.γ.)

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.235g

Συνθήκες υπεδάφους: (βλ. Σχ. 2.5.6.δ.)

Περιγραφή του κρηπιδότοιχου:

Το Σχ. 2.5.6.γ. δείχνει μια τυπική διατομή των κιβωτίων εγκιβωτισμού στην αποβάθρα "C" καθώς και την μετακίνηση και κλίση των κιβωτίων εγκιβωτισμού κατά μήκος της αποβάθρας. Τα πλαίσια είχαν 16 m μήκος, 13 m πλάτος και 14.5 m ύψος.

Περιγραφή των ζημιών:

Το Σχ. 2.5.6.α. δείχνει την θέση του επικέντρου του κυρίως σεισμού καθώς και τη ζώνη των επικέντρων των μετασεισμών. Η μέγιστη ένταση ήταν περίπου V στην κλίμακα JMAI (VII-VIII στην τροποποιημένη κλίμακα Mercalli). Οι δύο κύριες πηγές ζημιών μεγάλης κλίμακας ήταν η εκτεταμένη ρευστοποίηση και τα tsunامي (το επίκεντρο ήταν στη θάλασσα) που έπληξαν την Ιαπωνική ακτή. Η εδαφική επιτάχυνση που καταγράφηκε στο Akita Harbor ήταν 0.235g.

Η περιοχή του Gaiko Wharf δημιουργήθηκε πρόσφατα με εκσκαφή του βυθού. Εδαφικές μετακινήσεις εξ' αιτίας της ρευστοποίησης παρατηρήθηκαν μετά το σεισμό. Το Σχ. 2.5.6.β. δείχνει μόνιμες εδαφικές μετακινήσεις στην περιοχή Gaiko Wharf. Το στρώμα κάτω από την στάθμη των υπογείων υδάτων και μέχρι τα 14 m βάθος, θεωρείται ότι ρευστοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σεισμού.

Γεωτεχνικές συνθήκες:

Οι συνθήκες υπεδάφους στην αποβάθρα "C" παρουσιάζονται στο Σχ. 2.5.6.δ. Οι θέσεις των δύο γεωτρήσεων φαίνονται στο Σχ. 2.5.6.β.: το υπέδαφος αποτελείται από μέτρια άμμο με τιμές N_{SPT} λιγότερο από 10 μέχρι βάθους 14 m. Η στάθμη υπογείων υδάτων είναι περίπου η ίδια με την στάθμη της θάλασσας. Κάτω από τα 14 m, το υπέδαφος αποτελείται από λεπτό στρώμα χαλίκων και ψιλής άμμου με τιμή N_{SPT} πάνω από 20.

Επιτόπου δοκιμές:

Η τιμή του SPT με το βάθος δίδεται στο Σχ.2.5.6.δ.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 36

Σχήματα: 2.5.6.α. - 2.5.6.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M.: "Large ground deformations and their effects on lifelines: 1983 Nihonkai-Chubu Earthquake", *Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes*, 1992, State University at Buffalo, Vol I: Japanese Case Studies, NCEER-92-0001, M. Hamada-T. O'Rourke.

2.5.7. Λιμένας Shimizu στο σεισμό Kitaizu, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ημερομηνία : 25 Νοεμβρίου, 1930

Μέγεθος : 7.1

Απόσταση από το επίκεντρο : 48 km

Απόσταση από το επίκεντρο: -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 8.5 m

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: -

Ζημιές: Αστοχία τοίχων

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 38

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.8. Λιμένας Shimizu στο σεισμό Tokankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ημερομηνία : 07 Δεκεμβρίου, 1944

Μέγεθος : 8.2

Απόσταση από το επίκεντρο : 176 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : —

Ζημιές: Ολίσθηση του τοίχου αντιστήριξης

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 39

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.9. Λιμένας Nagoya στο σεισμό Tokankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφηκε στην παράγραφο 2.5.8.

Απόσταση από το επίκεντρο : 128 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 3.3-4.3 m

Ζημιές: Μετακίνηση προς τα έξω

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 40

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.10. Λιμένας Yokkaichi στο σεισμό Tokankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφηκε στην παράγραφο 2.5.8.

Απόσταση από το επίκεντρο : 144 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 4 m

Ζημιές: Μετακίνηση προς τα έξω του καταστρώματος

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 41

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.11. Λιμένας Nagoya στο σεισμό Nankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ημερομηνία : 21 Δεκεμβρίου, 1946

Μέγεθος : 8.1

Απόσταση από το επίκεντρο : 200-300 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 4.3 m

Ζημιές: Μετακίνηση προς τα έξω

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 42

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.12. Λιμένας Osaka στο σεισμό Nankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.11.

Απόσταση από το επίκεντρο : 200-300 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 4.6 m

Ζημιές: Αστοχία του τοίχου αντιστήριξης

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 43

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.13. Λιμένας Yokkaichi στο σεισμό Nankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.11.

Απόσταση από το επίκεντρο : 200-300 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 4 m

Ζημιές: Κίνηση προς τα έξω του καταστρώματος

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 44

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.14. Λιμένας Uno στο σεισμό Nankai, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.11.

Απόσταση από το επίκεντρο : 200-300 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 0.7 m

Ζημιές: Κίνηση προς τα έξω του τοίχου βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 45

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.15. Λιμένας Kushiro στο σεισμό Tokachioki, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ημερομηνία : 04 Μαρτίου, 1952

Μέγεθος : 7.8

Απόσταση από το επίκεντρο : 144 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : 6 m

Ζημιές: Κίνηση προς τα έξω του τοίχου βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 46

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.16. Λιμένας Puerto Montt στο σεισμό της Χιλής, Χιλή

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.10.

Απόσταση από το επίκεντρο : 110 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις : > 5 m

Ζημιές: Ανατροπή των τοίχων βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 47

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Seed H.B., Whitman R.V.: "Design of earth retaining structures for dynamic loads", *Proc ASCE Speciality conference on lateral stresses in the ground and design of earth retaining structures, Ithaca, N.Y., 1970, pp 103-147.*

2.5.17. Λιμένας Niigata στο σεισμό Niigata, Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5.

Γεωτεχνικές συνθήκες:

Αποβάθρα D2 (Σχ. 2.5.5.β.): Δημιουργήθηκε με εκσκαφή της άμμου του βυθού. Το έδαφος πίσω από τον τοίχο έχει ύψος 10m και αποτελείται από μέτρια και χονδρή άμμο. Η αντοχή της άμμου στη δοκιμή τυποποιημένης διείσδυσης είναι κάτω από 10kg/cm².

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: ≈ 3 m (για τη διατομή H-H' - βλ. Σχ. 2.5.5.β., 2.5.17.α.)

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Συνθήκες υπεδάφους: βλ. Σχ. 2.5.17.α. (διατομή H-H'). Το συγκρατούμενο έδαφος πιθανότατα ρευστοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δόνησης.

Ζημιές: Κλίση του τοίχου βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 88

Σχήματα: 2.5.5.α., 2.5.5.β., 2.5.17.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, 1995, pp 543-554.
2. Hamada M.: "Large ground deformations and their effects on lifelines: 1964 Niigata Earthquake", *Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes*, 1992, State University at Buffalo, Vol1: Japanese Case Studies, NCEER-92-0001, M. Hamada-T. O'Rourke.

2.5.18. Λιμένας πόλης Αιγίου στο σεισμό του Αιγίου, Ελλάδα

Σεισμός:

Μέγεθος: 6.2

Ημερομηνία: 15 Ιουνίου 1995

Επίκεντρο: κοντά στην πόλη του Αιγίου, 130 km δυτικά της Αθήνας

Γεωτεχνικές συνθήκες: μαλακές και βαθιές αργιλικές αποθέσεις

Απόσταση από το επίκεντρο: <10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: <10 km

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: 5 έως 10 cm

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.10-0.20g

Περιγραφή της κατασκευής:

Τοίχος βαρύτητας ύψους 10m.

Περιγραφή της αστοχίας:

Δεν παρατηρήθηκαν σοβαρές βλάβες στον κρηπιδότοιχο παρά μόνο μετακινήσεις περίπου 5 έως 10 cm.

Ερμηνεία μικρής μετακίνησης:

Οφείλεται στην μείωση της εδαφικής κίνησης που έλαβε χώρα λόγω της υποκείμενης αργιλοκής στρώσεως.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 130

Σχήματα: 2.5.18.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. G.D.Bouchovalas, G.Gazetas & A.G.Papadimitriou.: "Geotechnical aspects of the 1995 Aegion, Greece, earthquake", Earthquake Geotechnical Engineering, Seco e Pinto, 1999 Balkema, Rotterdam.

2.5.19. Λιμένας San Antonio στο σεισμό της Χιλής, Χιλή

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.10.

Οριζόντια μετακίνηση: 1m

Μέγιστη επιτάχυνση: 0.17-0.18g

Περιγραφή της κατασκευής:

Τοίχος βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 131

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Iai S. and Kameoka T. (1991): "Effective Stress Analysis of a sheet Pile Quaywall", Proceedings of the second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, I, p 649-661.

2.5.20. Λιμένας San Antonio στο σεισμό της Χιλής, Χιλή

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.10.

Οριζόντια μετακίνηση: 0.15m

Μέγιστη επιτάχυνση: 0.17-0.18g

Περιγραφή της κατασκευής:

Τοίχος βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 132

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Iai S. and Kameoka T. (1991): "Effective Stress Analysis of a sheet Pile Quaywall", Proceedings of the second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, I, p 649-661.

2.5.21. Λιμένας San Antonio στο σεισμό της Χιλής, Χιλή

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.10.

Οριζόντια μετακίνηση: 0.05-0.07m

Μέγιστη επιτάχυνση: 0.17-0.18g

Περιγραφή της κατασκευής:

Τοίχος βαρύτητας

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 133

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Iai S. and Kameoka T. (1991): "Effective Stress Analysis of a sheet Pile Quaywall", Proceedings of the second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, Missouri, I, p 649-661.

2.5.22. Κυματοθραύστης λιμένα στο σεισμό της Κορίνθου, Κιάτο, Ελλάδα

Σεισμός:

Μέγεθος: 6.7

Ημερομηνία: 1981

Κατακόρυφη μετακίνηση: 0.5m

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 134

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Pitilakis K. and Moutsakis A. (1989): "Seismic Analysis and behaviour of Gravity Retaining Walls-The case of Klamata Harbour Quaywall", Soils and Foundations, 29 (1), p 1-17.

2.5.23. Λιμένας Nagata στο σεισμό του Kobe , Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Μέγιστη επιτάχυνση: 0.833g

Οριζόντια μετακίνηση: <0.10-0.15m

Εδαφικές συνθήκες: άμμος

Περιγραφή της κατασκευής:

Κρηπιδότοιχος με αντηρίδες

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 135

Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. EERC (1995): "Geotechnical Reconnaissance of the effects of the January 17, 1995 Hyogoken Nambu Earthquake" – Report No. UCB/EERC-95/01, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering University of California at Berkeley.

2.5.24. Λιμένας Nagata στο σεισμό του Kobe , Ιαπωνία

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Μέγιστη επιτάχυνση: 0.833g

Οριζόντια μετακίνηση: 1-2m

Κατακόρυφη μετακίνηση: 1-2m

Εδαφικές συνθήκες: άμμος

Περιγραφή της αστοχίας:

Προκλήθηκε ρευστοποίηση

Ρευστοποίηση: Ναι

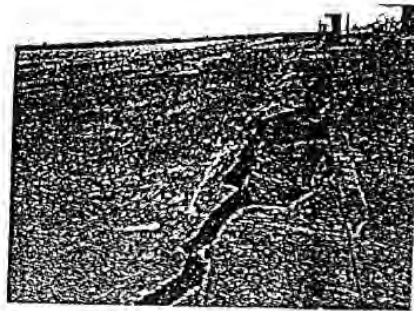
Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 136

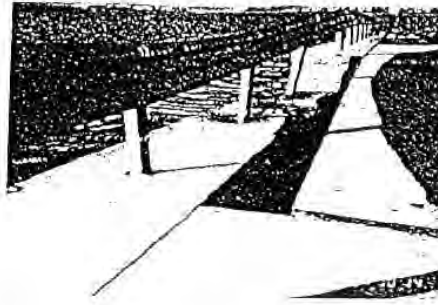
Σχήματα:

Βιβλιογραφικές αναφορές:

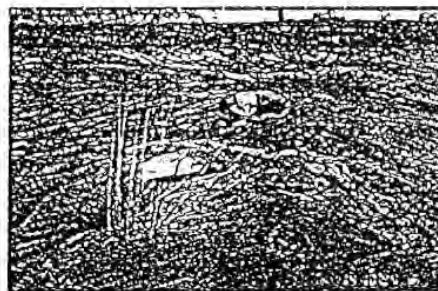
1. EERC (1995): "Geotechnical Reconnaissance of the effects of the January 17, 1995 Hyogoken Nambu Earthquake" – Report No. UCB/EERC-95/01, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering University of California at Berkeley



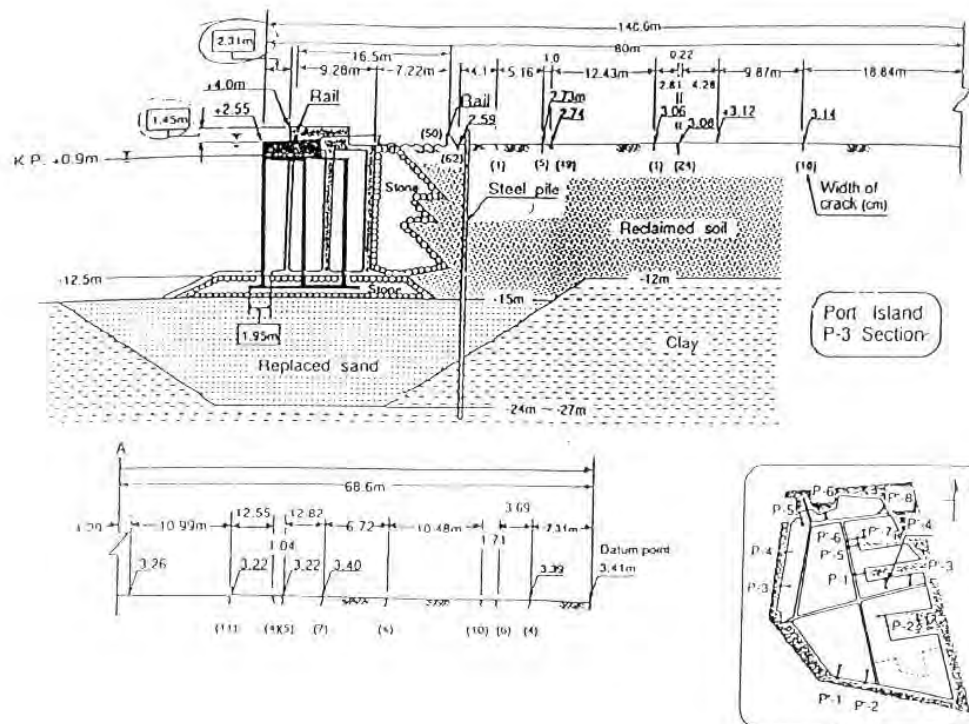
Σχ.2.5.1.α. Καθίζηση του νότιου άκρου του Fishery Pier (Wakamatsu et al., 1994)



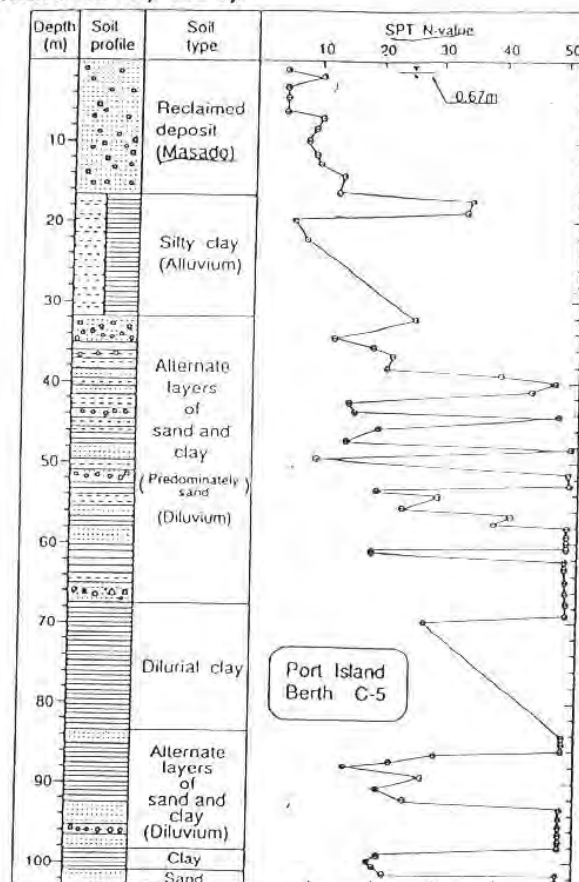
Σχ.2.5.2.α. Πλευρική μετακίνηση του τοίχου της νότιας αποβάθρας του Ανατολικού Pier (Wakamatsu et al., 1995)



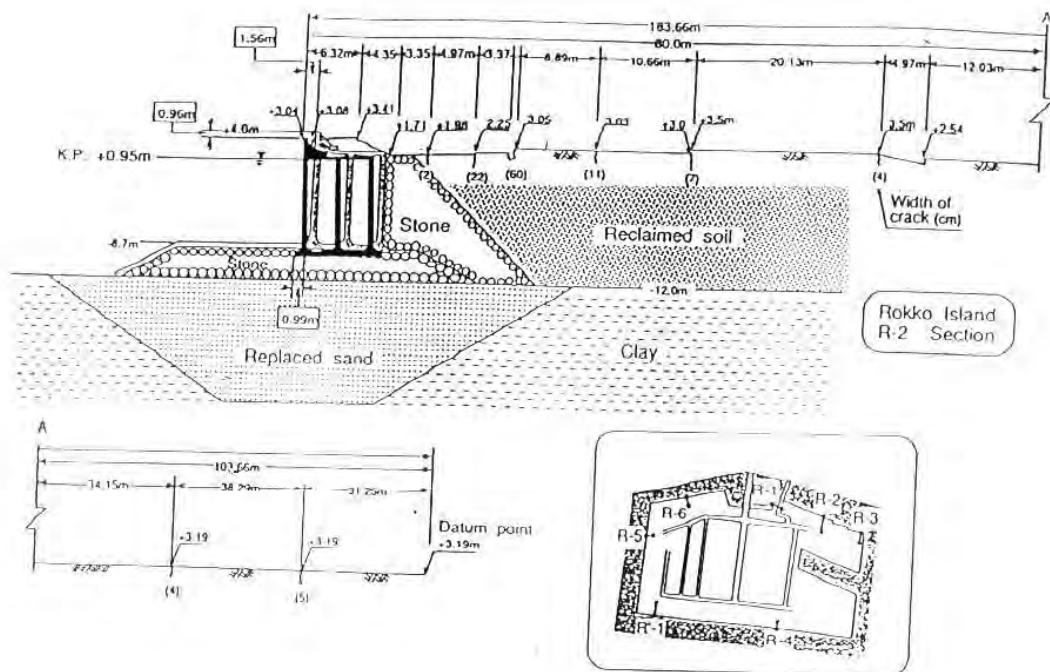
Σχ.2.5.2.β. Άμμος που αναδύθηκε στην επιφάνεια στην περιοχή του East Pier (Wakamatsu et al., 1995)



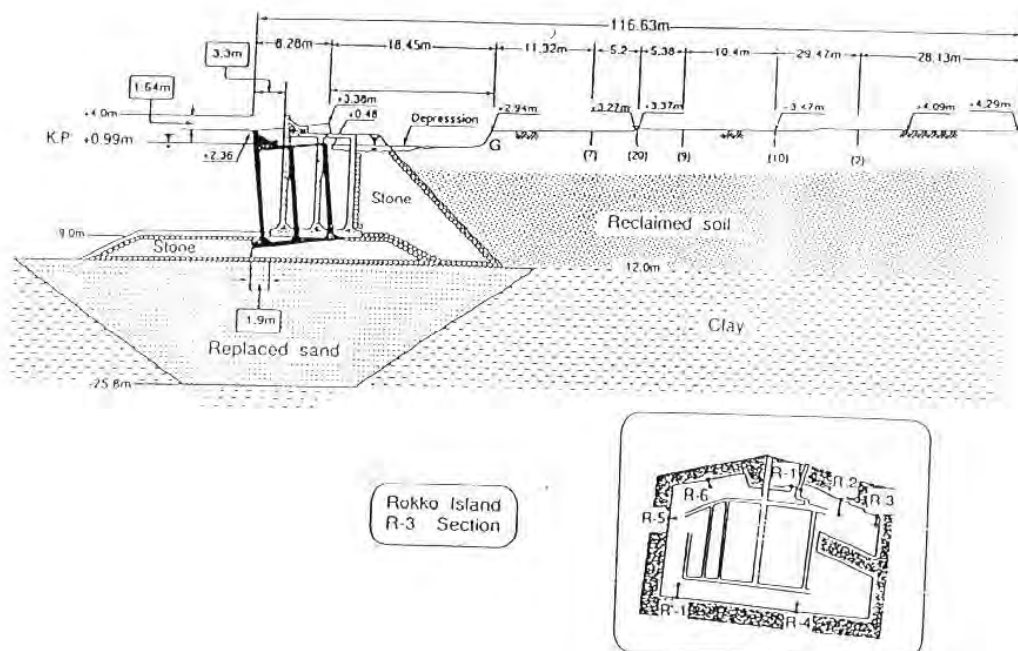
Σχ.2.5.3.α. Λεπτομερές 'προφίλ' της παραμόρφωσης του εδάφους στην τμήμα P-3 του Port Island (Ishihara et al., 1997)



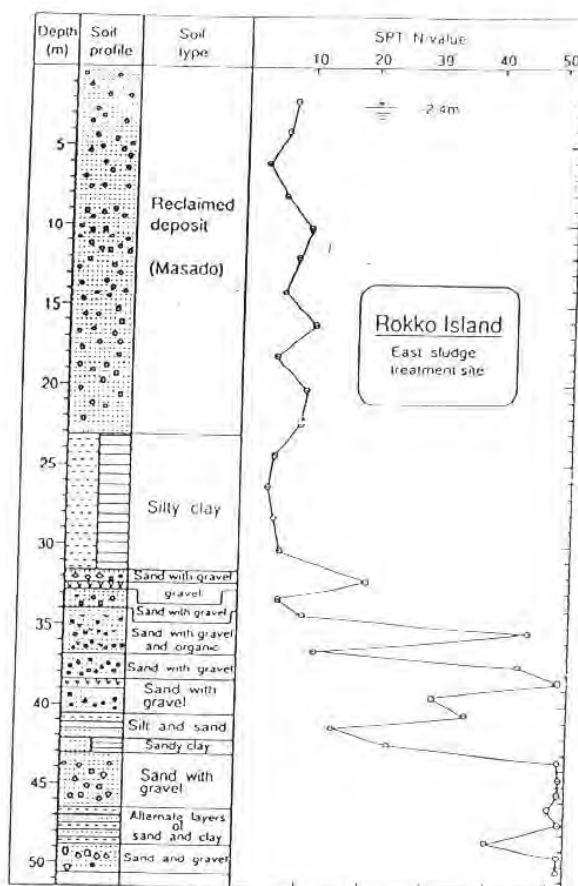
Σχ.2.5.3.β. Εδαφικό 'προφίλ' σε μία περιοχή κοντά στο τμήμα P-3 (Ishihara et al., 1997)



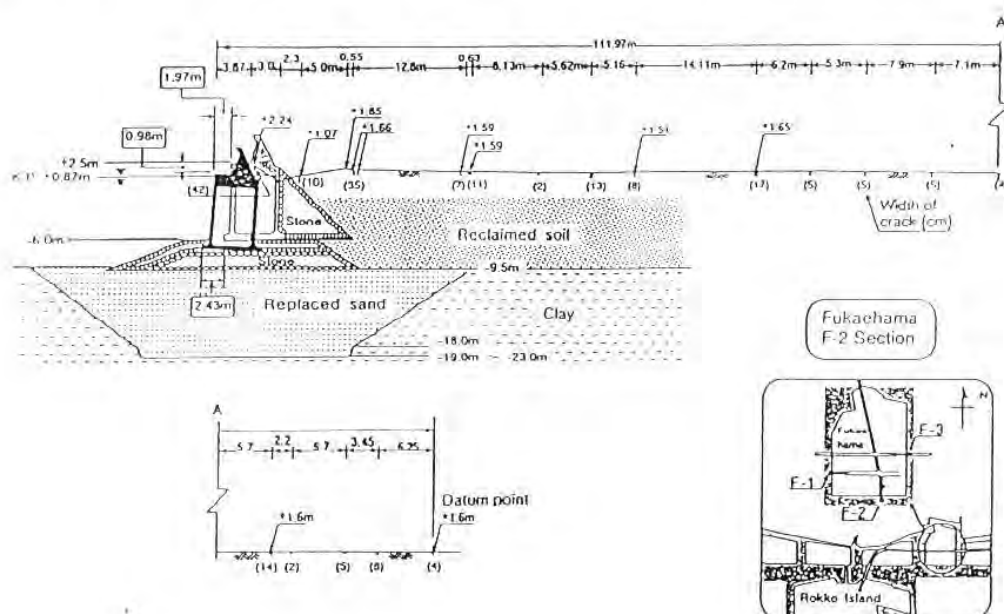
Σχ.2.5.3.γ. Λεπτομερές 'προφίλ' της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα R-2 στο Rokko Island (Ishihara et al., 1997)



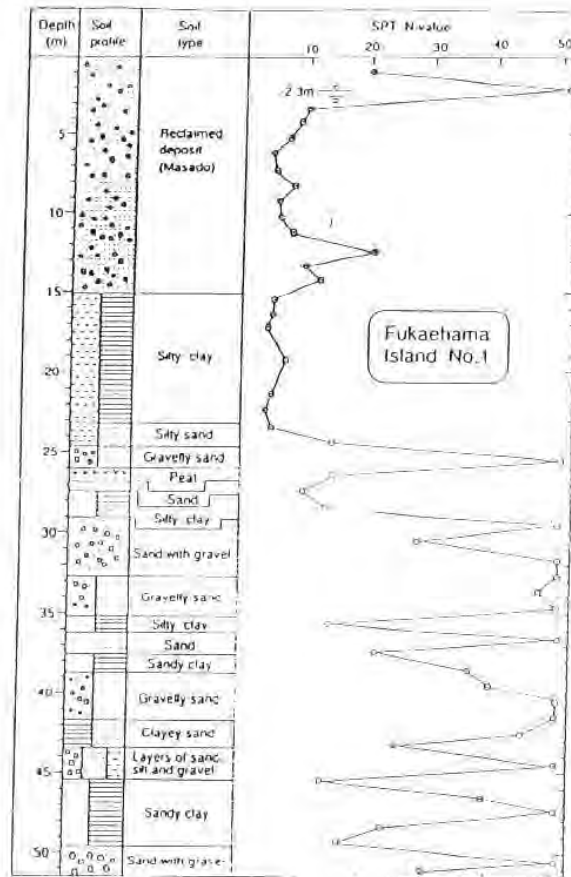
Σχ.2.5.3.δ. Λεπτομερές 'προφίλ' της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα R-3 στο Rokko Island (Ishihara et al., 1997)



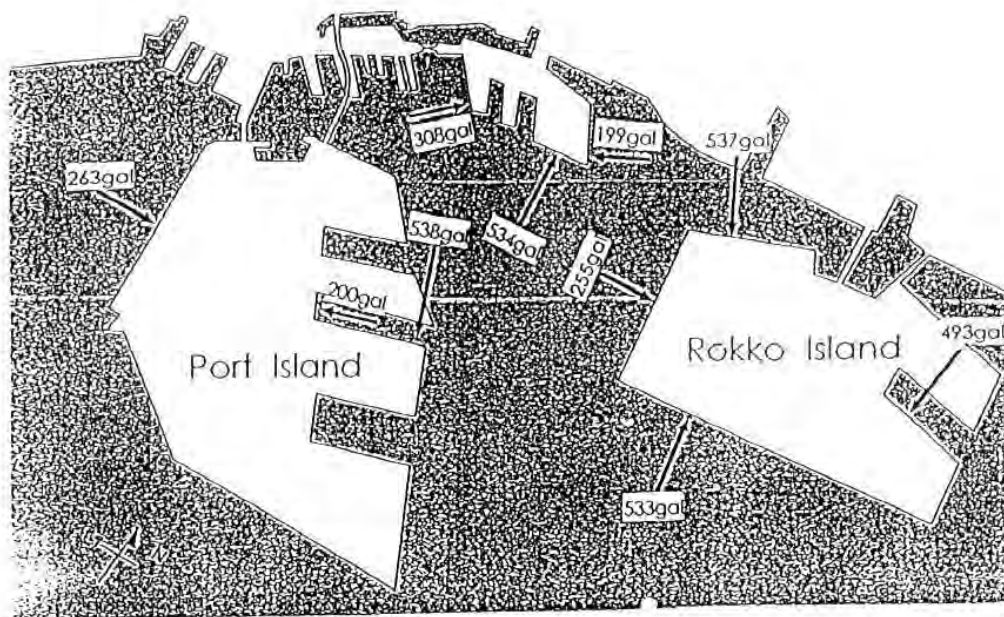
Σχ.2.5.3.ε. Εδαφικό 'προφίλ' σε μία περιοχή κοντά στα τμήματα R-2 και R-3 (Ishihara et al., 1997)



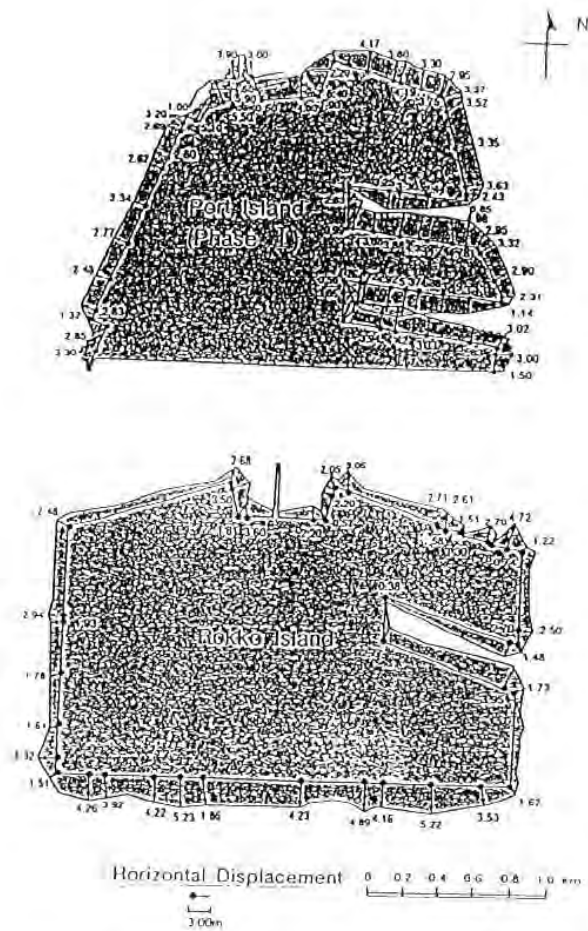
Σχ.2.5.3.ζ. Λεπτομερές 'προφίλ' της παραμόρφωσης του εδάφους στο τμήμα F-2 στο Fukae-hama Island (Ishihara et al., 1997)



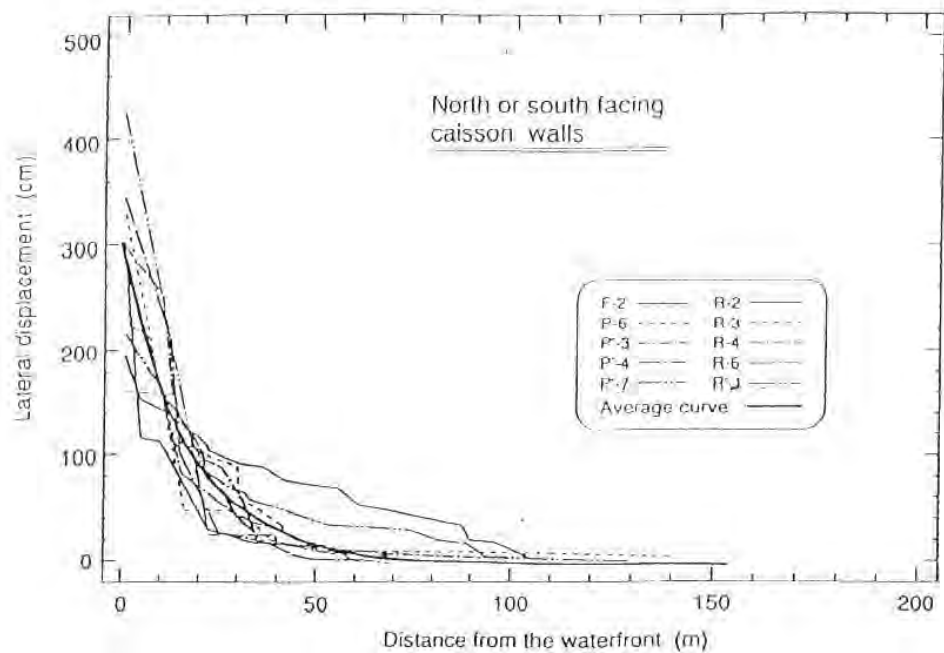
Σχ.2.5.3.η. Εδαφικό 'προφίλ' σε μία περιοχή κοντά στο τμήμα F-2 (Ishihara et al., 1997)



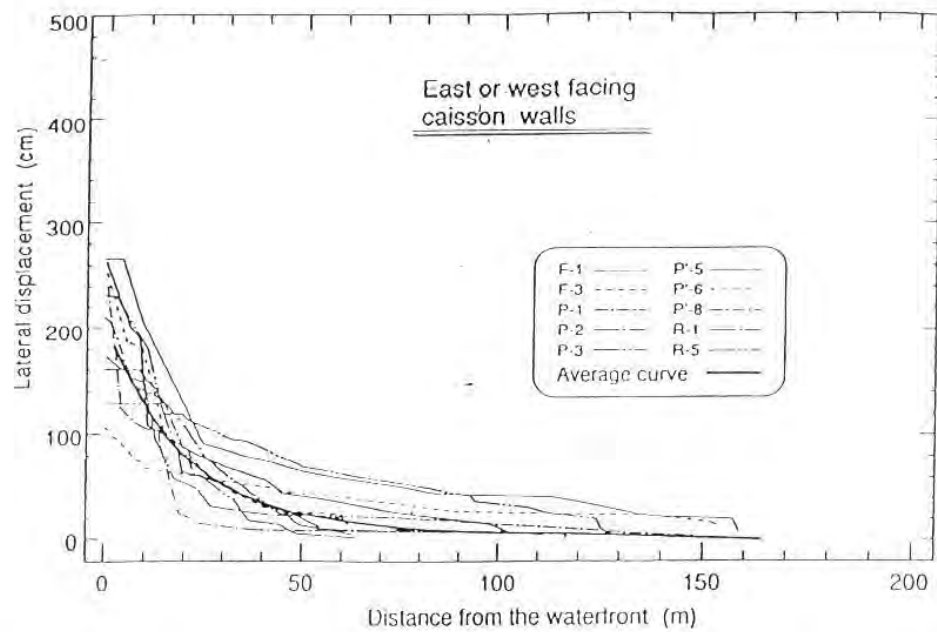
Σχ.2.5.3.θ. Μέγεθος της επιτάχυνσης που πιστεύεται ότι ασκήθηκε στον κρηπιδότοιχο (Inagaki et al., 1996) (1 gal = 1 cm/sec²)



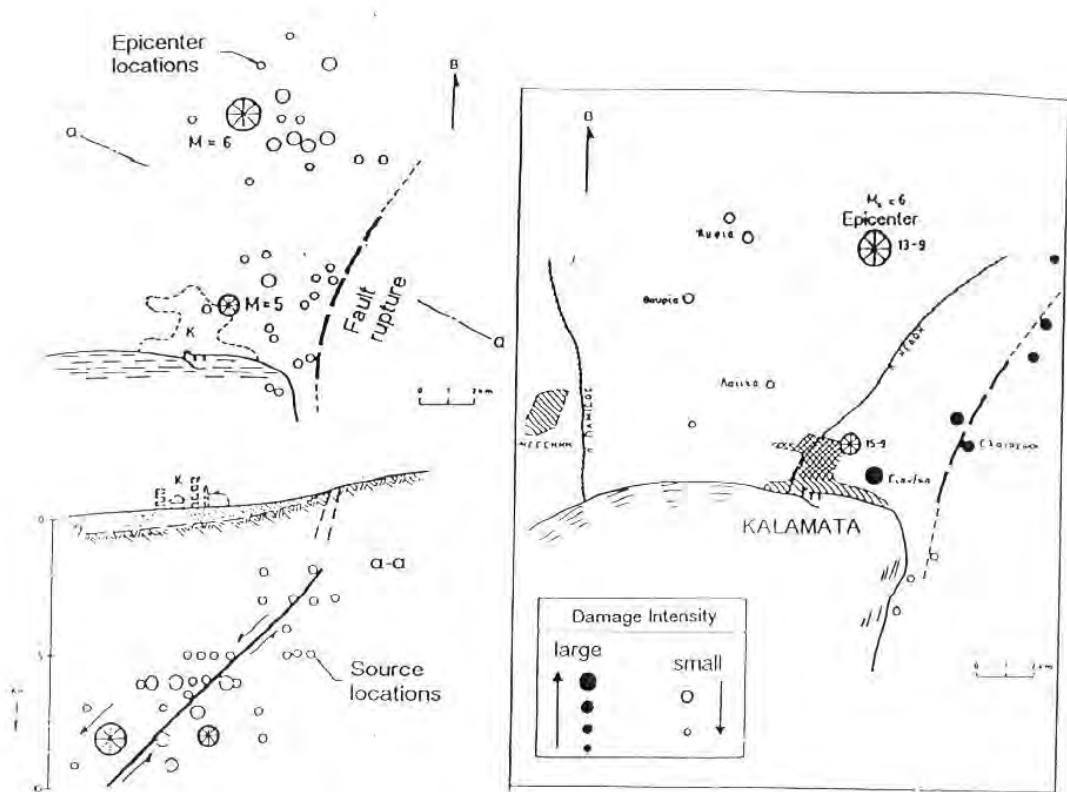
Σχ.2.5.3.ι. Πλευρικές μετακινήσεις του τοίχου της αποβάθρας (Inagaki et al., 1996)



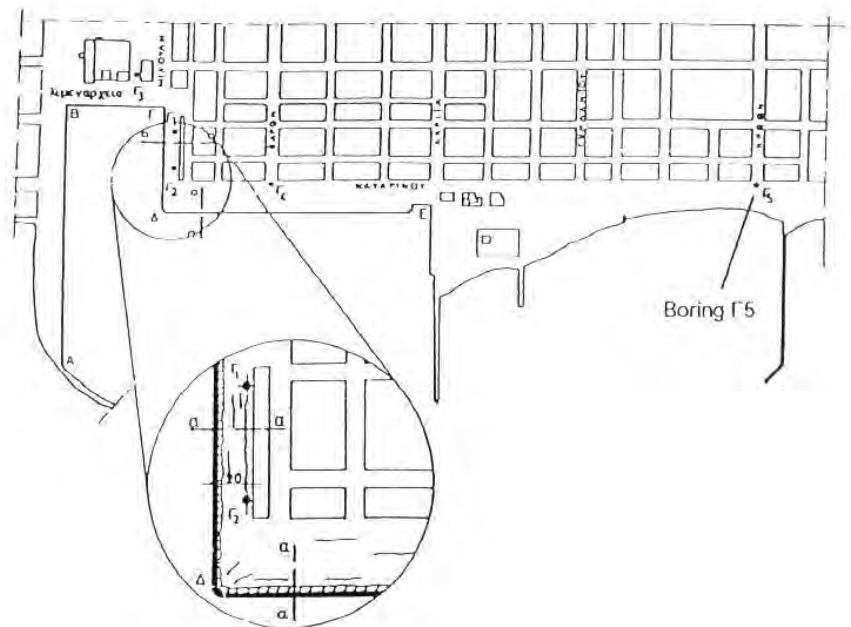
Σχ.2.5.3.κ. Πλευρικές μετακινήσεις συναρτήσει της απόστασης από το μώλο (Τοίχοι της αποβάθρας που βλέπουν στο βορρά ή στο νότο) (Ishihara et al., 1997)



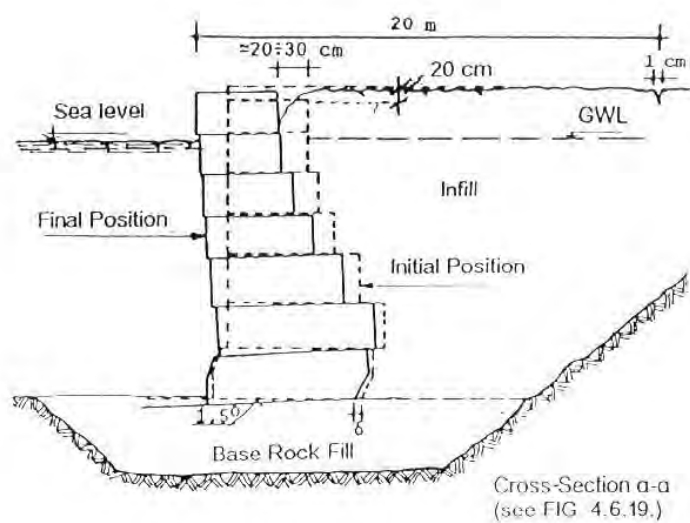
Σχ.2.5.3.λ. Πλευρικές μετακινήσεις συναρτήσει της απόστασης από το μώλο (Τοίχοι της αποβάθρας που βλέπουν στην ανατολή ή στη Δύση) (Ishihara et al., 1997)



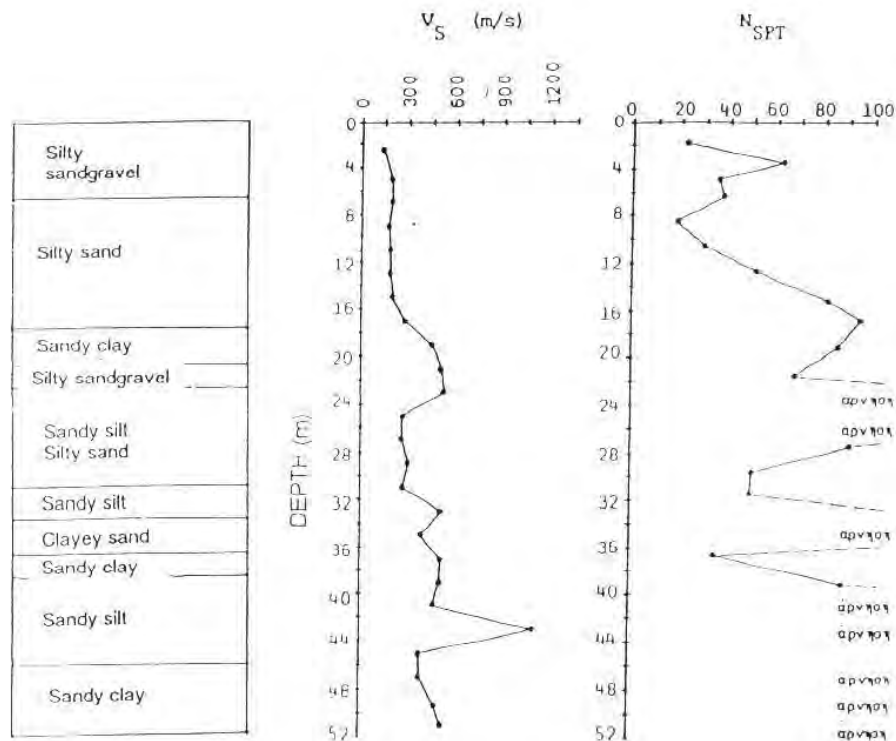
Σχ.2.5.4.α. Επίκεντρο της κύριας δόνησης και το ρήγμα της 13-9-88 ($M \approx 6$) και των κύριων μετασεισμικών δονήσεων της 15-9-88 ($M \approx 5$) και κατανομή της βλάβης στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας (Kotta et al., 1988)



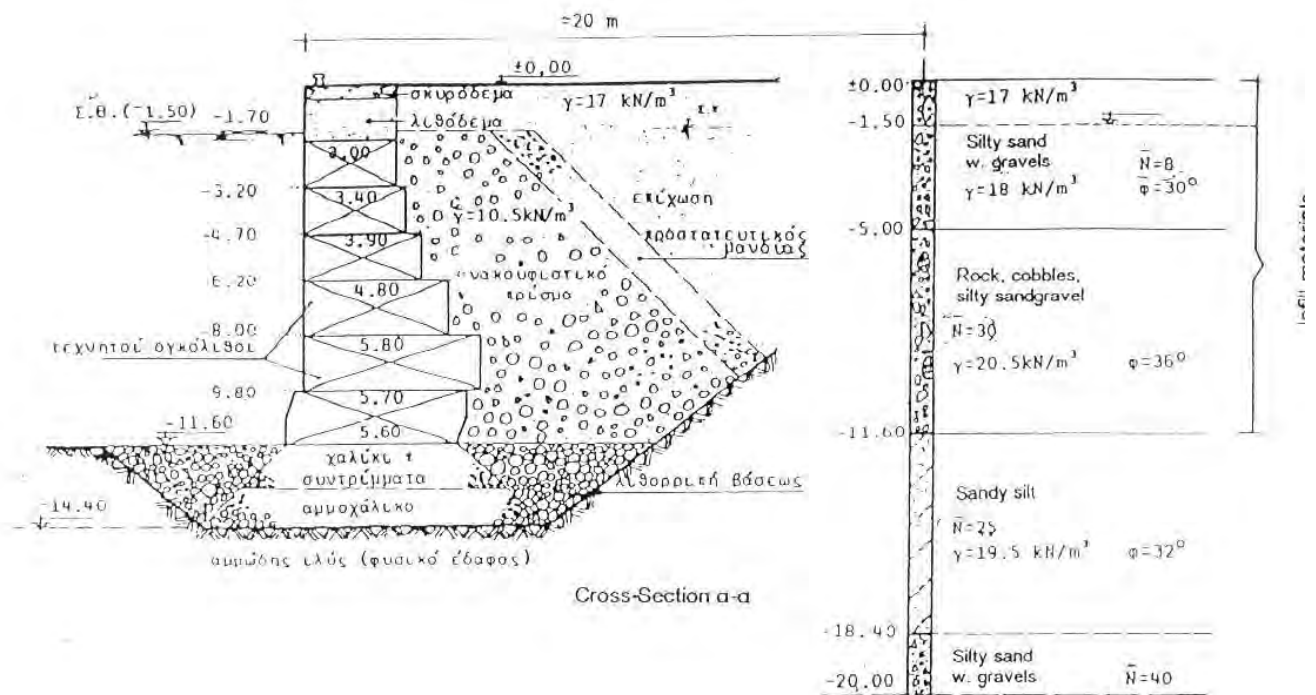
Σχ.2.5.4.β. Γενική άποψη του λιμανιού της Καλαμάτας και θέση της βλάβης (Kotta et al., 1988)



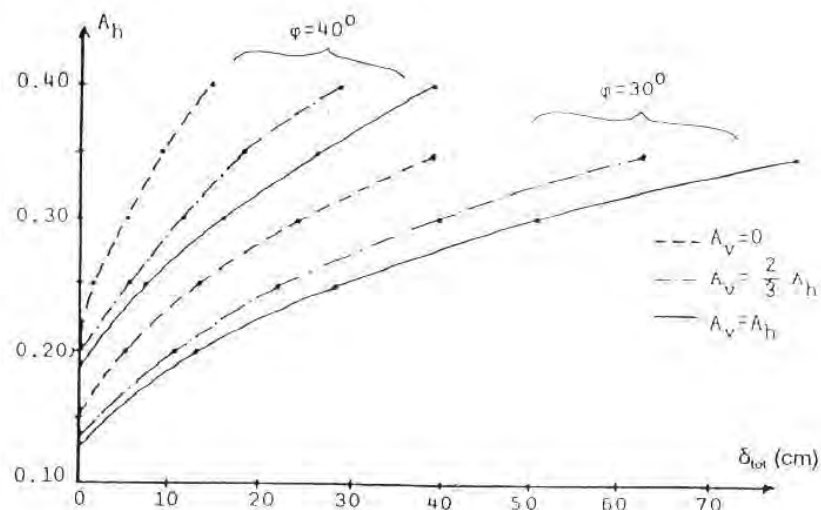
Σχ.2.5.4.γ. Χαρακτηριστική διατομή του τοίχου της αποβάθρας πριν και μετά τους σεισμούς (οι μετακινήσεις είναι υπερτιμημένες) (Kotta et al., 1988)



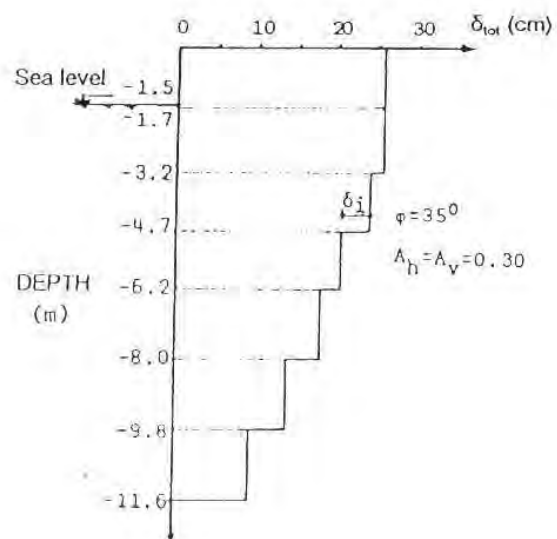
Σχ.2.5.4.δ. Εδαφικό 'προφίλ', διατομή και αποτελέσματα της δοκιμής SPT στην Γεώτρηση Γ5 (βλ. Σχ. Σχ. 2.5.4.β.) (Kotta et al., 1988)



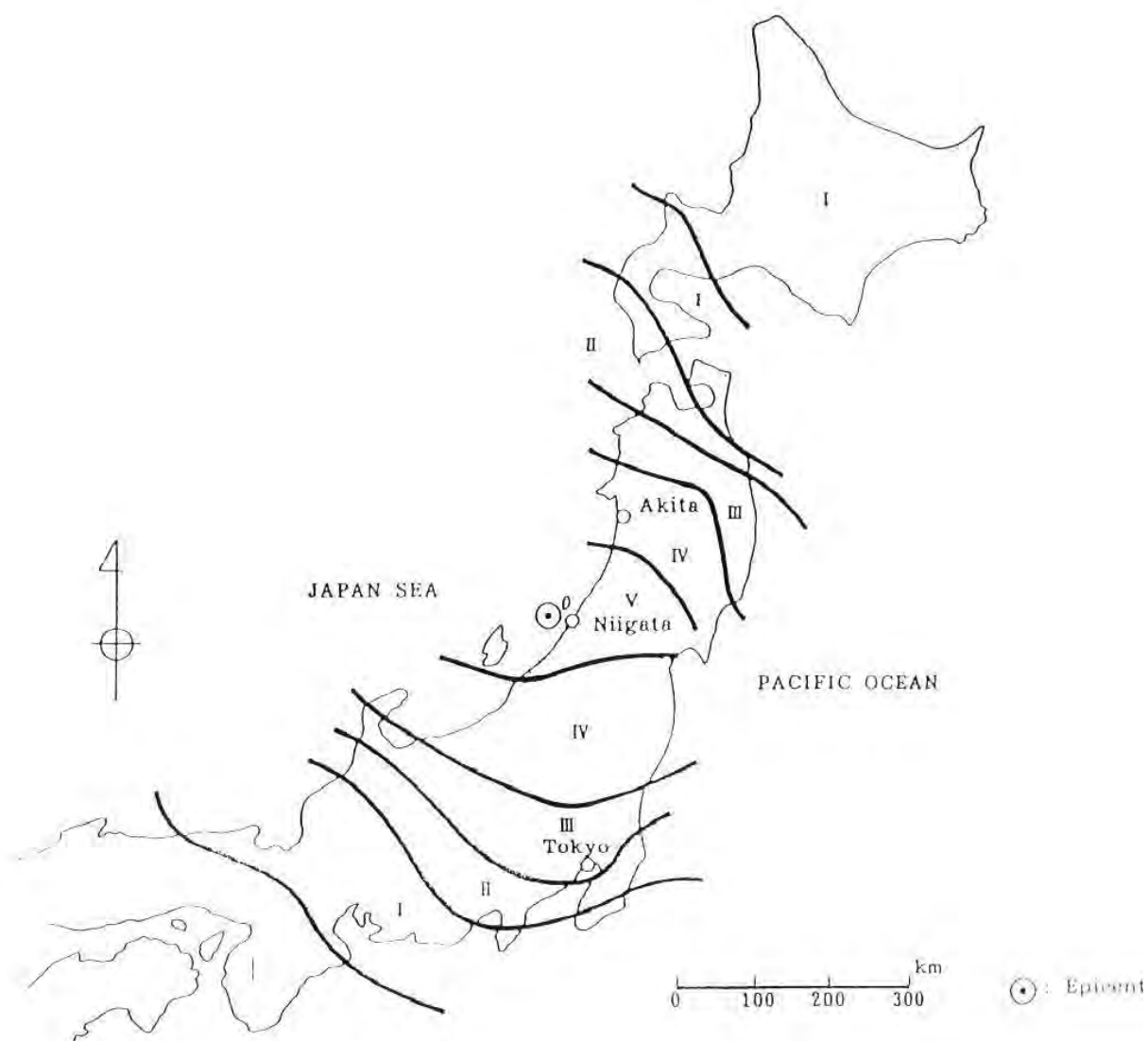
Σχ.2.5.4.ε. Τυπική διατομή και κατασκευαστικές λεπτομέρειες του τοίχου της αποβάθρας και απλοποιημένο εδαφικό 'προφίλ' της περιοχής του τοίχου (N : μέση τιμή SPT από τις γεωτρήσεις Γ1 και Γ2, βλ. Σχ. Σχ. 2.5.4.β.) (Kotta et al., 1988)



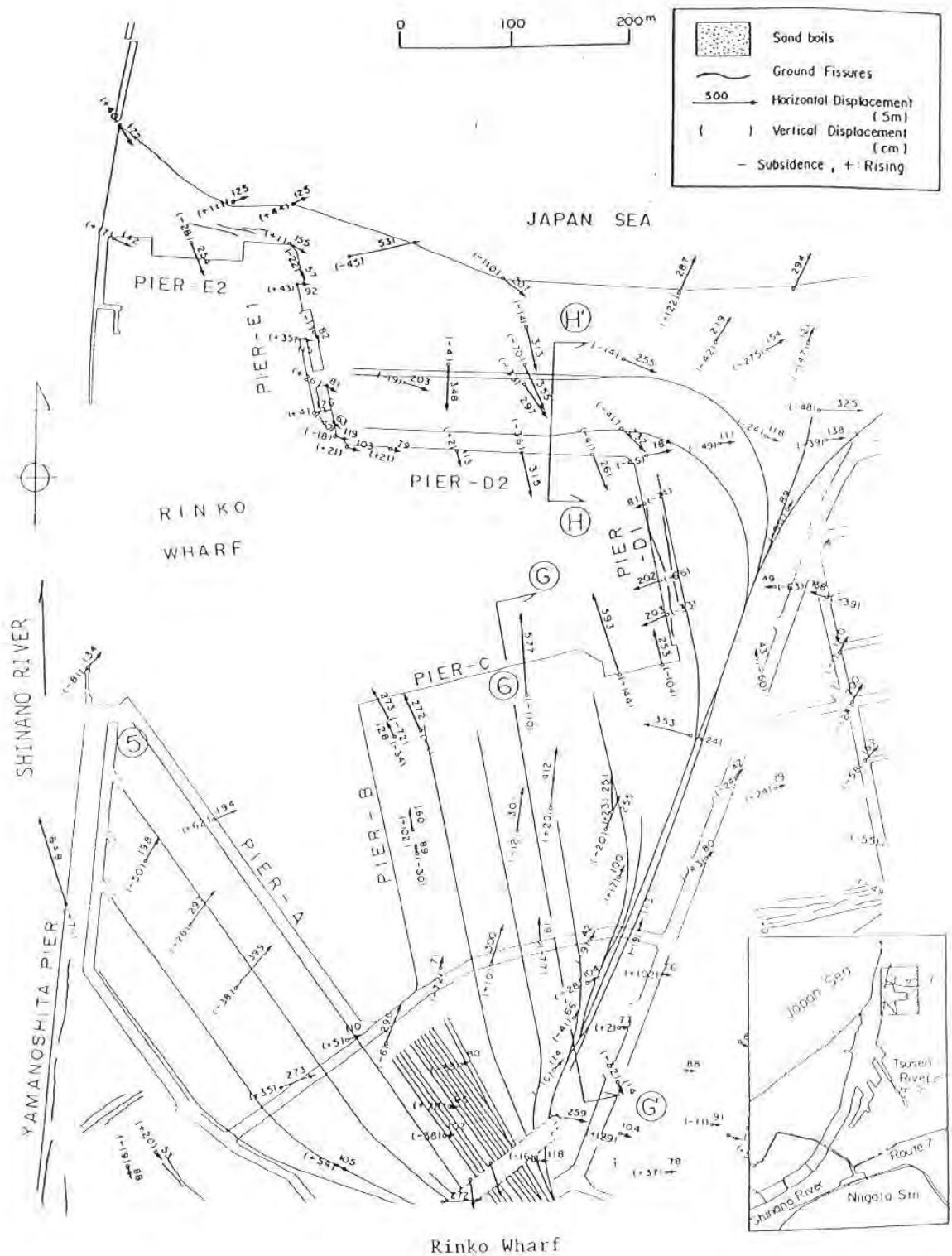
Σχ.2.5.4.ζ. Επίδραση της γωνίας ϕ και του συντελεστή κατακόρυφης επιτάχυνσης A_v στις τιμές της συνολικής μετακίνησης δ_{tot} στην στέψη του τοίχου της αποβάθρας (Kotta et al., 1988)



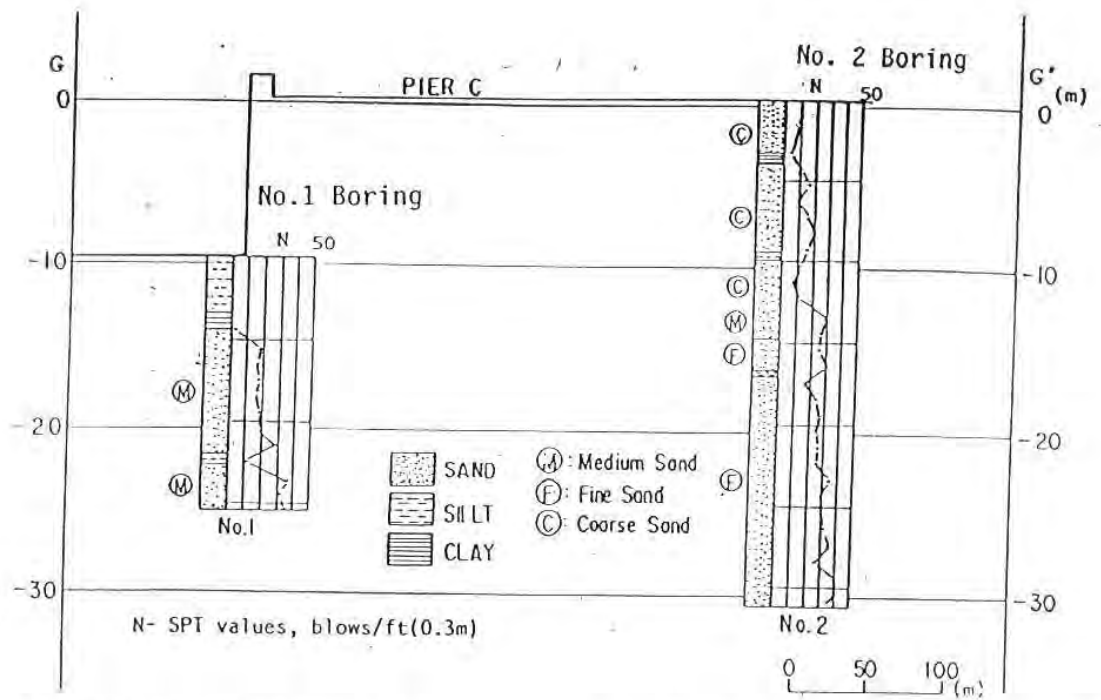
Σχ.2.5.4.η. Συνολική μόνιμη υπολογιστική μετακίνηση στο επίπεδο κάθε ογκόλιθου του τοίχου της αποβάθρας (Kotta et al., 1988)



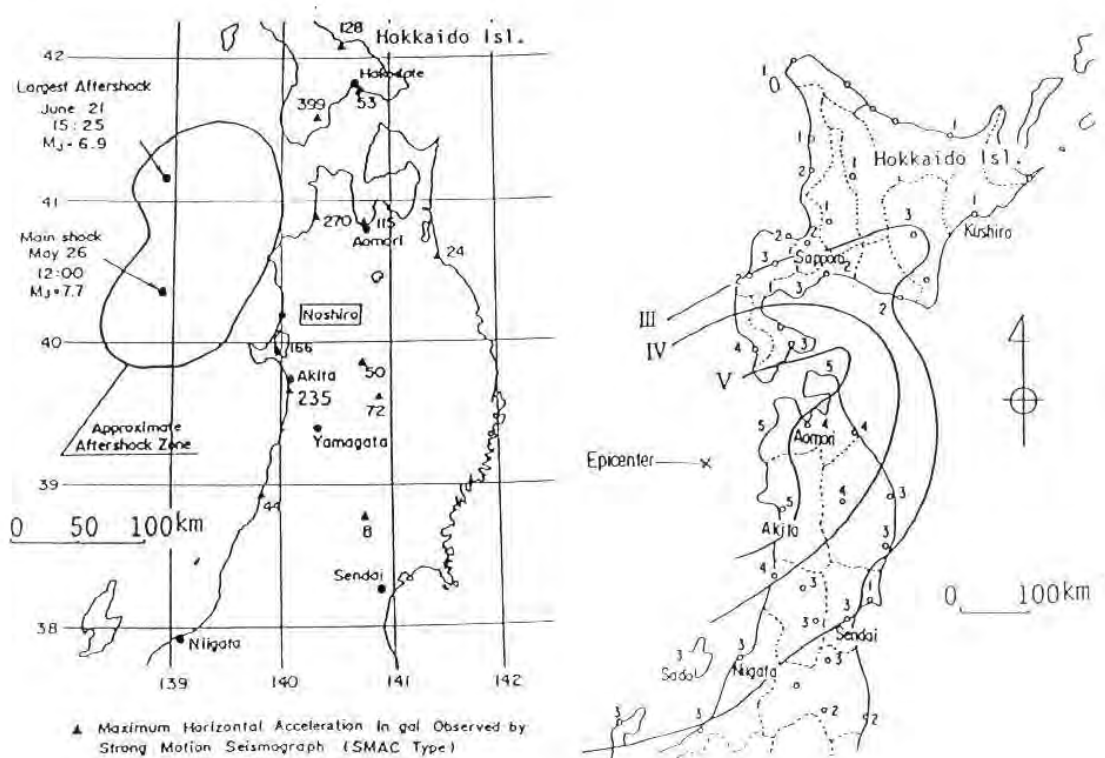
Σχ.2.5.5.α. Επίκεντρο και Σεισμική Ένταση (JMAI) του σεισμού του Niigata το 1964 (Hamada et al., 1992)



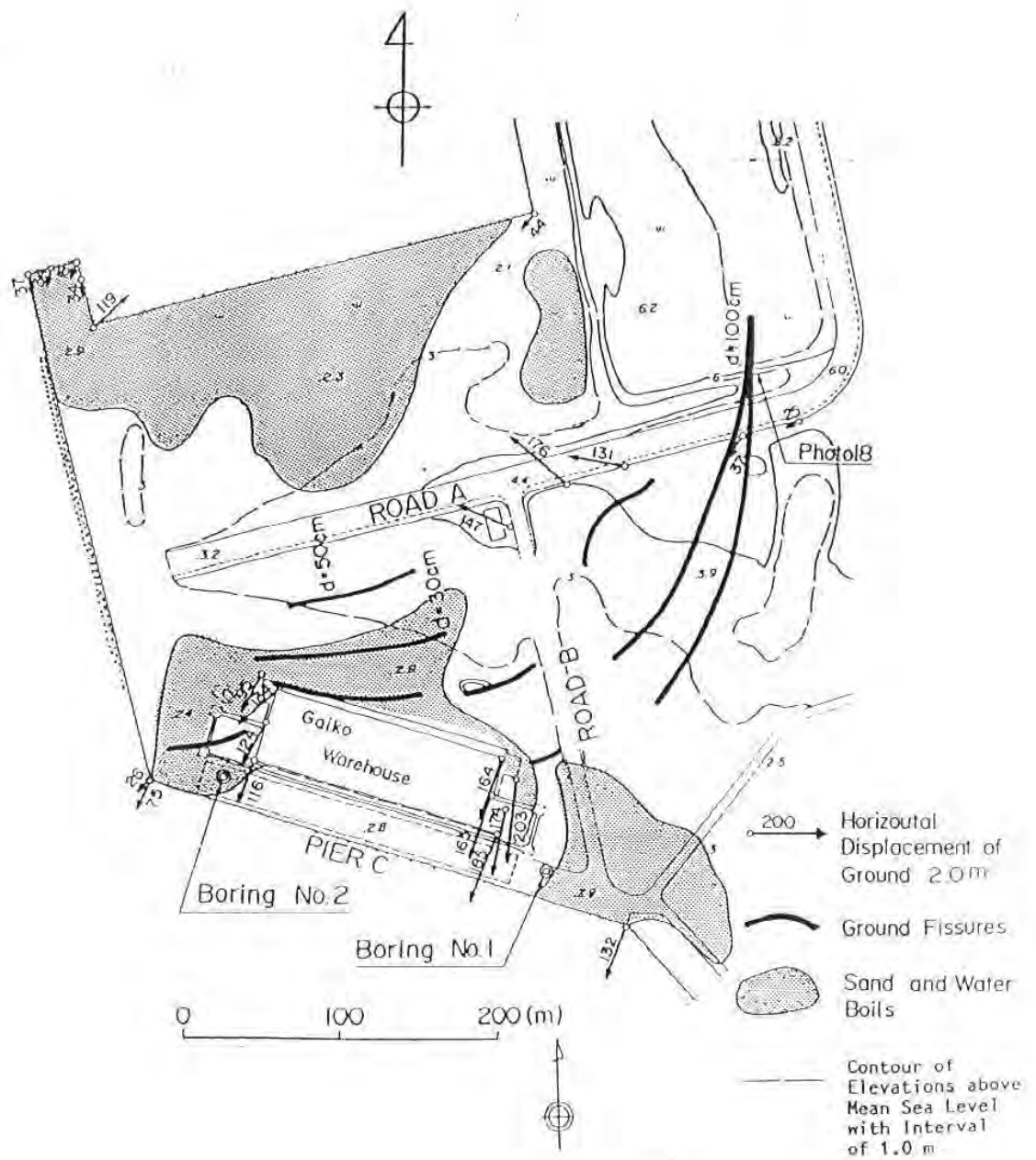
Σχ.2.5.5.β. Μόνιμες μετακινήσεις του εδάφους στην περιοχή του Λιμανιού Niigata (Hamada et al., 1992)



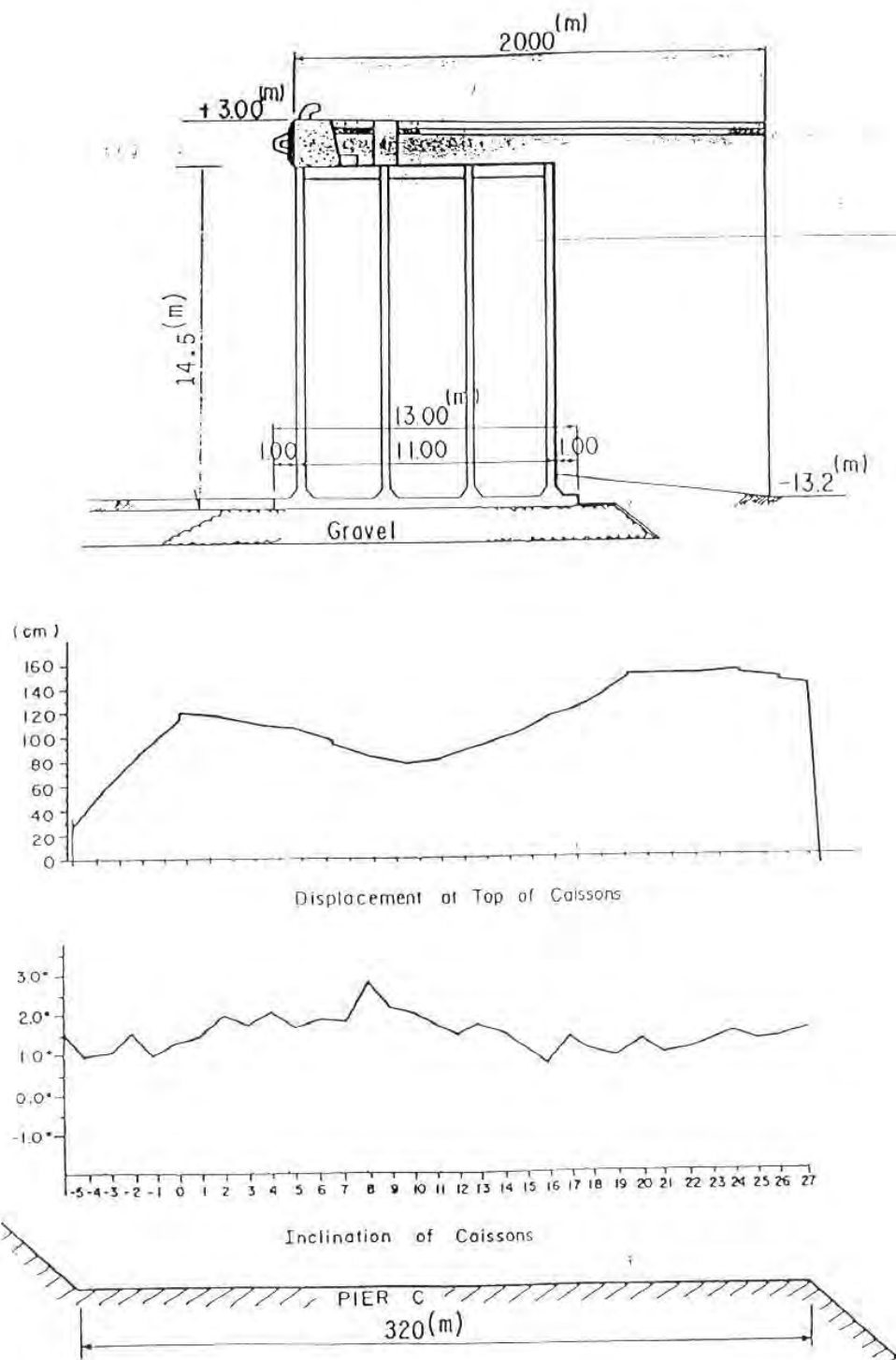
Σχ.2.5.5.γ. Εδαφικές συνθήκες στην περιοχή του Λιμανιού Niigata, Αποβάθρα C, τομή G-G' (Hamada et al., 1992)



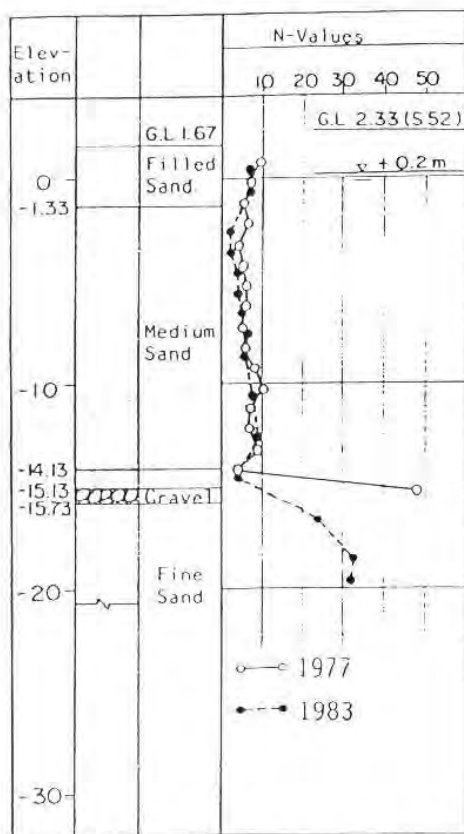
Σχ.2.5.6.α. Επίκεντρο, Ρηγματωμένη Ζώνη, Μέγιστη Επιτάχυνση και Σεισμική Ένταση (JMAI) του σεισμού Nihonkai-Chubu (Hamada et al., 1992)



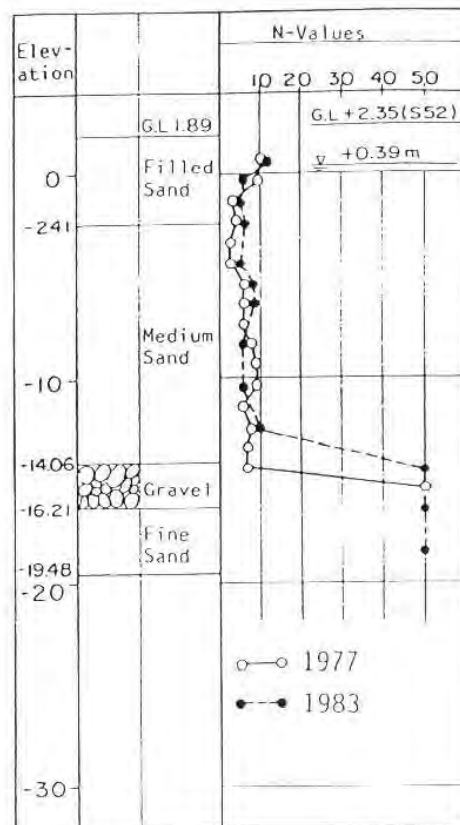
Σχ.2.5.6.β. Μόνιμες μετακινήσεις του εδάφους και ενδείξεις ρευστοποίησης στο Gaiko Wharf (Hamada et al., 1992)



Σχ.2.5.6.γ. Κίνηση και κλίση του κρηπιδότοιχου του Pier C στο Gaiko (Hamada et al., 1992)

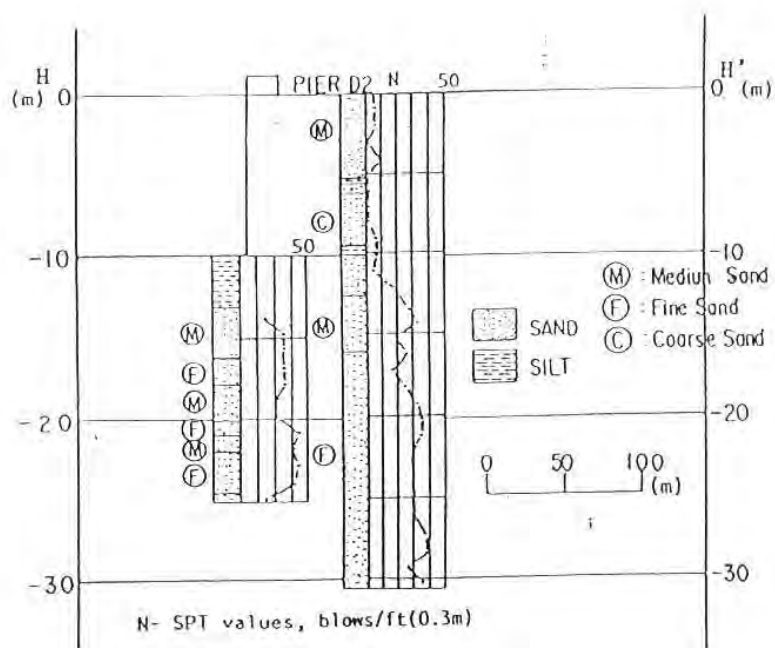


(a) Boring No.1



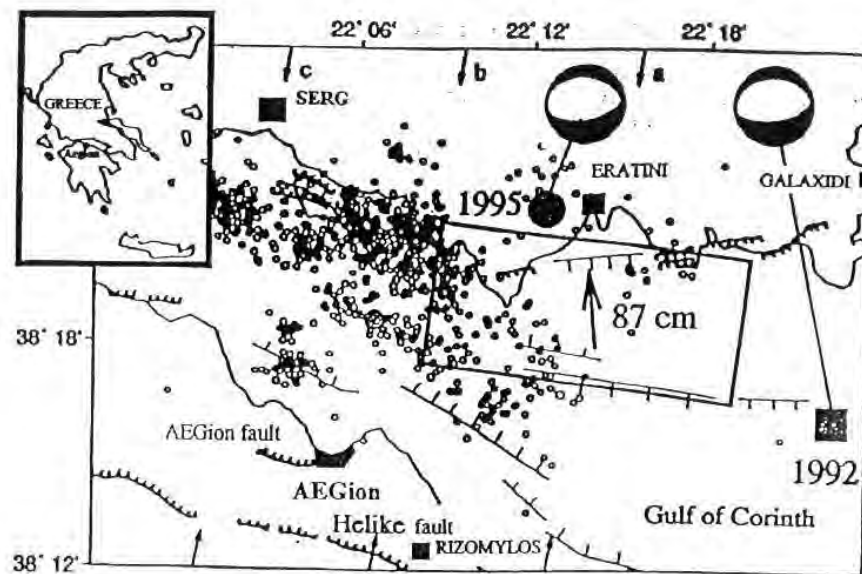
(b) Boring No.2

Σχ.2.5.6.δ. Εδαφικές συνθήκες στο Gaiko Wharf (Hamada et al., 1992)



(b) Section H-H'

Σχ.2.5.17.α. Εδαφικές συνθήκες στην περιοχή του Λιμανιού Niigata. Αποβάθρα D2, τομή H-H' (Hamada et al., 1992)



Σχ.2.5.18.α. Θέση του επικέντρου και του ρήγματος στο σεισμό του Αιγίου (Bouckovalas et al., 1999)

2.6. Παράκτια πρηνή (πλευρική εξάπλωση)

2.6.1. Πλευρική Εξάπλωση στην περιοχή Ebigase-Ohgata της πόλης Niigata στο σεισμό Niigata (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: (βλ. Σχ. 2.6.1.α.), μέγιστη τιμή ≈ 2 m

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εδαφικές συνθήκες και επιτόπου δοκιμές: (βλ. Σχ. 2.6.1.β.-2.6.1.η.)

Περιγραφή αστοχίας:

Η επιφάνεια του εδάφους είναι ελαφρώς κεκλιμένη από τις όχθες του ποταμού κατά μήκος του σιδηροδρομικού σταθμού, με μια κλίση μικρότερη από 0.5%. Το στρώμα που εκτιμάται ότι ρευστοποιήθηκε αυξάνει σε πάχος κατα μήκος του σταθμού. Το όριο μεταξύ του ρευστοποιημένου και του κατώτερου μη-ρευστοποιημένου στρώματος έχει κλίση 2-3% κατά μήκος του σταθμού. Οι μετακινήσεις κατευθύνονται ομοιόμορφα και κυμαίνονται μεταξύ 1 και 2m. Η κατεύθυνση των μετακινήσεων ταυτίζεται με την κλίση της επιφάνειας του εδάφους.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 67

Σχήματα: 2.6.1.α.-2.6.1.η.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M.: " *Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines : 1964 Niigata Earthquake*", 1992, Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, State University at Buffalo, Vol1.

2.6.2. Πλευρική Εξάπλωση στην περιοχή Matsuhama-Shitayama-Shinkawa της πόλης Niigata στο σεισμό Niigata (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: (βλ. Σχ. 2.6.2.α.) ≈ 2 m

Οι μετακινήσεις στα δεξιά είναι μεταξύ 1 και 3 m ενώ οι μετακινήσεις στα αριστερά ποικίλουν μεταξύ 1 και 10 m.

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εδαφικές συνθήκες και επιτόπου δοκιμές: (βλ. Σχ. 2.6.2.β.-2.6.2.ζ.)

Περιγραφή αστοχίας:

Το στρώμα που εκτιμάται ότι έχει ρευστοποιηθεί έχει σχετικά μεγάλο πάχος (7-10 m). Το πάχος του ρευστοποιημένου στρώματος τείνει να μειωθεί προς τα ανατολικά. Δεν υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της κατεύθυνσης των μετακινήσεων του εδάφους και της κλίσης του ορίου μεταξύ του ρευστοποιημένου στρώματος και του κατώτερου μη- ρευστοποιημένου στρώματος

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 68

Σχήματα: 2.6.2.α.-2.6.2.ζ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., : " *Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines : 1964 Niigata Earthquake*", Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, State University at Buffalo, Vol1

2.6.3. Πλευρική Εξάπλωση στην περιοχή του σιδηροδρομικού σταθμού της πόλης Niigata στο σεισμό Niigata (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: 0.5-2 m (βλ. Σχ. 2.6.3.α.)

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εδαφικές συνθήκες και επιτόπου δοκιμές: (βλ. Σχ. 2.6.3.β., 2.6.3.γ.)

Περιγραφή αστοχίας:

Στην αριστερή πλευρά της τομής, το πάχος του στρώματος που εκτιμάται ότι θα ρευστοποιηθεί είναι περίπου 7 m, και μειώνεται βαθμιαία κατά μήκος της δεξιάς πλευράς. Το όριο μεταξύ του στρώματος που εκτιμάται ότι θα ρευστοποιηθεί και του κατώτερου μή-ρευστοποιημένου, κλίνει προς το βορρά. Η κλίση του ορίου ταυτίζεται με την κατεύθυνση των μετακινήσεων του εδάφους. Η επιφάνεια του εδάφους είναι κατά κύριο λόγο επίπεδη στην περιοχή αυτή.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 69

Σχήματα: 2.6.3.α.-2.6.3.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., : " *Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines : 1964 Niigata Earthquake*", 1992, Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, National Center for Earthquake Engineering Research, State University at Buffalo, Vol1.

2.6.4. Πλευρικές Εξαπλώσεις στην πόλη Noshiro στο σεισμό Nihonkai-Chubu - Νότια Περιοχή της Πόλης Noshiro

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.19.

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 100 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: >5 m [βλ. Σχ. 2.6.4.β. - 2.6.4.δ.]

Υπολογιζόμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εδαφικές συνθήκες και επιτόπου δοκιμές: [βλ. Σχ. 2.6.4.α. – 2.6.4.δ.]

Το υπέδαφος στην περιοχή αποτελείται από άμμο, φυσικές προσχώσεις, αμμόλοφους, αλλούβια άμμο και αλλούβια άργιλο. Η κλίση του εδαφικού πρανούς κυμαίνεται μεταξύ 1 και 5%. Τα στρώματα που εκτιμάται ότι θα ρευστοποιηθούν αποτελούνται από δύο ή τρία στρώματα, κάποια από τα οποία διαχωρίζονται, επειδή ιλυώδη στρώματα (που έχουν μικρότερες πιθανότητες να ρευστοποιηθούν) βρίσκονται μεταξύ των αμμωδών στρωμάτων. Το πάχος των ρευστοποιημένων στρωμάτων κυμαίνεται μεταξύ 2 και 5 m.

Από τη μελέτη της κίνησης του εδάφους σε αυτές τις διατομές προκύπτει ότι η κλίση της επιφάνειας του εδάφους και το πάχος του ρευστοποιημένου στρώματος έχουν μια θετική επίδραση στο μέγεθος των μετακινήσεων.

Περιγραφή της αστοχίας:

Μία ιδιαίτερα μεγάλη μετακίνηση παρατηρήθηκε στις πλαγιές του Maeyama, ενός αμμώδους λόφου περίπου 10 m ψηλότερα από την γύρω περιοχή. Στη βόρεια πλαγιά του λόφου, μετακινήσεις ξεκίνησαν κοντά στην κορυφή και επεκτάθηκαν οριζόντια για πάνω από 300 m με κατεύθυνση προς το βορρά. Η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση ξεπέρασε τα 5.0 m και η κατεύθυνση των μετακινήσεων περίπου ταυτίζονταν με αυτή της πλαγιάς. Σύμφωνα με μάρτυρες, η δυνατή δόνηση του εδάφους κράτησε περίπου 30 δευτερόλεπτα αλλά η δόνηση συνεχίστηκε για αρκετό χρόνο ακόμα. Αυτό σημαίνει ότι οι κινήσεις συνεχίστηκαν μέχρις ότου οι υπερπίεσεις του νερού εκτονώθηκαν. Στο Σχ.2.6.4.α. φαίνεται ένας χάρτης της διεύθυνσης των μόνιμων εδαφικών μετακινήσεων στην περιοχή καθώς επίσης και οι τομές που σχεδιάζονται στο Σχ. 2.6.4.β.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 52

Σχήματα: 2.5.6.α., 2.6.4.α. – 2.6.4.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M.: "Large ground deformations and their effects on lifelines: 1983 Nihonkai-Chubu Earthquake", Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, 1992, Vol I

2.6.5. Βόρεια Περιοχή της Πόλης Noshiro στο σεισμό Nihonkai-Chubu

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.19..

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 100 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις: (βλ. Σχ. 2.6.5.β.) ≈ 2 m

Στο Σχ.2.6.5.α. φαίνεται ένας χάρτης των μόνιμων μετακινήσεων του εδάφους στην περιοχή: οι μετακινήσεις του εδάφους ήταν σημαντικές στην δυτική πλευρά του δρόμου Noshiro-Oga, ο οποίος έχει μια μικρή κλίση και αποτελεί τη μεταβατική περιοχή μεταξύ των αμμόλοφων κατά μήκος της θάλασσας της Ιαπωνίας και του αλλούβιου πεδίου κατά μήκος του ποταμού Yoneshiro. Οι μετακινήσεις ξεκίνησαν στα μισά του αμμόλοφου, Sunadomeyama, και επεκτάθηκαν για περίπου 800 m με μία βόρεια και βορειοανατολική κατεύθυνση. Η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση ήταν περίπου 3 m στις πλαγιές του Aoba-cho. Από την άλλη μεριά, οι μόνιμες εδαφικές μετακινήσεις στην ανατολική περιοχή, στην ανατολική πλευρά του δρόμου Noshiro-Oga, μία περιοχή κυρίως του αλλουβιακού πεδίου, ήταν πολύ μικρές, μικρότερες από 0.5 m. Στο Σχ. 2.6.5.α. επίσης φαίνονται οι διατομές που σχεδιάζονται στο Σχ. 2.6.5.β.

Εδαφικές συνθήκες και επιτόπου δοκιμές: (βλ. Σχ. 2.6.5.β.)

Το υπέδαφος αποτελείται από άμμο, αλλούβια άμμο και αλλούβια άργιλο. Εκτιμήθηκε ότι η άμμος και η αλλούβια άμμος έχουν ρευστοποιηθεί. Το πάχος του ρευστοποιημένου στρώματος κυμαινόταν από 1 έως 5 m. Η κλίση της επιφάνειας στη συγκεκριμένη περιοχή της πόλης είναι λιγότερο από 1.0%.

Περιγραφή της αστοχίας:

Κατά μήκος της τομής N-1, οι μετακινήσεις του εδάφους είναι μεγάλες στην κορυφή της πλαγιάς όπου το ρευστοποιημένο στρώμα ήταν σχετικά λεπτό και η κλίση της επιφάνειας πολύ μικρή. Στα μισά της πλαγιάς, το πάχος του εκτιμώμενου ρευστοποιημένου στρώματος ήταν πάνω από 5m, αλλά η μετακίνηση του εδάφους ήταν λιγότερο από 1.0 m. Κατά μήκος της τομής N-7, οι μετακινήσεις του εδάφους είναι μεγάλες σε δύο περιοχές: Στο πάνω μέρος της πλαγιάς, όπου το πάχος του εκτιμώμενου ρευστοποιημένου στρώματος είναι σχετικά μεγάλο (περίπου 4 m) και στο μεσαίο τμήμα της πλαγιάς, όπου η κλίση της επιφάνειας αυξάνει.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 53

Σχήματα: 2.6.5.α., 2.6.5.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M.: "Large ground deformations and their effects on lifelines: 1983 Nihonkai-Chubu Earthquake", Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, 1992, State University at Buffalo, Vol I

2.6.6. Θέση Degirmedere – ο σεισμός του Kocaeli (Adapazari, Τουρκία 1999))

Σεισμός:

Ημερομηνία : 17 Αυγούστου, 1999 Ωρα : 03:01:37

Μέγεθος (M_w) : 7.4

Εστιακό βάθος : 15-17 km

Ο σεισμός προκλήθηκε από την ενεργοποίηση της North Anatolian Fault Zone. Σύμφωνα με στοιχεία το ρήγμα είναι δυνατό να διακριθεί σε δύο κλάδους, τον ανατολικό και τον δυτικό. Ο δεύτερος κλάδος του ρήγματος εμφανίστηκε από τη λίμνη Saranca μέχρι την ακτογραμμή στα ανατολικά προάστια της πόλης Golcuk και προξένησε σημαντικές καταστροφές στην πόλη όπως πλευρική εξάπλωση στο παράκτιο τμήμα της.

Απόσταση από το επίκεντρο: <50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Γενικά: Το Σχ.2.6.6.β. δίνει τις θέσεις όπου παρατηρήθηκε εδαφική εξάπλωση λόγω του σεισμού του Kocaeli το 1999.

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Στο σχήμα 2.6.6.β. φαίνεται η ζώνη πλευρικής εξάπλωσης στη θέση Degirmedere Nose με σεισμικές μετακινήσεις 7 έως 18 cm, η ζώνη που κατολίσθησε στη θάλασσα (κοντά στη στεριά), καθώς επίσης και οι ζώνες δευτερευουσών ρωγμών και οι περιοχές με κτίρια που έχουν υποστεί καθίζηση.

Στα σχήματα 2.6.6.β. και 2.6.6.γ. φαίνεται η θέση του Degirmedere στον κόλπο του Izmit και οι παράκτιες περιοχές του Degirmedere που υπέστησαν βλάβες, αντίστοιχα. Δύο τυπικές βλάβες παρατηρήθηκαν: Οριζόντια μετακίνηση τοίχου (stone piling wall) κατά 1.5m στην κατεύθυνση δύση-ανατολή και κατά 4.3m στην κατεύθυνση βορράς-νότος. Μετακίνηση πρὸς τη θάλασσα του κρηπιδότοιχου και βλάβες λόγω του ρήγματος που εμφανίστηκε.

Επίσης, στα δυτικά της πόλης, ένα παράκτιο τμήμα μήκους 300m και πλάτους 100m, αποκολλήθηκε στη θάλασσα μαζί με όλα τα κτίρια ακριβώς μετά το σεισμό. (Σχ. 2.6.6.δ.)

Μετά το σεισμό, το βάθος του πυθμένα της θάλασσας μερήθηκε κατά μήκος μιας διατομής κάθετης στην ακτογραμμή. Τα αποτελέσματα αυτής της μέτρησης καθώς και το βάθος πριν το σεισμό, φαίνονται στο σχήμα 2.6.6.ε. Από το σχήμα φαίνεται καθαρά ότι το σχήμα του πυθμένα άλλαξε δραματικά μετά το σεισμό και συγκεκριμένα, κοντά στην ακτή, έφτασε και τα 20 m. Αυτό δείχνει ότι προκλήθηκε κατολίσθηση κάτω από τη θάλασσα.

Επιτόπου δοκιμές:

Στα διαγράμματα που ακολουθούν (Σχ.2.6.6.η.) φαίνονται τα αποτελέσματα δοκιμών CPT. Στο τελευταίο διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή της q_c με το βάθος από όπου προϋπτεί τιμή q_c 2,5-20 kg/cm².

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 74

Σχήματα: 2.6.6.α.- 2.6.6.η.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. <http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>
2. Hiroyoshi Kiku, Kenji Ishihara, Mamoru Kanatani, Mamoru Mimura, Iwao Morimoto: Change of Waterline and water depth at Izmit Bay due to 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001

2.6.7. Θέση Police Station - ο σεισμός του Kocaeli (Adapazari, Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: <50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (βλ. Σχ. 2.6.7.α., 2.6.7.β.)

Στο σχήμα 2.6.7.β. φαίνονται ρωγμές στο έδαφος της τάξης των 20 cm λόγω πλευρικής εξάπλωσης στην περιοχή του Police Station.

Επιτόπου δοκιμές:

Στο διάγραμμα (Σχ. 2.6.7.γ.) φαίνονται τα αποτελέσματα δοκιμών CPT από όπου προκύπτει τιμή q_c 1-17kg/cm².

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 76

Σχήματα: 2.6.7.α.-2.6.7.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. <http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>

2.6.8. Θέση Soccer Field στον σεισμό του Kocaeli (Adapazari, Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: <50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: περίπου 0.4m

Στα σχήματα 2.6.8.α., 2.6.8.β., 2.6.8.γ. φαίνονται ρωγμές στο έδαφος της τάξης των 40 cm, λόγω πλευρικής εξάπλωσης στην περιοχή του Soccer Field.

Επιτόπου δοκιμές:

Στο διάγραμμα (Σχ. 2.6.8.δ.) φαίνονται τα αποτελέσματα δοκιμών CPT από όπου προκύπτει τιμή q_c 1-4kg/cm².

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 77

Σχήματα: 2.6.8.α.-2.6.8.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. <http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>

2.6.9. Θέση Yalova Harbor στον σεισμό του Kocaeli (Adapazari, Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: <50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: περίπου 0.4m

Στα σχήματα 2.6.9.α., 2.6.9.β., 2.6.9.γ. φαίνονται ρωγμές στο έδαφος της τάξης των 40 cm λόγω πλευρικής εξάπλωσης στην περιοχή του Soccer Field.

Επιτόπου δοκιμές:

Στο διάγραμμα 2.6.9.γ. φαίνονται τα αποτελέσματα δοκιμών CPT από όπου προκύπτει τιμή q_c 1-25 kg/ cm².

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 78

Σχήματα: 2.6.9.α. – 2.6.9.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. <http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>

2.6.10. Θέση Yakin Street στον σεισμό του Kocaeli (Adapazari, Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: <50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: περίπου 0.2m

Στα σχήματα 2.6.10.β. και 2.6.10.γ. φαίνονται ρωγμές σε πεζοδρόμια της Yakin Street. Παρατηρήθηκαν ρωγμές 2 έως 8 cm και παραμόρφωση των πεζοδρομίων 3 έως 20 cm

Επιτόπου δοκιμές:

Στο διάγραμμα (Σχ. 2.6.10.δ.) φαίνονται τα αποτελέσματα δοκιμών CPT από όπου προκύπτει τιμή q_c 2-25 kg/ cm².

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 79

Σχήματα: 2.6.10.α.-2.6.10.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. <http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>

2.6.11. Θέση Kavakli στην πόλη Golcuk - ο σεισμός του Kocaeli (Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 3 m καταβύθιση

Εδαφικές συνθήκες: χαλαροί πρόσφατοι σχηματισμοί

Περιγραφή της αστοχίας:

Έλαβε χώρα πλευρική εξάπλωση και καταβύθιση, πιθανώς λόγω κατολίσθησης. Μετρήσεις του βάθους του νερού που έγιναν στη θέση Kavakli, φαίνονται στο σχήμα 2.6.11.β. ενώ μία σχηματική παράσταση της καταβύθισης του κρηπιδότοιχου δίνεται και στο σχήμα 2.6.11.γ. Η κατακόρυφη μετακίνηση του κρηπιδότοιχου έφτασε τα 2.8 m.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 80

Σχήματα: 2.6.11.α., 2.6.11.β., 2.6.11.γ., 2.6.11.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, Τεύχος 2067, Δευτέρα 20/9/1999 "Ο σεισμός της Τουρκίας 1999".
2. Hiroyoshi Kiku, Kenji Ishihara, Mamoru Kanatani, Mamoru Mimura, Iwao Morimoto: Change of Waterline and water depth at Izmit Bay due to 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.6.12. Συγκρότημα στο Golcuk - ο σεισμός του Kocaeli (Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: 1km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 2 m οριζόντια μετακίνηση μαζί με πλευρική κίνηση.

Εδαφικές συνθήκες: νέες, αλλούβιες αποθέσεις με μεγέθη κόκκων που κυμαίνονται, χωρίς να υπάρχει σαφής διαστρωμάτωση. Ένα τυπικό εδαφικό προφίλ που αναφέρεται σε ένα τμήμα της περιοχής του συγκροτήματος, φαίνεται στο σχήμα 2.6.12.β.

Περιγραφή της αστοχίας:

Η θέση του συγκροτήματος ήταν περίπου 1km δυτικά από το επίκεντρο του σεισμού και εμφανίστηκε ρήγμα κατά μήκος του βόρειου άκρου της περιοχής. Κατά μήκος του ρήγματος παρατηρήθηκε κατακόρυφη μετακίνηση της τάξης των 1.60m και οριζόντια μετακίνηση της τάξης των 2m.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 118

Σχήματα: 2.6.12.α., 2.6.12.β., 2.6.12.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. R. Duzceer, A. Gokalp, E. Savaskan: "The Performance of the deep Foundation System of a new Automobile Plant under Construction in Golcuk, Turkey, during the August 17, 1999 Kocaeli Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.6.13. Θέση Haliderere - ο σεισμός του Kocaeli (Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: --

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: >50 m κατά μήκος της ολίσθησης

Εδαφικές συνθήκες: -

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε υποχώρηση του εδάφους στο Haliderere, στα δυτικά της πόλης του Degirmediere. (Βλ. Σχ. 2.6.13.α.). Τμήμα μήκους 200-250m και πλάτους 20m, αποκολλήθηκε προς τη θάλασσα. Στο σχήμα 2.6.13.γ. φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στο Haliderere πριν και μετά το σεισμό, σε δύο διατομές. Από αυτές τις παρατηρήσεις προκύπτει ότι η καθίζηση μιας τεράστιας εδαφικής μάζας από την παράκτια περιοχή, προκλήθηκε από μία μεγάλου μεγέθους κατολίσθηση.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 119

Σχήματα: 2.6.6.β., 2.6.13.α., 2.6.13.β., 2.6.13.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hiroyoshi Kiku, Kenji Ishihara, Mamoru Kanatani, Mamoru Mimura, Iwao Morimoto: "Change of Waterline and water depth at Izmit Bay due to 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.6.14. Αίγιο, Ελίκη, Ελλάδα - Ο σεισμός του Αιγίου (Ελλάδα, 1867)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 23 Αυγούστου, 1867

Μέγεθος (M_w) : 6.8

Εστιακό βάθος : 15-17 km

Απόσταση από το επίκεντρο: <10km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: <10km

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: κατακόρυφη: 3m
οριζόντια: 2m

Εδαφικές συνθήκες: χαλαροί πρόσφατοι σχηματισμοί

Περιγραφή της αστοχίας:

Δημιουργήθηκε ρήγμα 13 km με πλάτος 2 m με αποτέλεσμα μία ζώνη της παραλίας, μήκους 13 km να βρεθεί υπό την θάλασσα, σε ένα πλάτος που έφτανε τα 200m. Επίσης, εμφανίστηκαν κώνοι από τη ρευστοποίηση της άμμου (βλέπε Σχ. 2.6.14.γ.) , με διάμετρο 20m.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 89

Σχήματα: 2.6.14.α., 2.6.14.β., 2.6.14.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C.: "Liquefaction of sandy Deposits in Coastal Areas"
2. Σωτηρόπουλος Η., .: "Η Αναζήτηση της Αρχαίας Ελίκης από τη Σκοπιά της Γεωτεχνικής", 3rd Hellenic Conference on Geotechnical Engineering, Patra, 1997, Vol II.

2.6.15. Ποταμός Maolou, Nantou, Taiwan – Ο σεισμός του Chi-Chi (Taiwan, 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο: --

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση περίπου 1.5 m

Εδαφικές συνθήκες: Το έδαφος 30 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους χωρίζεται σε 6 στρώματα. Το πρώτο στρώμα έχει πάχος 1.5 m και αποτελείται κυρίως από χάλικες. Το δεύτερο στρώμα συμπεριλαμβάνει χαλαρή έως μέσης πυκνότητας ιλυώδη άμμο και αμμώδη ιλύ. Έχει μέσο πάχος 7 m και είναι το κύριο στρώμα που ρευστοποιείται. Το πάχος αυτού του στρώματος μεγαλώνει κοντά στις όχθες του ποταμού Maulou. Το τρίτο στρώμα αποτελείται από αμμώσεις χάλικες με μέσο πάχος 2 m. Το τέταρτο στρώμα, μέσου πάχους 4 m, αποτελείται από ιλυώδη άργιλο μέτριας έως μεγάλης πυκνότητας. Το πέμπτο στρώμα αποτελείται από πυκνή έως μέτρια ιλυώδη άμμο, με μέσο πάχος 2.5 m. Το έκτο και τελευταίο στρώμα αποτελείται από πυκνή έως μέση άμμο με αποθέσεις από χάλικες και το πάχος του δεν είναι γνωστό. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται 3 m κάτω από το έδαφος.

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκαν κώνοι αναδυόμενης άμμου γύρω από την περιοχή του ποταμού Maolou (βλ. Σχ. 2.6.15.β.). Επίσης, παρατηρήθηκε μόνιμη εδαφική παραμόρφωση και πλευρική εξάπλωση (βλ. Σχ. 2.6.15.γ. και 2.6.15.δ).

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 121

Σχήματα: 2.6.15.α., 2.6.15.β., 2.6.15.γ., 2.6.15.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. P.S. Lin, C.W. Chang and C.C. Hsieh, S.Y. Lai, S.Y. Lin: "Liquefaction Assessment and lateral spreading in Nantoy, Taiwan". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001

2.6.16. Ερατεινή, Ελλάδα - Ο σεισμός του Αιγίου (Ελλάδα, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.18.

Απόσταση από το επίκεντρο: περίπου 10 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: 10 km

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.29g

Εκτιμώμενη μετρηθείσα μετακίνηση: πλευρική μετακίνηση 5 έως 15 m

Γεωτεχνικές συνθήκες: Συνεχής εναλλαγή μεταξύ στρωμάτων ιλυώδους άμμου και αργίλου.

Περιγραφή αστοχίας:

Η εδαφική αστοχία ήταν αρκετά εκτεταμένη. Σε τέσσερις περιοχές, μία μέσα στο λιμάνι της πόλης και τρεις κατά μήκος της κοντινής παραλίας, η ακτογραμμή μετακινήθηκε προς τη στεριά κατά 5 έως 15 m. Επίσης, περιοχές βυθίστηκαν στη θάλασσα και το έδαφος της θεμελίωσης ενός τοίχου αντιστήριξης ενός παραλιακού δρόμου διαβρώθηκε. Σε τρεις από αυτές τις περιοχές, ο σεισμός προκάλεσε εκτεταμένες κατολισθήσεις (σχήμα 2.6.16.β.). Τα εδαφικά προφίλ κατά μήκος του άξονα των κατολισθήσεων δείχνουν ότι οι ζώνες αστοχίας επεκτείνονται σε ένα βάθος από 6 έως 10 m μέσα στις αλλούβιες αποθέσεις που καλύπτουν το βυθό της θάλασσας.

Ρευστοποίηση: Ναι

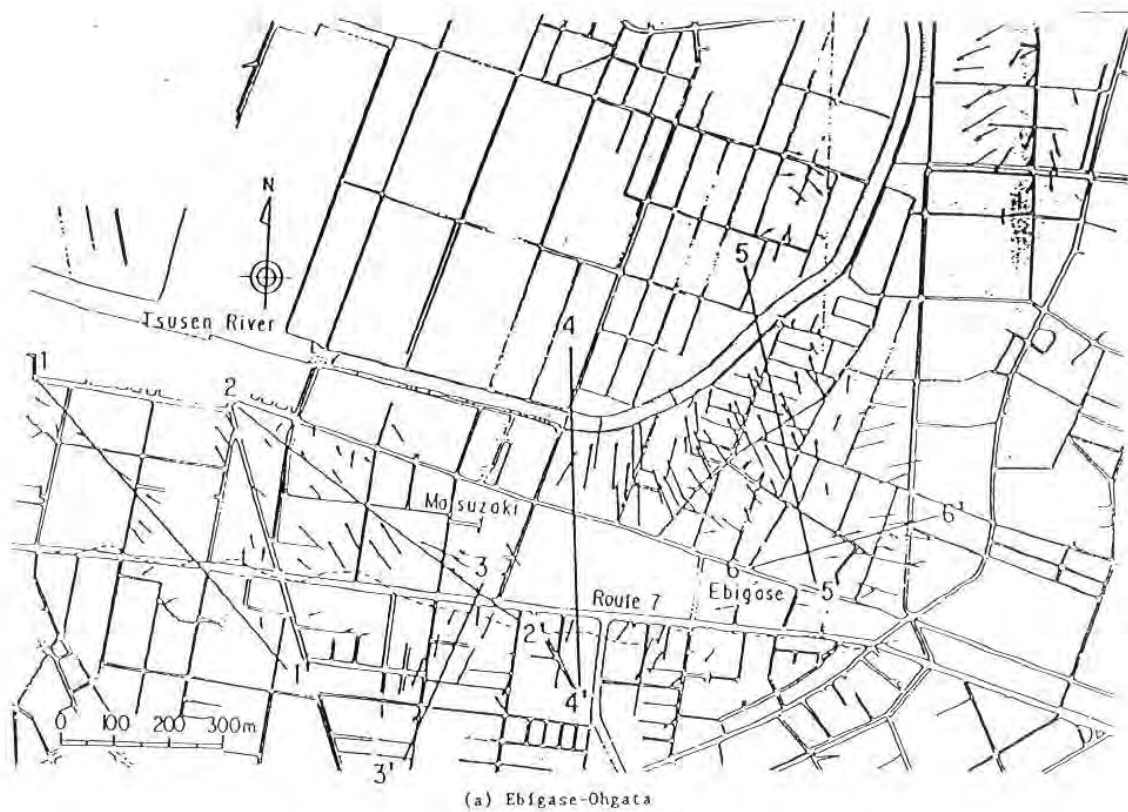
Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 129

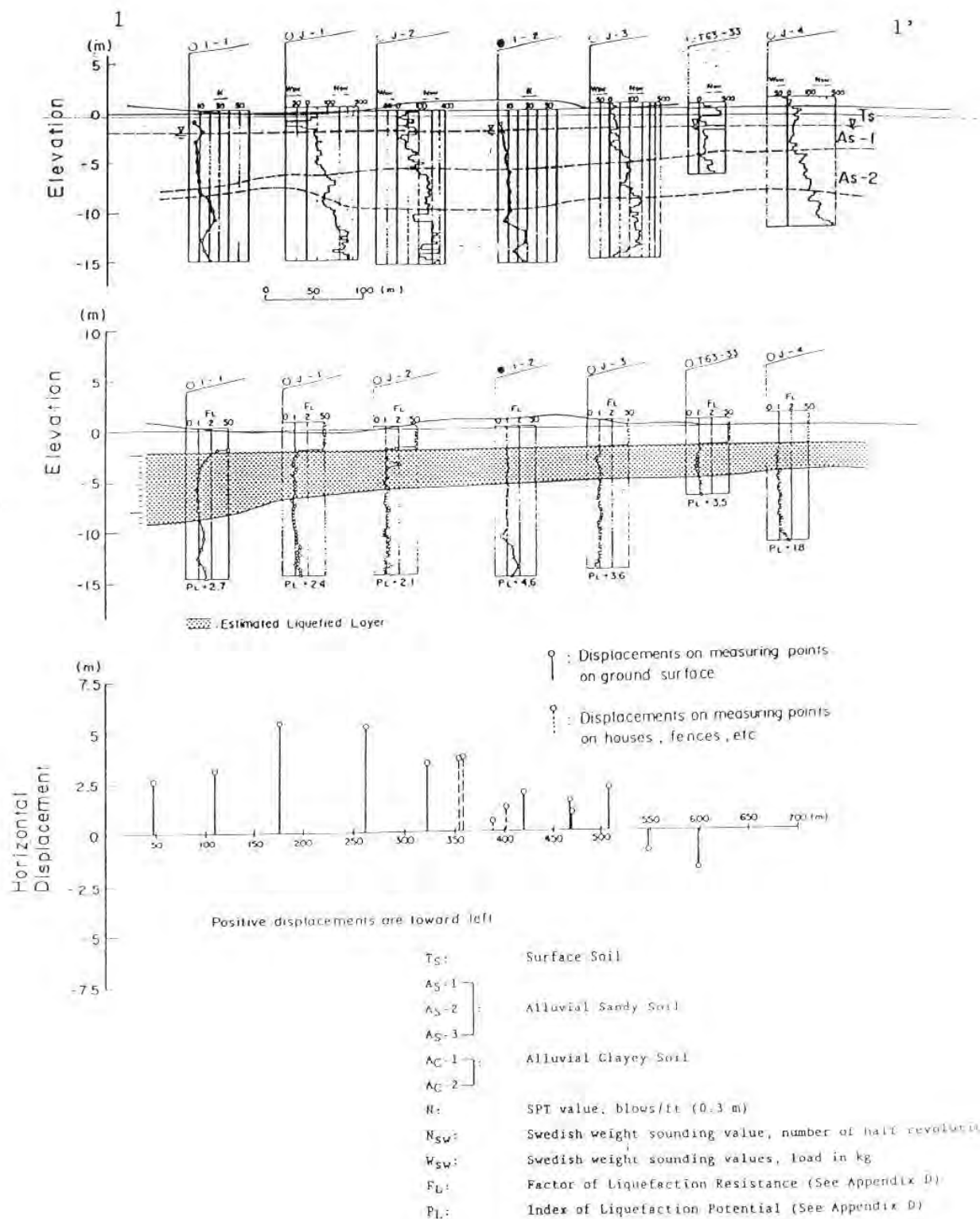
Σχήματα: 2.6.16.α., 2.6.16.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. G.D.Bouchovalas, G.Gazetas & A.G.Papadimitriou.: "Geotechnical aspects of the 1995 Aegion, Greece, earthquake", Earthquake Geotechnical Engineering, Seco e Pinto, 1999 Balkema, Rotterdam.

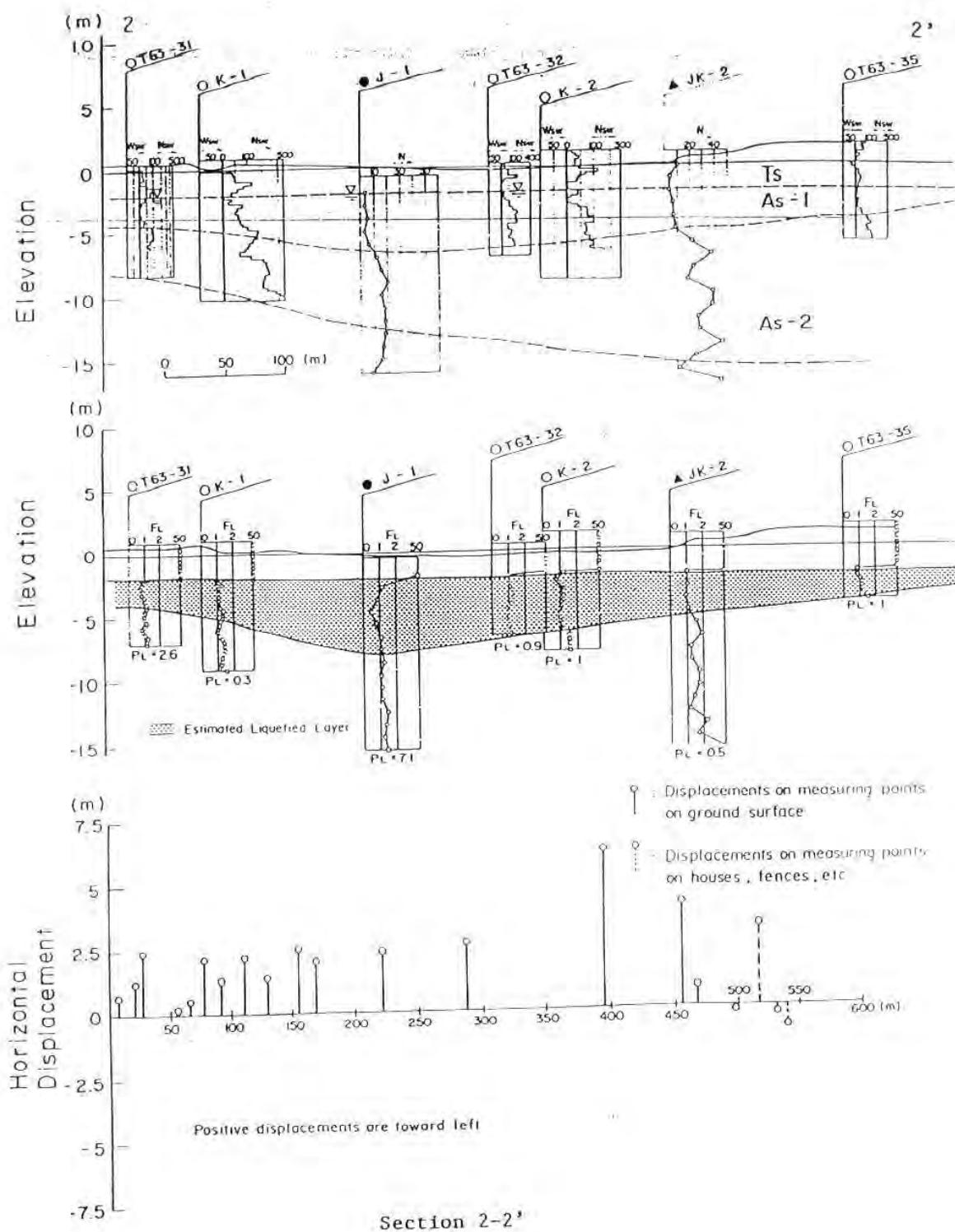


Σχ.2.6.1.α. Τομές για έρευνα των εδαφικών συνθηκών και υπολογισμό του ρευστοποιημένου στρώματος και συσχέτιση με σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)

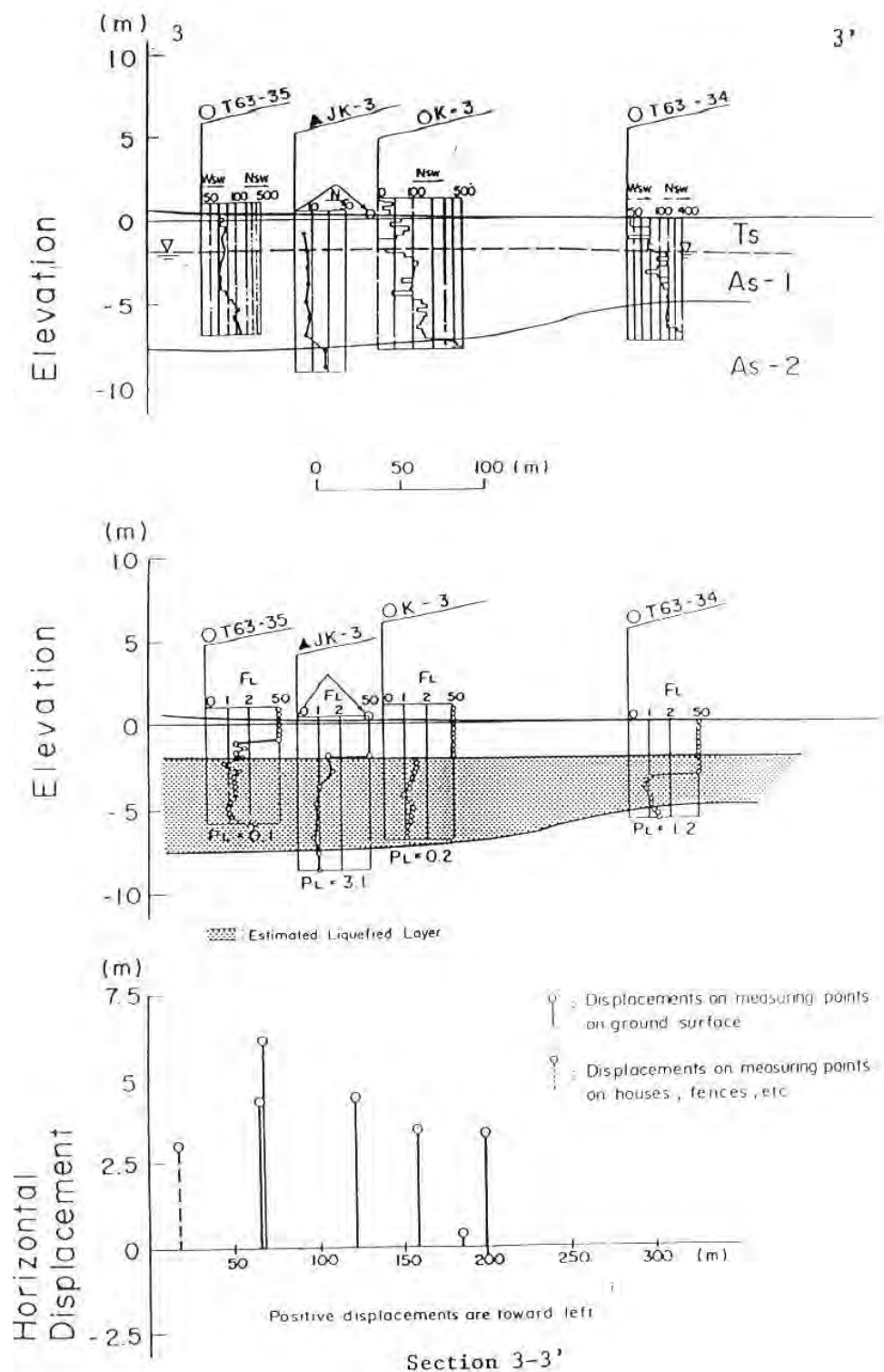


Section 1-1'

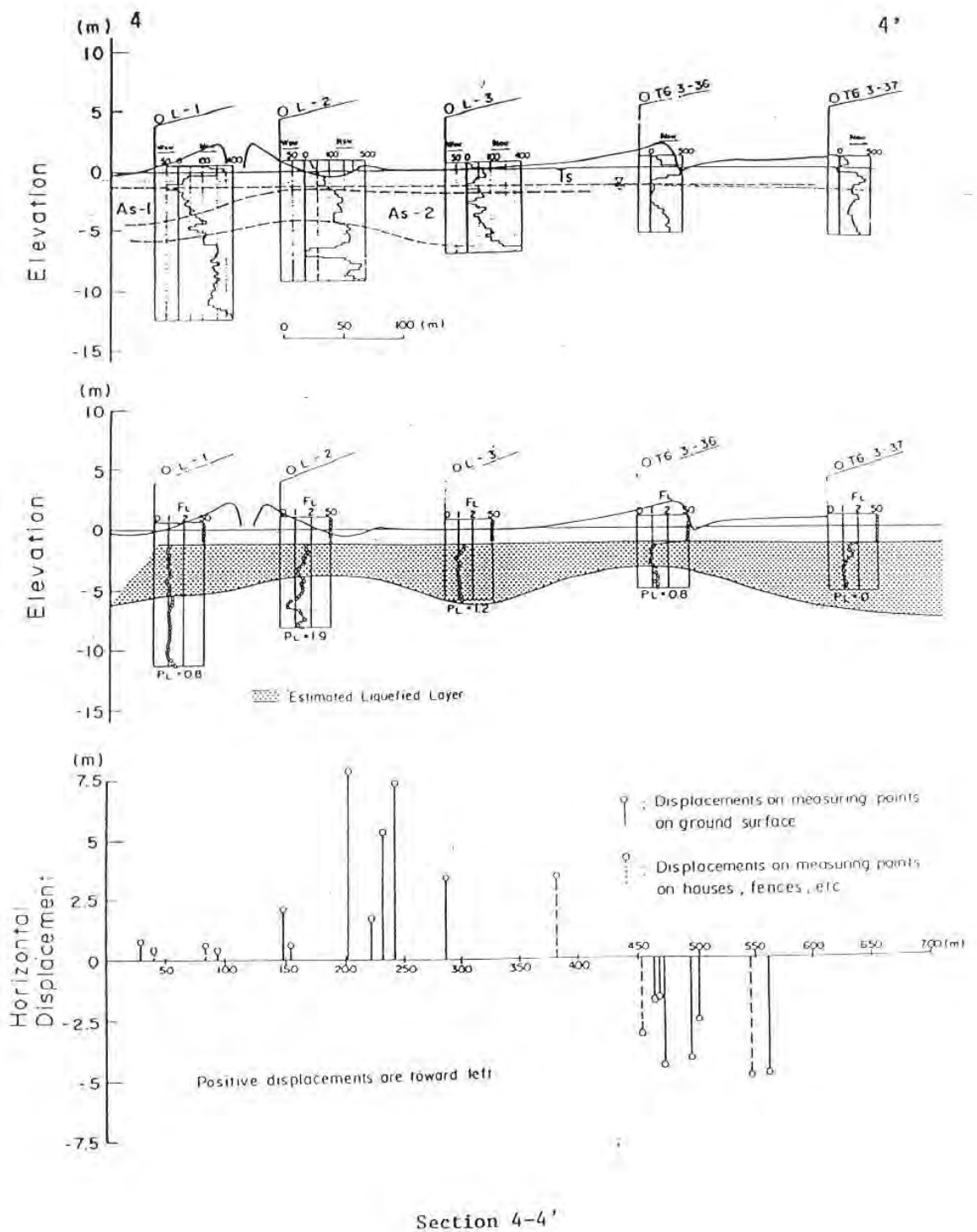
Σχ.2.6.1.β. Τομή 1-1:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



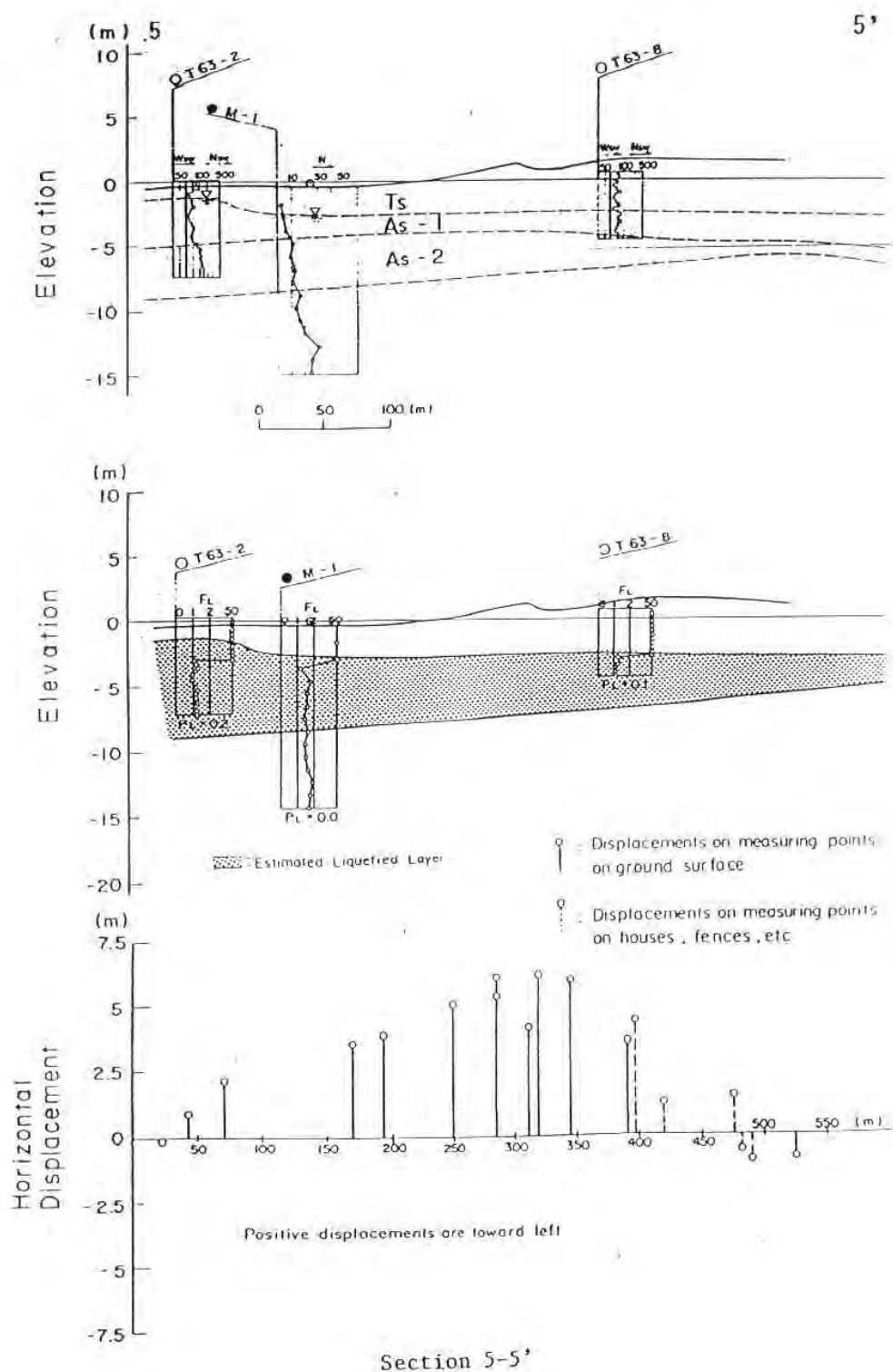
Σχ.2.6.1.γ. Τομή 2-2:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



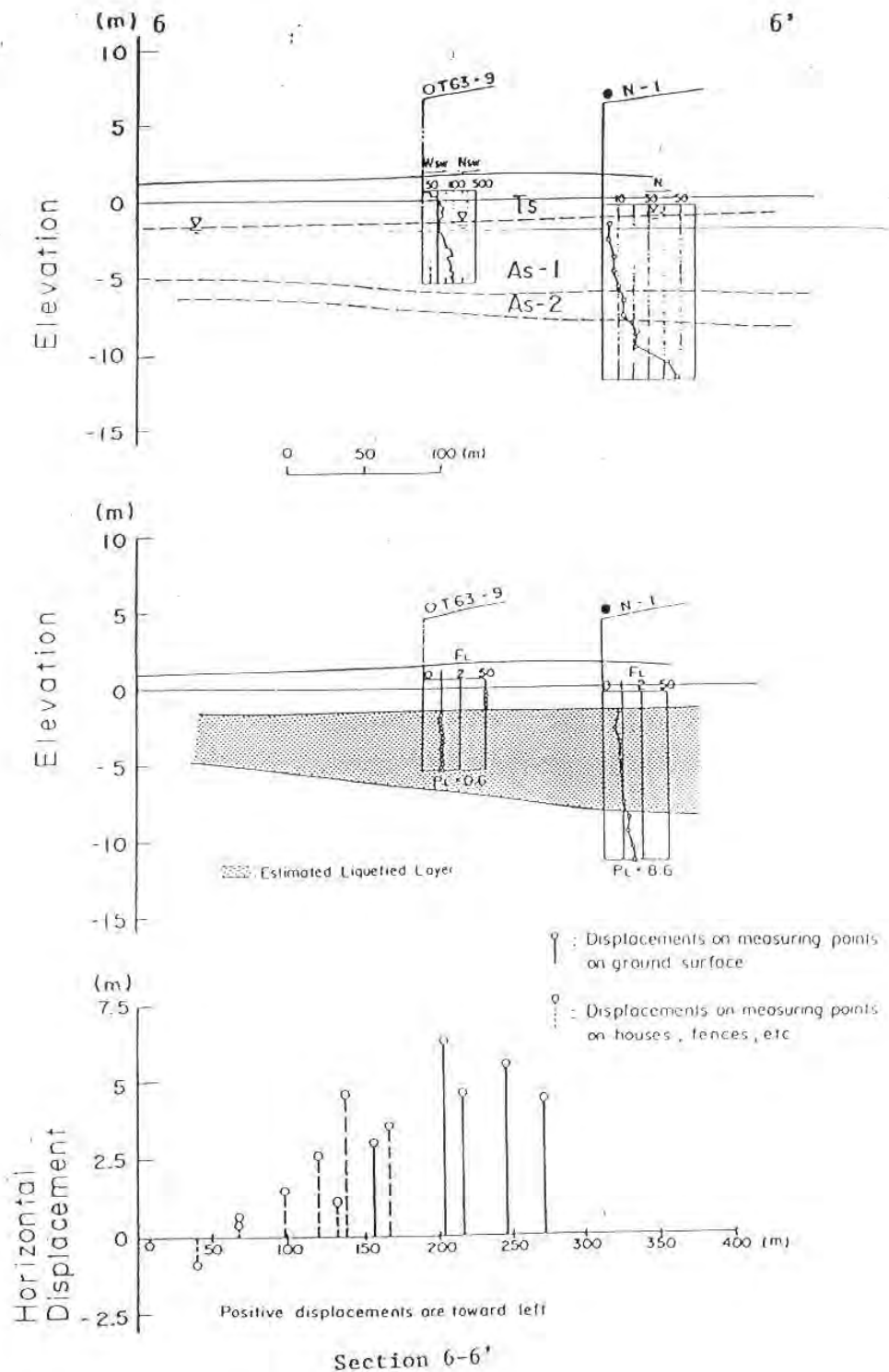
Σχ.2.6.1.δ. Τομή 3-3:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



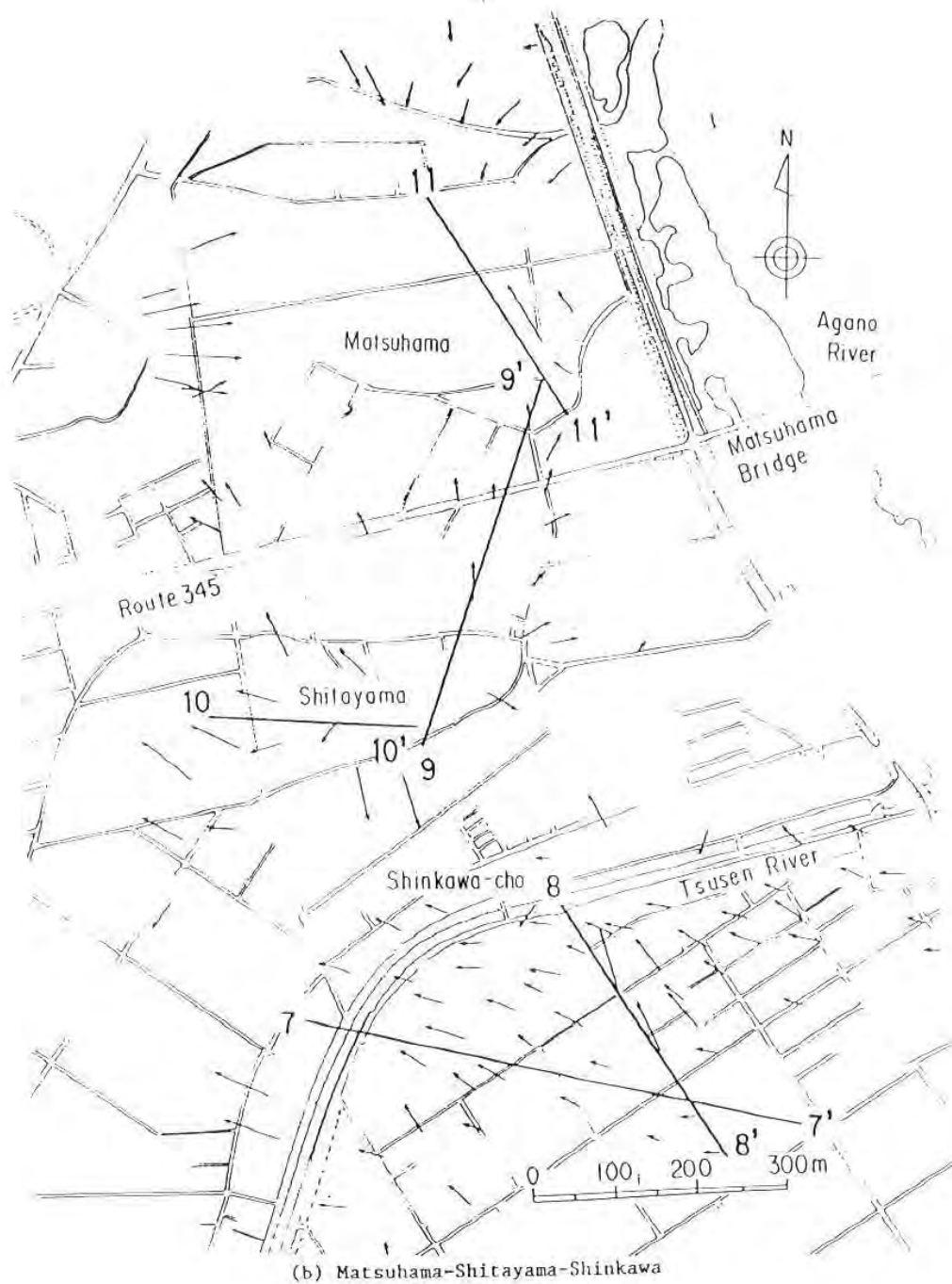
Σχ.2.6.1.ε. Τομή 4-4: Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



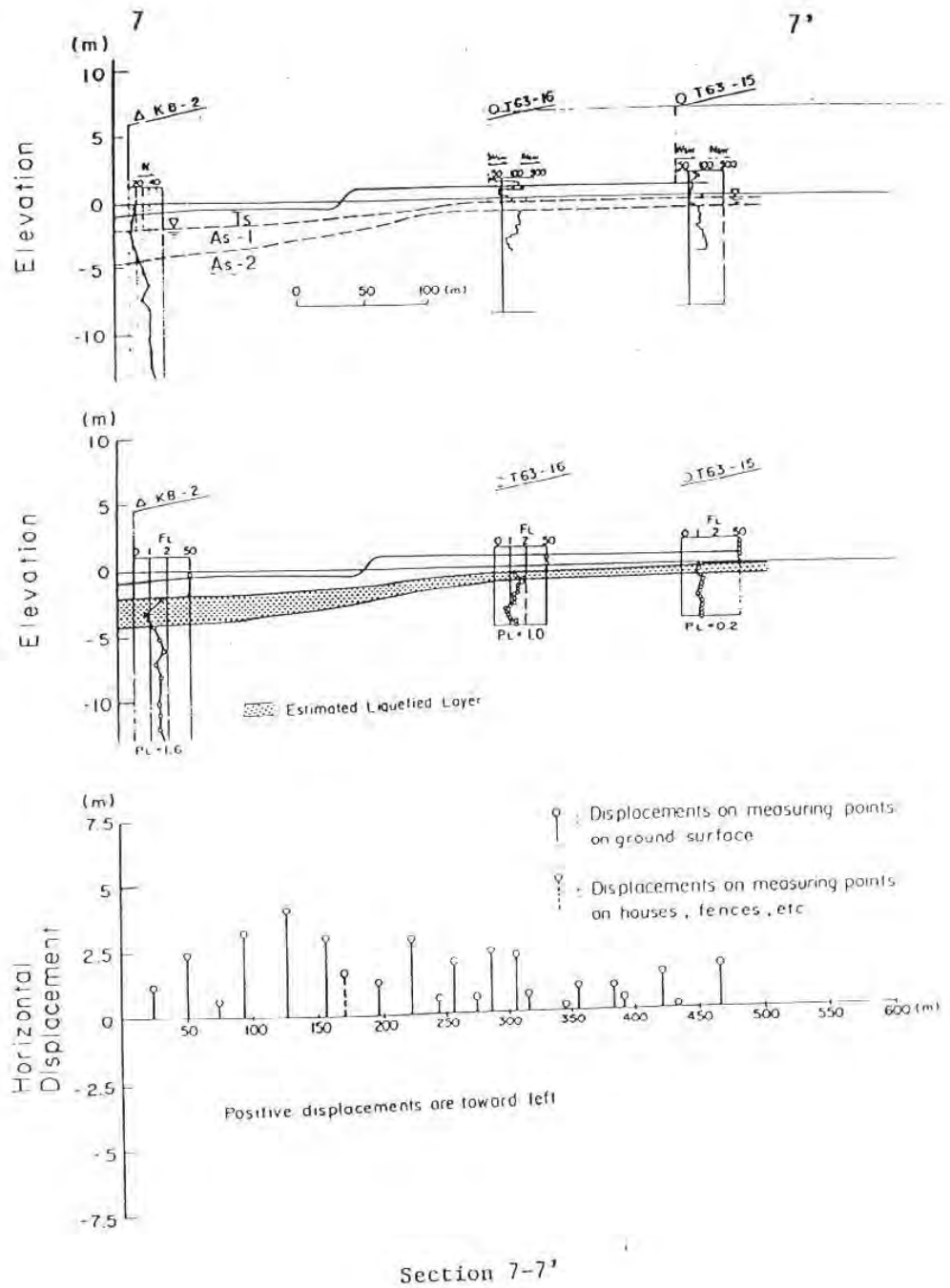
Σχ.2.6.1.ζ. Τομή 5-5:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



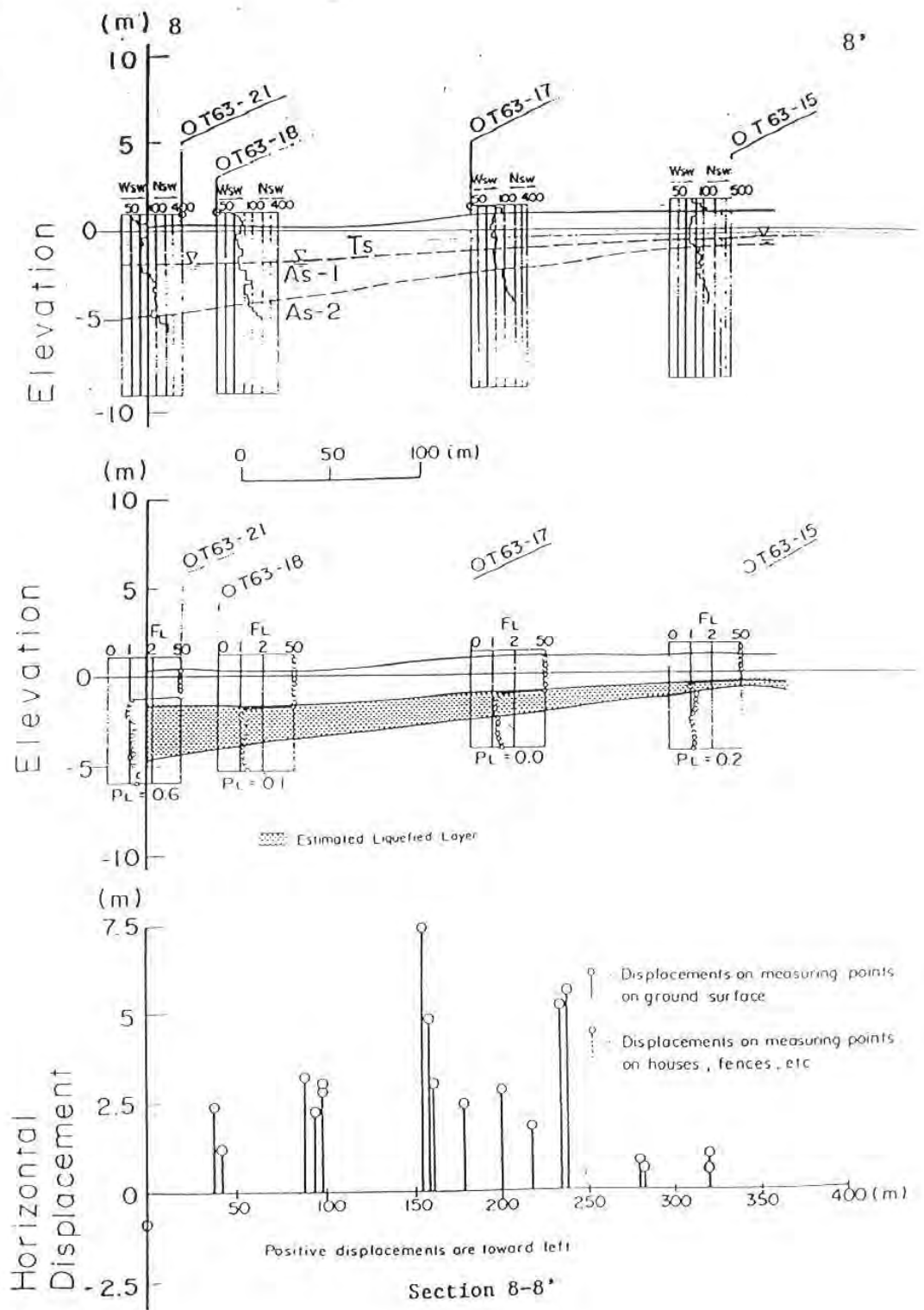
Σχ.2.6.1.η. Τομή 6-6:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



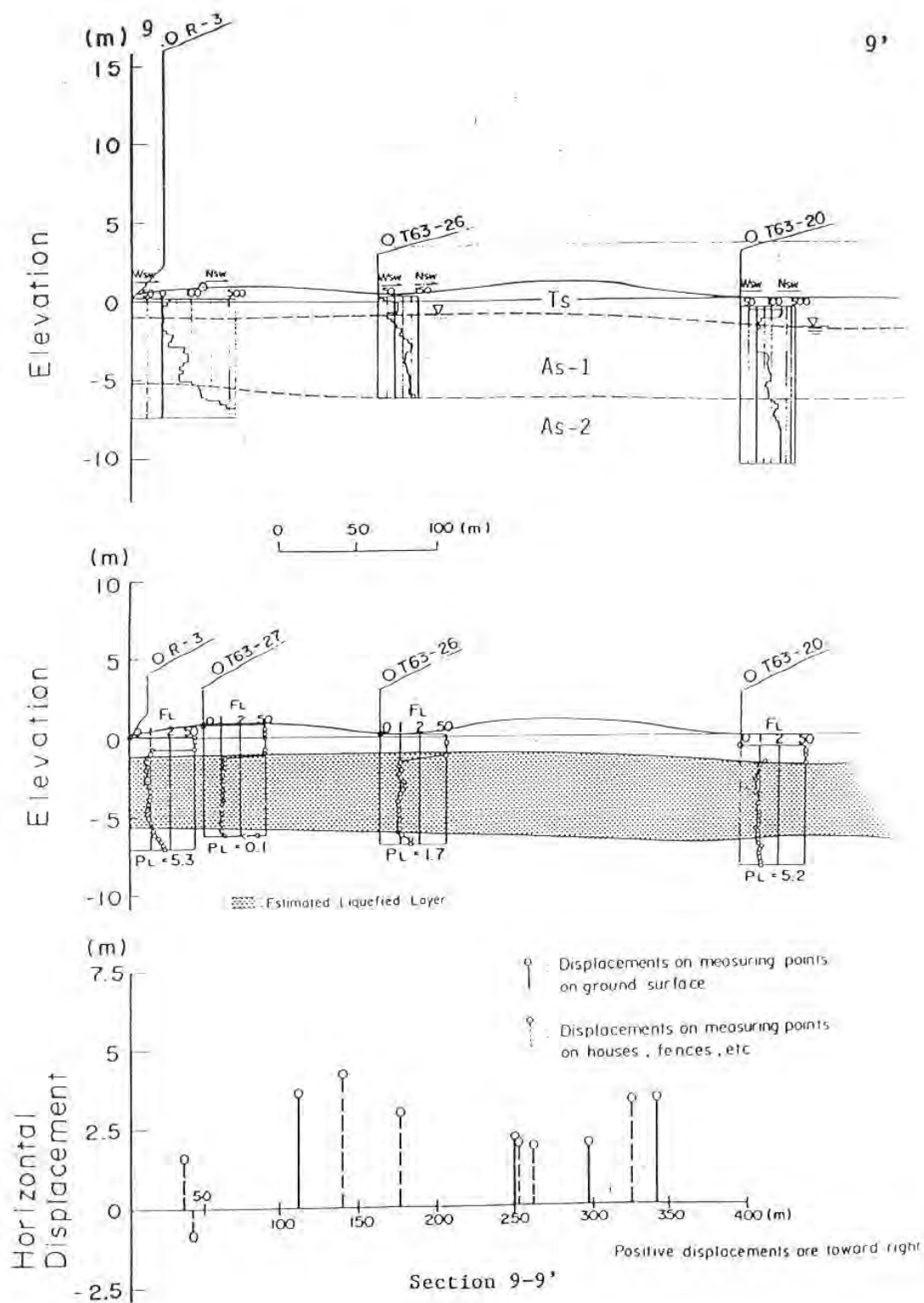
Σχ.2.6.2.α. Τομές για έρευνα των εδαφικών συνθηκών και υπολογισμό του ρευστοποιημένου στρώματος και συσχέτιση με σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



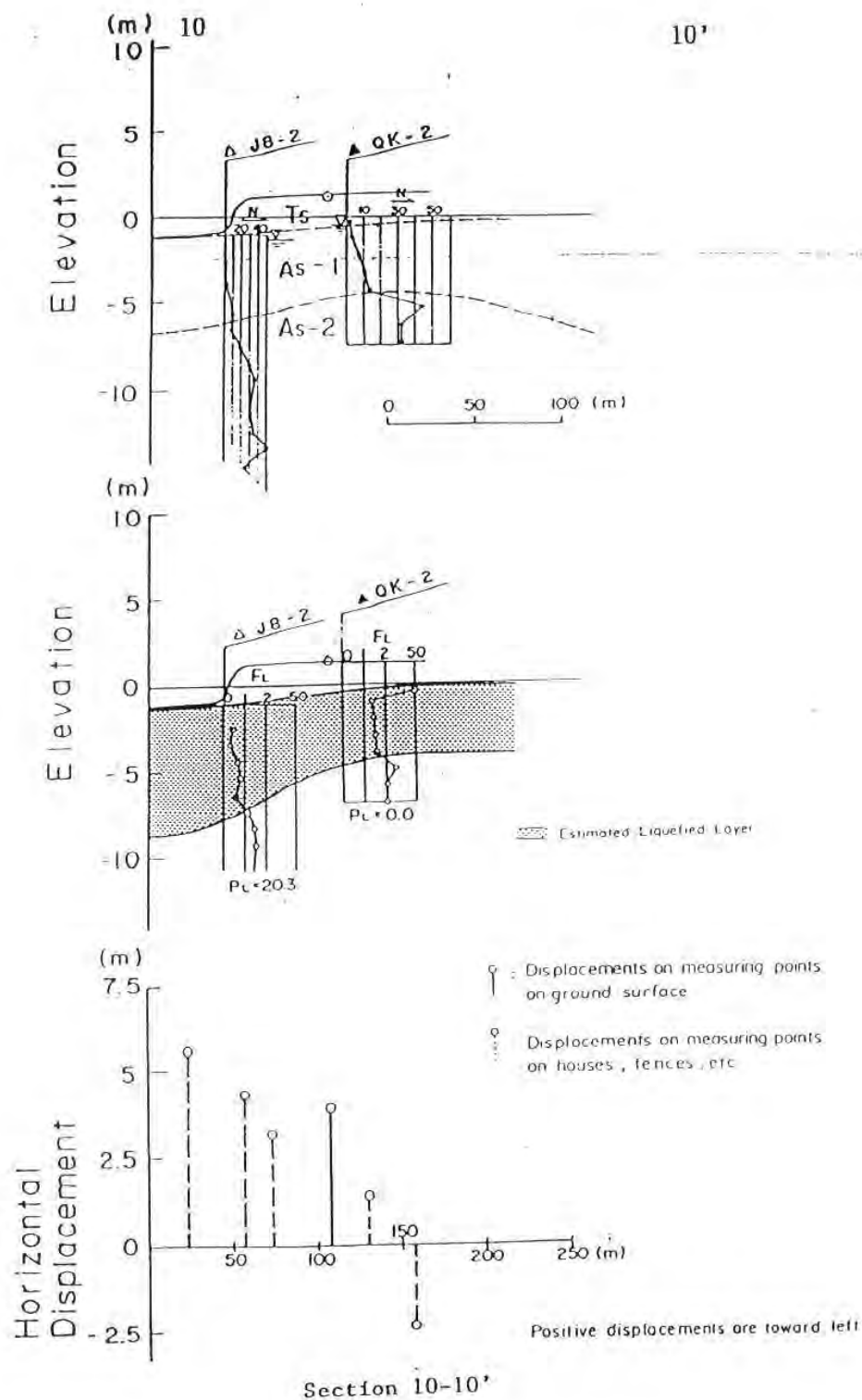
Σχ.2.6.2.β. Τομή 7-7:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



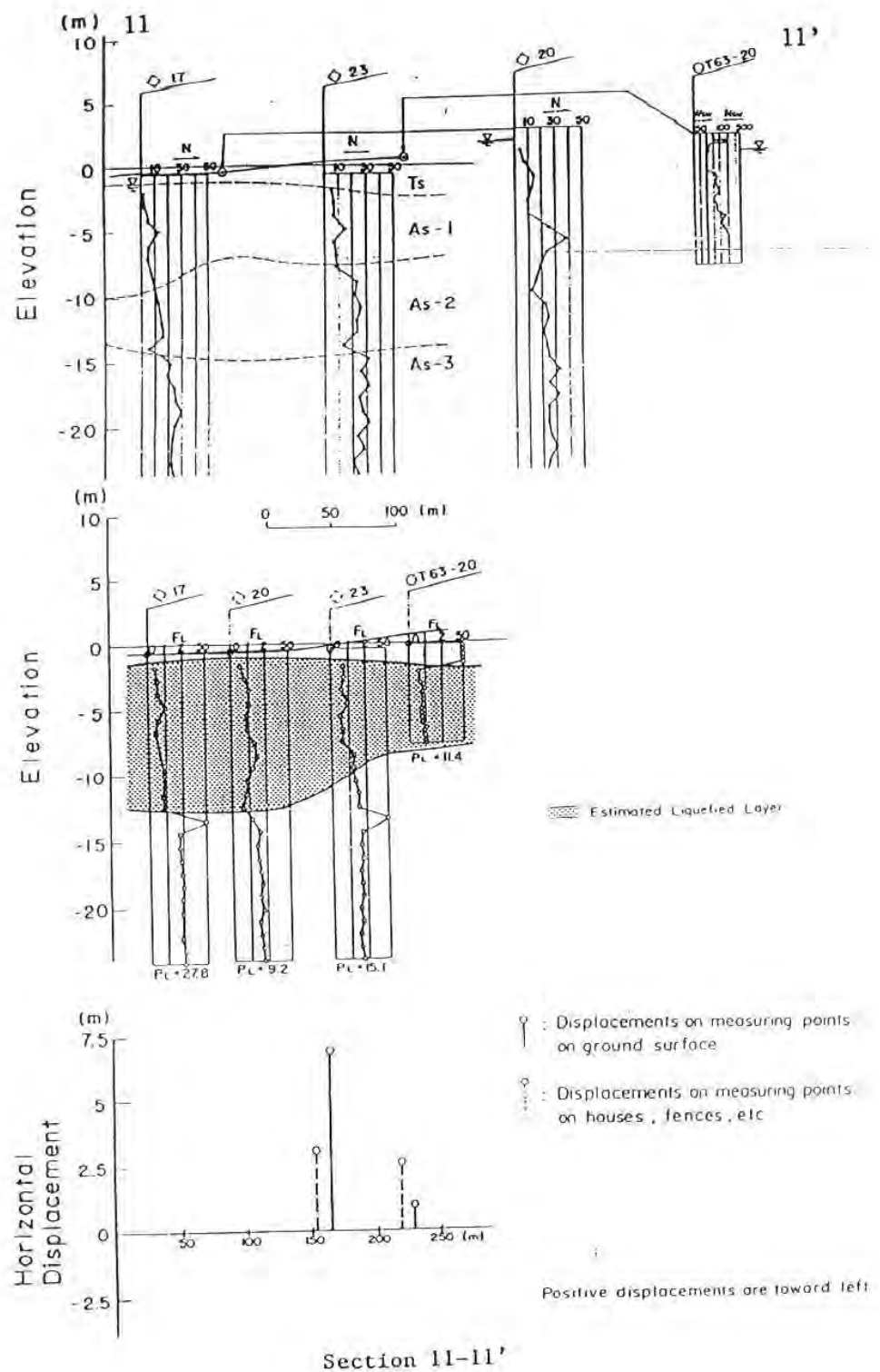
Σχ.2.6.2.γ. Τομή 8-8:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



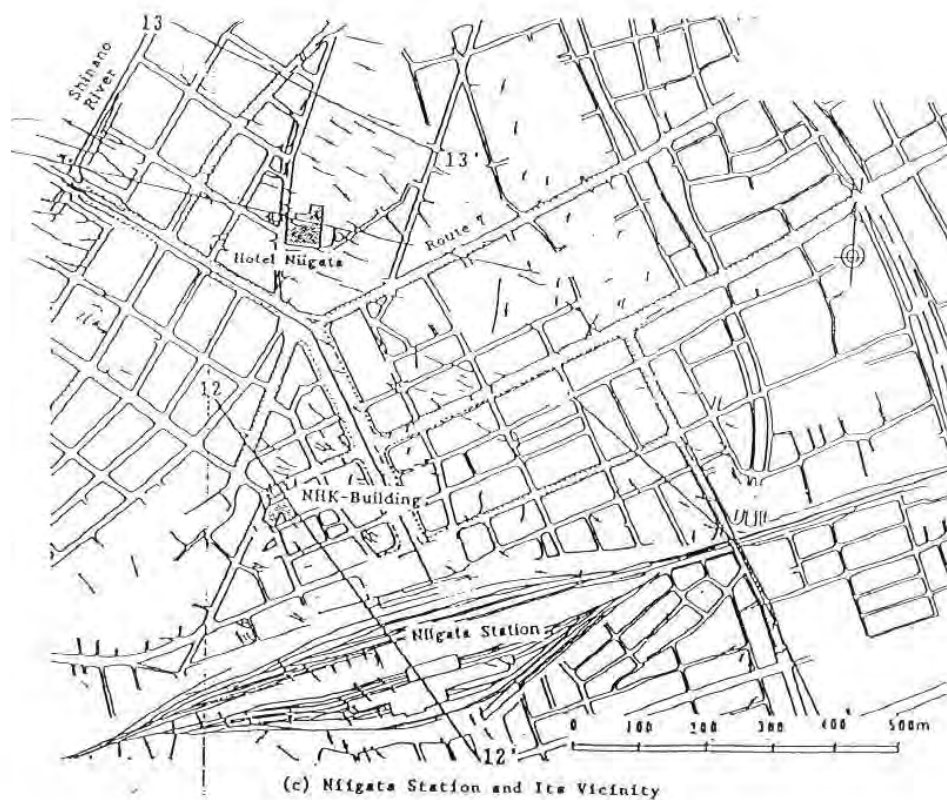
Σχ.2.6.2.δ. Τομή 9-9': Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



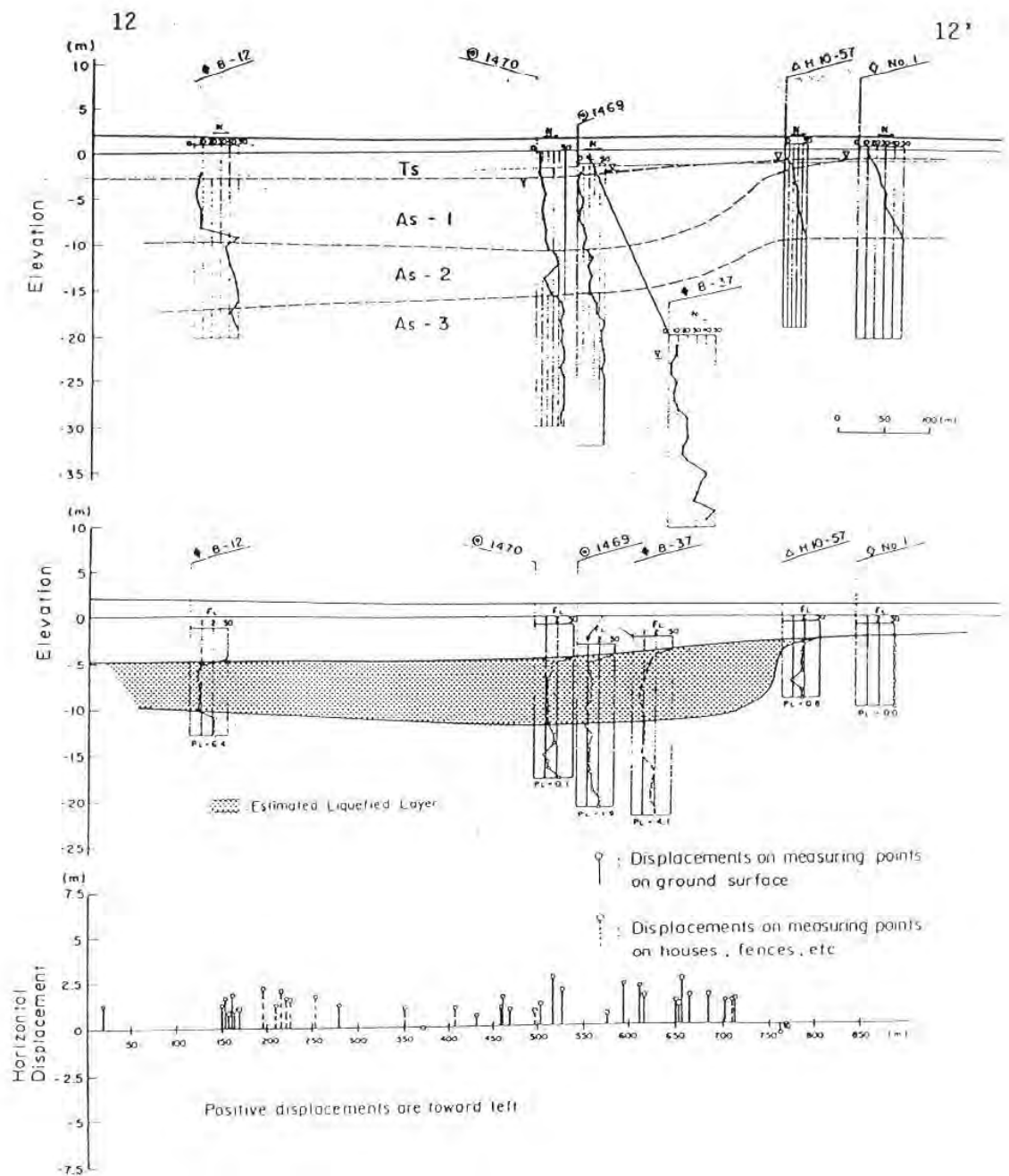
Σχ.2.6.2.ε. Τομή 10-10:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



Σχ. 2.6.2.ζ. Τομή 11-11: Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)

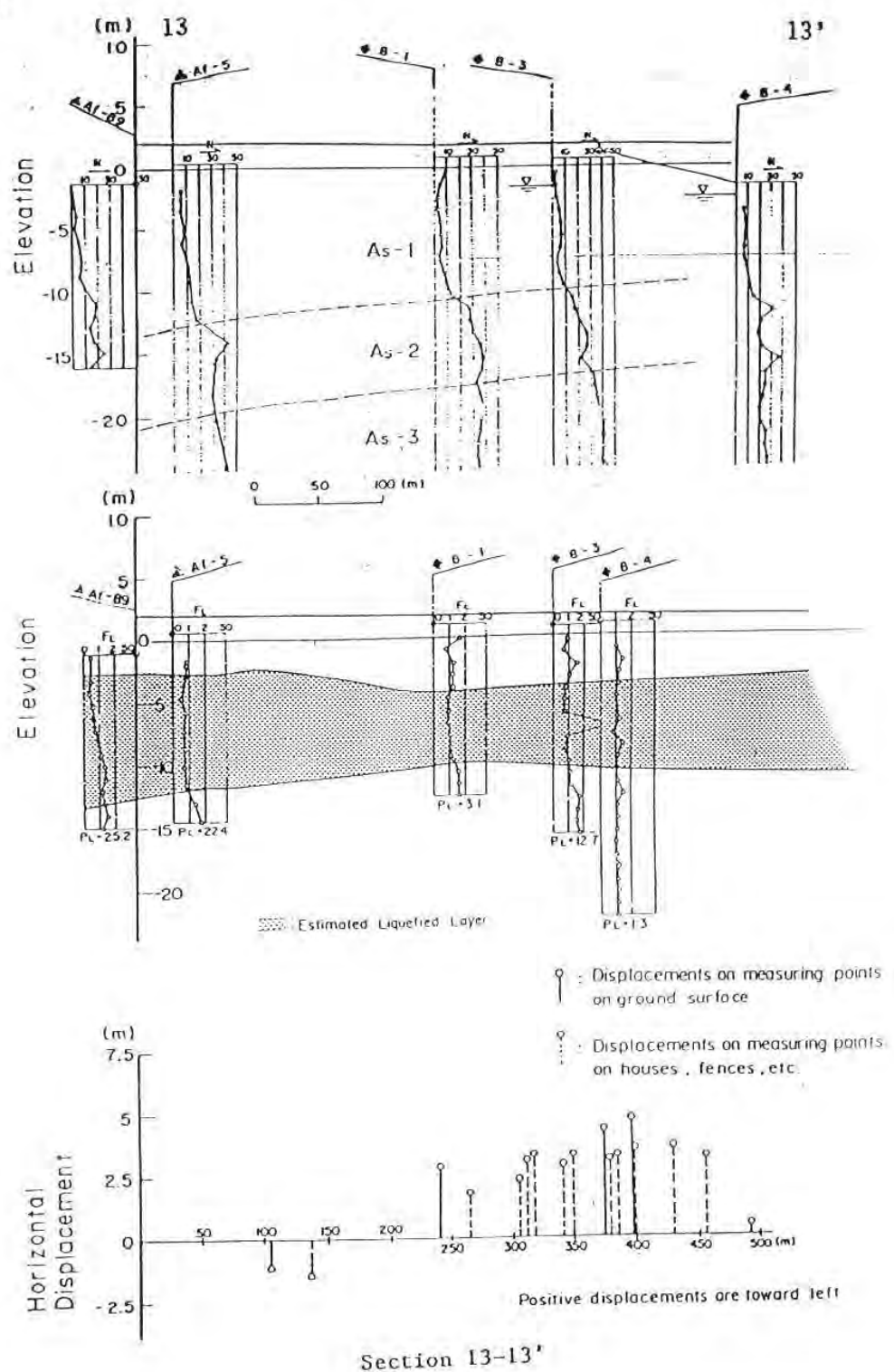


Σχ.2.6.3.α. Τομές για έρευνα των εδαφικών συνθηκών και υπολογισμό του ρευστοποιημένου στρώματος και συσχέτιση με σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)

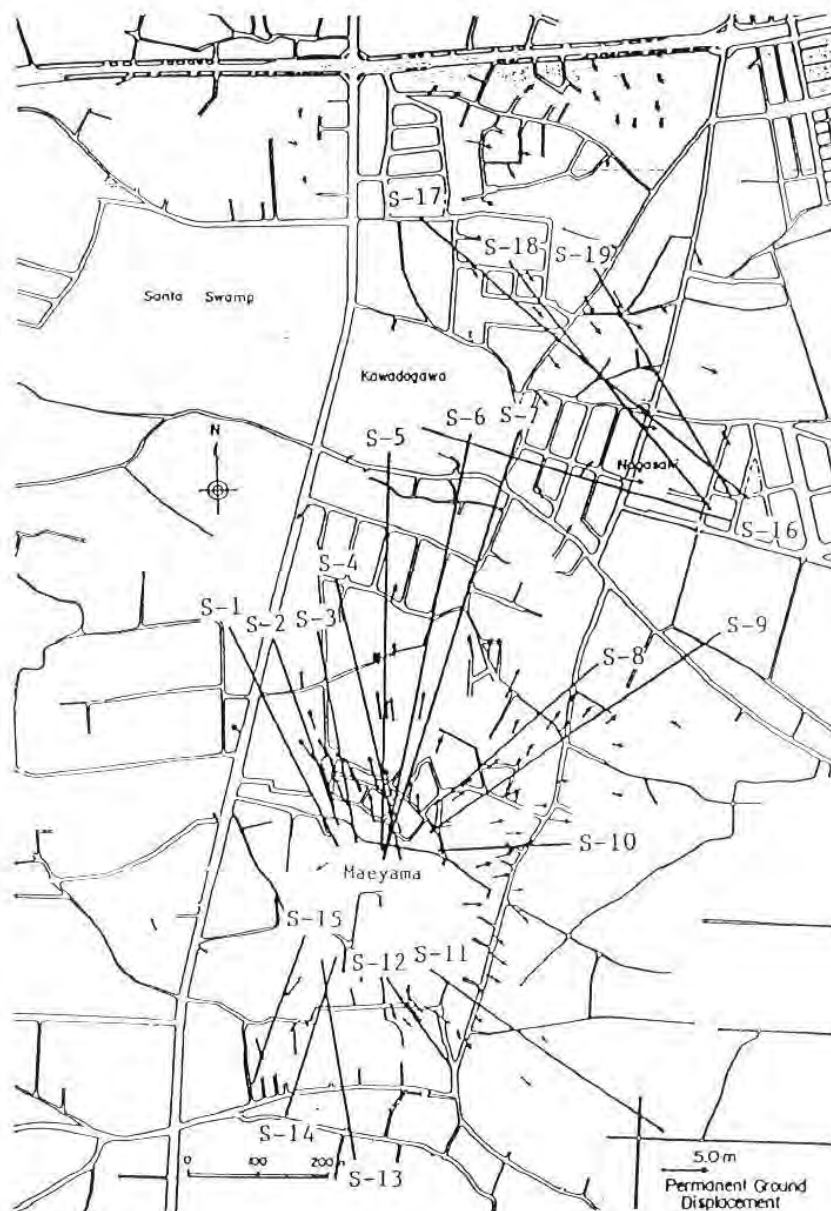


Section 12-12'

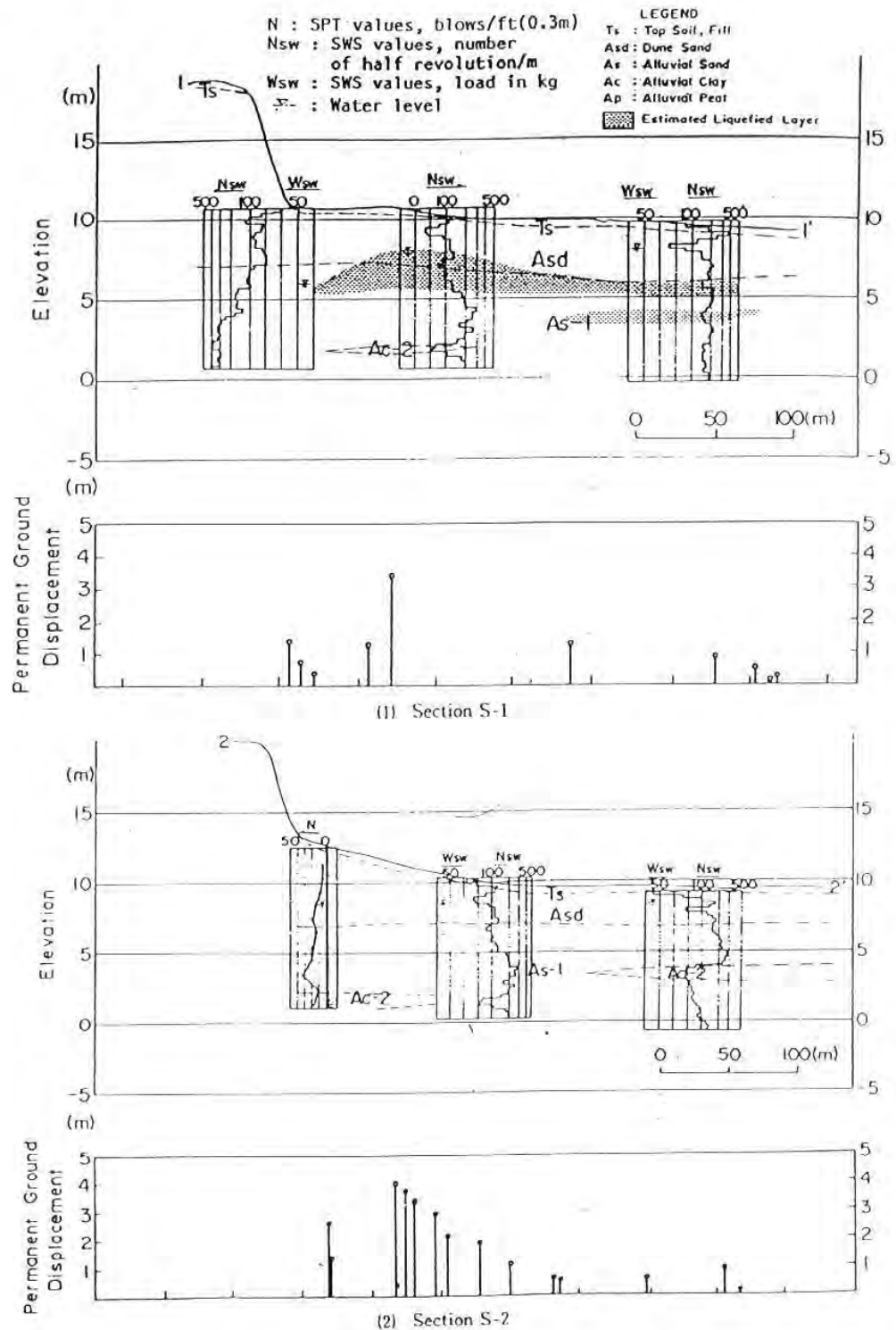
Σχ. 2.6.3.β. Τομή 12-12:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



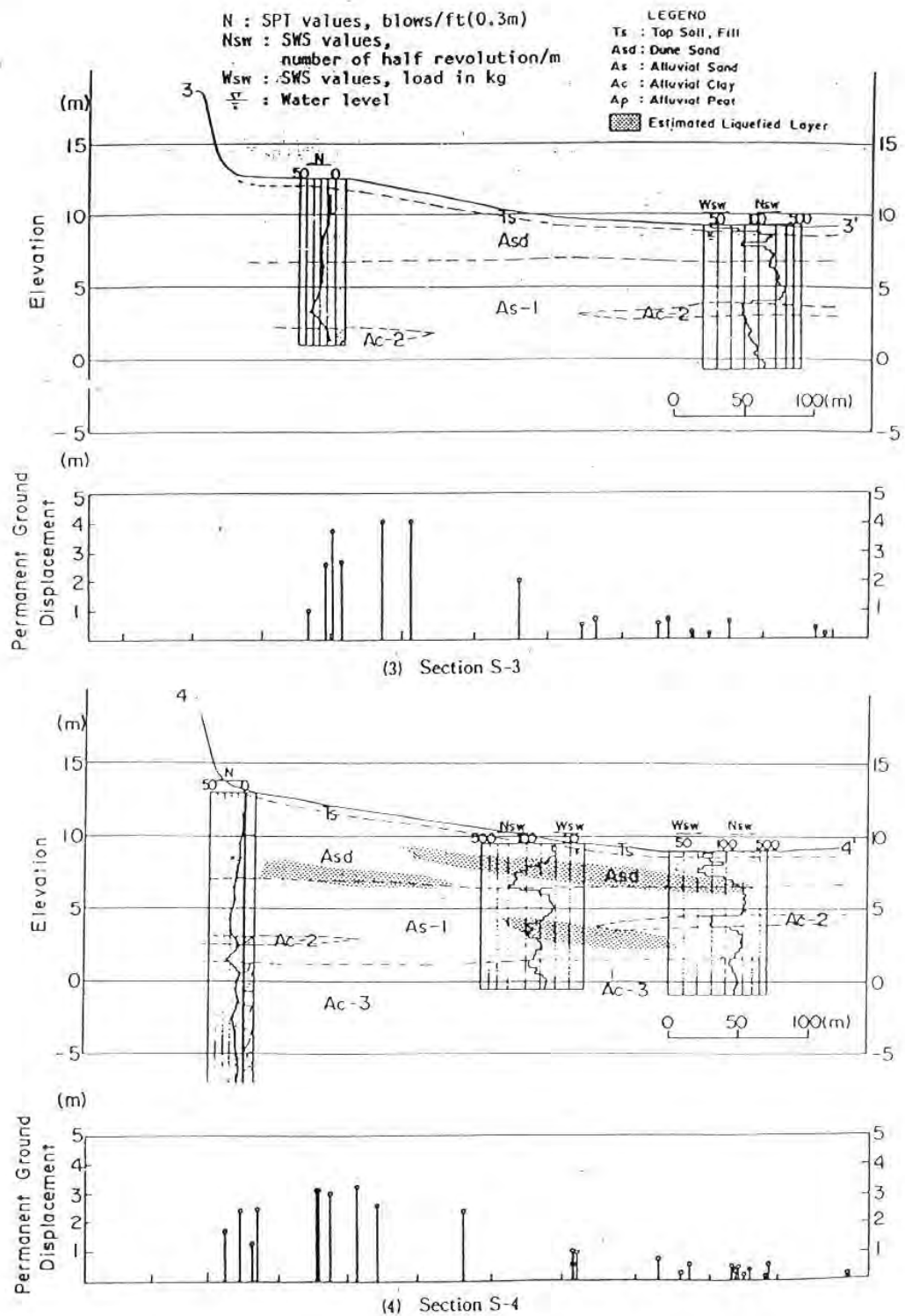
Σχ. 2.6.3.γ. Τομή 13-13: Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



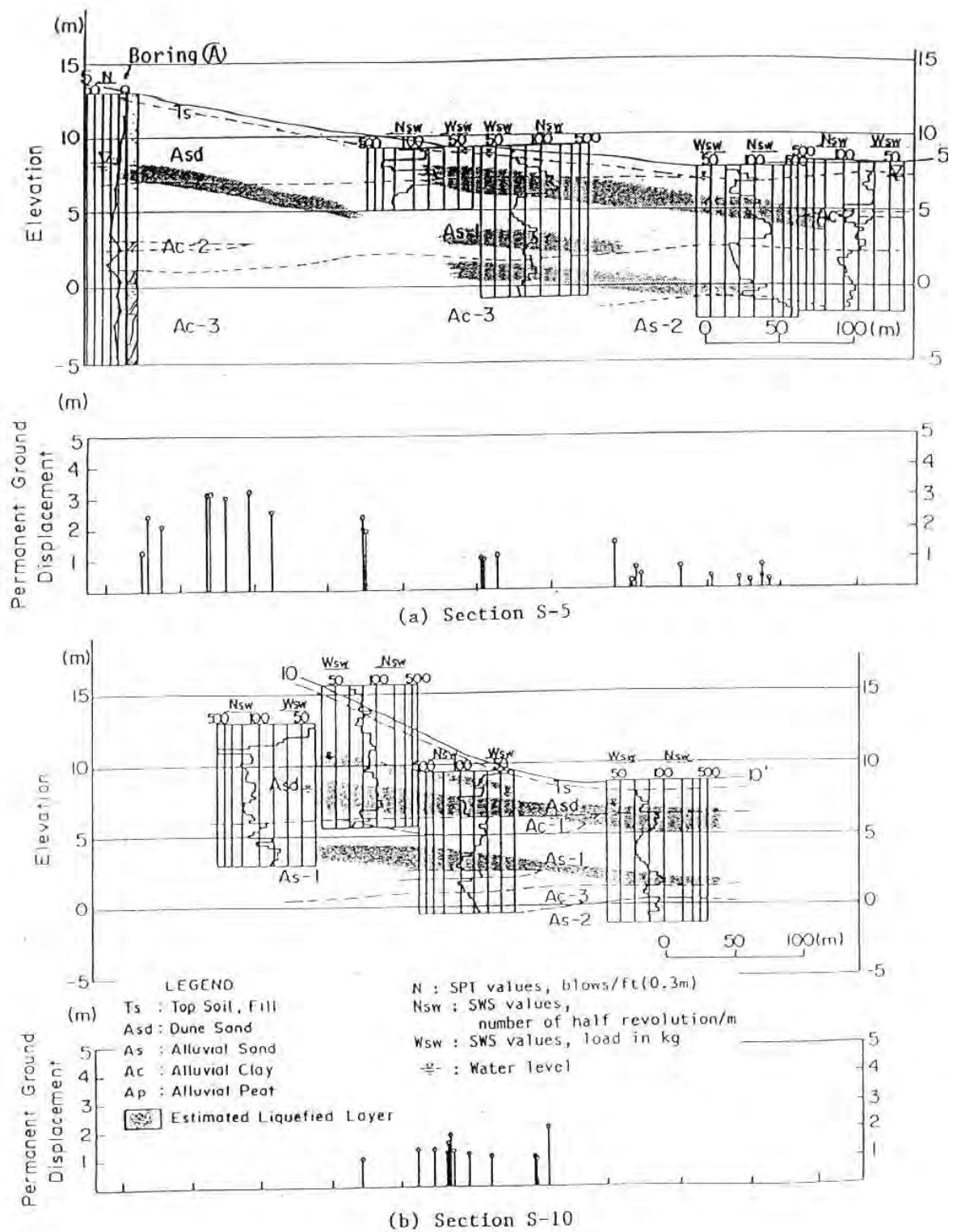
Σχ. 2.6.4.α. Τομές για την μελέτη των εδαφικών συνθηκών (Hamada, 1992)



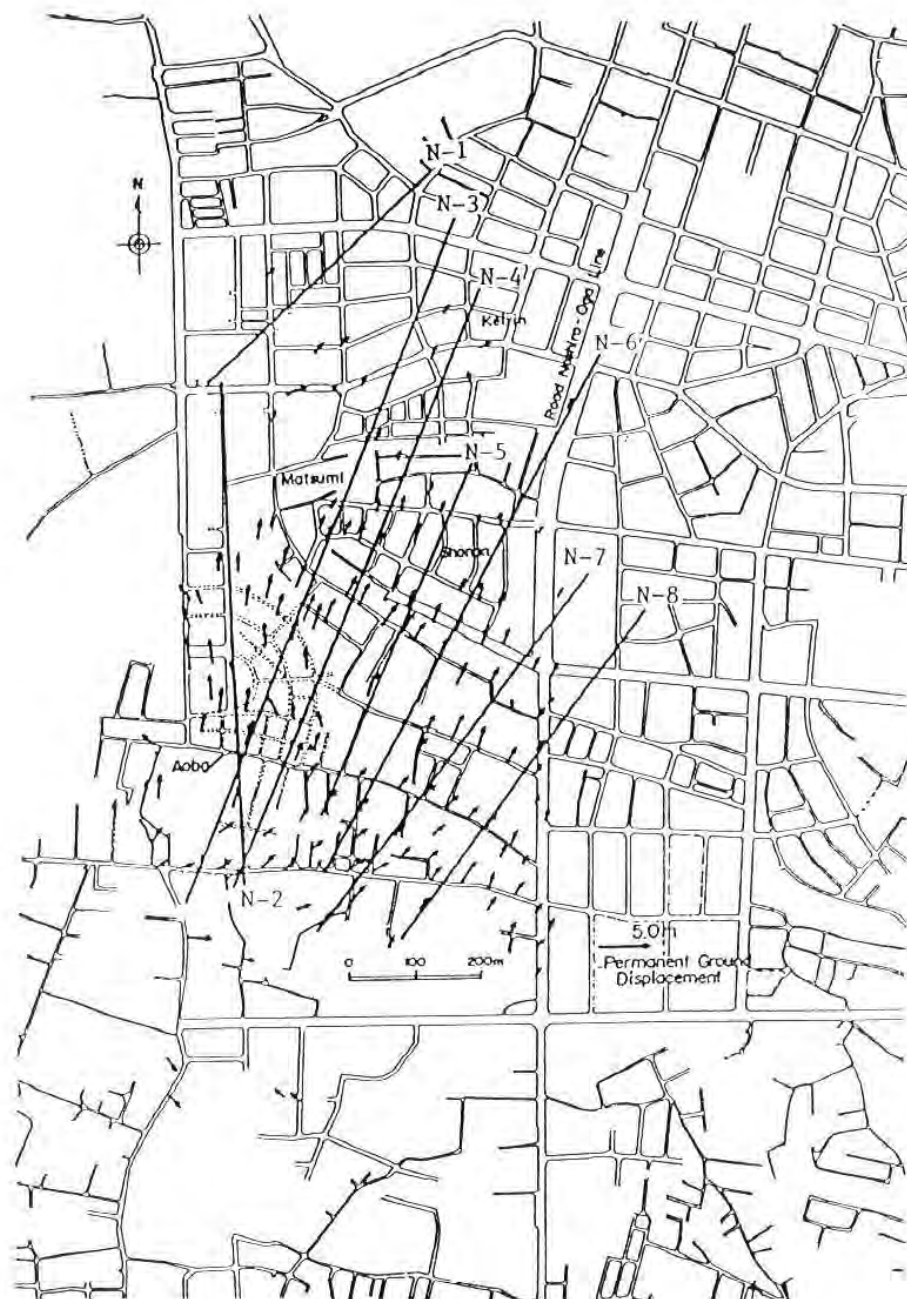
Σχ. 2.6.4.β. Τομές S1 και S2:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



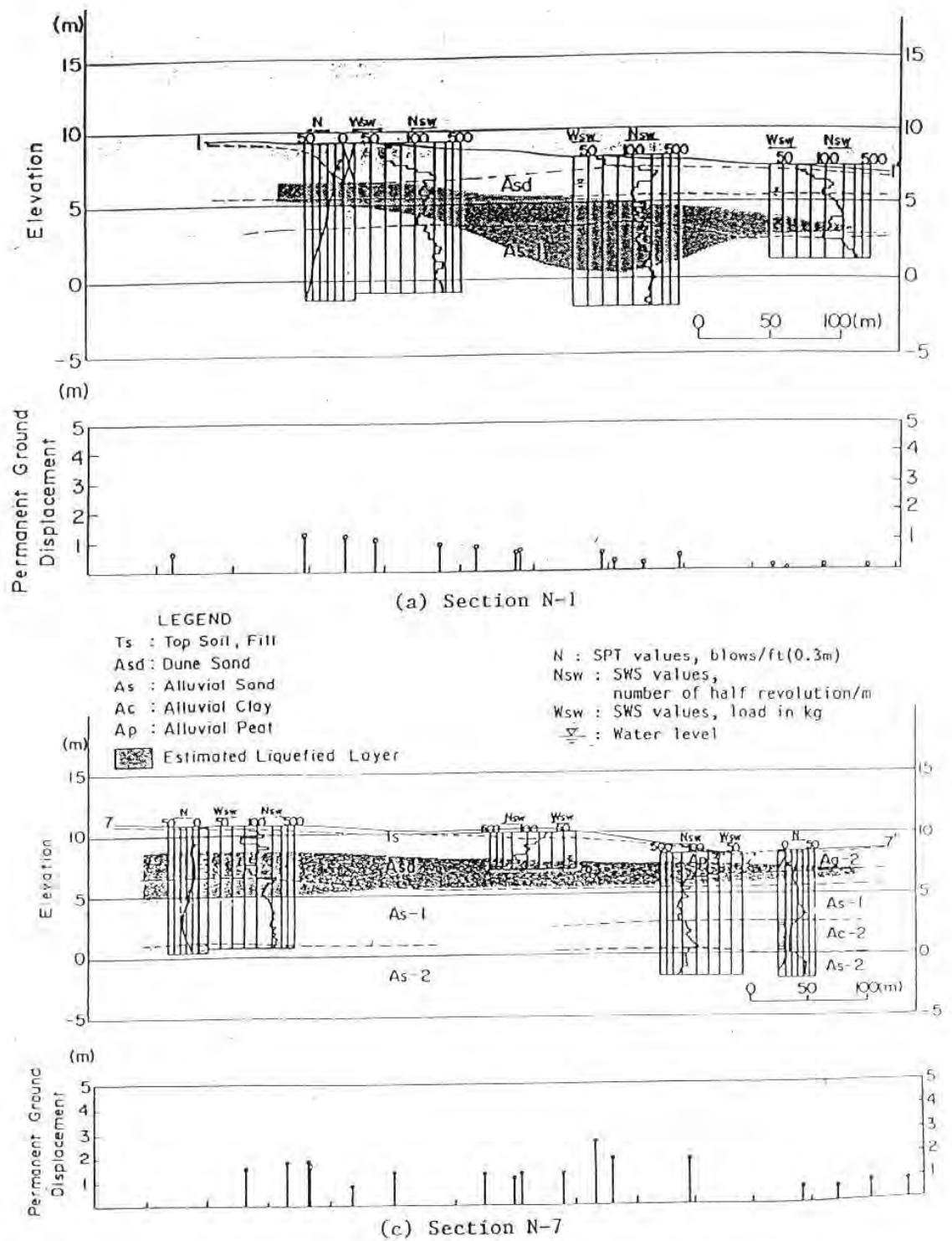
Σχ. 2.6.4.γ. Τομές S3 και S4:Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



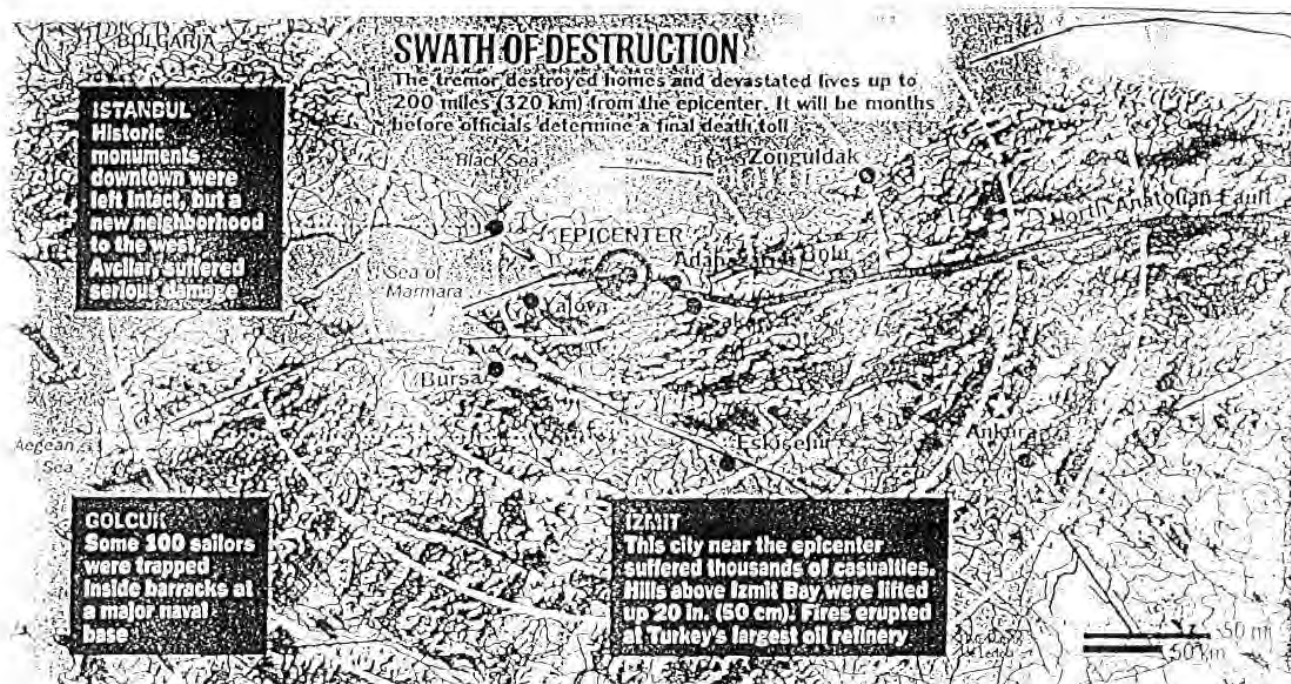
Σχ. 2.6.4.δ. Τομές S5 και S10: Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



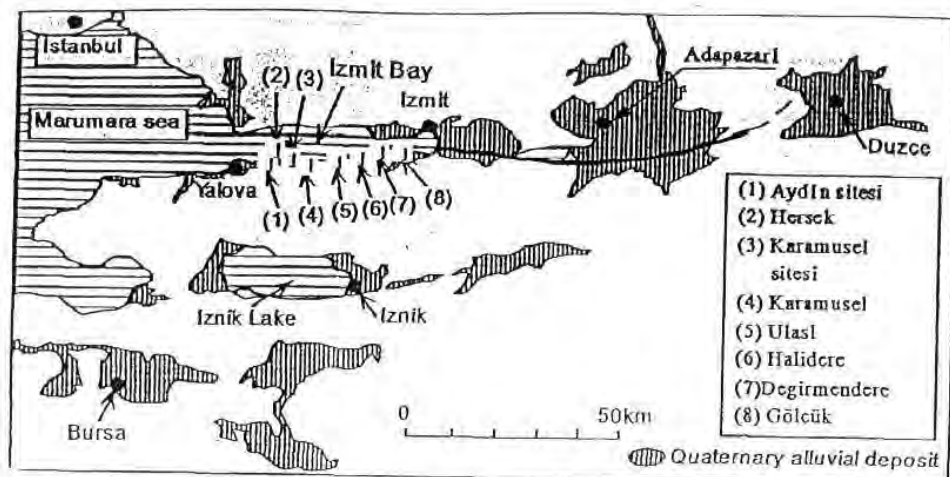
Σχ. 2.6.5.α. Τομές για την μελέτη των εδαφικών συνθηκών (Hamada, 1992)



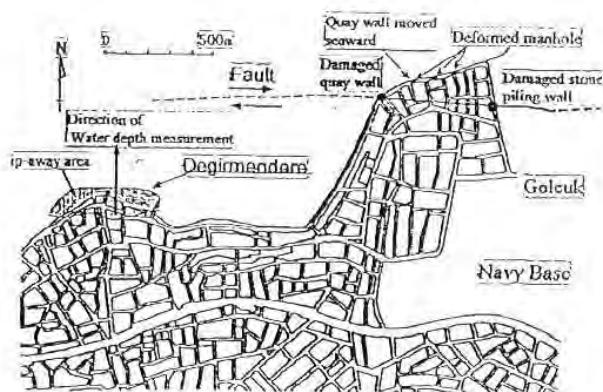
Σχ.2.6.5.β. Εδαφικό 'προφίλ', εκτιμώμενο ρευστοποιημένο στρώμα και σεισμική μετακίνηση (Hamada, 1992)



Σχ.2.6.6.α. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής γύρω από το επίκεντρο του σεισμού του Kocaeli στην Τουρκία (Gazetas, προσωπική ενημέρωση)



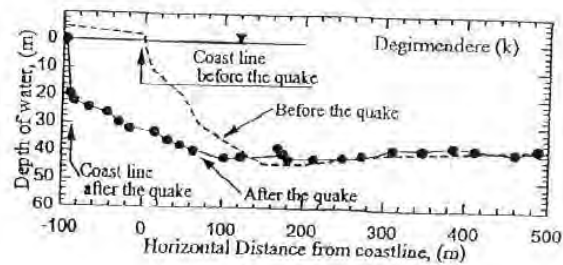
Σχ.2.6.6.β. Θέσεις των διαφόρων περιοχών που υπέστησαν βλάβες στον κόλπο του Izmit (Kiku et al., 2001)



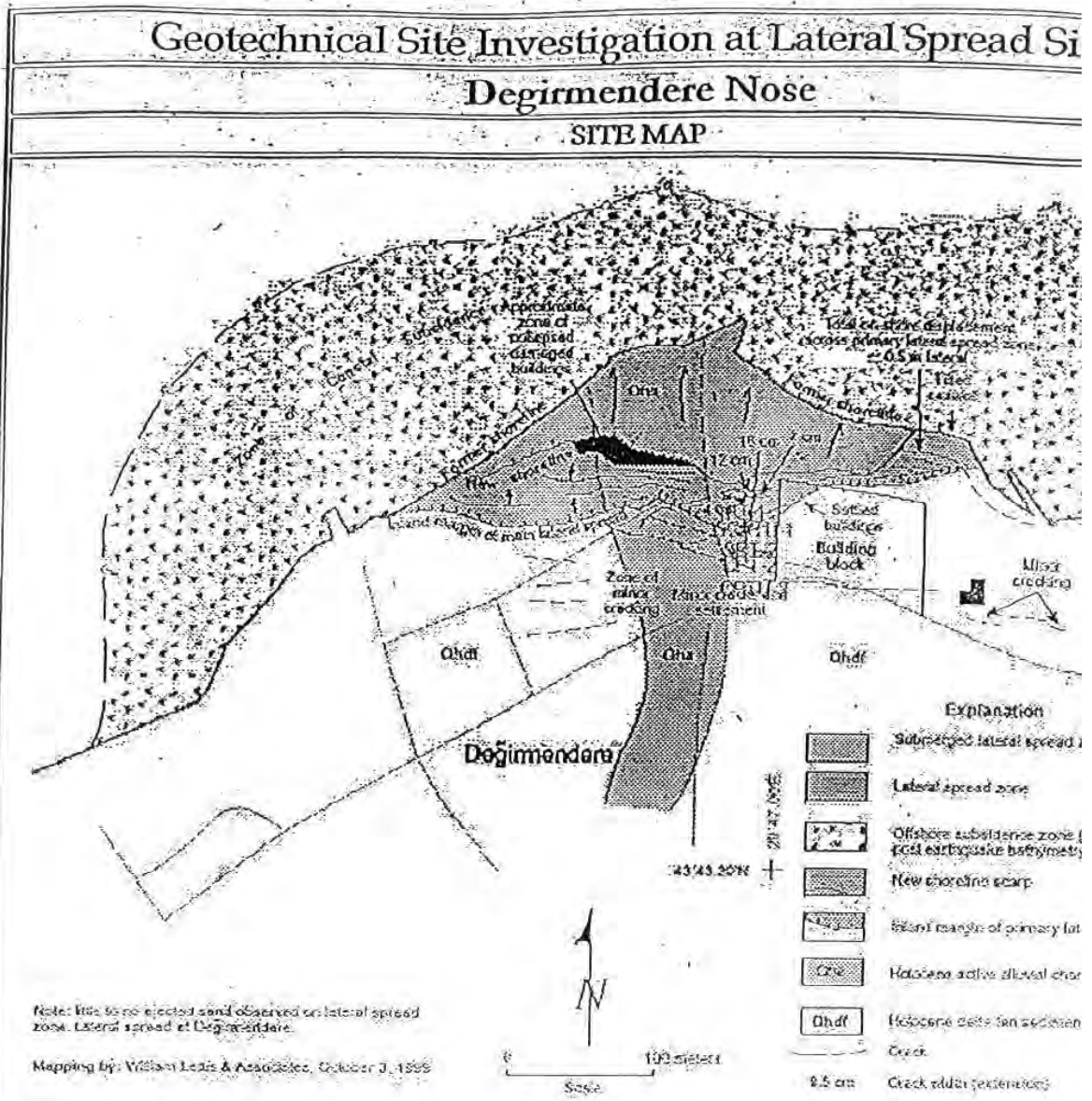
Σχ.2.6.6.γ. Θέσεις των περιοχών που αποκολλήθηκαν στο Degirmendere (Kiku et al., 2001)



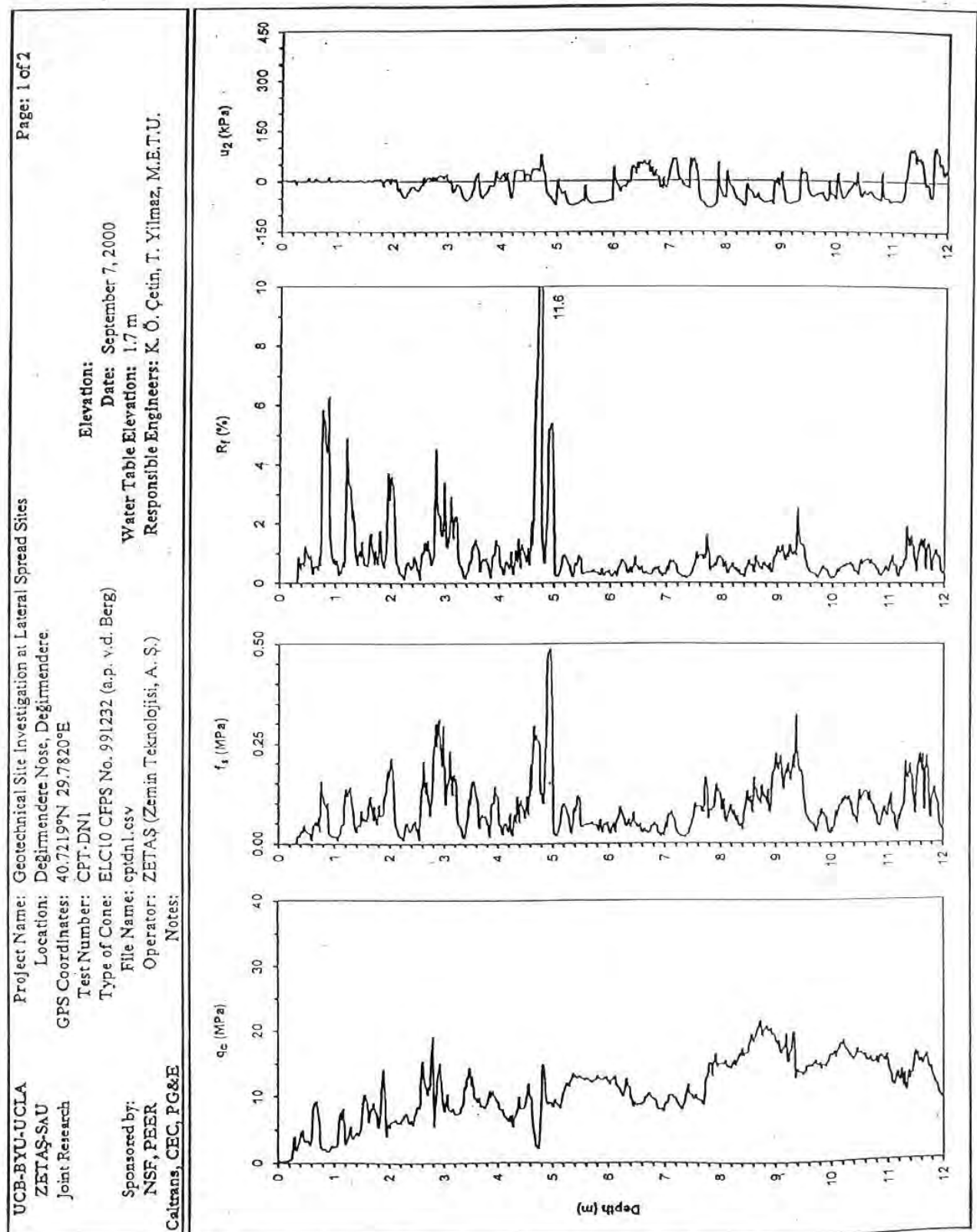
Σχ.2.6.6.δ. Περιοχή που αποκολλήθηκε στο Degirmedere (Kiku et al., 2001)



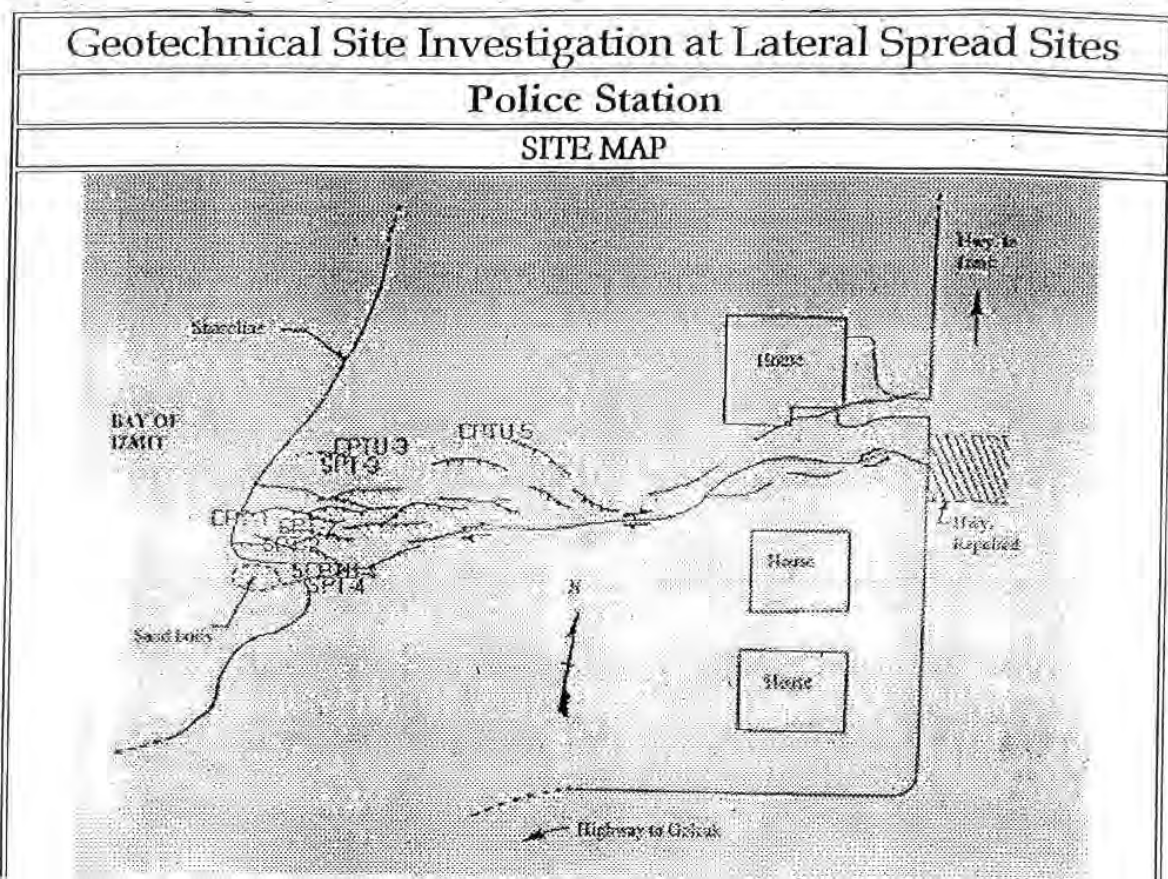
Σχ.2.6.6.ε. Αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στο Degirmedere (Kiku et al., 2001)



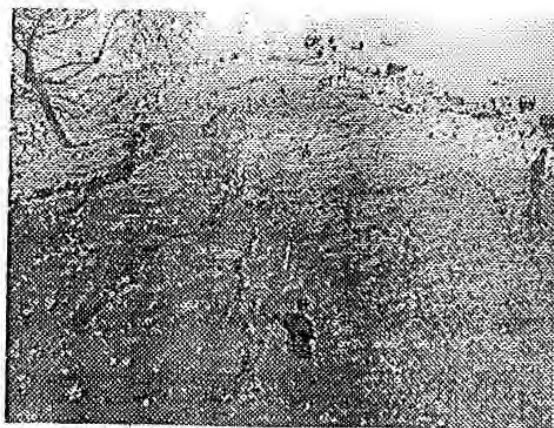
Σχ. 2.6.6.ζ. Χάρτης της περιοχής Degirmendere Nose με τις ζώνες παράκτιας καθίζησης, πλευρικής εξάπλωσης και δευτερευουσών ρωγμών (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



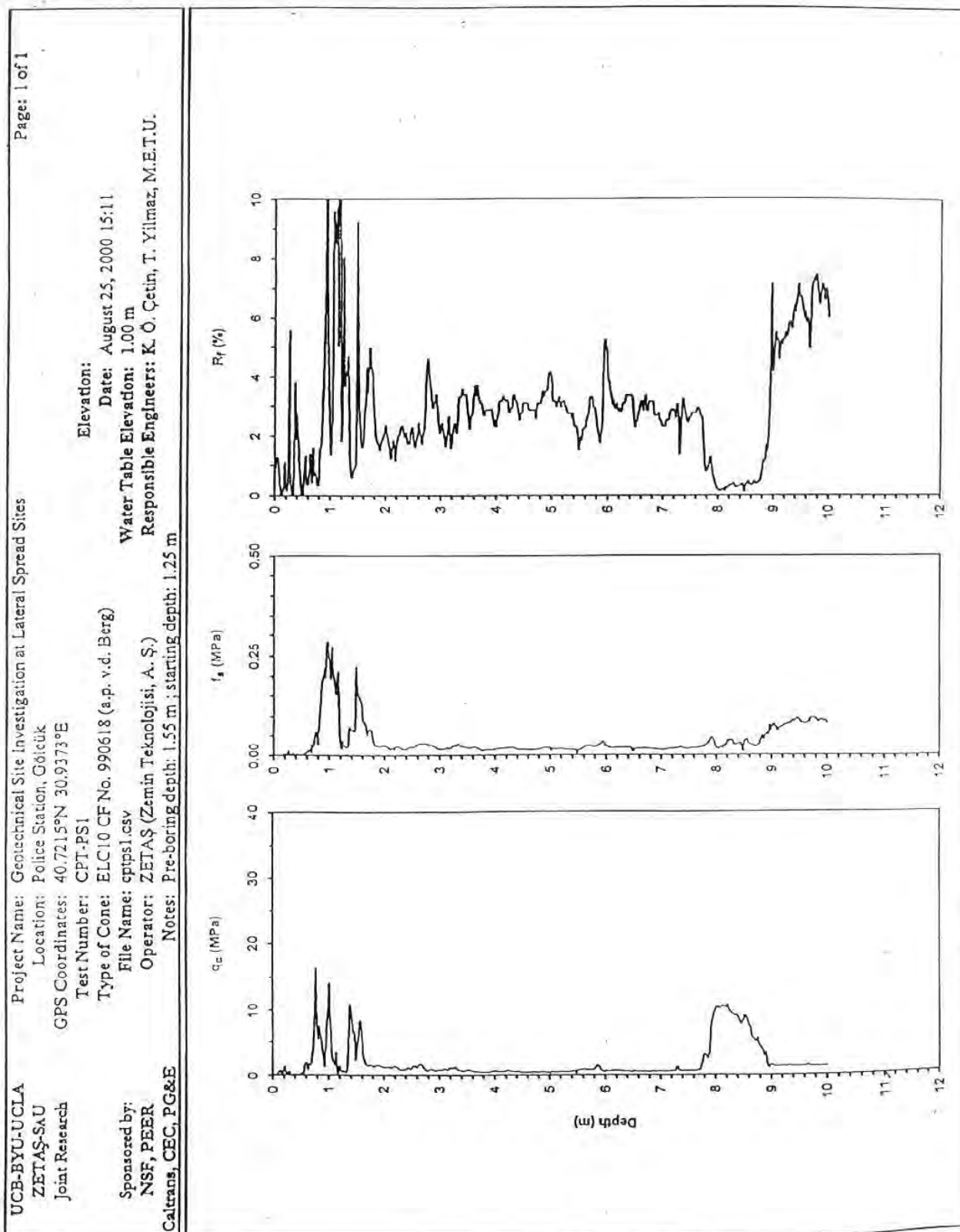
Σχ.2.6.6.η. Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή Degirmedere Nose
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



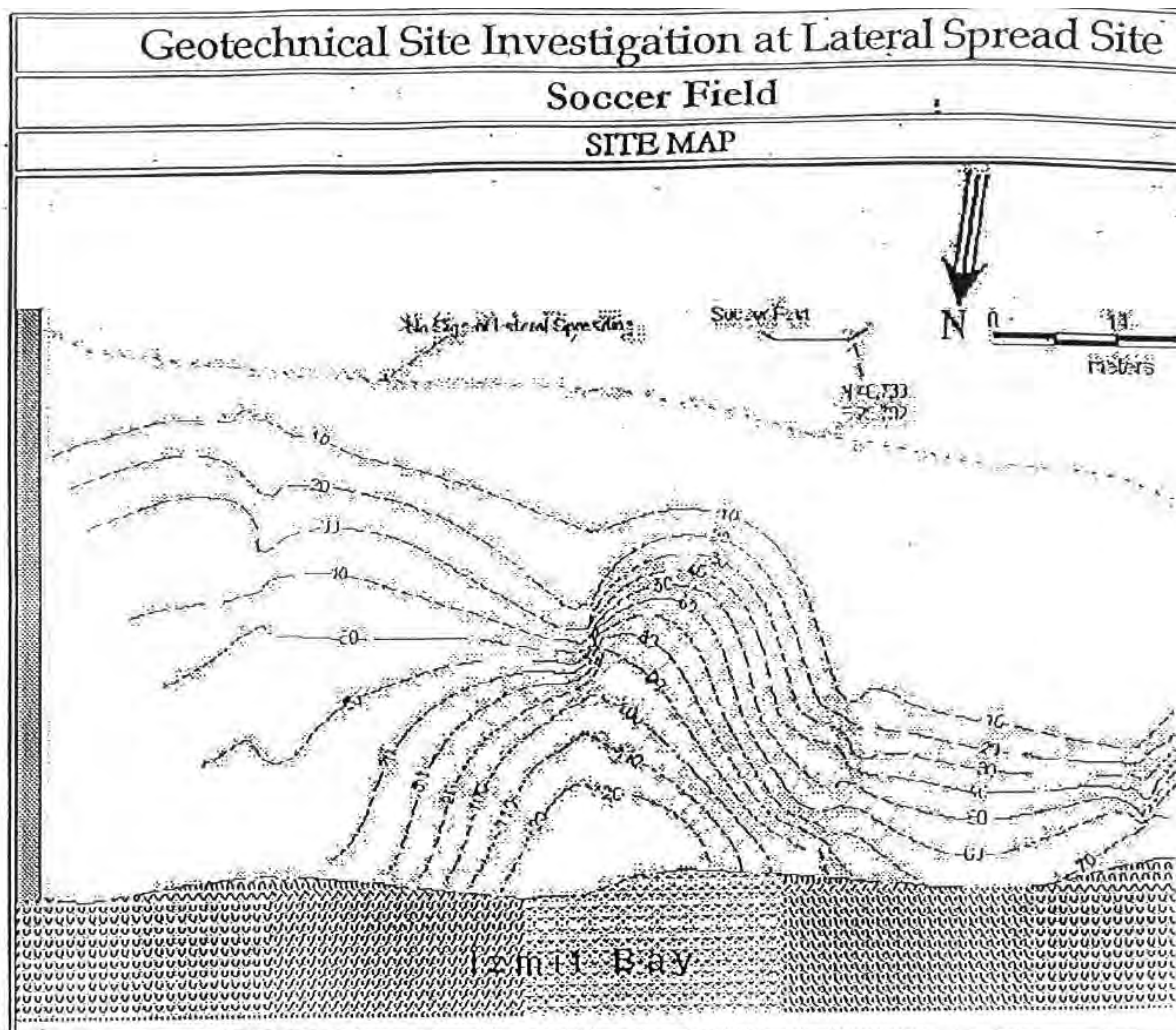
Σχ.2.6.7.α. Χάρτης της περιοχής του Police Station
<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>



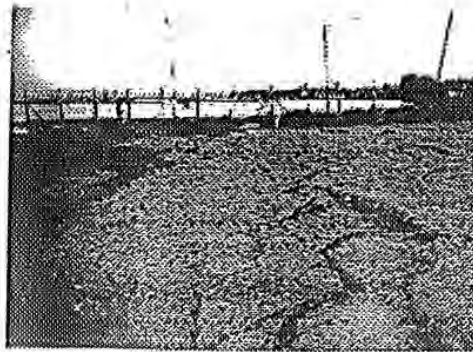
Σχ.2.6.7.β. Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Police Station λόγω πλευρικής εξάπλωσης (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



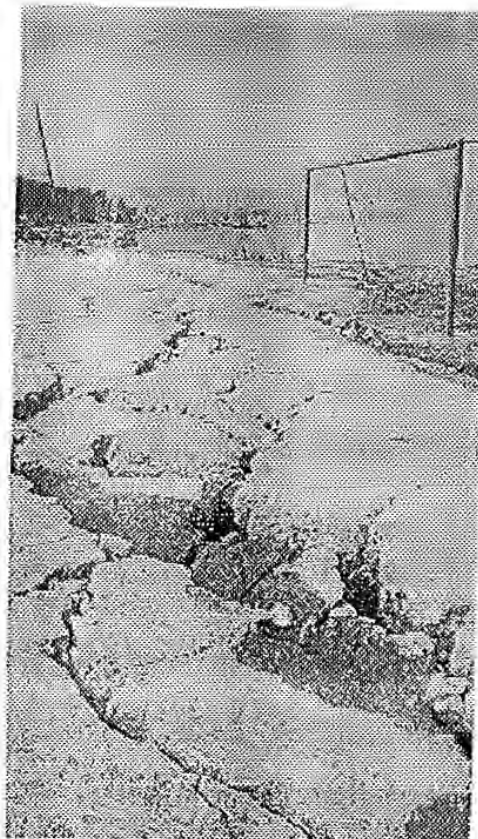
Σχ2.6.7.γ. Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του Police Station (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



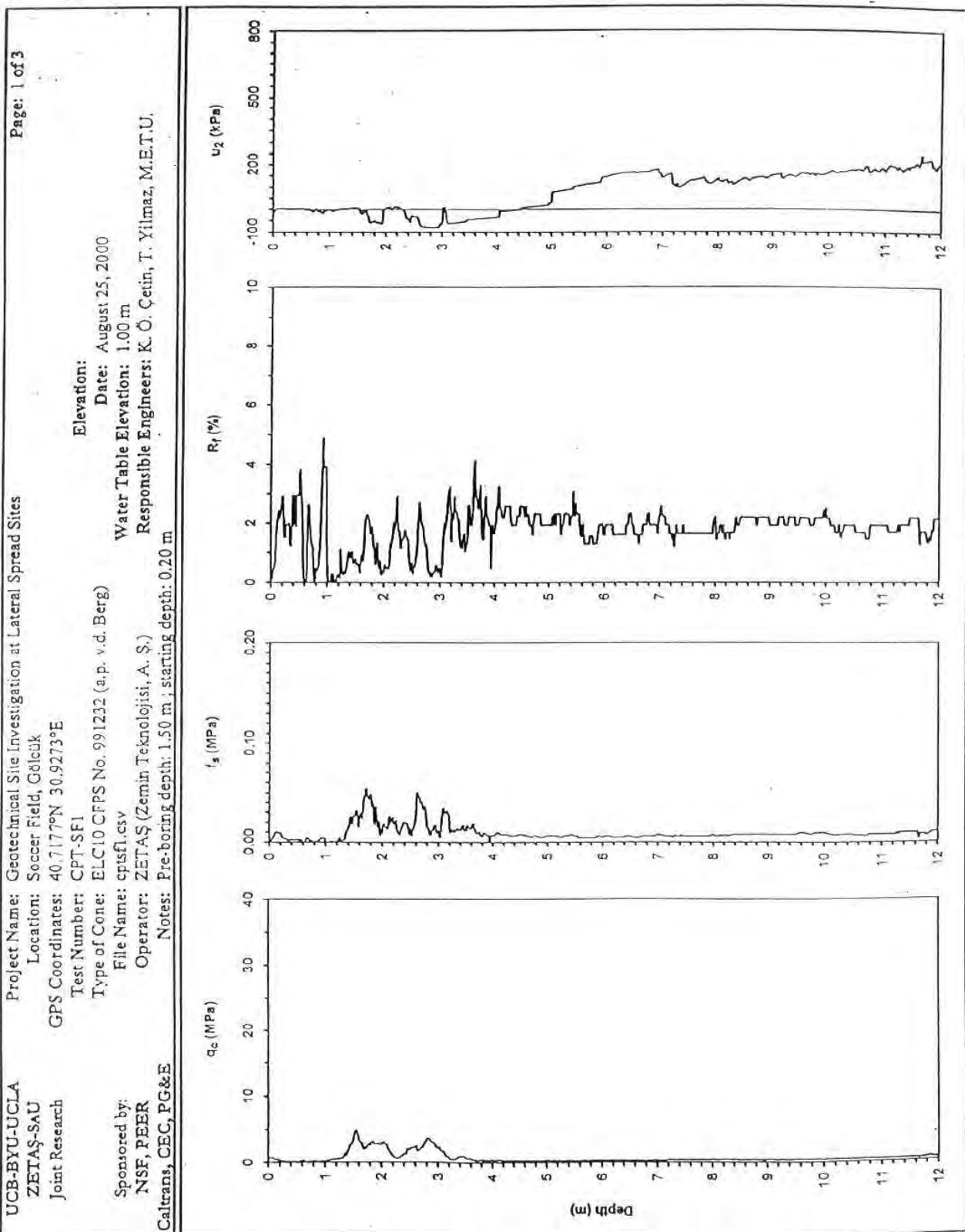
Σχ.2.6.8.α. Χάρτης της περιοχής του Soccer Field
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



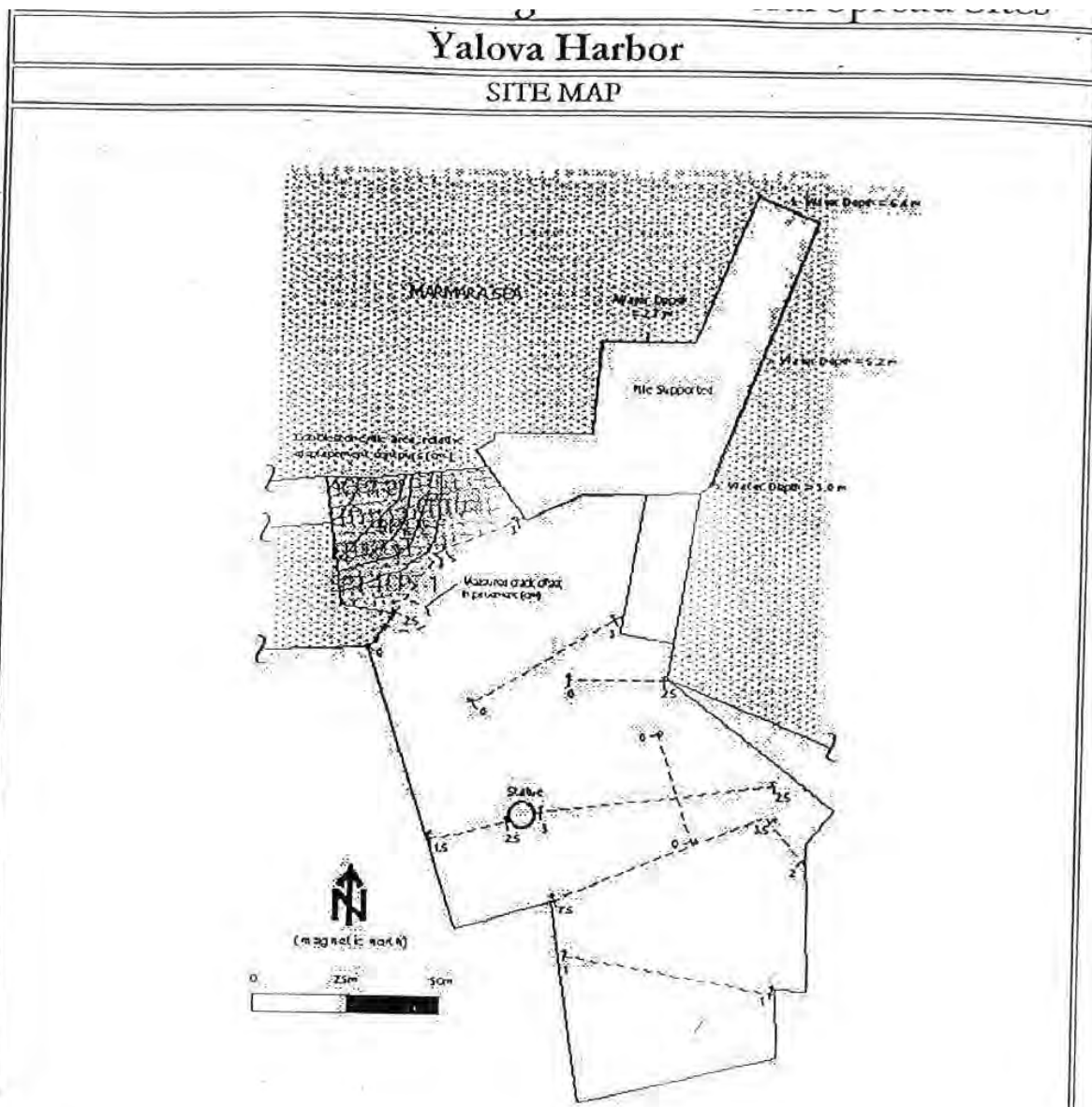
Σχ. 2.6.8.β. Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Soccer Field λόγω πλευρικής
εξάπλωσης
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



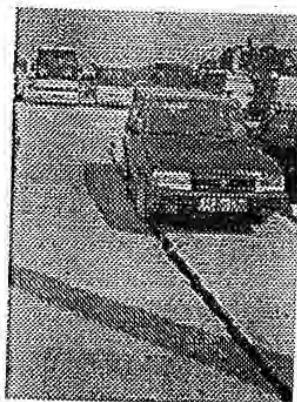
Σχ.2.6.8.γ. Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Soccer Field λόγω πλευρικής
εξάπλωσης (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



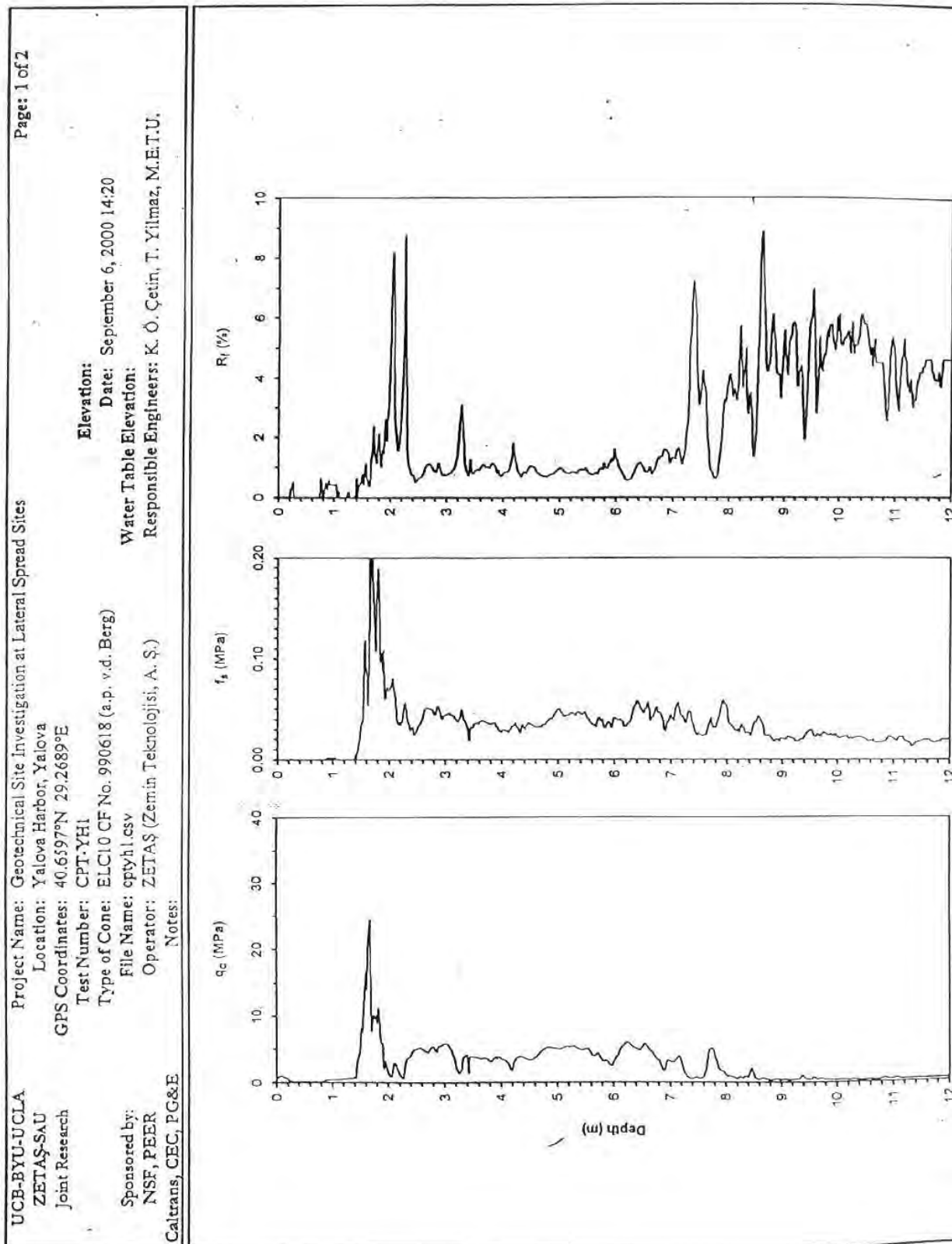
Σχ.2.6.8.δ. Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του Soccer Field
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



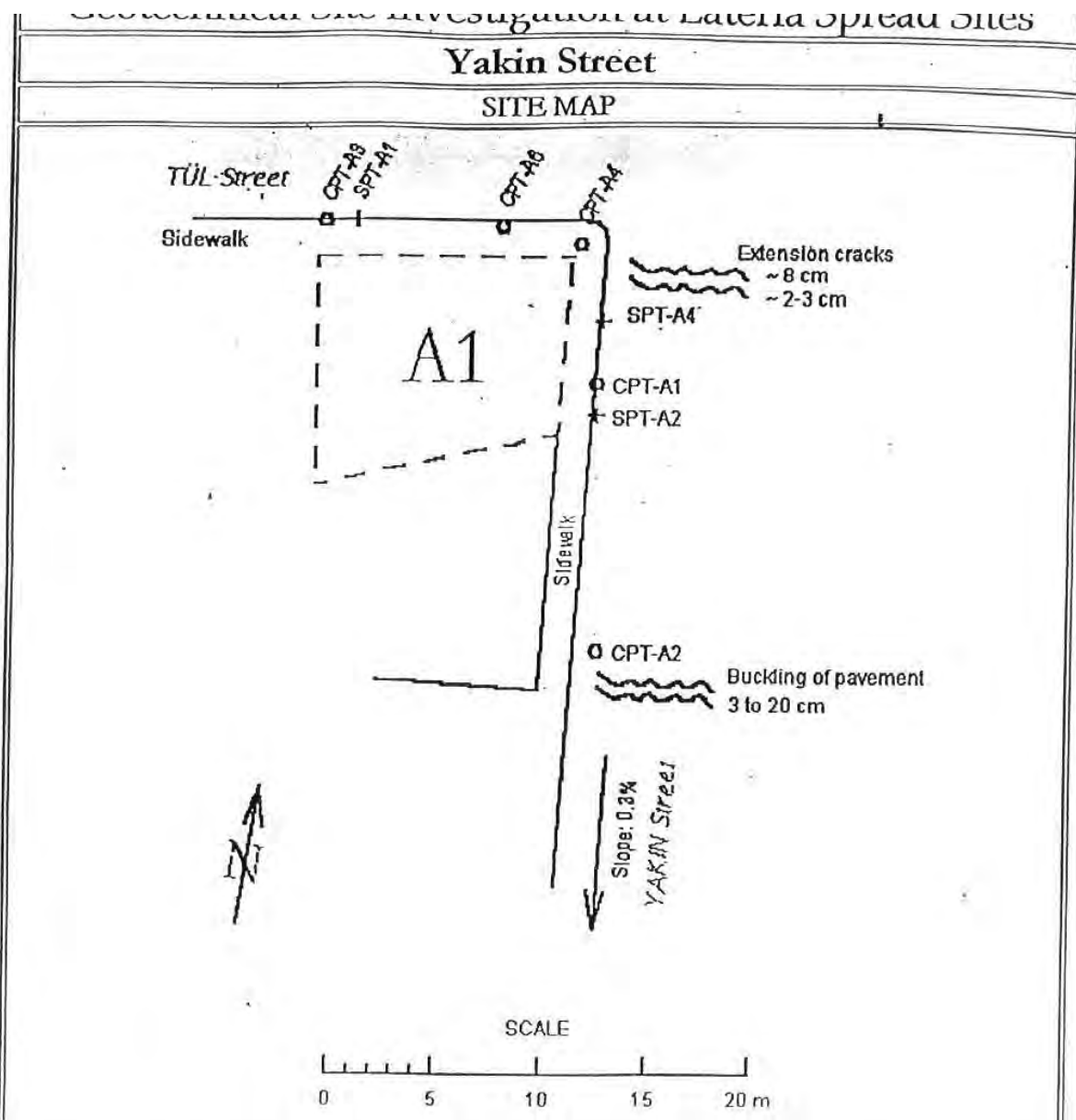
Σχ.2.6.9.α. Χάρτης της περιοχής του Yalona Harbor
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



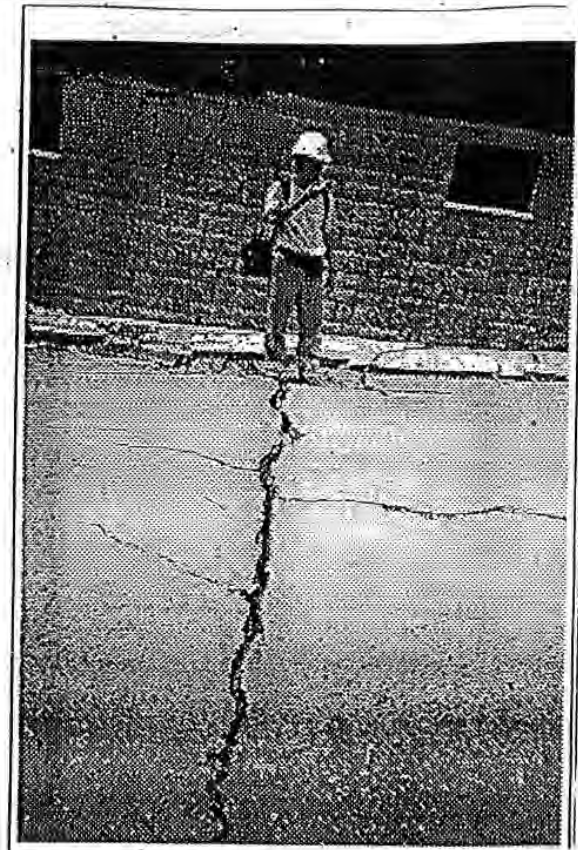
Σχ.2.6.9.β. Ρωγμές στο έδαφος της περιοχής του Yalona Harbor λόγω πλευρικής
εξάπλωσης (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



Σχ.2.6.9.γ. Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του Yalona Harbor (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



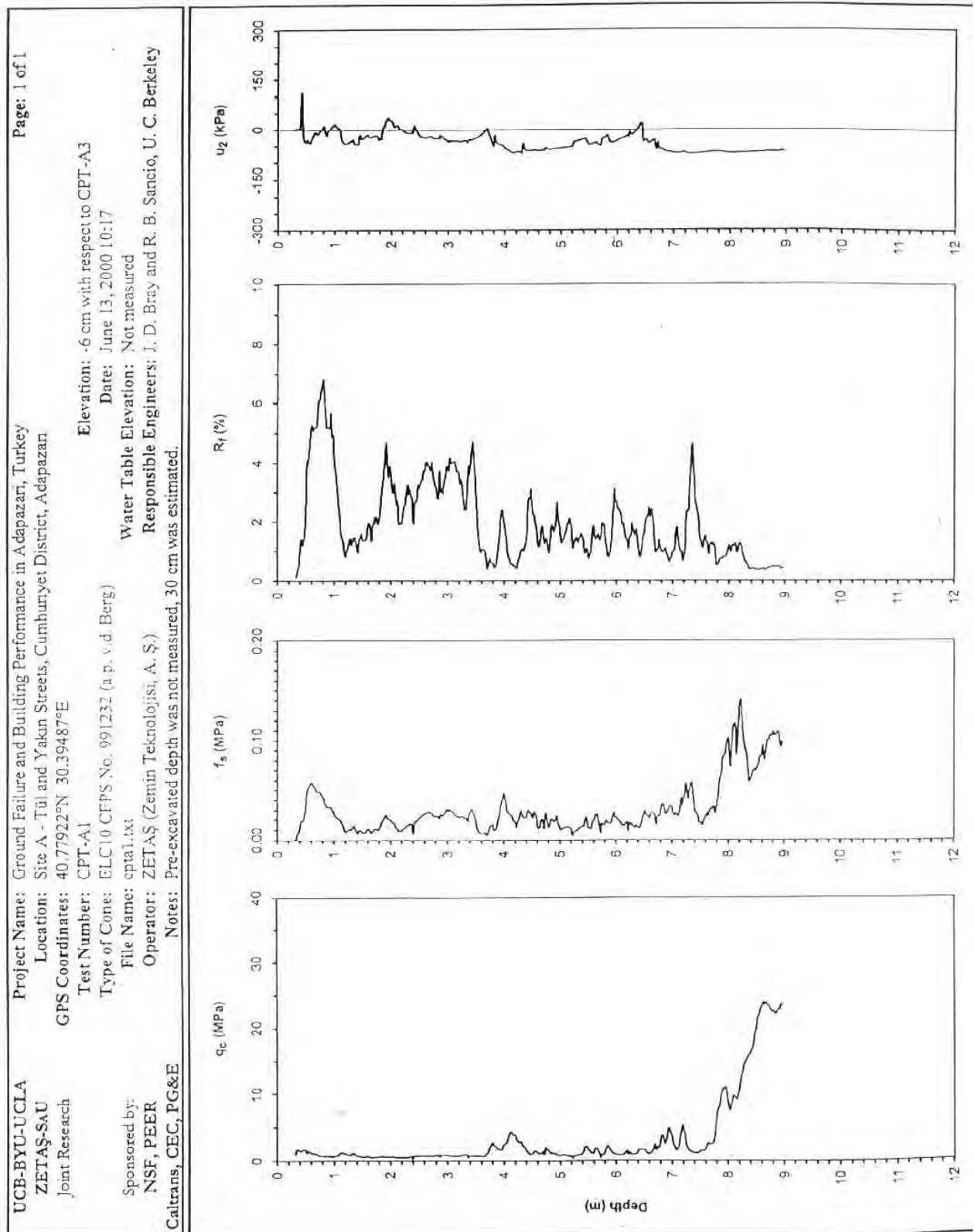
Σχ.2.6.10.α. Χάρτης της περιοχής της Yakin Street
<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>



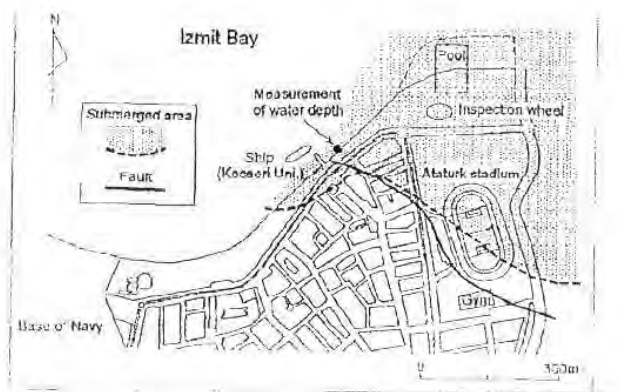
Σχ.2.6.10.β. Ρωγμές στα πεζοδρόμια της Yakin Street
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



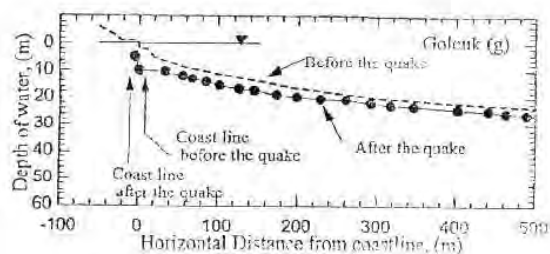
Σχ.2.6.10.γ. Ρωγμές στα πεζοδρόμια της Yakin Street
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



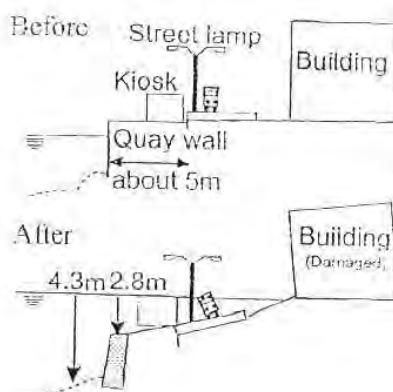
Σχ.2.6.10.δ.ΑποτελέσματαδοκιμώνCPTστηνYakinStreet
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



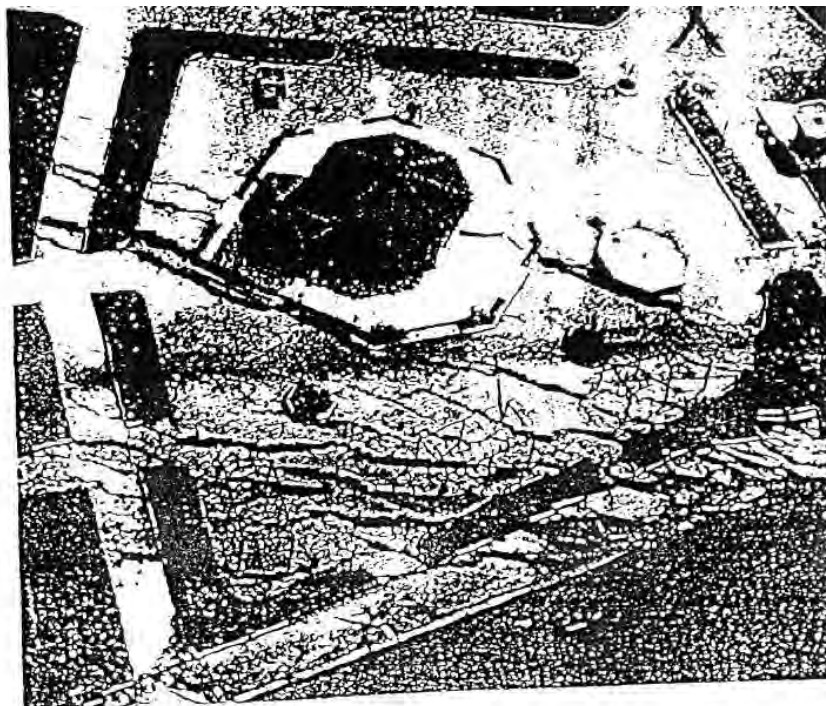
Σχ.2.6.11.α. Θέση του ρήγματος και της περιοχής που βυθίστηκε (Kiku et al., 2001)



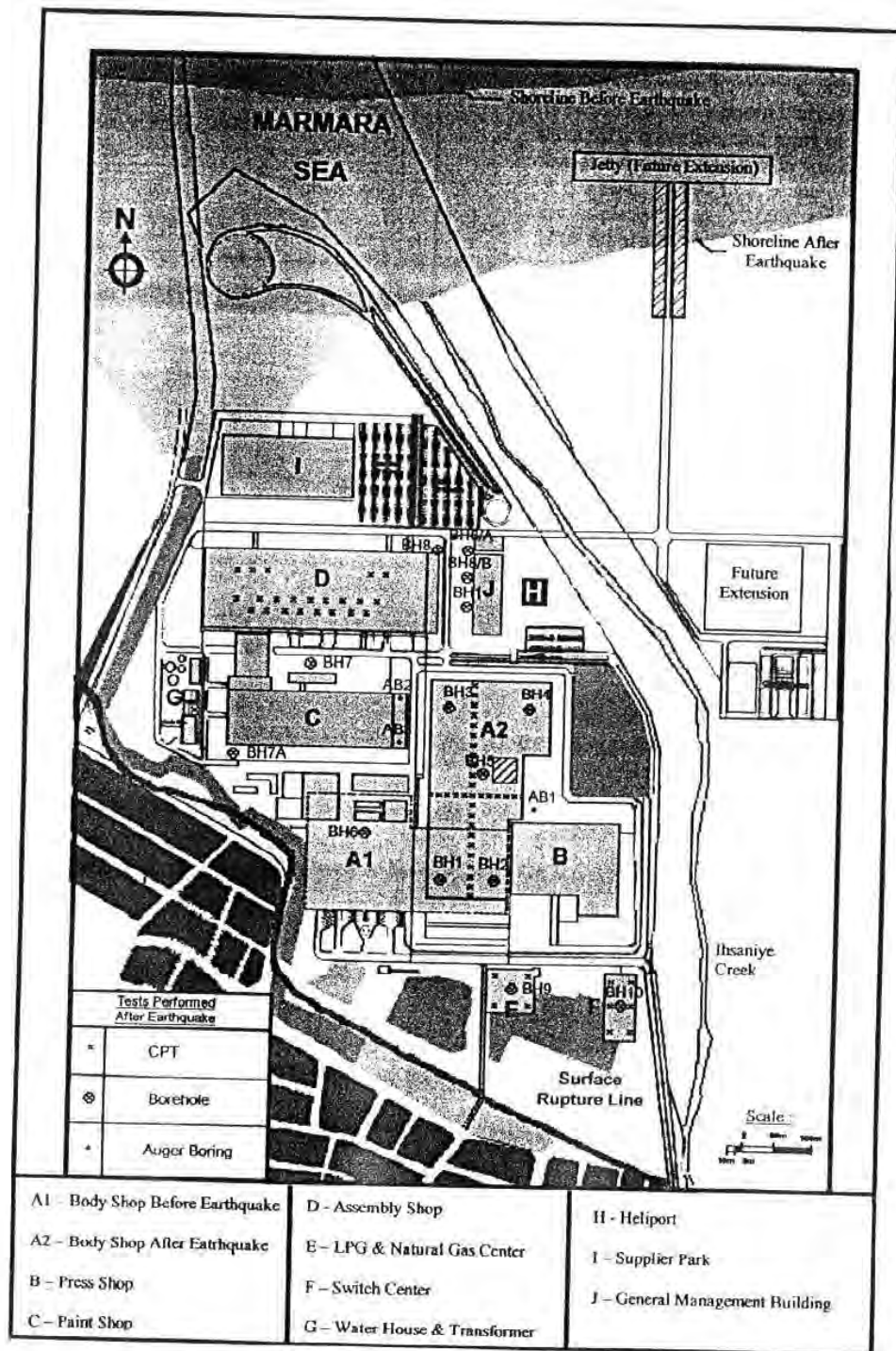
Σχ.2.6.11.β. Αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στην περιοχή Kavakli, στο Golcuk (Kiku et al., 2001)



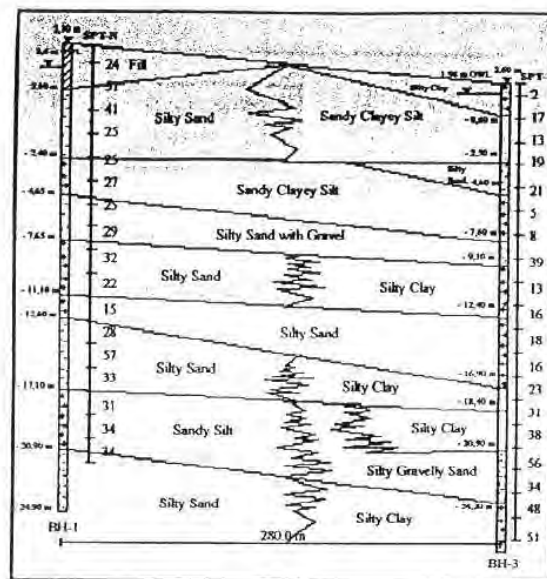
Σχ.2.6.11.γ. Σχηματική παράσταση της αλλαγής του βάθους του νερού στην περιοχή Kavakli στο Golcuk (Kiku et al., 2001)



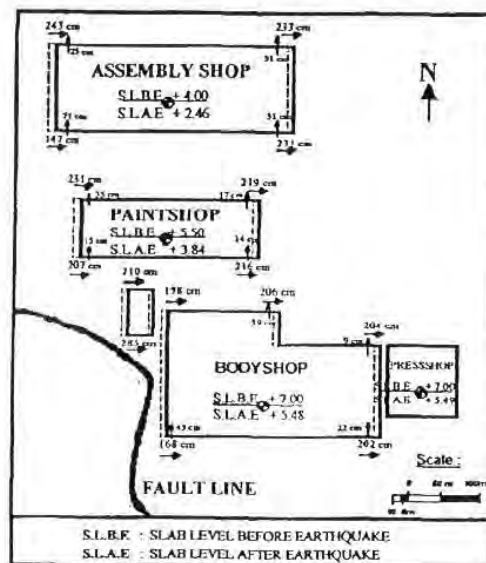
Σχ.2.6.11.δ. Πλευρική εξάπλωση στο παράκτιο τμήμα της πόλης Gölçuk - Εκδηλώθηκε σε χαλαρούς πρόσφατους σχηματισμούς (Δελτίο ΤΕΕ, 1999)



Σχ.2.6.12.α. Σχέδιο της περιοχής (Duzceer et al., 2001)



Σχ.2.6.12.β. Γενικευμένο εδαφικό προφίλ σε τμήμα του κτιρίου του Body Shop (Duzceer et al., 2001)



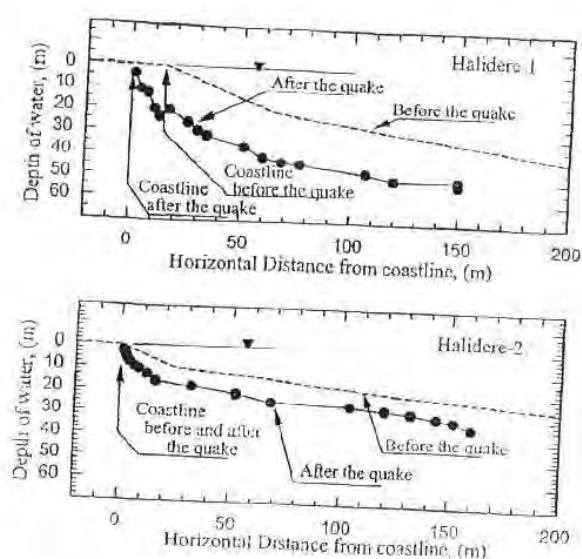
Σχ.2.6.12.γ. Μετρηθείσες καθιζήσεις και οριζόντιες μετακινήσεις των κτιρίων του συγκροτήματος λόγω του σεισμού (Duzceer et al., 2001)



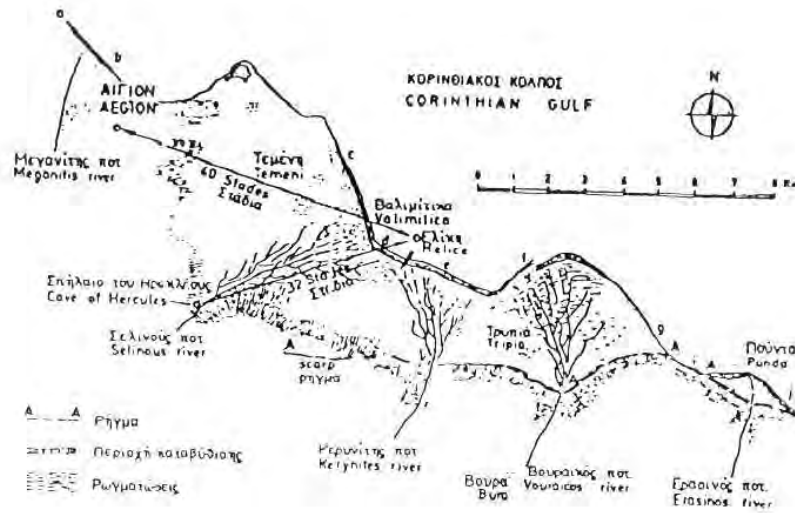
Σχ.2.6.13.α. Θέση των περιοχών που υπέστησαν βλάβες και αποκολλήθηκαν στο Haliderere (Kiku et al., 2001)



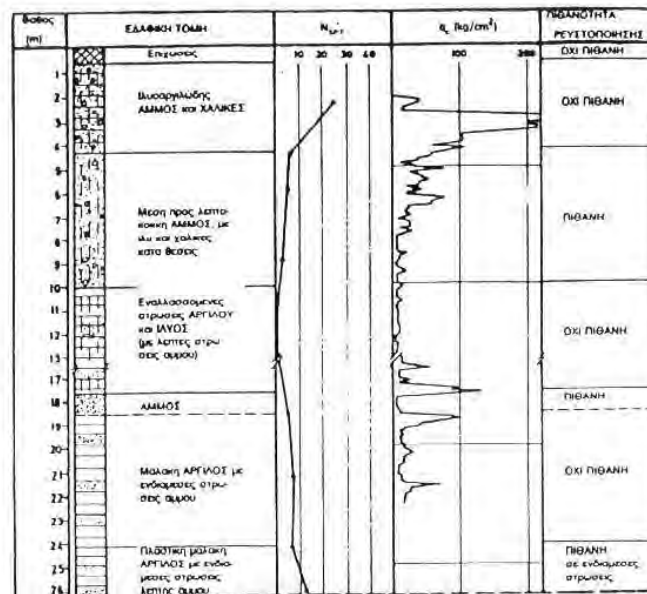
Σχ.2.6.13.β. Περιοχή που αποκολλήθηκε στο Haliderere (Kiku et al., 2001)



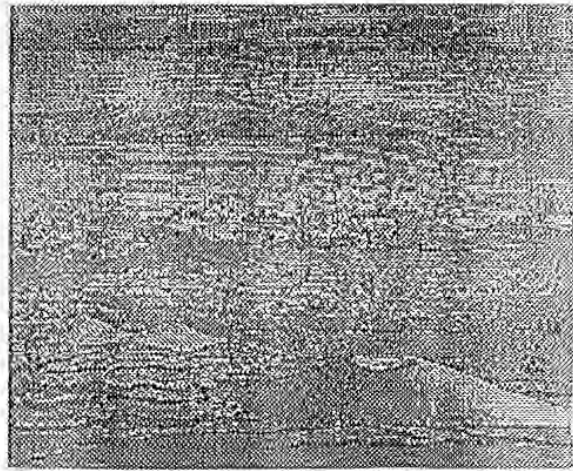
Σχ.2.6.13.γ. Αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους του νερού στο Haliderere (Kiku et al., 2001)



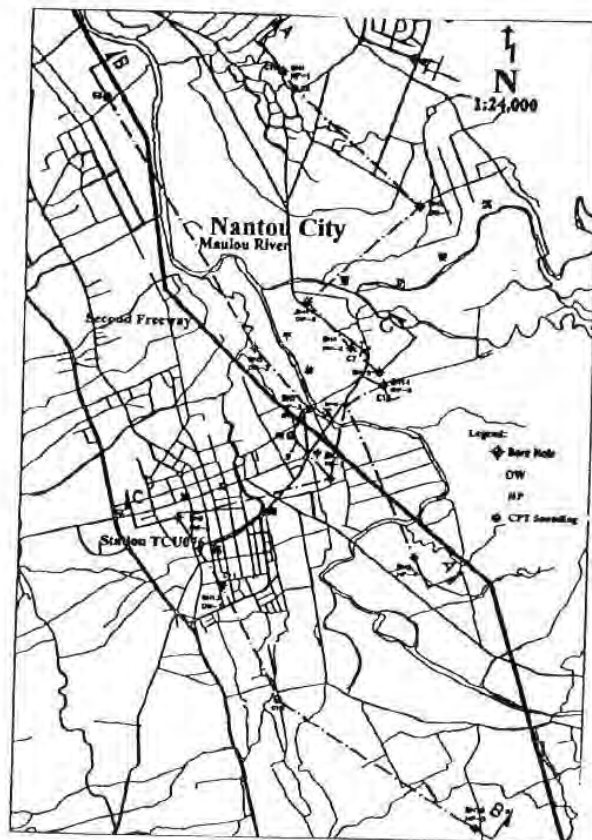
Σχ.2.6.14.α. Θέση Ελίκης – Ρήγμα σεισμού 1861 (Schmidt, 1867)



Σχ.2.6.14.β. Απλοποιημένη τομή εδάφους (Σωτηρόπουλος, 1997)



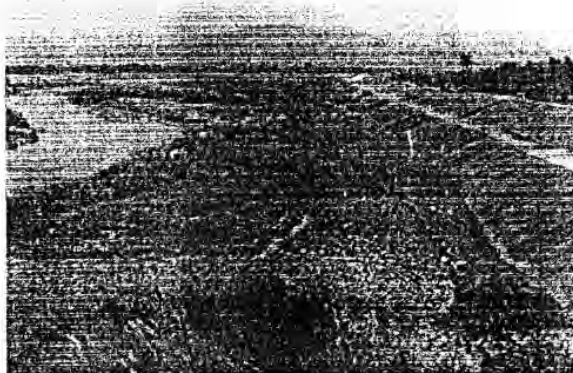
Σχ.2.6.14.γ. Ρευστοποίηση αμμωδών εδαφών στην Ελύκη στο σεισμό του Αιγίου (Ελλάδα, 1867) (Stamatoroulos A., Stamatoroulos C., 2001)



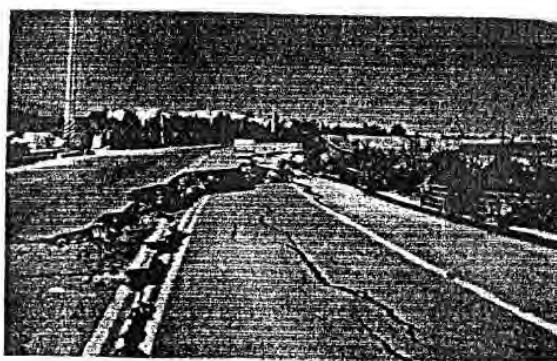
Σχ.2.6.15.α. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής της πόλης Nantou, Taiwan (Chang et al., 2001)



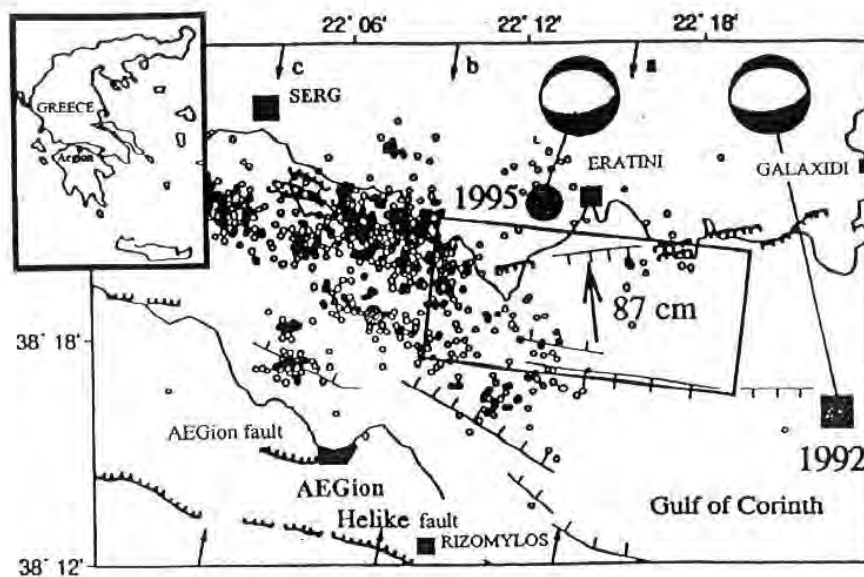
Σχ.2.6.15.β. Κώνοι αναδυόμενης άμμου στην περιοχή του ποταμού Maolou (Chang et al., 2001)



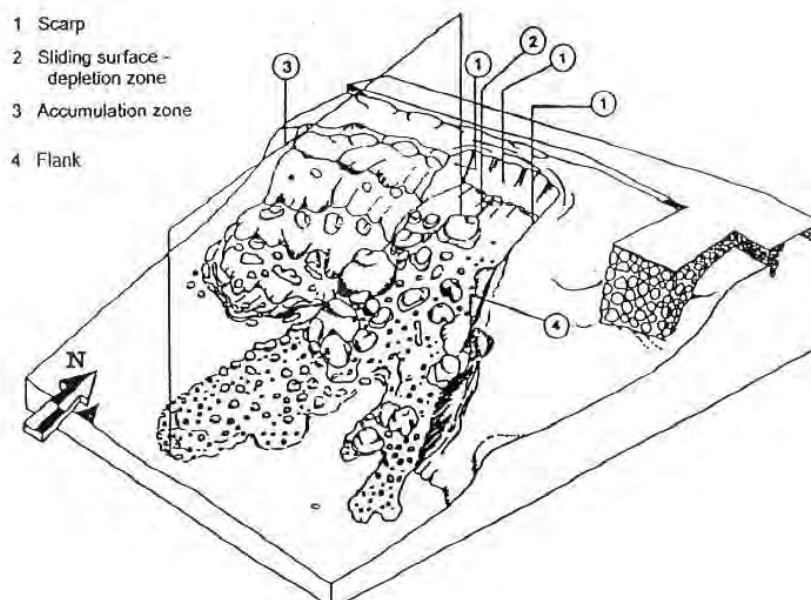
Σχ.2.6.15.γ. Πλευρική εξάπλωση στις όχθες του ποταμού Maolou (Chang et al., 2001)



Σχ.2.6.15.δ. Πλευρική εξάπλωση στον δρόμο γύρω από την όχθη του ποταμού (Chang et al., 2001)



Σχ.2.6.16.α. Θέση του επικέντρου και του ρήγματος στο σεισμό του Αιγίου σε σχέση με την περιοχή Ερατεινή (Bouckovalas et al., 1999)



Σχ.2.6.16.β Τομή τυπικής κατολίσθησης στην Ερατεινή (Bouchovalas et al., 1999)

2.7 Δυναμική συνίζηση (εδαφική καθίζηση)

2.7.0. Εισαγωγή

Παρακάτω παρουσιάζονται περιπτώσεις που έχουν να κάνουν με εδαφική καθίζηση η οποία συμβαίνει κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά το σεισμό σαν αποτέλεσμα συμπύκνωσης-συνίζησης μέ ή χωρίς ρευστοποίηση. Η μέση ογκομετρική παραμόρφωση (μέση καθίζηση ÷ πάχος στρώματος) είναι το καταλληλότερο μέτρο της κατακόρυφης μετακίνησης του εδάφους. Στις περιπτώσεις που παρουσιάζονται σε αυτή την έκθεση, δίνεται η μέγιστη τιμή της παρατηρηθείσας καθίζησης της επιφάνειας του εδάφους.

Έγινε μία απόπειρα να συσχετισθεί το μέτρο της σεισμικής ενέργειας που φτάνει στο πεδίο, που εδώ εκφράζεται με την ποσότητα $[M+\log 1/d^2]$ (M: μέγεθος του σεισμού, d: επικεντρική απόσταση σε km) με την μέση εκτιμώμενη ογκομετρική παραμόρφωση (= μέση εδαφική καθίζηση που έχει παρατηρηθεί ÷ πάχος στρώματος). Αυτές οι παράμετροι παρουσιάζονται παρακάτω.

2.7.1. Port Island, Kobe, Ιαπωνία - Ο σεισμός του Hyogoken-Nambu (Ιαπωνία, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Εστιακή απόσταση : 19 km

M+LOG(1/d²) : 4.64

Περίπτωση χωρίς βελτίωση υπεδάφους:

Μέση μετρηθείσα καθίζηση : 0.40 m

Πάχος συμπίεστης στρώσης : 15 m

Ογκομετρική παραμόρφωση : 0.0267

Μέση τιμή SPT : 10

Περίπτωση με βελτίωση υπεδάφους (sand drains):

Μέση μετρηθείσα καθίζηση : 0.15 m

Πάχος συμπίεστης στρώσης : 15 m

Ογκομετρική παραμόρφωση : 0.010

Μέση τιμή SPT : 25

Γεωτεχνικές συνθήκες: Περιγράφονται στην παράγραφο 2.5.3.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Παρούσα έκθεση (μέση καθίζηση 32 cm και 6 cm για τις περιπτώσεις χωρίς και με βελτίωση αντίστοιχα)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 59

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., Isoyama R., Wakamatsu K.: "Liquefaction-induced ground displacement and its related damage to lifeline facilities", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japanese Geotechnical Society, pp 81-97.
2. Ishihara K.: "Liquefaction and flow failure during earthquakes", *Geotechnique*, 1993, Vol. 43, No3.
3. Shamoto Y., Zhang J., Tokimatsu K.: "Methods for evaluating residual post-liquefaction ground settlement and horizontal displacement", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1998, Japanese Geotechnical Society, pp 69-83.

2.7.2. Rokko Island, Kobe, Ιαπωνία - Ο σεισμός του Hyogoken-Nambu (Ιαπωνία, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Εστιακή απόσταση : 25 km

M+LOG(1/d²) : 4.40

Περίπτωση χωρίς βελτίωση υπεδάφους:

Μέση μετρηθείσα καθίζηση : 0.40 m

Πάχος συμπιεστής στρώσης : 15 m

Ογκομετρική παραμόρφωση : 0.0267

Μέση τιμή SPT : 10

Περίπτωση με βελτίωση υπεδάφους (sand drains):

Μέση μετρηθείσα καθίζηση : 0.15 m

Πάχος συμπιεστής στρώσης : 15 m

Ογκομετρική παραμόρφωση : 0.010

Μέση τιμή SPT : 16

Γεωτεχνικές συνθήκες: Περιγράφονται στην παράγραφο 2.5.3.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Παρούσα έκθεση (μέση καθίζηση 32 cm και 23 cm για τις περιπτώσεις χωρίς και με βελτίωση αντίστοιχα)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 60

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., Isoyama R., Wakamatsu K. : "Liquefaction-induced ground displacement and its related damage to lifeline facilities", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japanese Geotechnical Society, pp 81-97.
2. Ishihara K.: "Liquefaction and flow failure during earthquakes", *Geotechnique*, 1993, Vol. 43, No3.
3. Shamoto Y., Zhang J., Tokimatsu K.: "Methods for evaluating residual post-liquefaction ground settlement and horizontal displacement", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1998, Japanese Geotechnical Society, pp 69-83.

2.7.3. Naruohama, Kobe, Ιαπωνία - Ο σεισμός του Hyogoken-Nambu (Ιαπωνία, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Εστιακή απόσταση : 34 km

M+LOG(1/d²) : 4.14

Μέση μετρηθείσα καθίζηση : 0.40 m

Πάχος συμπιεστής στρώσης : 15 m

Ογκομετρική παραμόρφωση : 0.0267

Τιμή SPT(ελάχιστη-μέγιστη) : βλ. Σχ. 2.7.3.δ.

Γεωτεχνικές συνθήκες: Εδαφική τομή της περιοχής φαίνεται στο σχήμα 2.7.3.β.

Επιτόπου δοκιμές: Αποτελέσματα της πρότυπης δοκιμής διεύδυσης φαίνονται στο σχήμα 2.7.3.δ.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Παρούσα έκθεση (μέση καθίζηση 41 cm)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 48

Σχήματα: 2.7.3.α. – 2.7.3.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Akamoto H., Miyake M.: "Earthquake-induced settlement in Naruohama reclaimed land", *Special Issue of Soils and Foundations*, 1996, Japanese Geotechnical Society, pp 161-167.

2.7.4. Ριζόμυλος - Βαλιμίτικα, Ελλάδα - Ο σεισμός του Αιγίου (Ελλάδα, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.18.

Εστιακή απόσταση	: 18 km
M+LOG(1/ d ²)	: 3.689
Μέγιστη επιτάχυνση	: 0.16-0.18g

Γεωτεχνικές συνθήκες: στρώμα αμμοχάλικου πάχους 5 m που ακολουθείται από ένα μέτριας πυκνότητας στρώμα άμμου πάχους 5m. Παρακάτω υπάρχει στρώμα αργίλου.

Επιτόπου δοκιμές:

Οι τιμές του N_{SPT} κυμαίνονται από 10 έως 20.

Περιγραφή αστοχίας: Παρατηρήθηκε περιορισμένη πλευρική εξάπλωση και εμφανίστηκαν κώνοι άμμου και ρωγμές στην επιφάνεια του εδάφους, παράλληλα με την ακτογραμμή. Οι βλάβες που προκλήθηκαν ήταν ελάχιστες.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 54

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. G.D.Bouckovalas, G.Gazetas & A.G.Papadimitriou:"Geotechnical aspects of the 1995 Aegion, Greece, earthquake", *Earthquake Geotechnical Engineering*, Seco e Pinto, 1999 Balkema, Rotterdam.

2.7.5. Λιμάνι του Πειραιά, Αθήνα, Ελλάδα - Ο σεισμός της Πάρνηθας (Ελλάδα, 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.9.

Εστιακή απόσταση	: 17 km
M+LOG(1/ d ²)	: 3.44
Μέση μετρηθείσα καθίζηση	: 0.08 m
Πάχος συμπιεστής στρώσης	: 10 m
Ογκομετρική παραμόρφωση	: 0.008

Τιμή SPT(ελάχιστη-μέγιστη) : -

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 55

Σχήματα: Σχ.2.3.9.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C., Anerousis S.: "Geotechnical Factors in Recent Earthquake-Induced Structural Failures in Greece", *Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri Rolla, Missouri 2001*

2.7.6. Πλάκα, Αθήνα, Ελλάδα - Ο σεισμός της Πάρνηθας (Ελλάδα, 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.7.5.

Εστιακή απόσταση	: 15 km
M+LOG(1/ d ²)	: 3.55
Μέση μετρηθείσα καθίζηση	: 0.02 m
Πάχος συμπιεστής στρώσης	: 2 m
Ογκομετρική παραμόρφωση	: 0.01
Τιμή SPT(ελάχιστη-μέγιστη)	: -

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 56

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C., Anerousis S.: "Geotechnical Factors in Recent Earthquake-Induced Structural Failures in Greece", *Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri Rolla, Missouri 2001*

2.7.7. Θέση: Alaska village, Philippines - Ο σεισμός του Luzon Island (Philippines, 1990)

Σεισμός:

Μέγεθος: 7.8

Εστιακή απόσταση	: 110 km
M+LOG(1/d ²)	: 3.72
Μέση καθίζηση	: 0.5 m
Πάχος συμπιεστής στρώσης	: 20 m
Ογκομετρική παραμόρφωση	: 0.025
Τιμή SPT(ελάχιστη-μέγιστη)	: 10-20

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 57

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suzuki N., Tazoh T.,: *"Liquefaction- Induced Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines During the 1990 Luzon, Philippines Earthquake"* Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo, February 1992, Vol 1.

2.7.8. Θέση: Simi valley, California - Ο σεισμός του Northridge (ΗΠΑ, 1994)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.2.3.

Εστιακή απόσταση	: 30 m
M+LOG(1/d ²)	: 4.40
Απόσταση από το επίκεντρο	: 14 km
Μέση καθίζηση	: 16 cm
Ογκομετρική παραμόρφωση	: 0.08
Δοκιμή CPT, τιμή q _c	: 10-200 kg/cm ²
Μέγιστη επιτάχυνση	: 0.8g

Υπολογισθείσα μετακίνηση: Υπολογίστηκε με τις μεθόδους των Tokimatsu και Seed (1987)

Εδαφικές συνθήκες:

Μή ρευστοποιήσιμο στρώμα πάχους 3.7m, πάνω σε ρευστοποιήσιμο στρώμα μέσου πάχους 2.0 m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 2.1 έως 3.4m από την επιφάνεια.

Επιτόπου δοκιμές:

Βλέπε Σχ.2.7.8.ζ. και 2.7.8.η.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Ali Abdel-Haq and Roman D. Hryciw (1998)

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 58

Σχήματα: 2.7.8.α. - 2.7.8.η.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Ali Abdel-Haq and Roman D. Hryciw: *"Ground Settlements in Simi Valley following the Northridge Earthquake"*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol 124, No 1, January 1998, ASCE.

2.7.9. Πολυκατοικία στο Βραχάτι, Πελοπόννησος - Ο σεισμός των Αλκυονίδων (Ελλάδα, 1981)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 24 Φεβρουαρίου 1981

Μέγεθος : 6.7

Επίκεντρο : κοντά στα νησιά Αλκυονίδες, 70 km δυτικά της Αθήνας

Απόσταση από το επίκεντρο: 20 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.15 \text{ g}$

Υπολογισθείσα μετακίνηση: Καθίζηση της τάξης των 0.3-0.5m

Εδαφικές συνθήκες: Μέτριες έως πυκνές άμμοι μέχρι τα 8m. Παρακάτω, άμμος και ιλύς χαμηλότερης πυκνότητας μέχρι τα 20m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρισκόταν 1m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Στο Σχ.2.7.9.β. φαίνεται το εδαφικό προφίλ της περιοχής στις θέσεις των γεωτρήσεων και η μεταβολή στις τιμές του NSPT με το βάθος.

Επιτόπου δοκιμές (Σχ.2.7.9.α.):

Από το σύνολο των περιπτώσεων που μελετήθηκαν, το 13% είχε τιμές $N1(60)$ από 0 έως 5, το 10% από 6 έως 10, το 23% από 11 έως 15, το 3% από 16 έως 20, το 7% από 26 έως 30, το 10% από 31 έως 35, το 7% από 36 έως 40, και το 27% πάνω από 40.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 61

Σχήματα: 2.7.9.α., 2.7.9.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C., Anerousis S.: "Geotechnical Factors in Recent Earthquake-Induced Structural Failures in Greece", *Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri-Rolla, Missouri 2001*
2. Κοτζιάς – Σταματόπουλος ΕΠΕ, Γεωτεχνική έρευνα για το ξενοδοχείο Βραχατίου, Απρίλιος 1969

2.7.10. Καθίζηση της πόλης Bisaccia μετά το σεισμό Irpinia, 1980

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.9.

Απόσταση από το επίκεντρο: περίπου 100 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη επιτάχυνση (από δυναμική ανάλυση): 0.08g (βλ. Σχ. 2.7.10.β.)

Εκτιμώμενη μετρηθείσα μετακίνηση: 0.12m (βλ. Σχ. 2.7.10.α.)

Γεωτεχνικές συνθήκες:

Η πόλη βρίσκεται πάνω σε έναν λόφο που αποτελείται από ένα στρώμα από κροκαλοπαγή πετρώματα πάνω από ένα ρηγματωμένο στρώμα αργίλου. Το παρόν γεωμορφολογικό προφίλ της περιοχής είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας διάβρωσης. Η διάβρωση αυτή, που είναι ακόμη ενεργή, έχει προκαλέσει σταδιακή απομάκρυνση των κροκαλοπαγών πετρωμάτων, σχηματίζοντας δύο κοιλάδες που οριοθετούν το λόφο της Bisaccia.

Εκτελέστηκαν εργαστηριακές κυκλικές τριαξονικές δοκιμές στρέψεως σε απλή διάτμηση για την άργιλο

Περιγραφή της αστοχίας:

Μετά το σεισμό, το κέντρο της πόλης Bisaccia παρουσίασε σταδιακή καθίζηση, γεγονός που οδήγησε στο να γίνουν μετρήσεις με όργανα των καθιζήσεων και της πίεσης των πόρων στο στρώμα της αργίλου.

Από τις μετρήσεις αυτές των οργάνων, προέκυψε ότι, σε μία περιοχή της πόλης η πίεση των πόρων ακριβώς μετά το σεισμό ήταν μεγαλύτερη από την τιμή στην οποία κατέληξε με την πάροδο του χρόνου. Αυτό εξηγείται από την υπόθεση ότι η υπερπίεση των πόρων στη θέση αυτή, είναι το αποτέλεσμα της δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του στρώματος από κροκαλοπαγή πετρώματα και της αργίλου κατά τη διάρκεια του σεισμού. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται και από την εξέλιξη που είχαν οι μετακινήσεις από το 1980 έως το 1988 (βλ. Σχ. 2.7.10.α.).

Ρευστοποίηση: Όχι

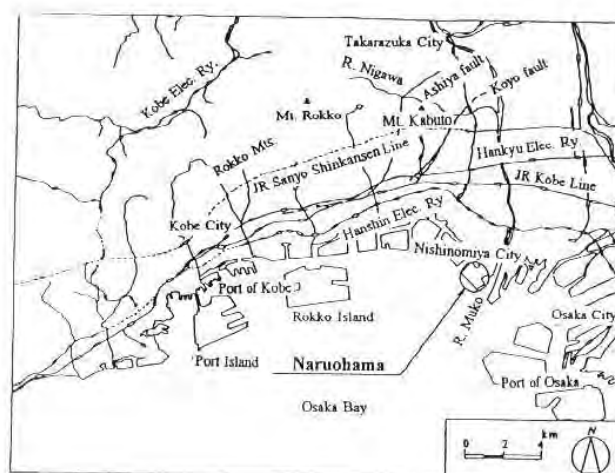
Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: Νο 106

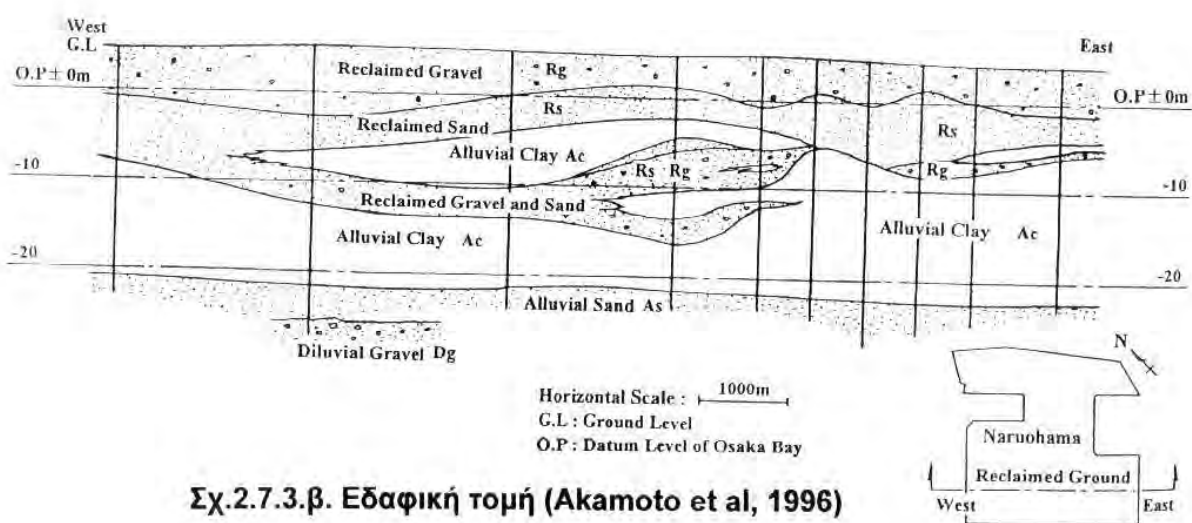
Σχήματα: 2.7.10.α., 2.7.10.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

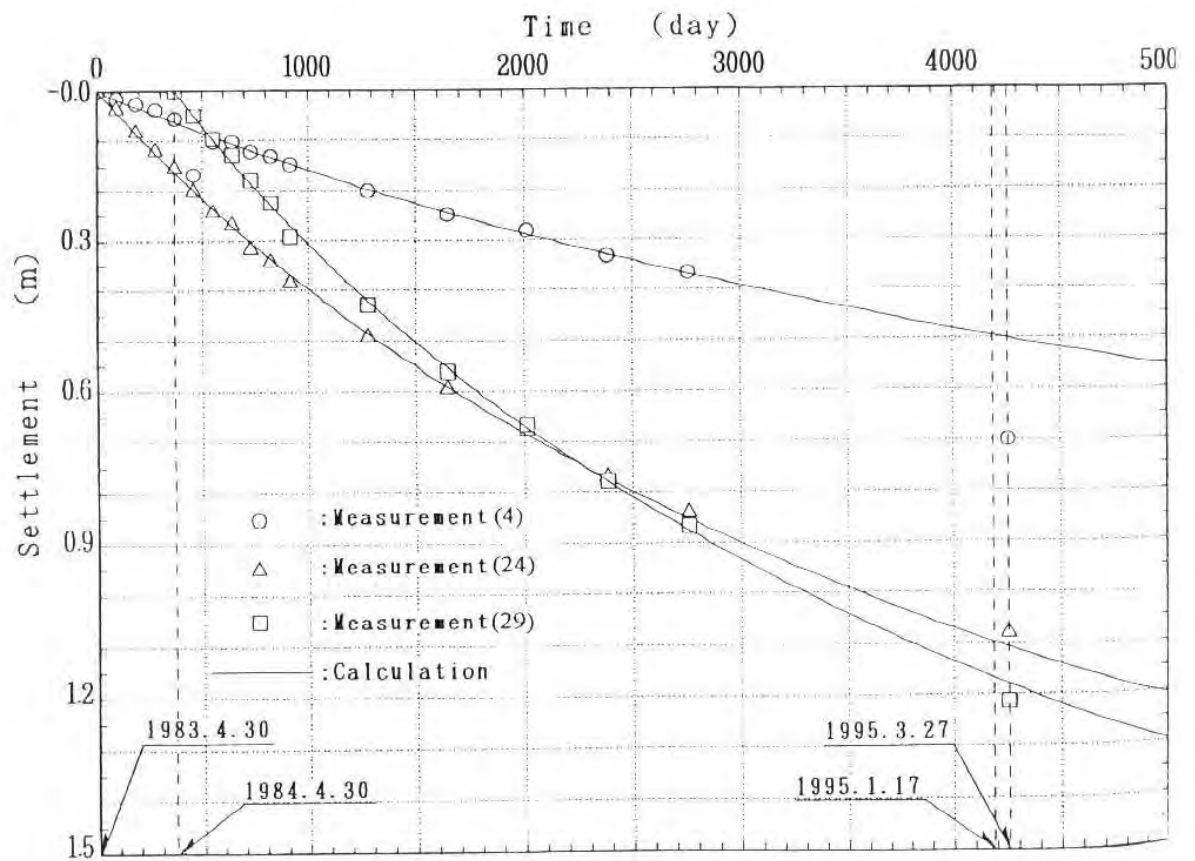
1. Olivares L., Silvestri F.: "A laboratory and Numerical Investigation on a Post-seismic Induced Settlement in Southern Italy". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.



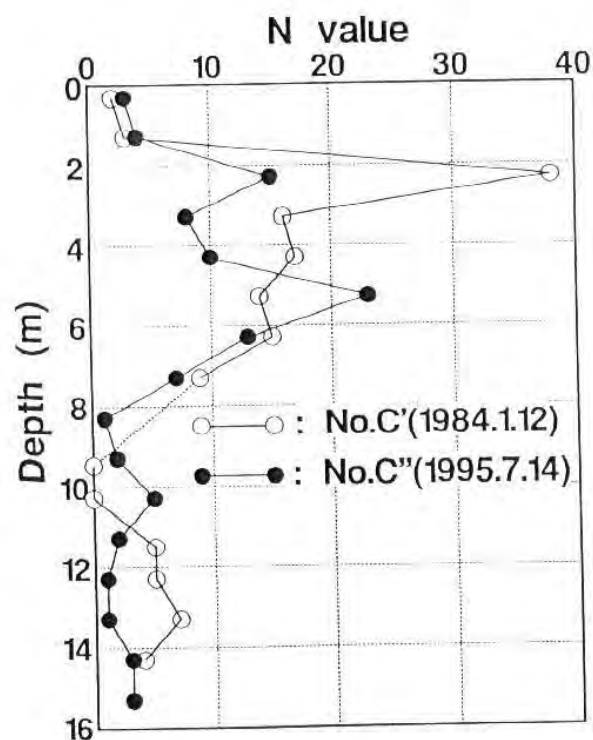
Σχ.2.7.3.α. Χάρτης της περιοχής (Akamoto et al, 1996)



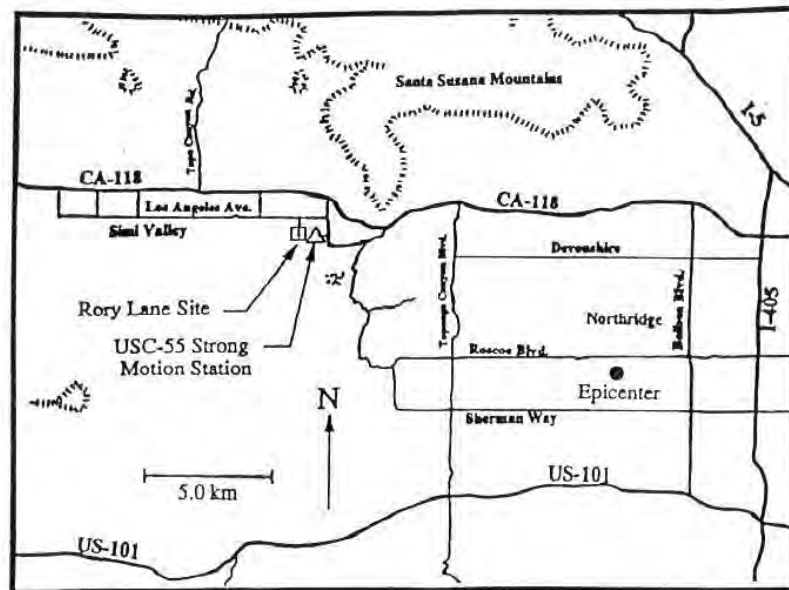
Σχ.2.7.3.β. Εδαφική τομή (Akamoto et al, 1996)



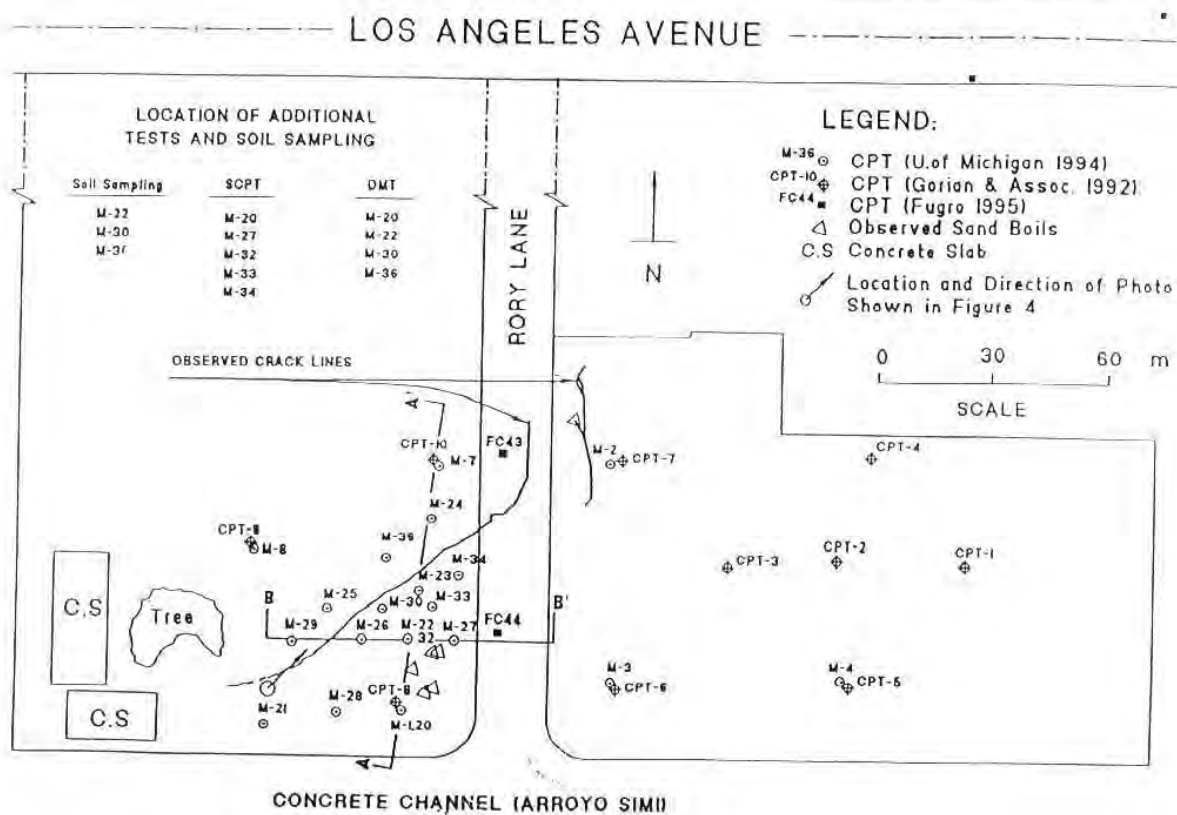
Σχ.2.7.3.γ. Σχέση χρόνου καθίζησης στην περιοχή (Akamoto et al, 1996)



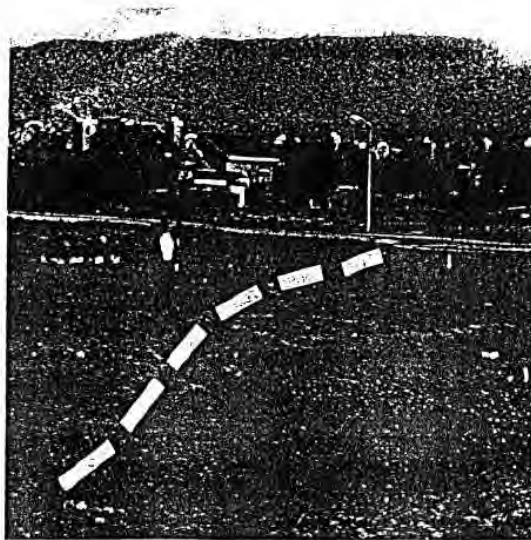
Σχ.2.7.3.δ. Αποτελέσματα της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (Akamoto et al, 1996)



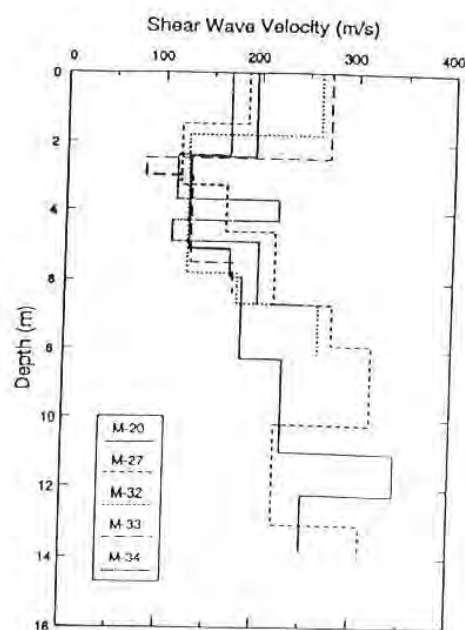
Σχ.2.7.8.α. Χάρτης της γύρω περιοχής με τη θέση του επίκεντρου, τη θέση παρατήρησης Rory Lane και τη θέση του σταθμού μέτρησης της εδαφικής κίνησης (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)



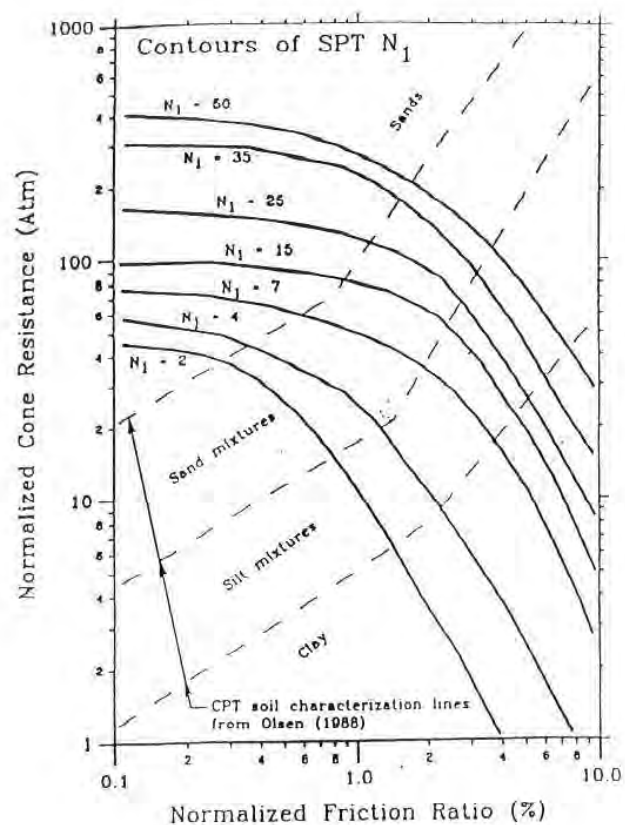
Σχ.2.7.8.β. Χάρτης με τις περιοχές όπου παρατηρήθηκε ρευστοποίηση και τις περιοχές των επιτόπου δοκιμών (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)



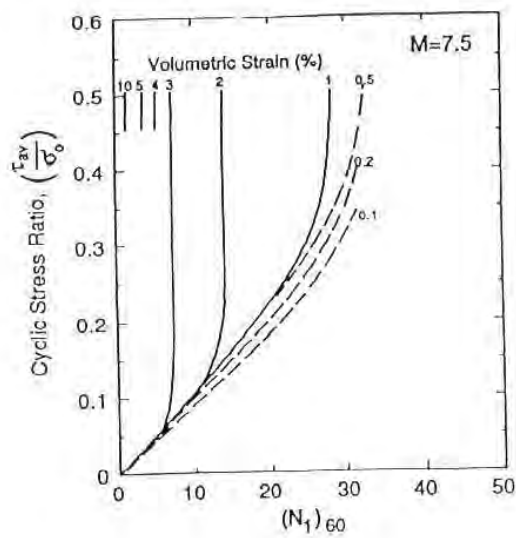
Σχ.2.7.8.γ. Φωτογραφία περιοχής όπου παρατηρήθηκε ρευστοποίηση (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)



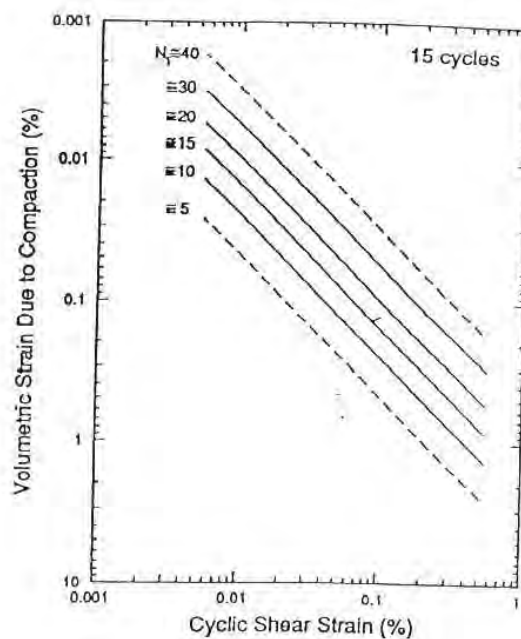
Σχ.2.7.8.δ. Ταχύτητες διατμητικών κυμάτων από δοκιμές CPT (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)



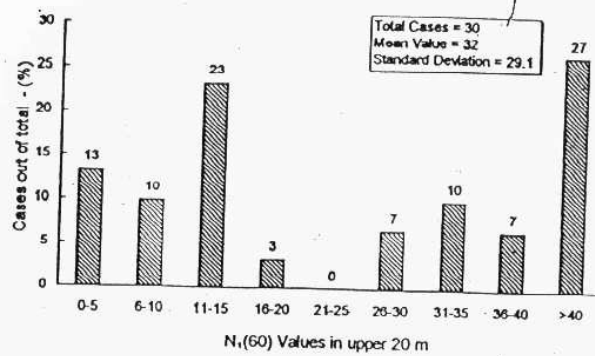
Σχ.2.7.8.ε. Αποτελέσματα δοκιμών CPT και προβλεπόμενες ογκομετρικές παραμορφώσεις από την περιοχή Rory Lane (Ali Abdel-Haq και Roman D. Hryciw, 1998)



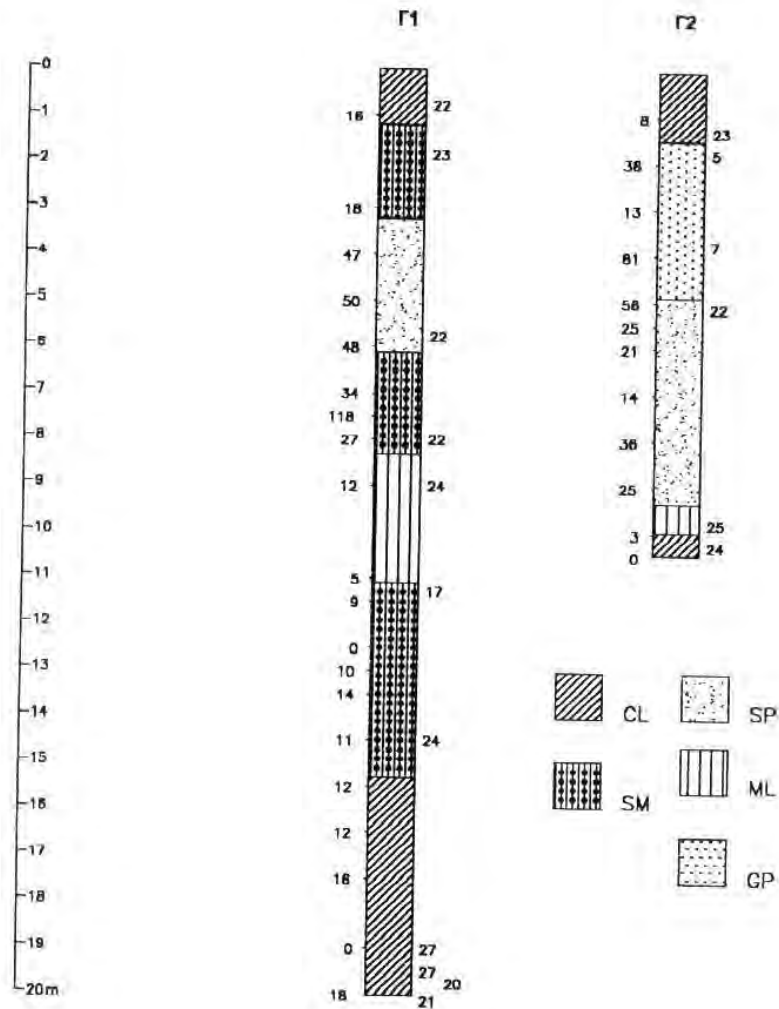
Σχ.2.7.8.ζ. Ογκομετρικές παραμορφώσεις λόγω ρευστοποίησης (Tokimatsu and Seed, 1987)



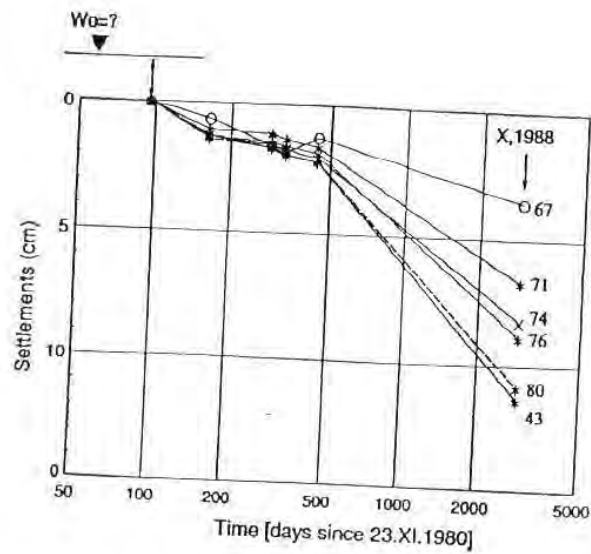
Σχ.2.7.8.η. Προσδιορισμός των ογκομετρικών παραμορφώσεων από δοκιμές διάτμησης και τιμές $(N_1)_{60}$ (Tokimatsu and Seed, 1987)



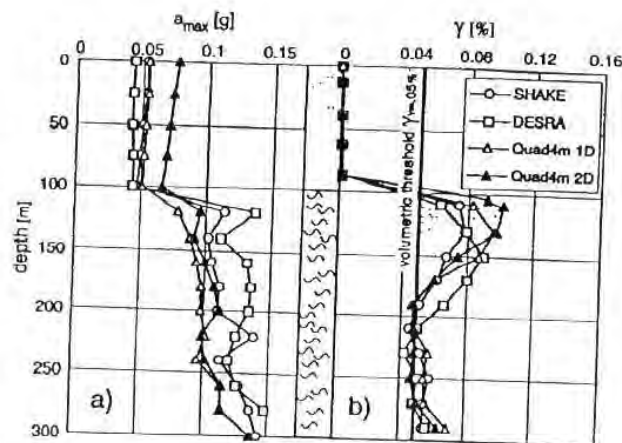
Σχ.2.7.9.α. Τιμές SPT στη θέση του ξενοδοχείου που κατέρρευσε στο Βραχάτι στο σεισμό των Αλκυονίδων (Stamatoropoulos A., Stamatoropoulos C., 2001)



Σχ.2.7.9.β. Τιμές SPT με το βάθος και εδαφικό προφίλ στην περιοχή του ξενοδοχείου (Κοτζιάς – Σταματόπουλος, 1969)



Σχ.2.7.10.α. Μέτρηση των καθιζήσεων στην πόλη Bisaccia μετά το σεισμό Irpinia (Silvestri, 1993)



Σχ.2.7.10.β. Υπολογισμός των μέγιστων επιταχύνσεων και της διατμητικής παραμόρφωσης (Olivares et al., 2001)

2.8. Θεμελιώσεις

2.8.1. Πολυκατοικία στο Βραχάτι, Πελοπόννησος - Ο σεισμός των Αλκυονίδων (Ελλάδα, 1981)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.7.9.

Απόσταση από το επίκεντρο: 20 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.15 \text{ g}$

Υπολογισθείσα εδαφική μετακίνηση: Καθίζηση της τάξης των 0.3-0.5m

Εδαφικές συνθήκες και επιτόπου δοκιμές: Περιγράφονται στην ενότητα 2.7.9. Το σχήμα 2.7.9.β. δίνει τις τιμές του SPT με το βάθος ενώ στο σχήμα 2.8.1.α. φαίνονται οι θέσεις των γεωτρήσεων.

Περιγραφή του κτιρίου:

Πενταόροφο ξενοδοχείο στο Βραχάτι, σε απόσταση 75m από την ακτή, χωρίς υπόγειο, θεμελιωμένο σε πέδιλα.

Περιγραφή της αστοχίας:

Ολική κατάρρευση τμήματος του κτιρίου

Επιτόπου δοκιμές:

Από το σύνολο των περιπτώσεων που μελετήθηκαν, το 13% είχε τιμές $N_1(60)$ από 0 έως 5, το 10% από 6 έως 10, το 23% από 11 έως 15, το 3% από 16 έως 20, το 7% από 26 έως 30, το 10% από 31 έως 35, το 7% από 36 έως 40, και το 27% πάνω από 40.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 61

Σχήματα: 2.7.9.α., 2.8.1.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C., Anerousis S.: "Geotechnical Factors in Recent Earthquake-Induced Structural Failures in Greece" *Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri-Rolla, Missouri 2001*

2.8.2. Ξενοδοχείο στα Βαλιρίτικα, Πελοπόννησος - Ο σεισμός του Αιγίου (Ελλάδα, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.18.

Απόσταση από το επίκεντρο: 15 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Υπολογισθείσα εδαφική μετακίνηση: Καθίζηση της τάξης των 0.36m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.15 \text{ g}$

Εδαφικές συνθήκες: Στο Σχ.2.8.2.γ. φαίνεται το εδαφικό προφίλ της περιοχής. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρισκόταν 1.5m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Επιτόπου δοκιμές:

Στο σχήμα 2.8.2.β. φαίνονται οι θέσεις των γεωτρήσεων και στο Σχ.2.8.2.γ. φαίνεται η μεταβολή στις τιμές του N_{SPT} με το βάθος.

Το 1% των περιπτώσεων έδωσε τιμές $N1(60)$ 0 έως 5, το 3% από 6 έως 10, το 4% από 11 έως 15, το 12% από 16 έως 20, το 16% από 21 έως 25, το 11% από 26 έως 30, το 12% από 31 έως 35, το 10% από 36 έως 40, και το 30% πάνω από 40.

Περιγραφή του κτιρίου:

Πενταόροφο ξενοδοχείο στα Βαλιμίτικα, 20m από την ακτή. Το κτίριο ήταν θεμελιωμένο σε αβαθή πέδιλα, και δεν είχε υπόγειο.

Περιγραφή της αστοχίας:

Ολική κατάρρευση τμήματος του κτιρίου.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 49

Σχήματα: 2.8.2.α.- 2.8.2.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C., Anerousis S.: "Geotechnical Factors in Recent Earthquake-Induced Structural Failures in Greece", *Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri-Rolla, Missouri, 2001*
2. ΚΕΔΕ, Γεωτεχνική έρευνα στο ξενοδοχείο "Ελίκη", Βαλιμίτικα, Αίγιο, Απρίλιος 1996.

2.8.3. Πολυκατοικία στο Αίγιο, Πελοπόννησος, Ελλάδα - Ο σεισμός του Αιγίου (Ελλάδα, 1995)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.18.

Απόσταση από το επίκεντρο:

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.51 \text{ g}$ (σε απόσταση 150 m από το σημείο της κατάρρευσης.)

Εδαφικές συνθήκες: Το εδαφικό προφίλ της περιοχής φαίνεται στο σχήμα 2.8.3.β.

Περιγραφή της αστοχίας:

Κατάρρευση πολυκατοικίας στην πόλη του Αιγίου, στη θέση "Ψηλά Αλώνια", 10 m από το άκρο γκρεμού με κλίση περίπου 45% προς τη θάλασσα. Στη διεύθυνση Α-Δ υπάρχει έντονη κλίση εδάφους που μεταβάλλεται από περίπου 15% σε 0%. Η διαχωριστική γραμμή του τμήματος της πολυκατοικίας που κατέρρευσε με εκείνο που στέκεται, συμπίπτει με την αρχή του επιπέδου τμήματος του εδάφους. Η ιδιαιτερότητα της θέσης της πολυκατοικίας πιθανώς να ενίσχυσε και να διαφοροποίησε τις εδαφικές επιταχύνσεις που ακήθηκαν στη θεμελίωση, των οποίων το μέγεθος υποδηλώνει τη σφοδρότητα της κίνησης σε αυτή την περιοχή. Στην γενικότερη περιοχή της πολυκατοικίας περίπου όλα τα κτίρια έχουν υποστεί σοβαρές ζημιές.

Επιτόπου δοκιμές:

Στο σχήμα 2.8.3.γ. φαίνεται η μεταβολή της V_s με το βάθος.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 70

Σχήματα: 2.8.3.α.-2.8.3.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos C.: "Παρατηρήσεις για το σεισμό στο Αίγιο", περιοδικό του ΤΕΕ, Δευτέρα, 2 Οκτωβρίου 1995, τεύχος 1878.
2. G.D.Bouckovalas, G.Gazetas & A.G.Papadimitriou.: "Geotechnical aspects of the 1995 Aegion, Greece, earthquake", Earthquake Geotechnical Engineering, Seco e Pinto, 1999 Balkema, Rotterdam.

2.8.4. Το πολυόροφο εργοστάσιο της "Ρικομέξ" στην Αθήνα - Ο σεισμός της Πάρνηθας (Ελλάδα, 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.7.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: 5 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: $a_m = 0.60 \text{ g}$

Υπολογισθείσα μετακίνηση: Σεισμική μετακίνηση της τάξης των 10 έως 20 cm.

Εδαφικές συνθήκες: Κατά κύριο λόγο αργιλικά και ιλυώδη εδάφη. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρισκόταν 1.5m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Περιγραφή του κτιρίου:

Πολυόροφο εργοστάσιο.

Περιγραφή της αστοχίας:

Κατάρρευση του πολυόρφου εργοστασίου της 'Ρικομέξ'. Το εργοστάσιο ήταν χτισμένο στην άκρη ενός απότομου πρανούς.

Ερμηνεία της αστοχίας:

Η σεισμική εδαφική μετακίνηση του εδάφους προκάλεσε αστοχία της θεμελίωσης σε μεμονωμένα πέλδρα του κτιρίου δίπλα στο πρανές.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 62

Σχήματα: 2.8.4.α. , 2.8.4.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Stamatopoulos A., Stamatopoulos C., Anerousis S.: "Geotechnical Factors in Recent Earthquake-Induced Structural Failures in Greece", *Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri-Rolla, Missouri 2001*

2.8.5. Βλάβες των Πασσάλων Θεμελίωσης του κτιρίου ΝΗΚ λόγω πλευρικής εξάπλωσης - Ο σεισμός της Niigata (Ιαπωνία 1964)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5.

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις του εδάφους: ≈ 2 m (βλ. Σχ. 2.8.5.α.)

Στο Σχ. 2.8.5.α. φαίνονται οι μόνιμες μετακινήσεις του εδάφους κοντά στο κτίριο.

Εδαφικές συνθήκες: (βλ. Σχ. 2.8.5.β.)

Το υπέδαφος στην περιοχή του κτιρίου αποτελείται από ένα χαλαρό αμμόδες στρώμα με τιμές SPT από 5 έως 10 μέχρι ένα βάθος 10 m (βλ. Σχ. 2.8.5.β.). Έχει υποτεθεί ότι το έδαφος σε αυτό το βάθος ρευστοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σεισμού.

Περιγραφή του κτιρίου:

Το τετραόροφο κτίριο ΝΗΚ ενισχύθηκε με πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα, 35 cm σε διάμετρο και 11 έως 12 m σε μήκος.

Εκτιμώμενη παραμόρφωση των πασσάλων: 1-1.2 m (βλ. Σχ. 2.8.5.β.)

Στο Σχ. 2.8.5.α. φαίνεται το σχέδιο κατάρρευσης των πασσάλων θεμελίωσης του κτιρίου. Οι πάσσαλοι αστόχησαν σε δύο θέσεις, 2.5 έως 3.5 m από την κορυφή τους και 2 έως 3 m από τη βάση τους. 74 από το σύνολο των 204 πασσάλων παρουσίασαν βλάβες κατά το σχέδιο που φαίνεται στο Σχ. 2.8.5.β.

Περιγραφή της αστοχίας:

Το κτίριο δεν κατέρρευσε κατά τη διάρκεια της δόνησης και η βλάβη στους πασσάλους ανακαλύφθηκε 20 χρόνια μετά το σεισμό στην εκσκαφή για ανακατασκευή των θεμελίων. Μετά τη δόνηση του 1964, το κτίριο παρουσίασε κάποιες βλάβες αλλά δεν υπήρχε υποψία για κατάρρευση της θεμελίωσης. Τα κατώτερα σημεία των πασσάλων που παρουσίασαν βλάβη (2-3 m από τη βάση τους) γενικά συμπίπτουν με το όριο μεταξύ του στρώματος που εκτιμάται ότι έχει ρευστοποιηθεί και του κατώτερου μή-ρευστοποιημένου στρώματος γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι οριζόντιες μόνιμες μετακινήσεις του ρευστοποιημένου εδάφους προκάλεσαν την αστοχία των πασσάλων

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 50

Σχήματα: 2.8.5.α., 2.8.5.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., : " Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines : 1964 Niigata Earthquake", 1992, Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, State University of Buffalo, Vol1

2.8.6. Συμπεριφορά του κτιρίου Hokuriku υπό Πλευρική Εξάπλωση - Ο σεισμός της Niigata (Ιαπωνία 1964)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5.

Εκτιμώμενες πλευρικές μετακινήσεις του εδάφους:

Από το σχήμα 2.8.5.α. προκύπτει ότι οι μετακινήσεις του εδάφους ήταν παρόμοιες με αυτές που παρατηρήθηκαν κοντά στο κτίριο NHK, δηλαδή, περίπου 2m.

Εκτιμώμενη παραμόρφωση των πασσάλων: Καμμία

Απόσταση από το επίκεντρο: ≈ 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση: 0.25g

Εδαφικές συνθήκες: υποθετικά παρόμοιες με αυτές του κτιρίου NHK

Περιγραφή του κτιρίου:

Το δεκαόροφο κτίριο Hokuriku βρίσκεται κοντά στο κτίριο NHK και ήταν και αυτό θεμελιωμένο πάνω σε πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα, 40 cm σε διάμετρο και 12 m σε μήκος.

Περιγραφή της αστοχίας:

Καμμία βλάβη κτιρίου και καμμία κλίση δεν αναφέρθηκε μετά το σεισμό.

Ερμηνεία βλαβών:

Οι πιθανότεροι λόγοι για την απουσία βλαβών σε αυτό το κτίριο παρά την βλάβη στου πασσάλους του γειτονικού κτιρίου NHK, είναι οι ακόλουθοι:

- Το κτίριο έχει ένα μονόροφο υπόγειο, που φτάνει τα 6-7 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (βλ. Σχ. 2.8.6.α.).
- Οι πάσσαλοι θεμελίωσης έφτασαν από το επίπεδο του υπογείου σε ένα βάθος περίπου 12 m μέσα στο μή-ρευστοποιημένο στρώμα. Η διάταξη των πασσάλων φαίνεται στο Σχ. 2.8.6.α. Ο συνολικός αριθμός των πασσάλων θεμελίωσης στο δεκαόροφο κτίριο Hokuriku υπερβαίνει κατά πολύ το συνολικό αριθμό των πασσάλων θεμελίωσης στο τετραόροφο κτίριο NHK. Ο μεγάλος αριθμός των πασσάλων έχει πιθανότατα μία σημαντική επίδραση στην συμπίκνωση-συνίζηση του εδάφους.
- Κατά τη διάρκεια της εκσκαφής του υπογείου, κατασκευάστηκαν τοίχοι εγκιβωτισμένοι στο έδαφος (**in-ground walls**) με χαλύβδινες πασσαλοσανίδες και (**cast-in-place**) πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα κατά μήκος της περιμέτρου της εκσκαφής. Μετά την αποπεράτωση του κτιρίου, οι χαλύβδινες πασσαλοσανίδες αφαιρέθηκαν αλλά οι **cast-in-place** πάσσαλοι παρέμειναν.

Παρατήρηση:

Μετά από παρατήρηση της παραμόρφωσης του εδάφους γύρω από το κτίριο, προκύπτει ότι στη βόρεια πλευρά του κτιρίου, το έδαφος κινήθηκε νοτιοανατολικά και προς το κτίριο, παρ'όλα'αυτά, οι μετακινήσεις του εδάφους στη νότια πλευρά του κτιρίου ήταν πολύ μικρότερες. Επομένως, η ύπαρξη του υπογείου και των εγκιβωτισμένοι στο έδαφος τοίχων (**in-ground walls**) καθώς επίσης και του μεγάλου αριθμού των πασσάλων θεμελίωσης, εμπόδισαν τη ροή του ρευστοποιημένου εδάφους.

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 51

Σχήματα: 2.8.5.α., 2.8.6.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., : " *Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines : 1964 Niigata Earthquake*", Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, State University of Buffalo, Vol1

2.8.7. Αστοχίες κτιρίων στη πόλη Ανταπαζάρι στην Τουρκία - Ο σεισμός του Kocaeli (Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: 50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθίζηση της τάξης του 1.5m

Εδαφικές συνθήκες: Παρατηρήθηκε ένας αριθμός εναλλασσόμενων στρωμάτων από αμμώδη ιλύ και ιλυώδη άργιλο μέχρι το βάθος των 14m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρισκόταν 1m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Στρώματα αμμώδους ιλύος σε βάθος 2 έως 4m, συνολικού πάχους 1m, ρευστοποιήθηκαν. Αρκετά ιλυώδη στρώματα ακόμα, σε μεγαλύτερα βάθη, ήταν επίσης στο όριο της ρευστοποίησης. Καθώς το συνολικό τους πάχος δεν ήταν πάνω από 3 έως 5 m, και η ακαμψία τους ήταν αρκετά καλή, η ρευστοποίηση σε αυτά τα στρώματα δεν θα είχε σημαντική επίδραση στην επιφάνεια, παρά μόνο ίσως μια μικρή επίδραση στην ευστάθεια των θεμελιώσεων.

Επιτόπου δοκιμές:

Οι τιμές N που προκύπτουν από την δοκιμή SPT, είναι μικρότερες από 10 για τα ιλυώδη στρώματα μέχρι τα 7 m. Το Σχ.2.8.7.β. δίνει τις τιμές του SPT και του CPT με το βάθος.

Περιγραφή των κτιρίων:

Μελετήθηκαν δύο γειτονικά κτίρια που ανατράπηκαν σε αντίθετες κατευθύνσεις και ένα τρίτο κοντά σε αυτά που εμφάνισε μόνο μια μικρή καθίζηση. Και τα τρία κτίρια θεμελιώθηκαν σε γενική κοιτόστρωση, σε βάθος 1m, μόλις πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα, αλλά διέφεραν σημαντικά ως προς το πλάτος της θεμελίωσής τους και το συνολικό τους ύψος.

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκαν εκτεταμένες αστοχίες των θεμελίων σε μία περιοχή που καλύπτει αρκετά οικοδομικά τετράγωνα κοντά στο κέντρο της πόλης. Οι αστοχίες αυτές οδήγησαν σε καθιζήσεις, κλίσεις και πλήρεις ανατροπές κτιρίων, τα οποία όμως, κράτησαν την δομική τους ακεραιότητα. Σημαντικές και μόνιμες κλίσεις και ανατροπές παρατηρήθηκαν μόνο σε σχετικά εύκαμπτα και πλευρικά ελεύθερα κτίρια, ενώ συνεχόμενα κτίρια μεγάλου πλάτους εμφάνισαν πολύ μικρές (και συνήθως μόνο κατακόρυφες) μετακινήσεις.

Σημαντικό ρόλο έπαιξε ο λόγος του ύψους των κτιρίων προς το πλάτος της θεμελίωσής τους, H/B, ο οποίος κυμαινόταν από 1.1 (κτίριο Yagcioglu) έως 2.3 (κτίριο Teverler).

Παρατηρήθηκε, γενικά, ότι κτίρια με λόγο H/B<1 δεν εμφάνισαν ορατή ανατροπή, ακόμα και αυτά που ήταν ελεύθερα πλευρικά. Ενώ κτίρια με H/B≈1.5 εμφάνισαν κλίση της τάξης των 5 βαθμών, και κτίρια που ήταν ελεύθερα πλευρικά, με H/B>2, ανατράπηκαν.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 63

Σχήματα: 2.6.6.α., 2.8.7.α., 2.8.7.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. George Gazetas: "Overturning and Settlement in Adapazari during the Kocaeli 1999 Earthquake", προσωπική ενημέρωση

2.8.8. Αστοχίες κτιρίων στην πόλη Dagupan, Φιλιππίνες - Ο σεισμός του Luzon Island (Φιλιππίνες 1990)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.7.7.

Απόσταση από το επίκεντρο : 150 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Περιγραφή της αστοχίας:

Εκατοντάδες πενταόροφα και επτάόροφα κτίρια υπέστησαν κλίση και βυθίστηκαν στο ρευστοποιηθέν έδαφος.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 64

Σχήματα: 2.8.8.α. - 2.8.8.ε.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suzuki N., Tazoh T.: "Liquefaction- Induced Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines During the 1990 Luzon, Philippines Earthquake" Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, State University of Buffalo, Vol1

2.8.9. Ο Λευκός Πύργος στον σεισμό της Θεσσαλονίκης την 25η Μαΐου 1978 (Ελλάδα)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 25 Μαΐου 1978

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 5,8

Εστιακό βάθος : 10 km

Απόσταση από το επίκεντρο: -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθιζήσεις δεν παρατηρήθηκαν

Εδαφικές συνθήκες: Βλ. Σχ. 2.8.9.α.

Ένα στρώμα ιλυώδους άμμου εκτείνεται από τα 6 έως τα 12 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Περιγραφή της κατασκευής:

Ο Λευκός Πύργος είναι μια κυλινδρική κατασκευή διαμέτρου 15 m και ύψους 32 m. Ο εξωτερικός του τοίχος πάχους 2.5 m αποτελείται από πέτρα με συνδετικό υλικό. Προφανώς, πρόκειται για μία πολύ 'δυνατή' κατασκευή που έχει αντέξει στο παρελθόν πολλούς σεισμούς.

Επιτόπου δοκιμές: (Σχ. 2.8.9.α.). Ελάχιστη τιμή SPT: 7

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 71

Σχήματα: Σχ. 2.8.9.α., Σχ. 2.8.9.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Gazetas G., "Local Soil Effects and Liquefaction in the 1978 Thessaloniki Earthquakes", *International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri, Rolla, Vol III, PP 1205-1213*

2.8.10. Ο Λευκός Πύργος στον σεισμό της Θεσσαλονίκης την 20η Ιουνίου 1978 (Ελλάδα)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 20 Ιουνίου 1978

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 6,5

Εστιακό βάθος : 22 km

Απόσταση από το επίκεντρο: -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθιζήσεις δεν παρατηρήθηκαν

Εδαφικές συνθήκες: Βλέπε παράγραφο 2.8.9.

Περιγραφή της κατασκευής:

Βλέπε παράγραφο 2.8.9.

Επιτόπου δοκιμές: Βλέπε παράγραφο 2.8.9.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 72

Σχήματα: Σχ. 2.8.9.α., Σχ. 2.8.9.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Gazetas G., "Local Soil Effects and Liquefaction in the 1978 Thessaloniki Earthquakes", *International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, University of Missouri, Rolla, Vol III, PP 1205-1213*

2.8.11. Ο Λευκός Πύργος στον σεισμό της Θεσσαλονίκης την 4η Ιουλίου 1978 (Ελλάδα)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 4 Ιουλίου 1978

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 5

Εστιακό βάθος : -

Απόσταση από το επίκεντρο: -

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: Καθιζήσεις δεν παρατηρήθηκαν

Εδαφικές συνθήκες: Βλέπε παράγραφο 2.8.9.

Περιγραφή της κατασκευής:

Βλέπε παράγραφο 2.8.9.

Εξήγηση:

Σύμφωνα με μελέτες, είναι πολύ πιθανόν να προκλήθηκε ρευστοποίηση του εδάφους κάτω από τον Πύργο κατά τη διάρκεια των σεισμών, γεγονός που θα οδηγούσε τουλάχιστον σε κάποιες

καθιζήσεις. Παρ'ολ'αυτά, καθιζήσεις δεν παρατηρήθηκαν. Αυτό μπορεί ίσως να εξηγηθεί με βάση τη θεωρία του Φαρδής (1979) σύμφωνα με την οποία η ανακατανομή της υπερπίεσης των πόρων, επηρεάζει την διακύμανση της ακαμψίας του εδάφους κατά τέτοιο τρόπο που τα εδαφικά στρώματα είτε ρευστοποιούνται πλήρως είτε δεν ρευστοποιούνται καθόλου.

Επιτόπου δοκιμές: Τιμές SPT: 7

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 73

Σχήματα: Σχ. 2.8.9.α., Σχ. 2.8.9.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Gazetas G., "Local Soil Effects and Liquefaction in the 1978 Thessaloniki Earthquakes", *International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, Vol III, PP 1205-1213, University of Missouri, Rolla, Vol III, PP 1205-1213*

2.8.12. Ζημιές σε κατοικημένες περιοχές στον σεισμό του Hokkaido-toho-oki (Ιαπωνία)

Σεισμός:

Ημερομηνία : 4 Οκτωβρίου, 1994 Ωρα : 22:23

Μέγεθος (επιφανειακά κύματα) : 8.1

Εστιακό βάθος : 30 km

Απόσταση από το επίκεντρο: 260 km

Απόσταση από επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.38 g - 0.48 g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: βλ. Σχ. 2.8.12.α.≈ 50 cm

Περιγραφή της αστοχίας:

Προκλήθηκαν αστοχίες πρανών από ρευστοποίηση, με πρόκληση ζημιών σε κατασκευές.

Τα επιχώματα είχαν κατασκευαστεί στη δεκαετία του 80' με αφαίρεση εδάφους από φυσικά πρανά και επίχωση βαλτωδών περιοχών κάτω από το πόδι των πρανών αυτών. Η αστοχία πρανών συνέβη μόνο σε περιοχές όπου είχαν κατασκευαστεί επιχώματα. Η ίδια περιοχή είχε πληγεί στον σεισμό του Kushiro-oki το 1993 με αποτέλεσμα αστοχίες πρανών και καταρρεύσεις σπιτιών.

Μετά το σεισμό του 1993, η πληγείσα περιοχή αποκαταστάθηκε χωρίς ιδιαίτερη μέριμνα (συμπύκνωση με οδοστρωτήρα).

Το Σχ. 2.8.12.α. δείχνει την αστοχία πρανών και την προκληθείσα ζημιά σε σπίτια (σύγκριση με το Σχ. 2.8.12.β. που δείχνει παρόμοια αστοχία στην ίδια τοποθεσία στην αντίστοιχη περίπτωση του σεισμού του Kushiro-oki το 1993).

Ρευστοποίηση: Όχι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 65

Σχήματα: 2.8.12.α., 2.8.12.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Wakamatsu K., Yoshida N., Suetomi I.: "Geotechnical aspect of the Hokkaido-toho-oki earthquake of October 4, 1994", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering VII*, 1995, pp 543 554

2.8.13. Κτίρια που έλαβαν μεγάλη κλίση στο σεισμό της Niigata (Ιαπωνία 1964)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.5.5

Απόσταση από το επίκεντρο: 50 km

Απόσταση από επιφανειακή προβολή του ρήγματος: -

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.25g

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: $\approx 1.5\text{m}$

Γεωτεχνικές συνθήκες: -

Περιγραφή της αστοχίας:

Προκλήθηκε αστοχία σε φέρουσα ικανότητα λόγω ρευστοποίησης και εδαφική καθίζηση λόγω του σεισμού. Πολλά κτίρια ανατράπηκαν.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 90

Σχήματα: 2.8.13.α., 2.8.13.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Hamada M., : " *Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines : 1964 Niigata Earthquake*", Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquakes, State University of Buffalo, Vol1
2. Steven L. Kramer, 1996, "Geotechnical Earthquake Engineering", Prentice Hall, New Jersey

2.8.14. Θέση Sapanca, ξενοδοχείο Sapanca - ο σεισμός του Kocaeli (Adapazari, Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: <50 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: (βλ. Σχ.2.8.14.α.)

Στο σχήμα 2.8.14.α. φαίνεται το ξενοδοχείο Sapanca με καθίζηση 0,2-0,5 m. Επίσης φαίνονται ρωγμές του εδάφους και πλευρική μετακίνηση κτιρίου της τάξης των 0,4m. Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνονται περιπτώσεις διαφορικής καθίζησης στο ξενοδοχείο και ρωγμών στον περιμετρικό τοίχο του ξενοδοχείου λόγω καθίζησης και πλευρικής εξάπλωσης, της τάξης των 20 cm .

Επιτόπου δοκιμές:

Βλέπε Σχ.2.8.14.δ.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 75

Σχήματα: 2.8.14.α.-2.8.14.δ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. <http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>

2.8.15. Κτίριο Α στο Kobe στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 21km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:--

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εδαφικές συνθήκες: βλ. Σχ. 2.8.15.β.

Περιγράφονται και στην παράγραφο 2.5.3.

Περιγραφή της αστοχίας:

Το κτίριο Α δεν παρουσίασε κλίση κατά τη διάρκεια του σεισμού, παρά το γεγονός ότι εμφανίστηκαν ρωγμές σε πασσάλους, σε δύο βάθη κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, και συγκεκριμένα στο μέσο και στη βάση του ρευστοποιημένου στρώματος.

Καμμία βλάβη δεν παρατηρήθηκε στην ανωδομή του κτιρίου.

Περιγραφή του κτιρίου:

Το κτίριο εδράζεται σε πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής διαμέτρου 500mm .

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 107

Σχήματα: 2.8.15.α., 2.8.15.β.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. MiyazakiM., Ishizaki S., Tokimatsu K.: "Effective Stress Analysis of Pile Foundations Showing Various Damage Patterns in Liquefied Deposits during 1995 Hyogoken-Nambu earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.16. Κτίριο Β στο Kobe στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο:

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:--

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εδαφικές συνθήκες: βλ. Σχ. 2.8.16.α.

Περιγράφονται και στην παράγραφο 2.5.3.

Περιγραφή του κτιρίου:

Το κτίριο εδράζεται σε πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής διαμέτρου 350 mm .

Εδαφική καθίζηση λόγω του σεισμού:

Το κτίριο Β παρουσίασε κλίση 1/68 εξαιτίας της διατμητικής αστοχίας κοντά στην κεφαλή των πασσάλων, και ρωγμές στη βάση του ρευστοποιημένου στρώματος. Καμμία βλάβη δεν παρατηρήθηκε στην ανωδομή του κτιρίου.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 108

Σχήματα: 2.8.15.α., 2.8.16.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Miyazaki M., Ishizaki S., Tokimatsu K.: "Effective Stress Analysis of Pile Foundations Showing Various Damage Patterns in Liquefied Deposits during 1995 Hyogoken-Nambu earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.17. Κτίριο C στο Kobe στο σεισμό Hyogoken – Nambu, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 21km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εδαφικές συνθήκες: βλ. Σχ. 2.8.17.α.

Περιγράφονται και στην παράγραφο 2.5.3.

Περιγραφή του κτιρίου:

Το κτίριο εδράζεται σε πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής διαμέτρου 450 mm.

Εδαφική καθίζηση λόγω του σεισμού:

Το κτίριο C παρουσίασε κλίση 1/30 εξαιτίας των μεγάλων ρωγμών σε βάθος 3m (κοντά στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα), και στη βάση του ρευστοποιημένου στρώματος. Καμμία βλάβη δεν παρατηρήθηκε στην ανωδομή του κτιρίου.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 109

Σχήματα: 2.8.15.α., 2.8.17.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Miyazaki M., Ishizaki S., Tokimatsu K.: "Effective Stress Analysis of Pile Foundations Showing Various Damage Patterns in Liquefied Deposits during 1995 Hyogoken-Nambu earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.18. Κτίριο D στο Kobe στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 21km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:—

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εδαφικές συνθήκες: βλ. Σχ. 2.8.18.α.

Περιγράφονται και στην παράγραφο 2.5.3

Περιγραφή του κτιρίου:

Το κτίριο εδράζεται σε πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και πασσάλους από οπλισμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 600 mm .

Εδαφική καθίζηση λόγω του σεισμού:

Το κτίριο D παρουσίασε κλίση 1/29 εξαιτίας των μεγάλων ρωγμών σε βάθος 3m (κοντά στη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα), και στη βάση του ρευστοποιημένου στρώματος. Καμμία βλάβη δεν παρατηρήθηκε στην ανωδομή του κτιρίου.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 110

Σχήματα: 2.8.15.α., 2.8.18.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Miyazaki M., Ishizaki S., Tokimatsu K.: "Effective Stress Analysis of Pile Foundations Showing Various Damage Patterns in Liquefied Deposits during 1995 Hyogoken-Nambu earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.19. Κτίριο E στο Kobe στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 21km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:—

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εδαφικές συνθήκες: βλ. Σχ. 2.8.19.α.

Περιγράφονται και στην παράγραφο 2.5.3

Περιγραφή του κτιρίου:

Το κτίριο εδράζεται σε πασσάλους από προεντεταμένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και πασσάλους από οπλισμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 500 mm .

Εδαφική καθίζηση λόγω του σεισμού:

Το κτίριο E δεν παρουσίασε καμμία βλάβη στην ανωδομή του ή στους πασσάλους θεμελίωσής του.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 111

Σχήματα: 2.8.15.α., 2.8.19.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Miyazaki M., Ishizaki S., Tokimatsu K.: "Effective Stress Analysis of Pile Foundations Showing Various Damage Patterns in Liquefied Deposits during 1995 Hyogoken-Nambu earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.20. Κτίριο F στο Kobe στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: --

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: --

Εδαφικές συνθήκες: βλ. Σχ. 2.8.20.α.

Περιγραφή του κτιρίου:

Το κτίριο εδράζεται σε πασσάλους από σκυρόδεμα που σκυροδετήθηκαν επί τόπου διαμέτρου 1500 mm, και τοίχους πάχους 600 mm.

Εδαφική καθίζηση λόγω του σεισμού:

Το κτίριο F δεν παρουσίασε καμία βλάβη στους πασσάλους θεμελίωσής του, αλλά στην ανωδομή του λόγω αδρανειακών δυνάμεων.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 112

Σχήματα: 2.8.15.α., 2.8.20.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Miyazaki M., Ishizaki S., Tokimatsu K.: "Effective Stress Analysis of Pile Foundations Showing Various Damage Patterns in Liquefied Deposits during 1995 Hyogoken-Nambu earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.21. Δεξαμενή 1, βόρεια από το Rokko Island, στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Kobe, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 25km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: -

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.33g

Εδαφικές συνθήκες: Στρώμα 15m χαλαρού, γρανίτη, προϊόντος αποσύνθεσης, κάτω από μαλακή ιλυώδη άργιλο. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται 3m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Περιγραφή της κατασκευής:

Πρόκειται για δεξαμενή διαμέτρου 30 m, που εδράζεται σε πασσάλους που εκτείνονται 12 m κάτω από το ρευστοποιήσιμο στρώμα.

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρά το γεγονός ότι το περιβάλλον έδαφος παρουσίασε ρευστοποίηση και καθίζηση της τάξης των 0,35-0,6m, η ίδια η δεξαμενή παρουσίασε μόνο μία μηδαμινή κλίση. Λόγω όμως της διαφορετικής καθίζησης μεταξύ της δεξαμενής και των γύρω κτιρίων, παρουσιάστηκε εκτεταμένη διαρροή.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 113

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Elizabeth A. Hausler, Nicholas Sitar: "Performance of soil improvement techniques in earthquakes". Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.22. Δεξαμενή 2, κοντά σε κρηπιδότοιχο, βόρεια από το Rokko Island, στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Kobe, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 25km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση της τάξης των 0,62 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.33g

Εδαφικές συνθήκες: Περιγράφονται στην παράγραφο 2.8.21.

Περιγραφή της κατασκευής:

Η κατασκευή είναι θεμελιωμένη επιφανειακά.

Περιγραφή της αστοχίας:

Η δεξαμενή παρουσίασε καθίζηση της τάξης των 0,62 m, και κλίση 1/80 προς τον κοντινό κρηπιδότοιχο

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 114

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Elizabeth A. Hausler, Nicholas Sitar: "Performance of soil improvement techniques in earthquakes". Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.23. Δεξαμενή 3, βόρεια από το Rokko Island, στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Kobe, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: 25km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: καθίζηση της τάξης των 0.44 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.33g

Εδαφικές συνθήκες: Περιγράφονται στην παράγραφο 2.8.21.

Περιγραφή της κατασκευής:

Η κατασκευή είναι θεμελιωμένη επιφανειακά

Περιγραφή της αστοχίας:

Η δεξαμενή παρουσίασε καθίζηση της τάξης των 0,44 m, και ασήμαντη κλίση

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 115

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Elizabeth A. Hausler, Nicholas Sitar: "Performance of soil improvement techniques in earthquakes". Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.24. Συγκρότημα κτιρίων στο Nishinomiya City, Hyogo Prefecture, στο σεισμό Hyogogen – Nambu, Kobe, Ιαπωνία, 1995

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.1.

Απόσταση από το επίκεντρο: --

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος: --

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: διαφορική καθίζηση της τάξης των 0.20 m

Εκτιμώμενη επιτάχυνση: 0.27-0.47g

Εδαφικές συνθήκες: Στρώμα άμμου πάχους 10 m με τιμές SPT μεταξύ 6 και 12 στις μή βελτιωμένες ζώνες του εδάφους, και 12 με 24 στις βελτιωμένες ζώνες του εδάφους.

Περιγραφή της κατασκευής:

Τα πενταόροφα κτίρια είναι επιφανειακά θεμελιωμένα σε έδαφος που έχει βελτιωθεί με πασσάλους. Η βελτίωση έγινε σε βάθος 4 έως 7 m.

Περιγραφή της αστοχίας:

Από τα 150 κτίρια του συγκροτήματος, 5 εμφάνισαν κλίση μεγαλύτερη από 1/100. Η μέγιστη διαφορική καθίζηση που μετρήθηκε ήταν της τάξης των 0,20 m.

Σημάδια ρευστοποίησης βρέθηκαν κατά μήκος δρόμων, σε μή βελτιωμένες περιοχές μεταξύ κτιρίων, και κυρίως κοντά στα κτίρια που παρουσίασαν κλίση.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 116

Σχήματα: -

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Elizabeth A. Hausler, Nicholas Sitar: "Performance of soil improvement techniques in earthquakes". Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.25. Εργοστάσιο αποτελούμενο από συγκρότημα κτιρίων στο Golcuk - ο σεισμός του Kocaeli (Τουρκία 1999)

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.6.6.

Απόσταση από το επίκεντρο: 1km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις: 1.60m κατακόρυφη μετακίνηση και 2 m οριζόντια μετακίνηση μαζί με πλευρική κίνηση. Οι μετακινήσεις αυτές για κάθε κατασκευή φαίνονται στο σχήμα 2.6.12.γ.

Εδαφικές συνθήκες: Νέες, αλλούβιες αποθέσεις με μεγέθη κόκκων που κυμαίνονται, χωρίς να υπάρχει σαφής διαστρωμάτωση. Ένα τυπικό εδαφικό προφίλ που αναφέρεται σε ένα τμήμα της περιοχής του συγκροτήματος, φαίνεται στο σχήμα 2.6.12.β.

Περιγραφή της κατασκευής:

Πρόκειται για κτίρια με στέγες από μεταλλικά δικτυώματα πάνω σε προκατασκευασμένα υποστυλώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, με ανοίγματα 16m κατά μήκος και 20m στην εγκάρσια διεύθυνση. Το αρχικό σχέδιο θεμελίωσης για τα διάφορα κτίρια του συγκροτήματος, αποτελούταν από πασσάλους από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, από πασσάλους που καλουπώθηκαν επί τόπου, και από χαλικοπασσάλους. Πάσσαλοι από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα διαμέτρου 600 mm, με ενεργό μήκος 10m, επιλέγησαν κυρίως για την υποστήριξη των πλακών των κτιρίων και την μεταφορά των φορτίων σε πυκνότερα στρώματα, ελέγχοντας έτσι τις καθιζήσεις και μειώνοντας το κίνδυνο ρευστοποίησης. Ο κάνναβος των πασσάλων από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και των χαλικοπασσάλων ήταν 2.5*2.5m και 2.0 *2.0m, αντίστοιχα.

Στα κτίρια του Body Shop και του Assembly Shop, κάτω από κάθε θεμέλιο, κατανεμήθηκαν πάσσαλοι από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα διαμέτρου 800 mm και ενεργού μήκους 10 έως 12 m με φέρουσα ικανότητα 400 έως 500KN. Το μίγμα που χρησιμοποιήθηκε για τους πασσάλους αυτούς είχε αναλογία τσιμέντου-νερού w/c=1.

Στα κτίρια του Paint Shop και του Press Shop, χρησιμοποιήθηκαν πάσσαλοι που καλουπώθηκαν επί τόπου, για τη μεταφορά των φορτίων μεμονωμένων στύλων ή ομάδων στύλων σε βαθύτερα και πυκνότερα στρώματα. Επιλέγησαν πάσσαλοι με διάμετροι 650 έως 800 mm και ενεργό μήκος 15 έως 18 m. Οι πάσσαλοι συνδέθηκαν μεταξύ τους με δοκούς. Οι πλάκες των κτιρίων είχαν πάχος 20 cm. Κατά το σεισμό η κατασκευή του κτιριακού συγκροτήματος δεν είχε ολοκληρωθεί.

Περιγραφή της αστοχίας:

Η θέση του συγκροτήματος ήταν περίπου 1km δυτικά από το επίκεντρο του σεισμού και εμφανίστηκε ρήγμα κατά μήκος του βόρειου άκρου της περιοχής. Κατά μήκος του ρήγματος παρατηρήθηκε κατακόρυφη μετακίνηση της τάξης των 1.60m και οριζόντια μετακίνηση της τάξης των 2m.

Παρατηρήθηκε γενική καθίζηση στη βόρεια πλευρά του ρήγματος και μια ζώνη δευτερεύουσας ρηγμάτωσης και παραμόρφωσης. Η ρηγμάτωση αυτή προκάλεσε παραμόρφωση του κτιρίου του Body Shop, μετακινώντας την νοτιοδυτική του άκρη κατά 45cm βόρεια. Αυτό προκάλεσε μείωση του μήκους του δυτικού τοίχου του κτιρίου. Επίσης, εμφανίστηκαν ρωγμές στο έδαφος έξω από το κτίριο του Body Shop, κατά μήκος του νότιου τοίχου και μία σταδιακή στροφή με το δυτικό τμήμα του τοίχου να κινείται προς το βορρά. Μία σειρά πασσάλων από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κατά μήκος της νότιας πλευράς του κτιρίου ανασκώθηκε, γεγονός που σημαίνει ότι υπήρξε καθίζηση του εδάφους γύρω από τους πασσάλους, ενώ δεν ισχυει το ίδιο και για τους πασσάλους της βόρειας πλευράς.

Υπήρχε επίσης και δομική βλάβη στο κτίριο του Body Shop, όπως δείχνει η κλίση των προκατασκευασμένων υποστυλωμάτων, η παραμόρφωση των μελών της μεταλλικής στέγης, και η ρηγμάτωση των πλακών.

Δευτερεύουσες ρωγμές παρατηρήθηκαν στις πλάκες του κτιρίου του Press Shop αλλά δεν αναφέρθηκε καμμία βλάβη στους διαφραγματικούς τοίχους. Η μέγιστη μετακίνηση που παρατηρήθηκε ήταν 6cm.

Οι τιμές που καταγράφηκαν για τις διαφορές καθιζήσεις και τη γωνιακή παραμόρφωση των γειτονικών στύλων των κτιρίων των Assembly και Paint Shop ήταν μέσα στα ανεκτά όρια.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 118

Σχήματα: 2.6.12.α., 2.6.12.β., 2.6.12.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. R. Duzceer, A. Gokalp, E. Savaskan: "The Performance of the deep Foundation System of a new Automobile Plant under Construction in Golcuk, Turkey, during the August 17, 1999 Kocaeli Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn, San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.26. Κατάρρευση πενταόροφων κτιρίων στο Neftegorsk, Ρωσσία 1995

Σεισμός:

Ημερομηνία : 28 Μαΐου 1995 Ώρα: 1:04

Μέγεθος: 7.3

μέγιστη επιτάχυνση: 0.8g

Απόσταση από το επίκεντρο: 100 km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εδαφικές συνθήκες: Στρώμα υγρής ιλυώδους άμμου πάνω σε στρώμα λεπτής, κορεσμένης άμμου. Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα κυμαίνεται από 1.5 έως 6 m.

Περιγραφή της κατασκευής:

Η αρχική μελέτη προέβλεπε ότι τα κτίρια θα είχαν υπόγεια, αλλά η έρευνα που διενεργήθηκε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού έδειξε ότι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα ήταν χαμηλότερη από 5-6m έτσι υιοθετήθηκε τελικά ο παραδοσιακός τρόπος κατασκευής: θεμελίωση σε

προκατασκευασμένες πεδιλοδοκούς από σπλισμένο σκυρόδεμα. Τα πρώτα κτίρια που κατασκευάστηκαν, ακολούθησαν αυστηρά τους κανονισμούς και είχαν υπόγεια αλλά όταν ο υδροφόρος ορίζοντας ανέβηκε, οι εργασίες σταμάτησαν και τα υπόλοιπα κτίρια θεμελιώθηκαν σε πεδιλοδοκούς.

Περιγραφή της αστοχίας:

Προκλήθηκε κατάρρευση 17 ομοιόμορφων πενταόροφων κτιρίων κατοικιών.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς σχεδιασμού των κατασκευών χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά για αμώδη εδάφη σε βάθος 2 m: $c=4\text{kPa}$,

$$\phi=30-37^\circ,$$

$$F=18.5\text{Mpa}$$

Η μικρότερη τιμή της γωνίας εσωτερικής τριβής αντιστοιχεί σε ιλυώδη άμμο μέτριας πυκνότητας και η αντίστοιχη τιμή του q_c είναι $=3\text{ Mpa}$, αγνοώντας την παρουσία του νερού.

Η μέγιστη τιμή της γωνίας εσωτερικής τριβής αντιστοιχεί σε πυκνή άμμο (και όχι σε λεπτή ιλυώδη άμμο) και η αντίστοιχη τιμή του q_c είναι η υψηλή τιμή $q_c = 15\text{ Mpa}$. Αυτό σημαίνει ότι με τη διακύμανση της γωνίας εσωτερικής τριβής από 30 σε 37° , η τιμή της q_c κυμαίνεται από 3 έως 15 Mpa .

Σε εδάφη αποτελούμενα από μη-κορεσμένη ιλυώδη άμμο, με την εποχιακή αύξηση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, συμβαίνουν τα εξής: Κορεσμός της άμμου, αύξηση της υγρασίας της και μείωση της αντοχής της, παράγοντας που αμελήθηκε από τους μελετητές.

Ένας δεύτερος παράγοντας που αμελήθηκε ήταν μία γρήγορη δυναμική αύξηση της πίεσης στην άμμο κάτω από τη θεμελίωση, που ξεπέρασε την τιμή σχεδιασμού και που οφειλόταν στο ότι η επιτάχυνση έφτασε την τιμή $0.8g$.

Ο συνδυασμός των παραγόντων αυτών πιθανολογείται ότι προκάλεσε καθίζηση κάτω από τη θεμελίωση και ήταν αυτό που συνέτεινε στην αστοχία.

Το παραπάνω αποδεικνύεται και από τις εξής παρατηρήσεις:

-Παρατηρήθηκαν παρόμοιες και καθολικές καταρρεύσεις πενταόροφων, μόνο, κτιρίων. Χαμηλότερα κτίρια δεν παρουσίασαν βλάβες λόγω της μειωμένης πίεσης στο έδαφος κάτω από τη θεμελίωσή τους.

-Η κατάρρευση όλων των κτιρίων έγινε με τον ίδιο τρόπο σαν αποτέλεσμα της καθίζησης της θεμελίωσης του μεσαίου τοίχου.

-Παρατηρήθηκαν κώνοι αναδυσόμενης άμμου και πλευρική εξάπλωση του εδάφους έξω από το Neftegorsk, κοντά στο επίκεντρο του σεισμού.

-Μετά το σεισμό βρέθηκαν αμώδη εδάφη σε κατάσταση ρευστοποίησης σε γεώτρηση κοντά σε κτίριο που υπέστη βλάβες.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 120

Σχήματα: 2.8.26.α., 2.8.26.β., 2.8.26.γ

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Mark A. Klyachko: "Geotechnical Lessons Learnt from Neftegorsk Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.27. Βλάβες στην περιοχή Wufeng στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο (Σχ. 2.8.27.α., Site WF4): 0.25km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενες επιταχύνσεις: 0.41g

Εδαφικές συνθήκες: Στρώμα ιλυώδους άμμου μέχρι το βάθος των 5.7 m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 1.55 m

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε καθίζηση της τάξης των 10cm και κλίση σε πολλές κατοικίες, λόγω ρευστοποίησης. (βλ. Σχ. 2.8.27.γ.)

Επιτόπου δοκιμές:

Στο σχήμα 2.8.27.β. φαίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών CPT. Από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το βάθος των 3.5 m η μέση τιμή του q_c μετρήθηκε ίση με 1.6 Mpa και κάτω από τα 4.3 m, ίση με 5.7Mpa

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 122

Σχήματα: 2.8.27.α., 2.8.27.β., 2.8.27.γ.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Der-Her Lee and Chih-Sheng Ku: "Soil Liquefaction and ground settlement in Chi-Chi, Taiwan, Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.28. Βλάβες στην περιοχή της γέφυρας Li-Mei στην πόλη Nantou στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο (Σχ. 2.8.26.α., Site NT1): 0.06km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενες επιταχύνσεις: 0.54g

Εδαφικές συνθήκες: Στρώμα χαλαρής άμμου μέχρι το βάθος των 4 m, που ακολουθείται από στρώμα χαλαρής έως μέτρια πυκνής άμμου μέχρι τα 10 m και στρώμα πυκνής άμμου μέχρι τα 11.3 m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 2.05 m

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε καθίζηση και κλίση σε πολλές κατοικίες, λόγω ρευστοποίησης.

Επιτόπου δοκιμές:

Η μέση τιμή του q_c μετρήθηκε ίση με 3.45 Mpa.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 123

Σχήματα: 2.8.27.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Der-Her Lee and Chih-Sheng Ku: "Soil Liquefaction and ground settlement in Chi-Chi, Taiwan, Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.29. Βλάβες στην περιοχή Dornan στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο (Σχ. 2.8.26.α., Site DN1): 0.3km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενες επιταχύνσεις: 0.23g

Εδαφικές συνθήκες: Στρώμα πολύ χαλαρής άμμου μέχρι το βάθος των 5 m, που ακολουθείται από στρώμα χαλαρής έως μέτρια πυκνής άμμου μέχρι τα 12 m και από συνεκτικό έδαφος με λεπτά στρώματα άμμου μέχρι τα 15 m. Το επόμενο στρώμα μεταξύ 15 και 18m αποτελείται από μία μέτρια ως πυκνή άμμο και ακολουθεί συνεκτικό έδαφος μέχρι τα 20 m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 1.5 m

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε καθίζηση και κλίση σε πολλές κατοικίες, λόγω ρευστοποίησης.

Επιτόπου δοκιμές:

Η μέση τιμή του q_c μετρήθηκε ίση με 1.52 Mpa.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 124

Σχήματα: 2.8.27.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Der-Her Lee and Chih-Sheng Ku: "Soil Liquefaction and ground settlement in Chi-Chi, Taiwan, Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.30. Βλάβες στην περιοχή Yuanlin στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο (Σχ. 2.8.26.α., Site YL2): 0.3km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενες επιταχύνσεις: 0.26g

Εδαφικές συνθήκες: Το ανώτερο στρώμα είναι στρώμα εδάφους πάχους 0.7m, που ακολουθείται από στρώμα χαλαρής άμμου μέχρι τα 8m. Ακολουθεί συνεκτικό έδαφος μέχρι τα 10.3m, μια μέτριας πυκνότητας άμμος μέχρι τα 17.6m, και συνεκτικό έδαφος μετά τα 17.6 m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 1.55 m από την επιφάνεια του εδάφους.

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε καθίζηση και κλίση σε πολλές κατοικίες, λόγω ρευστοποίησης.

Επιτόπου δοκιμές:

Η μέση τιμή του q_c μετρήθηκε ίση με 2.63 Mpa.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 125

Σχήματα: 2.8.27.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Der-Her Lee and Chih-Sheng Ku: "Soil Liquefaction and ground settlement in Chi-Chi, Taiwan, Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.31. Βλάβες στην περιοχή Lukang του παράκτιου βιομηχανικού πάρκου Changhwa στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο (Σχ. 2.8.26.α., Site LK3): 0.4km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενες επιταχύνσεις: 0.17g

Εδαφικές συνθήκες: Το ανώτερο στρώμα είναι στρώμα χαλαρής άμμου μέχρι τα 8.4m, που ακολουθείται από συνεκτικό έδαφος μέχρι τα 12m. Κάτω από αυτό υπάρχει χαλαρή έως μέτρια πυκνή άμμος μέχρι τα 15.1m, συνεκτικό έδαφος μέχρι τα 16.7m, και χαλαρή έως μέτρια πυκνή άμμος μέχρι τα 19.5 m. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 1.55 m

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε καθίζηση και κλίση σε πολλές κατοικίες, λόγω ρευστοποίησης.

Επιτόπου δοκιμές:

Η μέση τιμή του q_c μετρήθηκε ίση με 2.11 Mpa.

Ρευστοποίηση: Ναι

Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 126

Σχήματα: 2.8.27.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

1. Der-Her Lee and Chih-Sheng Ku: "Soil Liquefaction and ground settlement in Chi-Chi, Taiwan, Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001.

2.8.32. Βλάβες στην περιοχή Lunwei του παράκτιου βιομηχανικού πάρκου Changhwa στο σεισμό Chi-Chi, Taiwan 1999

Σεισμός:

Ο σεισμός περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.10.

Απόσταση από το επίκεντρο (Σχ. 2.8.26.α., Site LW1): 0.44km

Απόσταση από την επιφανειακή προβολή του ρήγματος:-

Εκτιμώμενες μετακινήσεις:

Εκτιμώμενες επιταχύνσεις: 0.17g

Εδαφικές συνθήκες: Το ανώτερο στρώμα είναι στρώμα χαλαρής έως μέτρια πυκνής άμμου μέχρι τα 3m, που ακολουθείται από πολύ χαλαρή άμμο μέχρι τα 7.6m, και από συνεκτικό έδαφος μέχρι τα 8.3m. Ακολουθεί μία χαλαρή έως μέτρια πυκνή άμμος. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος 2.05 m

Περιγραφή της αστοχίας:

Παρατηρήθηκε καθίζηση και κλίση σε πολλές κατοικίες, λόγω ρευστοποίησης.

Επιτόπου δοκιμές:

Η μέση τιμή του q_c μετρήθηκε ίση με 2.33 Mpa.

Ρευστοποίηση: Ναι

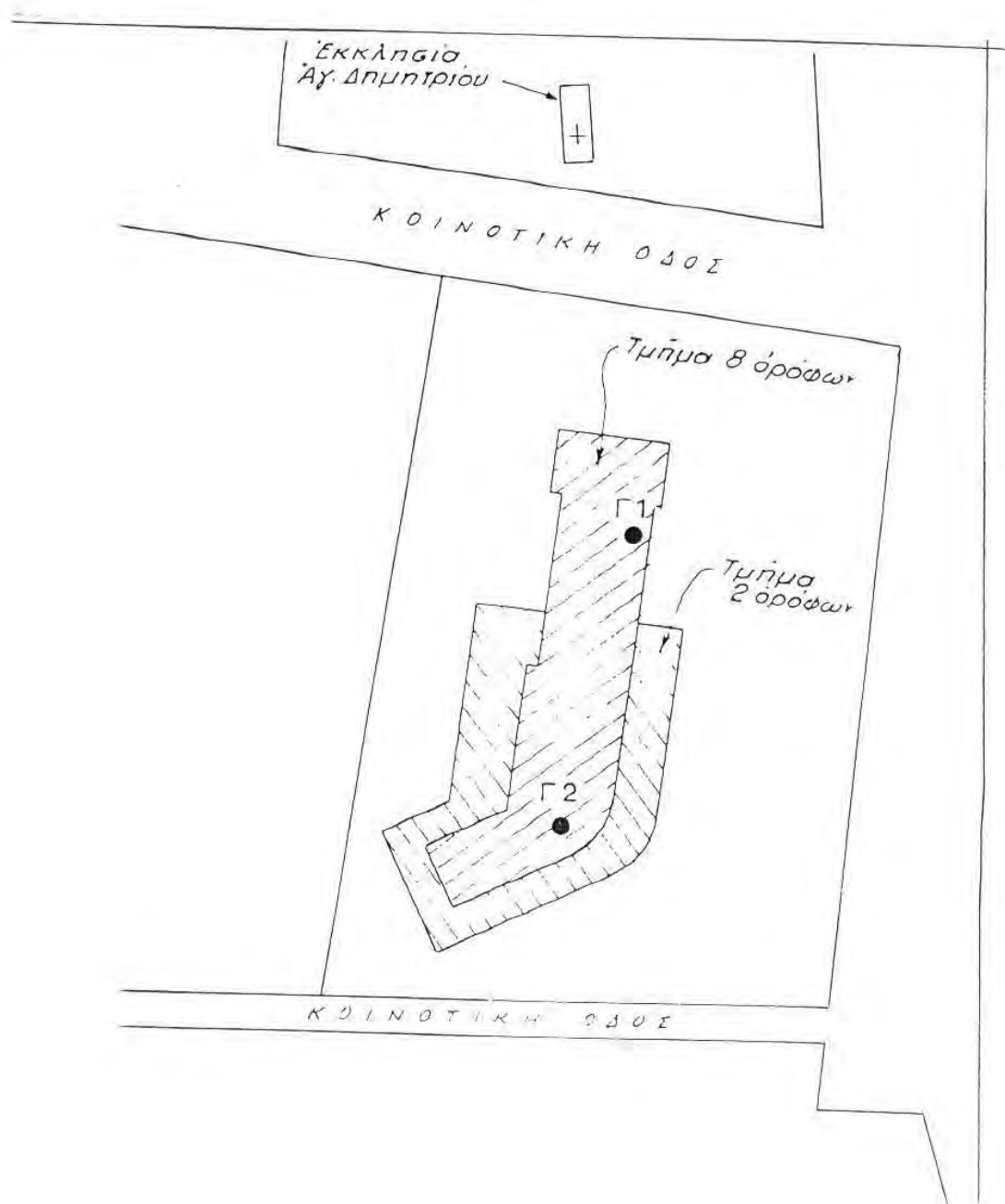
Αναλύσεις: Όχι

Αριθμός καταχώρησης στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων: No 127

Σχήματα: 2.8.27.α.

Βιβλιογραφικές αναφορές:

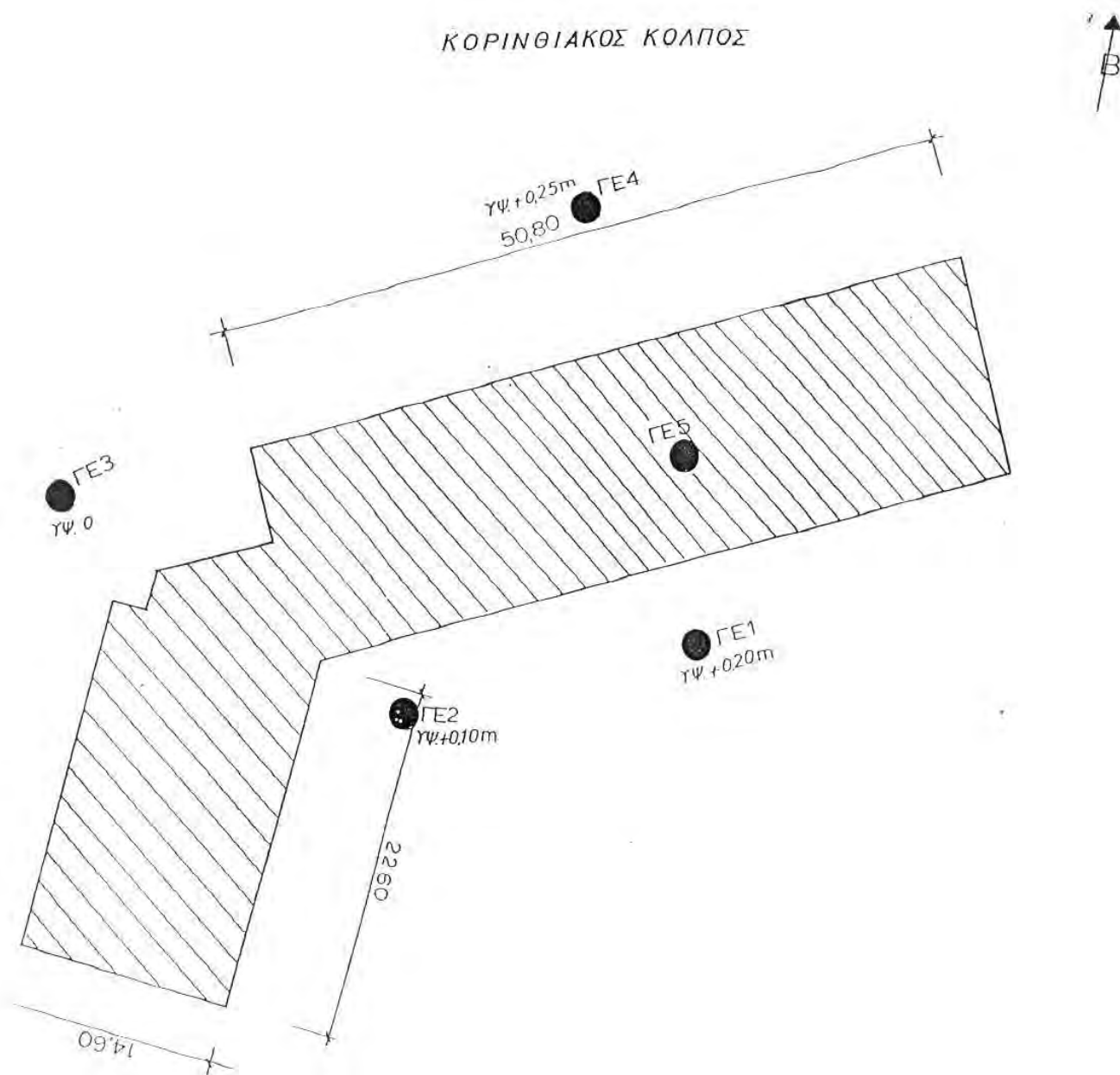
1. Der-Her Lee and Chih-Sheng Ku: "Soil Liquefaction and ground settlement in Chi-Chi, Taiwan, Earthquake". Proceedings: Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Symposium in Honor of Professor W.D. Liam Finn. San Diego, California, March 26-31, 2001



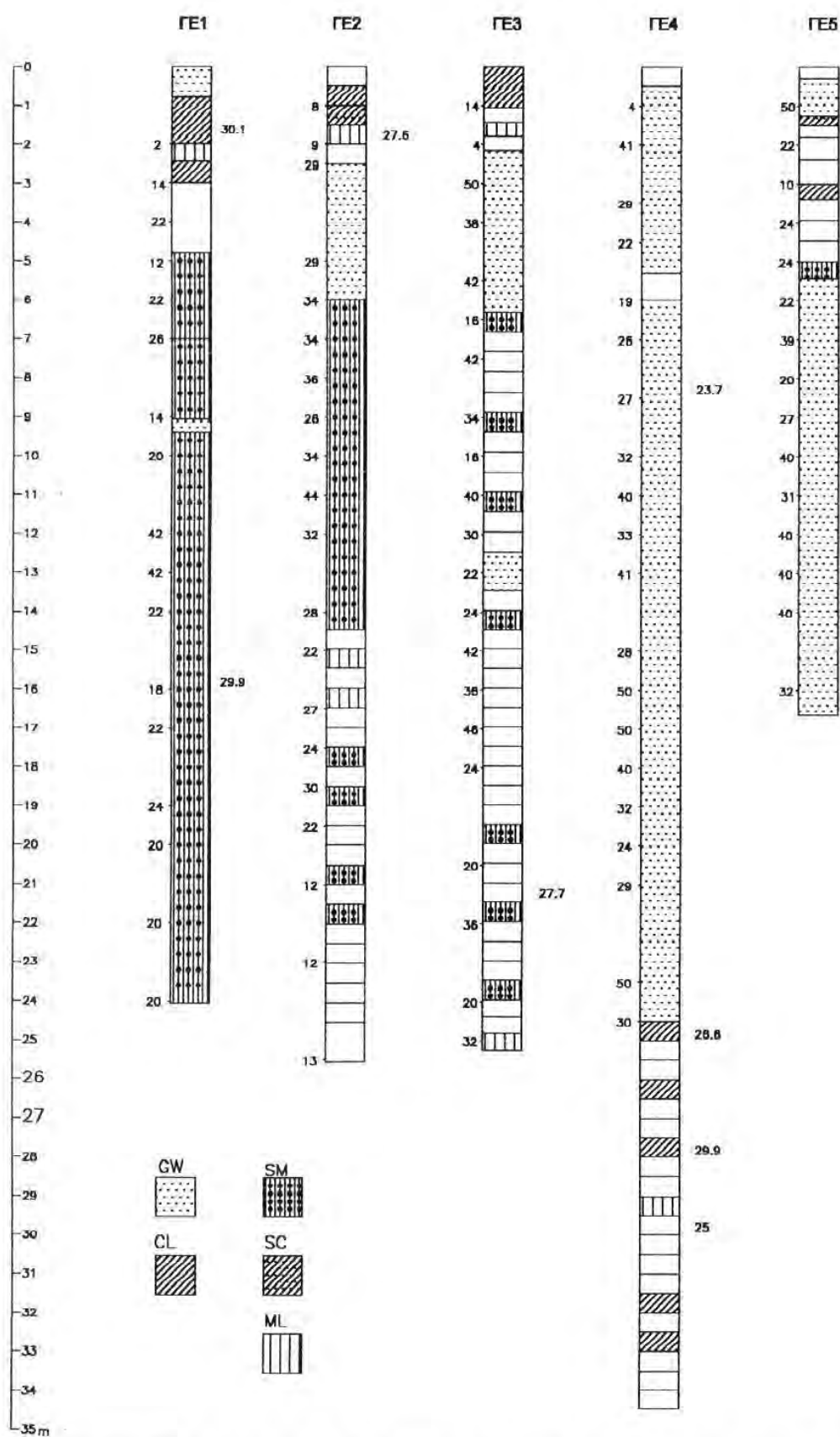
Σχ.2.8.1.α. Θέσεις των γεωτρήσεων στην περιοχή του ξενοδοχείου στο Βραχάτι (Κοτζιάς – Σταματόπουλος, 1969)



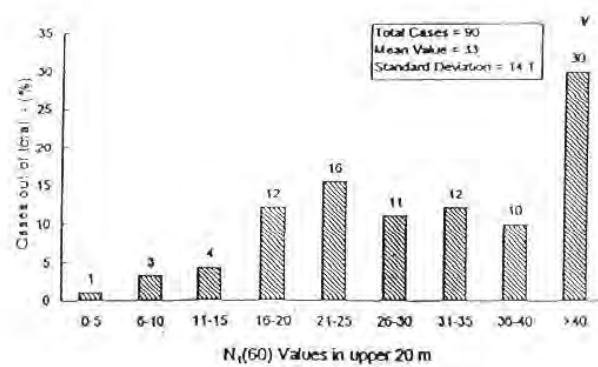
Σχ.2.8.2.α. Κατάρρευση ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα στο σεισμό του Αιγίου
(Stamatoroulos A. et al., 2001)



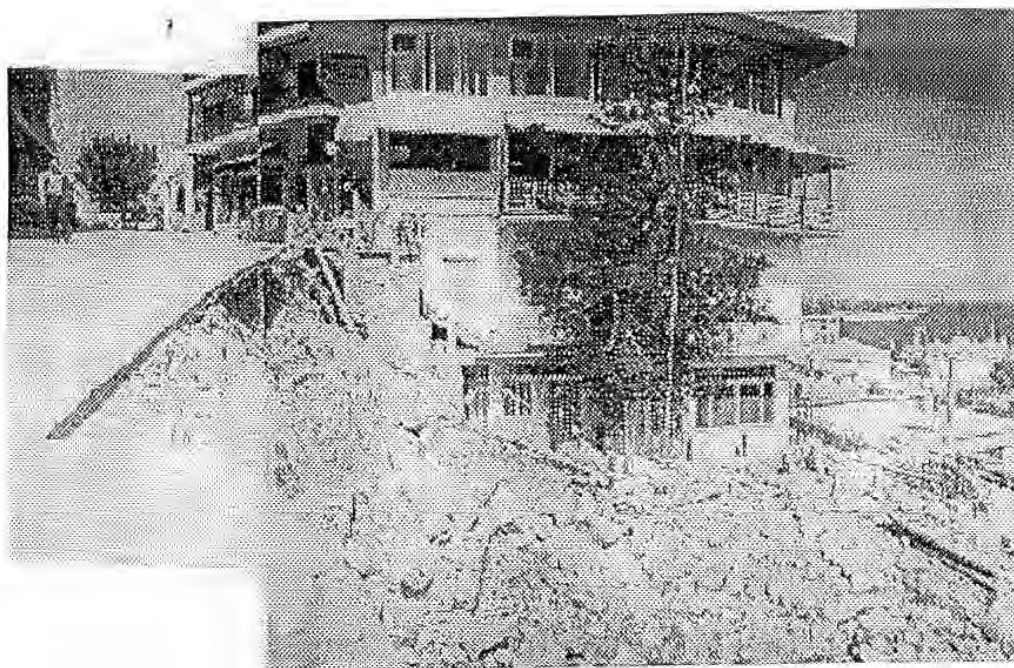
Σχ.2.8.2.β. Θέσεις των γεωτρήσεων στην περιοχή του ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα (ΚΕΔΕ, 1996)



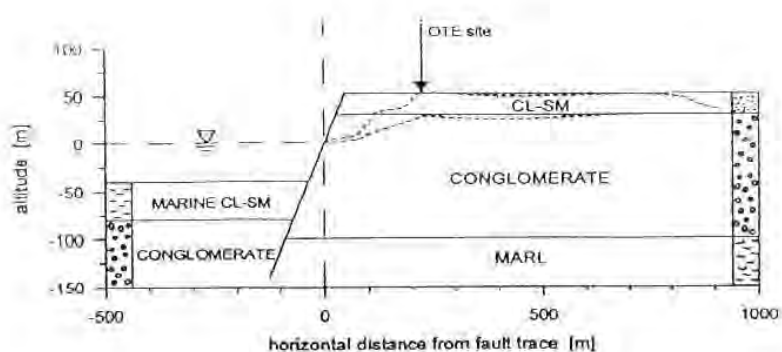
Σχ.2.8.2.γ. Τιμές SPT με το βάθος και εδαφικό προφίλ στην περιοχή του ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα (ΚΕΔΕ, 1996)



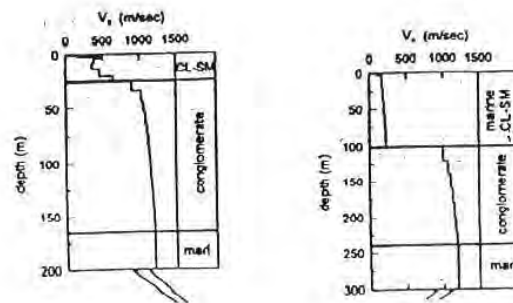
Σχ.2.8.2.δ. Τιμές δοκιμής SPT στην περιοχή του ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα (Stamatoropoulos A. et al, 2001)



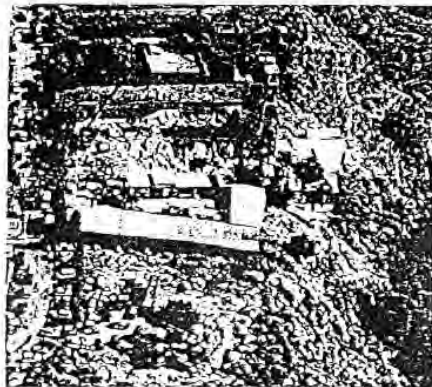
Σχ.2.8.3.α. Κατάρρευση κτιρίου στο άκρο απότομης πλαγιάς στην περιοχή "Ψηλά Αλώνια" στην πόλη του Αιγίου στο σεισμό του Αιγίου (Stamatoroulos C., 1995)



Σχ.2.8.3.β. Εδαφικό 'προφίλ' της περιοχής (Bouckovalas et al., 1999)



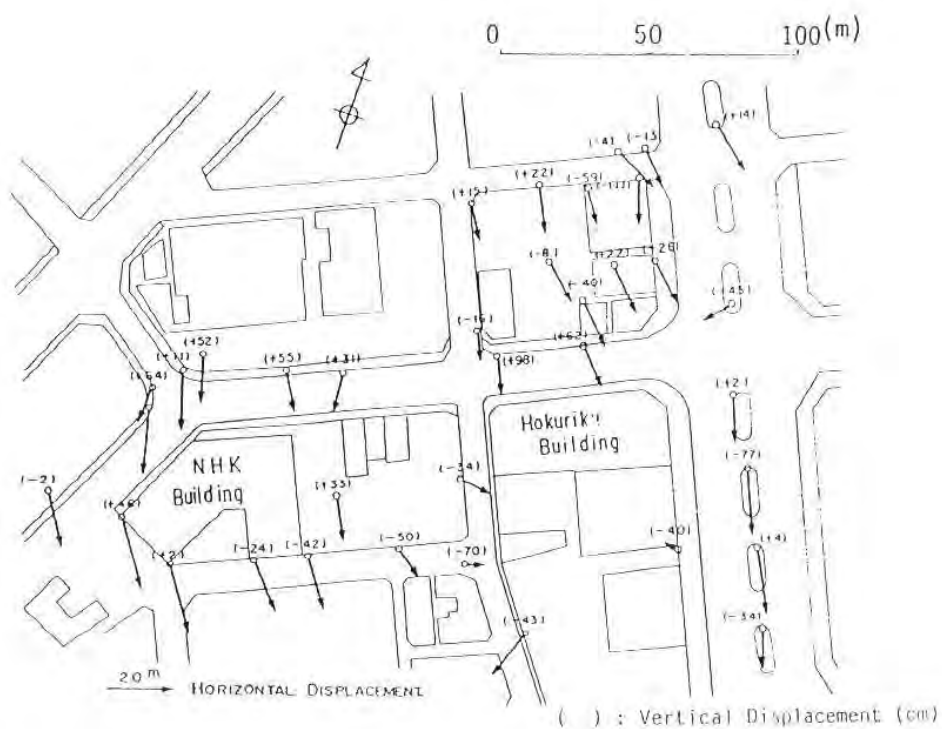
Σχ.2.8.3.γ. Μεταβολή του V_s με το βάθος (Bouckovalas et al., 1999)



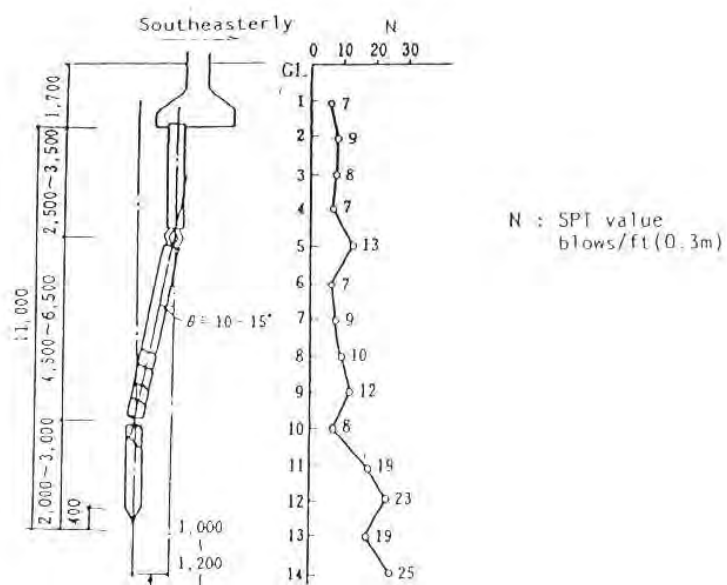
Σχ.2.8.4.α. Αεροφωτογραφία του εργοστασίου της "ΡΙκομέξ" που κατέρρευσε στο σεισμό της Πάρνηθας (Stamatoroulos A. et al., 2001)



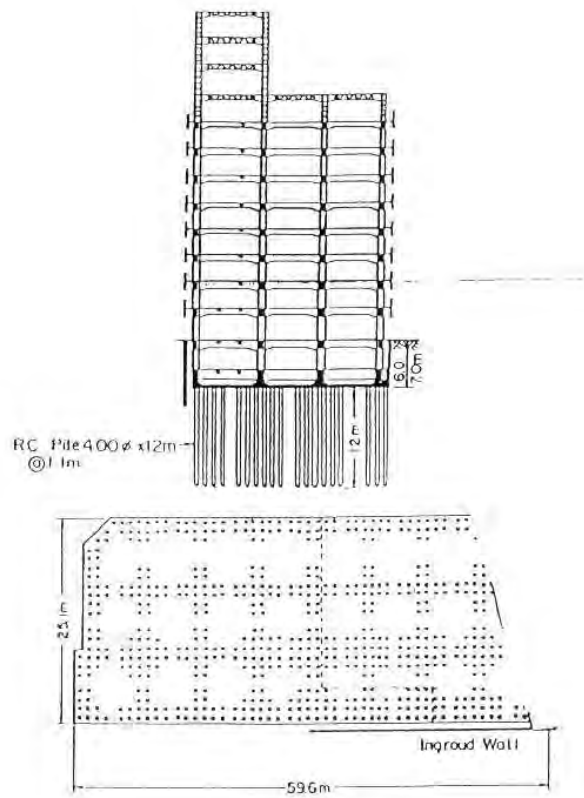
Σχ.2.8.4.β. Το πρανές όπου παρατηρήθηκε η αστοχία (Stamatoroulos A. et al., 2001)



Σχ. 2.8.5.α. Μόνιμη μετακίνηση του εδάφους στην οριζόντια κατεύθυνση κοντά στο κτίριο NHK (Hamada, 1992)



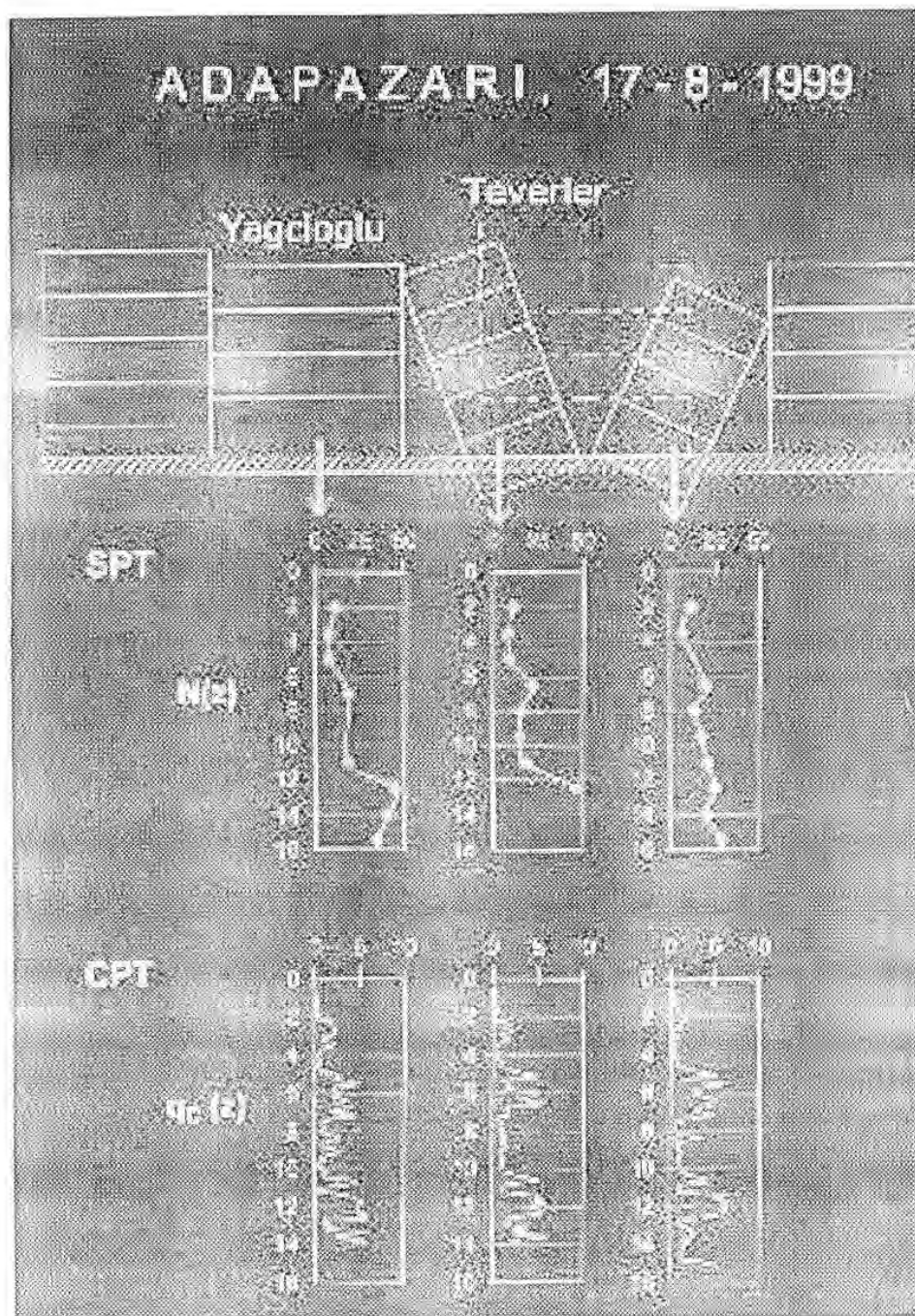
Σχ.2.8.5.β. Βλάβες σε πασσάλους θεμελίωσης του κτιρίου NHK και γεωτεχνικές συνθήκες (Hamada, 1992)



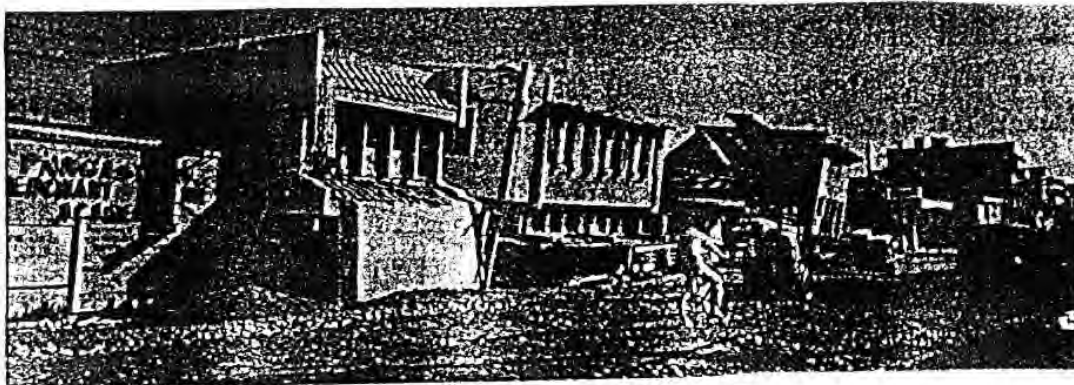
Σχ.2.8.6.α. Περίγραμμα του κτιρίου Hokuriku και διάταξη των πασσάλων θεμελίωσης (Hamada, 1992)



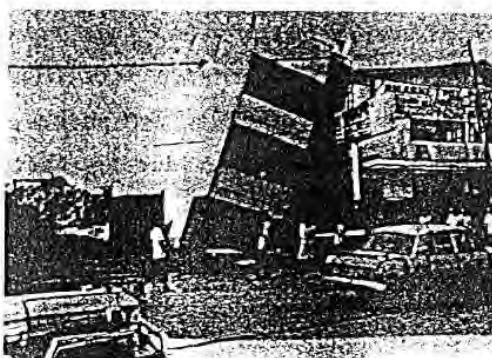
Σχ.2.8.7.α. Καθιζήσεις, κλίσεις και πλήρεις ανατροπές σχετικά εύκαμπτων και πλευρικά ελεύθερων κτιρίων λόγω εκτεταμένης αστοχίας (Gazetas, προσωπική ενημέρωση)



Σχ.2.8.7.β. Τιμές N της δοκιμής SPT και q_c της δοκιμής CPT συναρτήσει του βάθους κάτω από κτίρια που ανατράπηκαν στο Adapazari της Τουρκίας (Gazetas, προσωπική ενημέρωση)



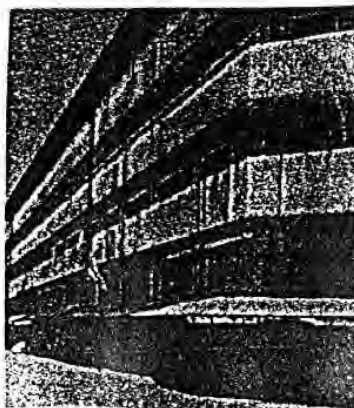
Σχ.2.8.8.α. Καθίζηση και κλίση κτιρίων στην λεωφόρο Perez του Dagupan στο σεισμό του Luzon Island στις Φιλιππίνες (Wakamatsu et al., 1992)



Σχ.2.8.8.β. Σημαντική κλίση τετραόροφου κτιρίου λόγω ρευστοποίησης του υπεδάφους, στο Dagupan. Και αυτό και το γειτονικό κτίριο αχρηστεύθηκαν (Wakamatsu et al., 1992)



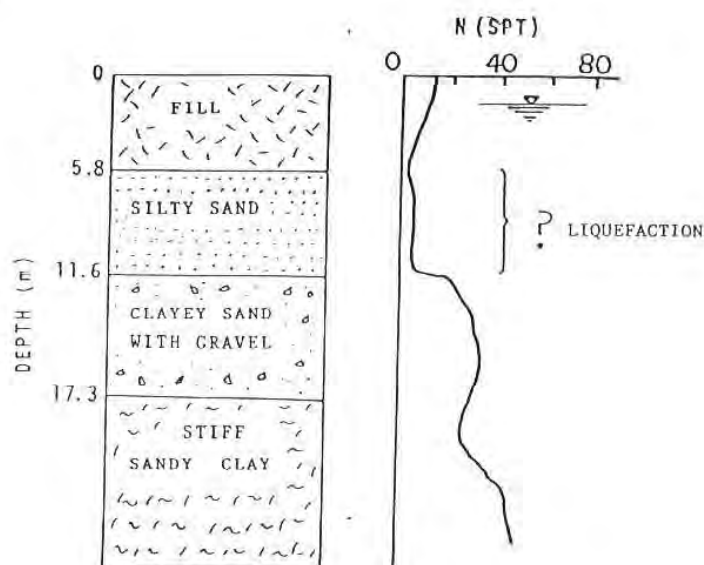
Σχ.2.8.8.γ. Βλάβες στο κολέγιο Luzon λόγω ρευστοποίησης του υπεδάφους (Wakamatsu et al., 1992)



Σχ.2.8.8.δ. Καθίζηση πενταόροφου κτιρίου στο μέσο της Fernandez Street. Η καθίζηση ξεπέρασε το μισό του ύψους του πρώτου ορόφου (Wakamatsu et al., 1992)



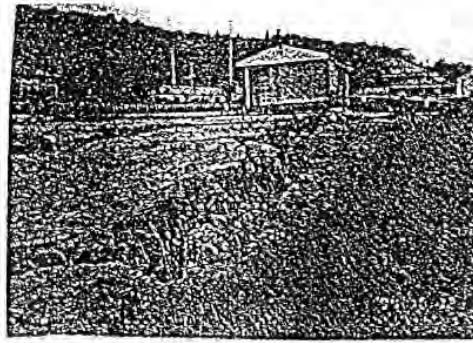
Σχ.2.8.8.ε. Σημαντική κλίση και αστοχία της θεμελίωσης κτιρίου στην αριστερή όχθη του ποταμού Pantai λόγω της μετακίνησης του εδάφους θεμελίωσης (Wakamatsu et al., 1992)



Σχ.2.8.9.α. Εδαφικό 'προφίλ' κάτω από τον Λευκό Πύργο στη Θεσσαλονίκη (Gazetas, 1979)

1978 EARTHQUAKE RECORDS WITH PEAK ACCELERATIONS					
Date of event			25 May	20 June	4 July
Magnitude			5.8	6.5	5.0
Focal depth (km)			10	22	—
Epicentral Intensity			V -VI	VIII	VI -VII
R	A	E - W	—	13.95*	10.50
E		N - S	—	15.20	12.33
C		U - D	—	13.9	5.50
O	B	E - W	—	—	24.06
R		N - S	—	—	16.88
D		U - D	—	—	9.66
S	C	E - W	—	—	10.59
		N - S	—	—	10.98
		U - D	—	—	4.37
* all accelerations are in percent of g					

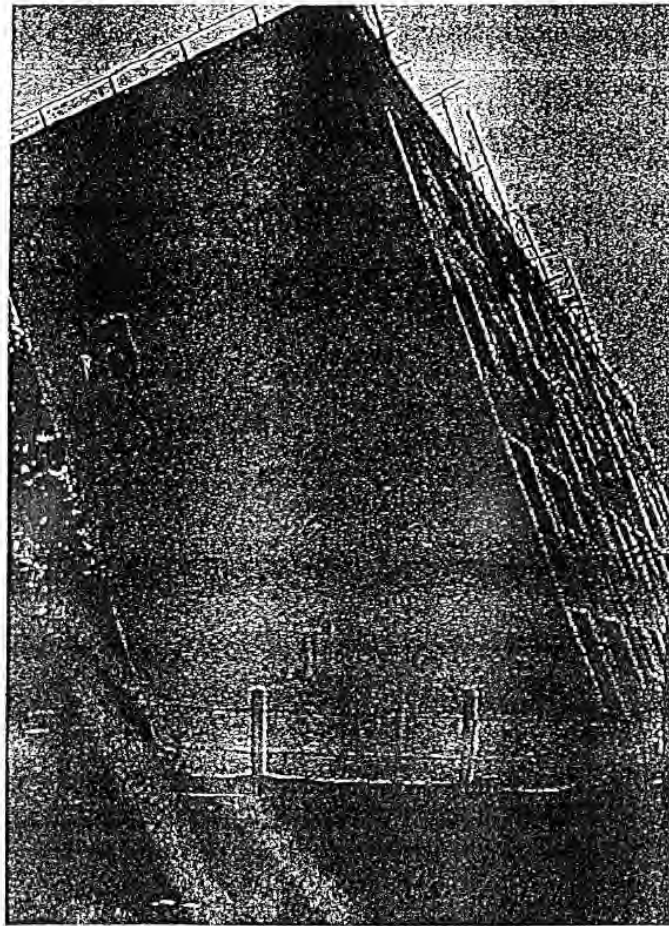
Σχ.2.8.9.β. Πίνακας με τα στοιχεία των τριών σεισμών της Θεσσαλονίκης το 1978 (Gazetas, 1979)



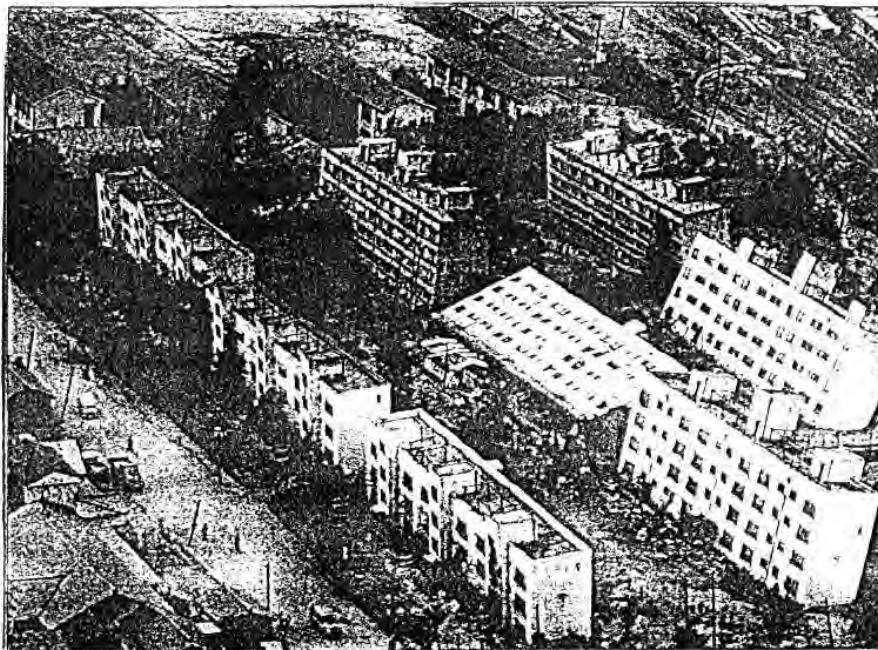
Σχ.2.8.12.α. Αστοχία πρανούς και βλάβες στα σπίτια στο Καγανυμα κατά τη διάρκεια του σεισμού του Hokkaido-toho-oki το 1994 (Wakamatsu et al., 1994)



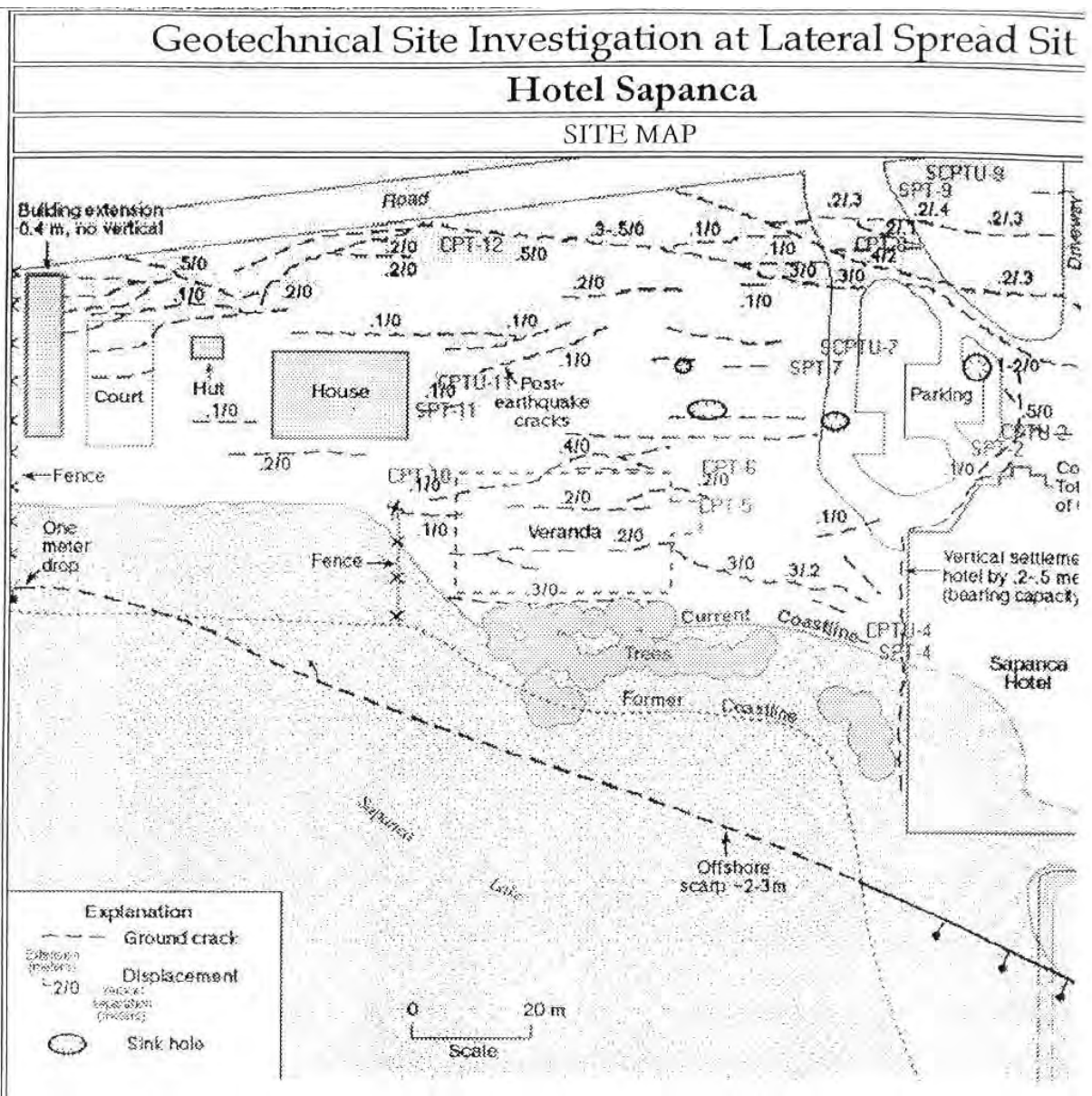
Σχ.2.8.12.β. Αστοχία πρανούς και βλάβες στα σπίτια στο Καγανυμα κατά τη διάρκεια του σεισμού του Kushiro-oki το 1993 (Wakamatsu et al., 1994)



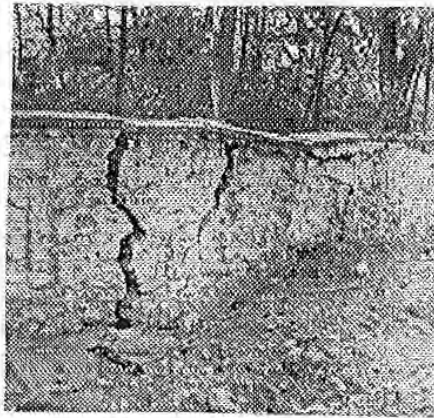
Σχ.2.8.13.α. Κτίριο που έλαβε μεγάλη κλίση λόγω αστοχίας σε διάτμηση του εδάφους θεμελίωσης στο σεισμό της Niigata στην Ιαπωνία (Hamada, 1992)



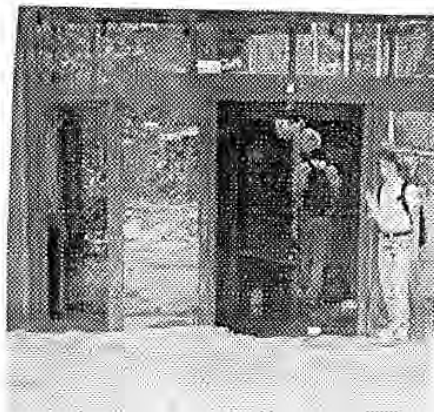
Σχ.2.8.13.β. Κτίρια που ανατράπηκαν λόγω αστοχίας σε διάτμηση του εδάφους θεμελίωσης στο σεισμό της Niigata στην Ιαπωνία (Steven L. Kramer, 1996)



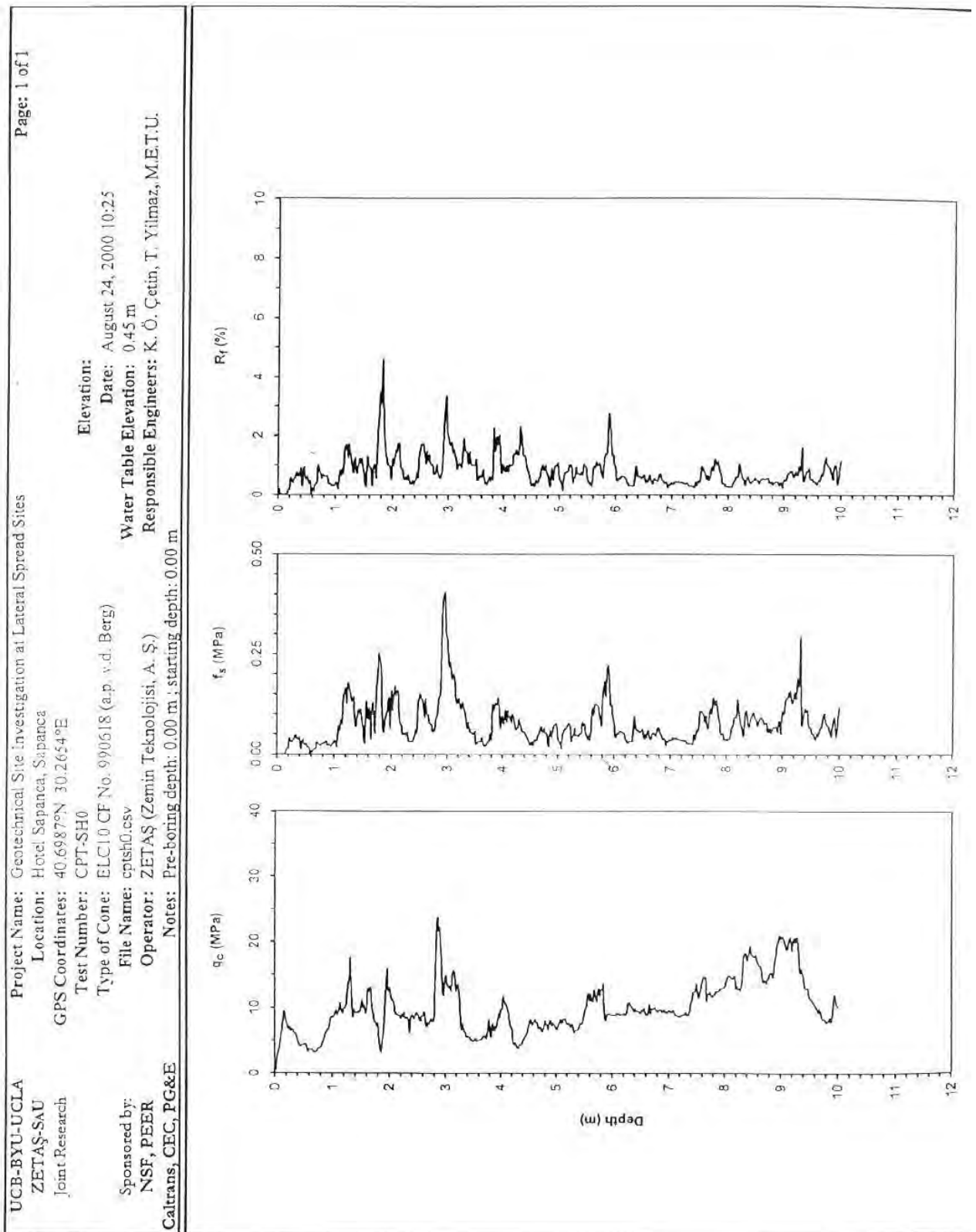
Σχ.2.8.14.α. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής του ξενοδοχείου Sapanca στο Adapazari της Τουρκίας με τις καθιζήσεις του κτιρίου (<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



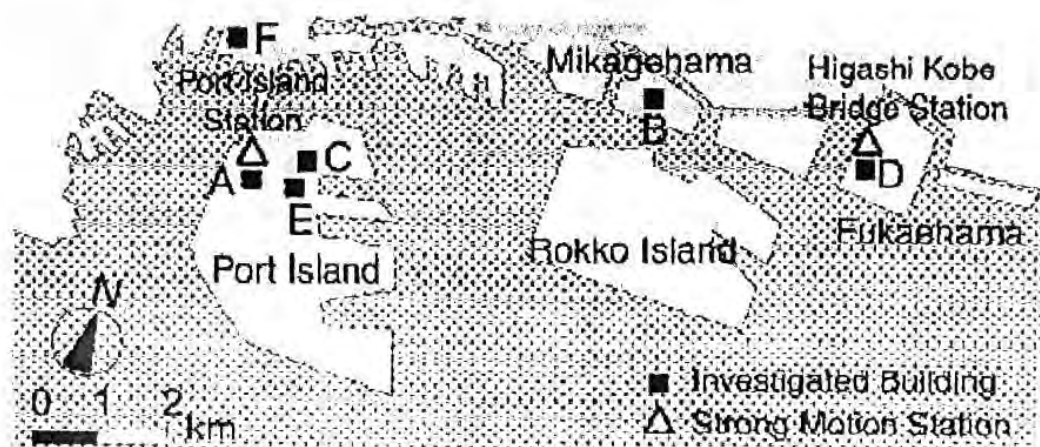
Σχ.2.8.14.β. Ρωγμές στον περιμετρικό τοίχο του ξενοδοχείου Sapanca λόγω καθίζησης και πλευρικής εξάπλωσης
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



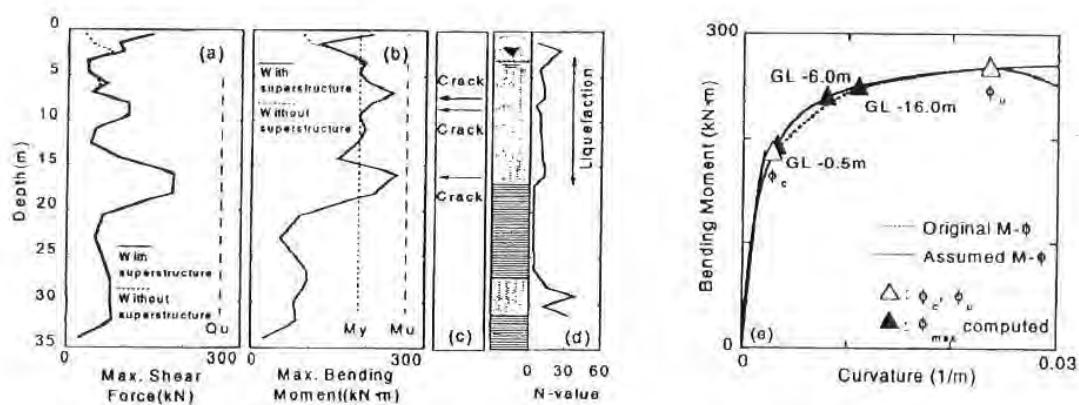
Σχ.2.8.14.γ. Καθίζηση στο ξενοδοχείο Sapanca
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



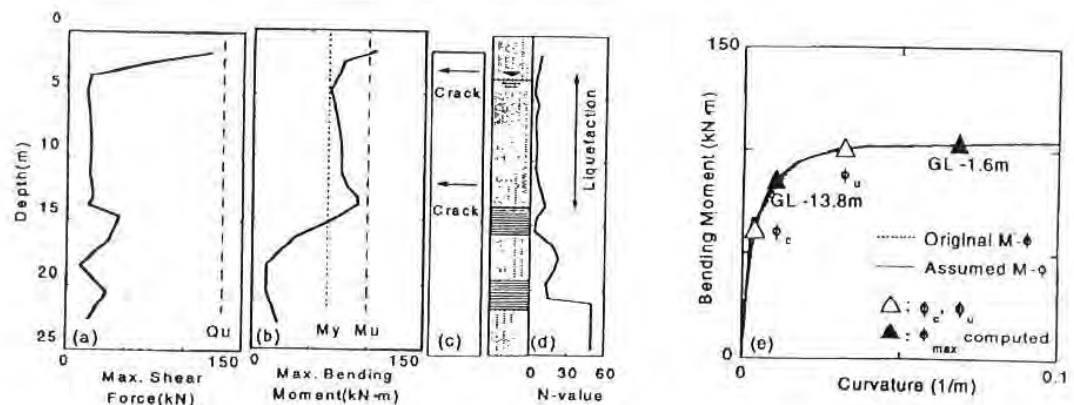
Σχ.2.8.14.δ. Αποτελέσματα δοκιμών CPT στην περιοχή του ξενοδοχείου Sapanca
(<http://nisee.berkeley.edu/turkey/adapazari/phase4/index.html>)



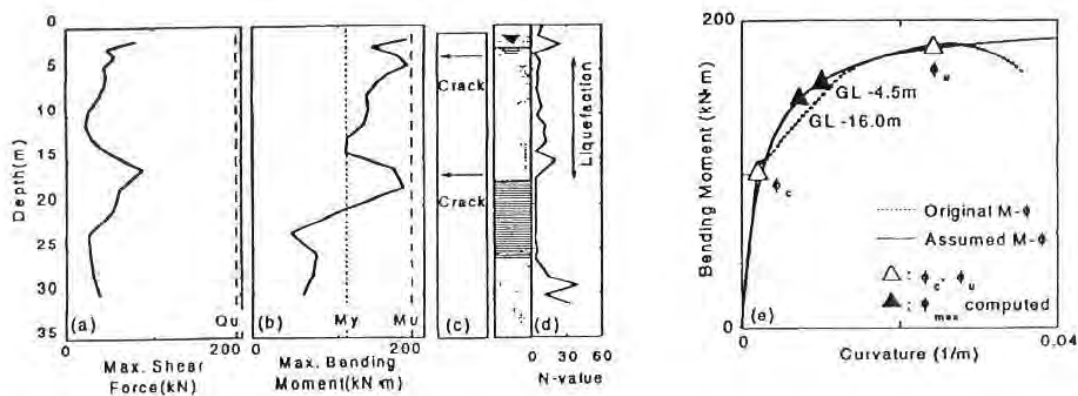
Σχ. 2.8.15.α. Χάρτης με τις θέσεις των κτιρίων (Miyazaki et al., 2001)



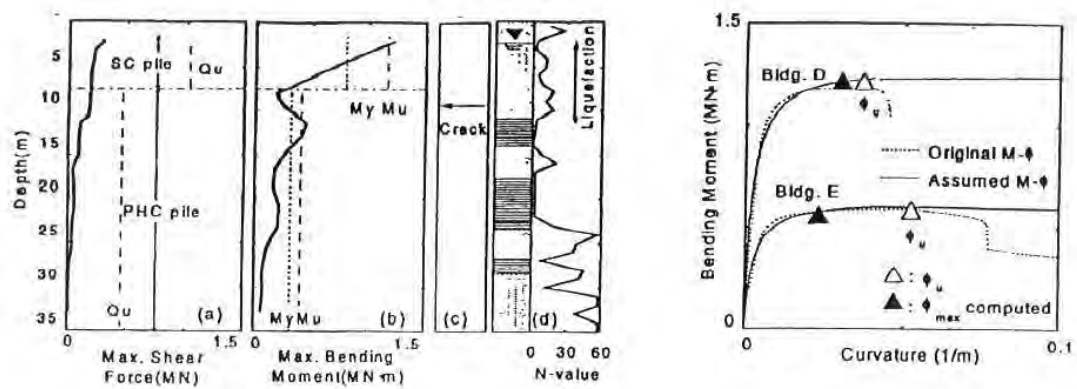
Σχ.2.8.15.β. Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο A (Miyazaki et al., 2001)



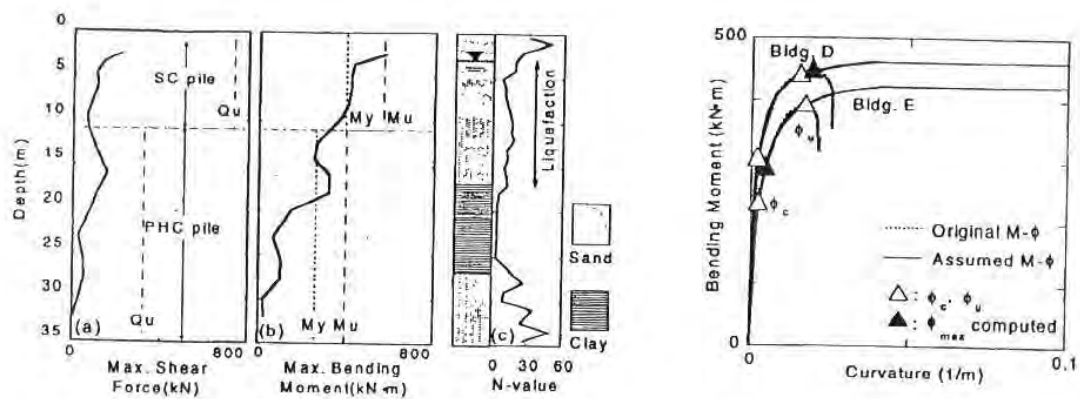
Σχ.2.8.16.α. Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο B (Miyazaki et al., 2001)



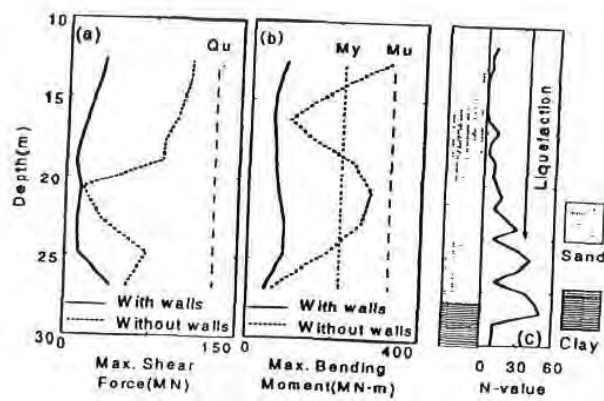
Σχ.2.8.17.α. Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Γ (Miyazaki et al., 2001)



Σχ.2.8.18.α. Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο Δ (Miyazaki et al., 2001)



Σχ.2.8.19.α. Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, βλάβη πασσάλων, γεώτρηση και διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων για το κτίριο E (Miyazaki et al., 2001)



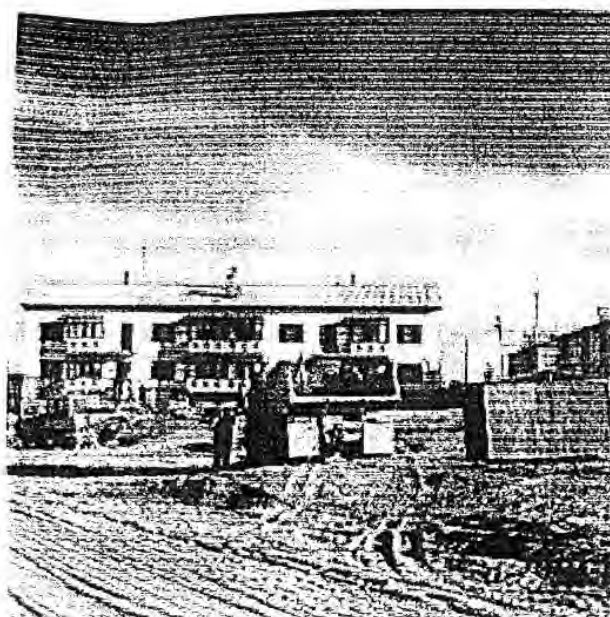
Σχ.2.8.20.α. Μέγιστη υπολογισθείσα διατμητική δύναμη και καμπτική ροπή, και γεώτρηση F (Miyazaki et al., 2001)



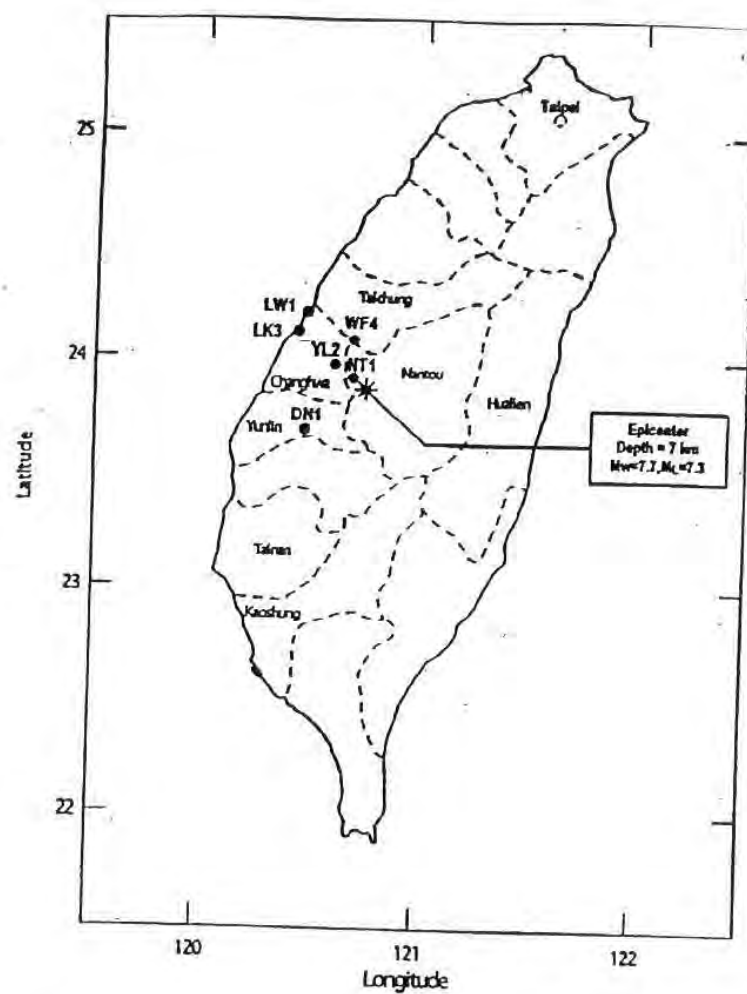
Σχ.2.8.26.α. Χάρτης του νησιού Sakhalin και της γύρω περιοχής



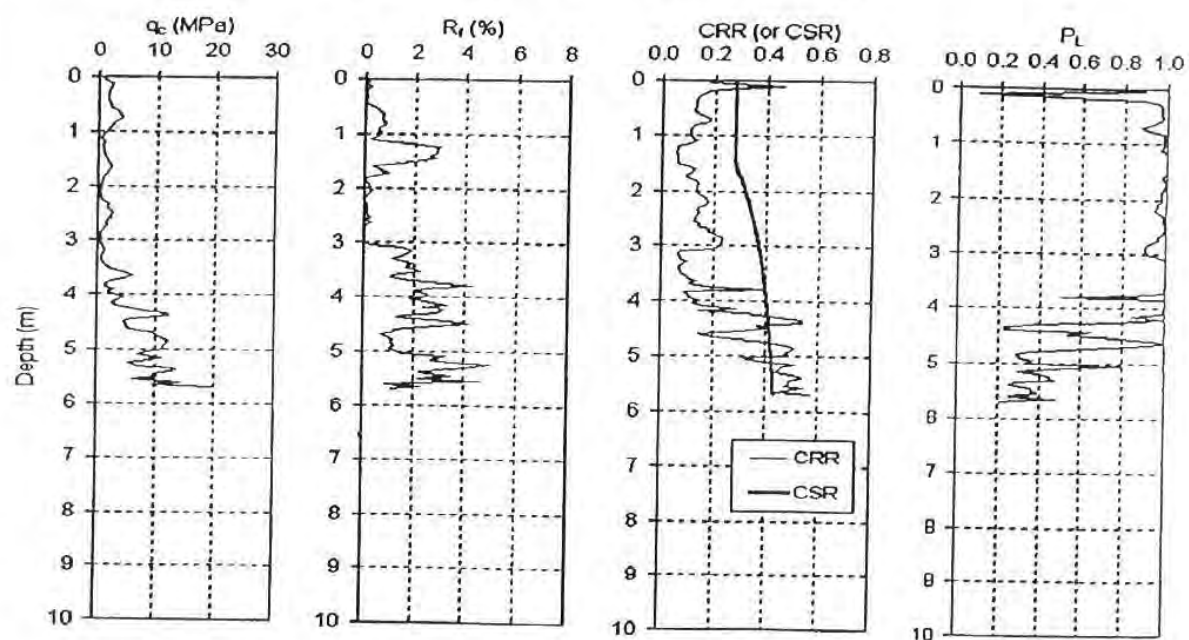
Σχ.2.8.26.β. Κατάρρευση πενταόροφου κτιρίου στο Neftegorsk (Klyachko, 2001)



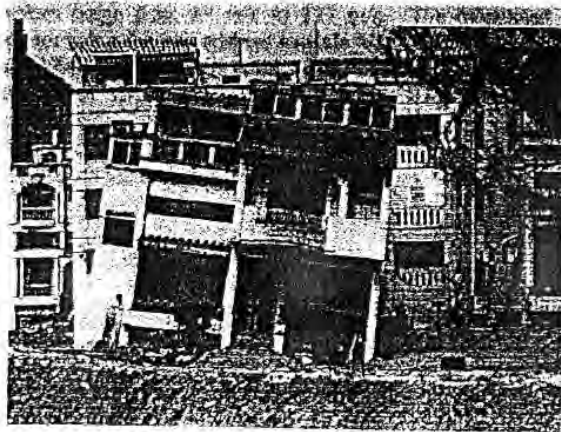
Σχ.2.8.26.γ. Βλάβη σε διόροφο κτίριο στο Neftegorsk (Klyachko, 2001)



Σχ.2.8.27.α. Χάρτης με τις περιοχές που μελετήθηκαν (Lee et al., 2001)



Σχ.2.8.27.β. Αποτελέσματα επιτόπου δοκιμών στην περιοχή Wufeng (Lee et al., 2001)



Σχ.2.8.27.γ. Κατοικία που παρουσίασε κλίση στην περιοχή Wufeng (Lee et al., 2001)

2.9. Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων

Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν ανά κατηγορία κατασκευής στις προηγούμενες παραγράφους 2.1. έως 2.8. συστηματοποιήθηκαν σε μια Βάση Δεδομένων. Η δημιουργία της βάσης δεδομένων επιτυγχάνει τους παρακάτω σημαντικούς στόχους:

1. Ταξινόμηση των περιπτώσεων που εξετάστηκαν υπό ενιαία μορφή
2. Εύκολη πρόσβαση στο σύνολο των στοιχείων λόγω της ηλεκτρονικής μορφής των δεδομένων
3. Αποτελεσματική διαχείριση των υπαρχόντων στοιχείων (π.χ. ταχεία απομόνωση περιπτώσεων επί του συνόλου που πληρούν συγκεκριμένους περιορισμούς οριζόμενους από το χρήστη)

Κάθε περίπτωση που εξετάστηκε, καταχωρήθηκε με ένα αριθμό στη βάση δεδομένων ο οποίος παραμένει σταθερός έστω και αν ενταχθούν στο μέλλον νέες περιπτώσεις στη βάση δεδομένων.

Η δημιουργία της βάσης δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα λογισμικού Microsoft Access όπου καταχωρήθηκαν οι **143** περιπτώσεις που μελετήθηκαν. Η χρήση της βάσης δεδομένων έδωσε την ευκαιρία για ομοιόμορφη παρουσίαση των στοιχείων κάθε περίπτωσης. Έτσι, κάθε περίπτωση παρουσιάζεται σε μια σελίδα όπως αυτή του Σχ. 2.9.1. Όπως φαίνεται, οι πληροφορίες κατηγοριοποιούνται σε γενικές γραμμές σε πληροφορίες α) σεισμολογικές, β) αυτές που σχετίζονται με την γεωμετρία της κατασκευής και τις συνθήκες υπεδάφους, γ) αυτές που σχετίζονται με την μετακίνηση της κατασκευής ή του εδάφους και δ) πιθανές αναλύσεις που έχουν εκτελεσθεί και σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές. Οι πληροφορίες που σχετίζονται με τις συνθήκες υπεδάφους περιέχουν πληροφορίες για τις επι τόπου ή εργαστηριακές δοκιμές ή ακόμα και για προκύπτουσες αντοχές από ανάδρομη ανάλυση. Οι πληροφορίες σχετικά με την κίνηση, αναφέρουν εκτός από τις τιμές της μετακίνησης, την πιθανή αιτία καθώς και τον τρόπο εκτίμησης της μετακίνησης.

Ο Α Σ Π - Έργο: "Συλλογή-ανάλυση παραμενουσών σεισμικών παραμορφώσεων και βελτίωση αντίστοιχων διατάξεων ΕΑΚ" - Β ά σ η Δ ε δ ο μ έ ν ω ν

Νο	15
Περίπτωση	Φράγματα
Ονομασία	Φράγμα "La Marquesa", Ανάντι, Χιλή
Χώρα	Χιλή
Σεισμολογικά στοιχεία Σεισμός / Μέγεθος / Έτος Απόσταση από επίκεντρο / ρήγμα (km) Μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση εδάφους (g)	Χιλή / 7.8 / 1985 45 / 0.6
Γεωμετρία, Συνθήκες υπεδάφους Γεωμετρία : Ύψος : 10 m , πλάτος στέψης : 4 m , κλίση : 1:2 , μήκος : 220 m Περιγραφή : στρώση ιλυώδους υπεδάφους άμμου στη βάση, θεμελίωση: αμμώδης άργιλος Σ.Υ.Υ. : Ναι Τιμή SPT : 6 Τιμή CPT (MPa): Τιμή Vs (m/sec): Εργαστηριακά :	Σχήματα 2.2.9.α.- 2.2.9.γ.
Μετακίνηση Οριζόντια: H (m): 11 Κατακόρυφη: V (m): 2 Αιτία αστοχίας: ρευστοποίηση του Σχόλια στρώματος ιλυώδους άμμου στη βάση	Αναλύσεις: Cu=3.6-16.3 kPa (βιβλιογραφία Νο.1) , Cu=8 kPa (βιβλιογραφία Νο.3)
Μέθοδος εκτίμησης: Τοπογραφικές μέθοδοι	Ρευστο- ναι ποίηση:
Βιβλιογραφία : 1. P.A. De Alba, H.B. Seed, E. Retamal, R.B. Seed : "Analyses of Dam Failures in 1985 Chilean Earthquake", Journal of Geotechnical Engineering, 1988, Vol 114, No. 12, pp 1414-1434. 2. H. Jitno, P.M. Byrne : "Predicted and Observed Liquefaction Induced Deformations of La Palma Dam", Proceedings: Third International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 1995, Vol I, pp 519-524. 3. C. Stamatopoulos, E. Velgaki, S. Sarma: "Sliding-block back-analysis of earthquake-induced slides", Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, 2000	
Σταματόπουλος & Συνεργάτες ΕΠΕ	

Σχ. 2.9.1. Ενδεικτική περίπτωση που έχει καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων