

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 11

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Ι. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ**, Καθηγητής
Κ. ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Επικ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Β. ΚΟΥΣΚΟΥΝΑ, Επικ. Καθηγητής, Σεισμολόγος
Γ. ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Δρ. Σεισμολόγος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γίνεται συνοπτική αναφορά στον τρόπο με τον οποίο εξετάζονται συνήθως οι εδαφικές κινήσεις και ιδιαίτερα εξηγείται για ποιούς λόγους χρησιμοποιείται ο μονοδιάστατος χώρος, στη δυναμική ανάλυση των εδαφικών αποθέσεων. Οι κυριότεροι από τους λόγους αυτούς είναι :

- (α) Οι εδαφικοί σχηματισμοί γενικά τείνουν να είναι πιο χαλαροί κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Για το λόγο αυτό η διεύθυνση των σεισμικών κυμάτων προσεγγίζει την κατακόρυφο, εφόσον διαδίδεται από σκληρότερο σε μαλακότερο έδαφος (νόμος του Snell).

- (β) Οι εδαφικές συνθήκες αλλάζουν εικόνα περισσότερο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, παρά κατά την οριζόντια διεύθυνση.
- (γ) Οι αποκρίσεις των οριζόντιων εδαφικών αποθέσεων είναι σχεδόν ανεξάρτητες της γωνίας πρόσπτωσης των σεισμικών κυμάτων.
- (δ) Σε περίπτωση ισχυρών σεισμών, η μεγαλύτερη φόρτιση στις κατασκευές, οφείλεται στα εγκάρσια (S) κύματα.

Για τους παραπάνω λόγους οι σεισμικές κινήσεις εξετάζονται με τη διαδρομή των S κυμάτων στην κατακόρυφη διεύθυνση. Στις περιπτώσεις βέβαια που οι εδαφικές συνθήκες αλλάζουν και κατά την οριζόντια έννοια, τότε είναι απαραίτητο η διάδοση των κυμάτων να εξετασθεί στον δυσδιάστατο ή τρισδιάστατο χώρο.

Επίσης δίνεται ο ορισμός του συντελεστή ενίσχυσης, καθώς και της έννοιας του φάσματος ενίσχυσης.

2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΔΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ

2.1 ΒΑΘΟΣ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

Αναφέρεται η επίδραση που έχει το βάθος του στερεού υπόβαθρου ή άλλως το πάχος των εδαφικών αποθέσεων στη σεισμική απόκριση. Η αύξηση του πάχους των αποθέσεων προκαλεί σε μερικές περιπτώσεις σημαντική μεταβολή στη σεισμική απόκριση, ενώ σε άλλες η μεταβολή αυτή είναι μάλλον ασήμαντη. Για αύξηση του πάχους των αλλουβιακών από 12m σε 15.6m προκαλείται μείωση στη σεισμική απόκριση, για περαιτέρω αύξηση του πάχους των χαλαρών σχηματισμών σε 25m προκαλείται ακόμη μείωση της απόκρισης ενώ αύξηση πλέον των 31.2m δεν προκαλεί καμία σχεδόν μεταβολή στο περιεχόμενο συχνοτήτων των εδαφικών δονήσεων.

2.2 ΑΚΑΜΨΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η ακαμψία των εδαφικών σχηματισμών έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζει τόσο το περιεχόμενο συχνότητας των εδαφικών κινήσεων, όσο και τη μορφή των φασμάτων απόκρισης. Επειδή δε είναι αδύνατο να υπολογισθεί με ακρίβεια η ακαμψία των εδαφικών στρώσεων, για το λόγο αυτό γίνεται εκτίμηση της και θεωρητικοί υπολογισμοί με διάφορες τιμές.

Σε διαγράμματα που συνοδεύουν την έκθεση, παρουσιάζεται η επίδραση του συντελεστή ακαμψίας στη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, στη δεσπόζουσα περίοδο καθώς και στο φάσμα απόκρισης των εδαφικών επιταχύνσεων.

2.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΣΤΟ ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Αναφέρονται τα συμπεράσματα από σχετικές μελέτες και έρευνες του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας (Schnabe and Seed, 1972), που απέδειξαν ότι οι φασματικές επιταχύνσεις δεν μεταβάλλονται ουσιαστικά όταν μειωθεί η μέγιστη τιμή της επιτάχυνσης που έχει καταγραφεί στην επιφάνεια του στερεού υπόβαθρου.

2.4 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

Η σημαντικότερη επίδραση των εδαφικών σχηματισμών φαίνεται να είναι στο περιεχόμενο συχνότητας των εδαφικών κινήσεων. Σε σχετικά διαγράμματα παρουσιάζονται χαρακτηριστικά τα φάσματα απόκρισης και οι μέγιστες επιταχύνσεις στην επιφάνεια του εδάφους για ένα θεωρητικό "profile" εδάφους και για δύο χαρακτηριστικούς σεισμούς του San Fernando και του El Centro.

3. ΜΕΛΕΤΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΑΠΟ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Στην πόλη της Καλαμάτας εγκαταστάθηκε ειδικό δίκτυο σειсмоγράφων, τύπου MEQ-800 από 20.11.86 έως 28.02.87 σε πέντε θέσεις, τόσο στην πόλη όσο και στις

γύρω περιοχές, όπως φαίνεται σε χάρτη, κλ. 1:50.000, που επισυνάπτεται στην έκθεση.

Οι σεισμολογικοί αυτοί σταθμοί, στόχευαν στη μελέτη του συντελεστή ενίσχυσης και στη παρακολούθηση της μετασεισμικής δραστηριότητας.

Σημειώνεται ότι η επιλογή των θέσεων εγκατάστασης των σειсмоγράφων έγινε με τρόπο ώστε να μελετηθεί ευρεία περιοχή όπου συναντώνται όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί. Για τον σκοπό αυτό δίνονται στοιχεία σχετικά με τη θέση κάθε σειсмоγράφου και τους γεωλογικούς σχηματισμούς επί των οποίων βρίσκεται.

Ακολούθως παρουσιάζονται σε πίνακες οι σεισμοί που μελετήθηκαν. Οι σεισμοί αυτοί παρά το γεγονός ότι είναι μικροί μετασεισμοί του κύριου σεισμού της 13.9.86, προέρχονται όμως από τον ίδιο σεισμογόνο χώρο και έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, δηλ. δεν έχουν ταυτόσημους μηχανισμούς και προέρχονται από διαφορετικές θέσεις.

Από τις καταγραφές των μετασεισμών στους πέντε σταθμούς μετρήθηκαν, οι χρόνοι άφιξης των P και S κυμάτων, η διάρκεια του σεισμού για τον προσδιορισμό του επικέντρου και του μεγέθους και τα μέγιστα πλάτη και η αντίστοιχη περίοδος των S κυμάτων.

Ο ένας από τους σταθμούς (KELI), χρησιμοποιήθηκε σαν σταθμός αναφοράς και βρέθηκαν για κάθε σεισμό οι λόγοι του πλάτους των εγκάρσιων κυμάτων των υπόλοιπων σταθμών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακες και σχήματα.

4. ΕΡΕΥΝΑ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Ο κύριος σεισμός της Καλαμάτας στις 13.09.1986 μεγέθους $M_s = 6.2$ καταγράφηκε από δύο όμοιους επιταχυνσιογράφους τύπου SMA-1 εγκατεστημένους σε διαφορετικά σημεία της πόλης. Η μία καταγραφή έγινε στο Διοικητήριο, από σειсмоγράφο του Ι.Τ.Σ.Α.Κ., και η άλλη στο παλαιό κτίριο του ΟΤΕ ,από σειсмоγράφο του Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Η σύγκριση των δύο εγγραφών όσον αφορά τις οριζόντιες επιταχύνσεις δείχνει την ίδια τιμή περίπου και στις δύο θέσεις, 0.26g - 0.29g. Αντίθετα οι κατακόρυφες επιταχύνσεις είναι τελείως διάφορες, δηλ. 0.37g, στο Παλαιό κτίριο ΟΤΕ και 0.23g, στο Διοικητήριο.

Επίσης διαφορές υπάρχουν στις φασματικές αναλύσεις από τις δύο ερευνητικές ομάδες που ασχολήθηκαν με αυτές. Οι φασματικές διαφορές ενδεχόμενα οφείλονται στη μέθοδο ανάλυσης και στο διαφορετικό έδαφος.

Γεγονός πάντως είναι ότι το τοπικό πεδίο, Near field, και η ύπαρξη του σεισμογόνου ρήγματος πρακτικά κάτω από τους επιταχυνσιογράφους, ήταν οι κύριοι παράγοντες που επηρέασαν τόσο τις βλάβες όσο και τις καταγραφές των επιταχυνσιογραφημάτων.

Πρέπει να τονισθεί, ότι ο κύριος σεισμός της Καλαμάτας δεν ακολουθήθηκε από ισχυρούς μετασεισμούς, αλλά από μεγάλο πλήθος μικρών μετασεισμών.

Έτσι παρά το ότι εγκαταστάθηκαν και λειτούργησαν συνολικά επτά επιταχυνσιογράφοι στην Καλαμάτα, οι αναγραφές είναι πολύ λίγες για συστηματική μελέτη του συντελεστή ενίσχυσης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο στόχος του ερευνητικού προγράμματος ήταν αφενός η μελέτη ενίσχυσης των εδαφικών κινήσεων και αφετέρου η επίδραση των τοπικών γεωλογικών σχηματισμών.

Για την υλοποίηση αυτού του στόχου, εγκαταστάθηκαν φορητοί σειсмоγράφοι σε διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς και καταγράφηκαν αρκετοί μετασεισμοί του κύριου σεισμού της 13.09.1986, χάρτης κατανομής μετασεισμών.

Συμπερασματικά αναφέρεται, χωρίς βέβαια να τεκμηριώνεται αυστηρά, ότι στις περιπτώσεις τοπικού πεδίου (Near field) η γεωμετρική απόσβεση της σεισμικής ενέργειας είναι πολύ μικρή και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των εδαφικών

σχηματισμών δεν φαίνεται να διαμορφώνουν σημαντικά τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης.

Στη περίπτωση του σεισμού της Καλαμάτας, σημαίνει ότι το έδαφος δεν επηρέασε, στο βαθμό που αναμενόταν, τα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης.

Μεγαλύτερη επίδραση στις παρατηρηθείσες βλάβες είχε ο τρόπος διάδοσης της διάρρηξης στο επίπεδο του ρήγματος και το περιεχόμενο συχνοτήτων της εδαφικής επιτάσχυσης και εδαφικής κίνησης.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 12

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ
(ΒΑΡΙΤΙΚΕΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ
ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑ)

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Ι. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ**, Καθηγητής
Δρ. Κ. ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Επικ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Ε. ΛΑΓΙΟΣ, Λέκτορας
Ι. ΛΟΥΗΣ
Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ
Ν. ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ, Ε.Μ.Υ.
Ι. ΤΣΙΤΟΣ
Γ. ΚΑΤΩΠΟΔΗΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Ο τομέας Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, εκτέλεσε γεωφυσικές έρευνες που περιλάμβαναν Βαρυτικές, Μαγνητικές και Ηλεκτρικές μετρήσεις, καθώς και Σεισμικές διασκοπήσεις, στο υπέδαφος της πόλης της Καλαμάτας.

1. ΒΑΡΥΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι βαρυτικές και μαγνητικές μετρήσεις στη περιοχή της λεκάνης Καλαμάτας είχαν σαν στόχο τη διερεύνηση της δομής των ανώτερων στρωμάτων του γήινου φλοιού.

Ακολούθως περιγράφονται οι βαρυτομετρικές εργασίες και δίνεται η ερμηνεία των βαρυτομετρικών ανωμαλιών καθώς και η εκτίμηση για το βάθος του μαγνητικού υποβάθρου, από τις μαγνητικές μετρήσεις.

1.2 ΒΑΡΥΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Αναφέρεται η μεθοδολογία και η πρακτική που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των τιμών της ανωμαλίας βαρύτητας καθώς και τα όργανα με τα οποία εκτελέσθηκαν οι μετρήσεις.

Συνολικά έγιναν πέντε βαρυτομετρικά “profile”, τομές, ακριβείας και διερευνήθηκαν 17km περίπου.

1.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Περιλαμβάνονται τα αερομαγνητικά “profile” που προκύπτουν από τις μαγνητικές μετρήσεις ολικού πεδίου στα άκρα της λεκάνης, Β και ΝΑ άκρο. Με τη βοήθεια αυτών, υπολογίσθηκε το βάθος του μαγνητικού υποβάθρου που κυμαίνεται από 1600 - 3800m στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης.

Χρησιμοποιήθηκε αερομαγνητικός χάρτης της περιοχής κλίμακας 1:50.000.

1.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΤΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Δημιουργούνται μοντέλα δύο διαστάσεων των στρωμάτων του ανωτέρου φλοιού της περιοχής για την ποσοστική ερμηνεία των βαρυτομετρικών εργασιών. Τα μοντέλα δημιουργούνται σε δύο διευθύνσεις : α) κατά μήκος της διεύθυνσης B-N και β) κατά μήκος της διεύθυνσης ΒΔ - ΝΑ.

Προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

(α) Το πάχος των Πλειο - Πλειστοκαινικών ιζημάτων, μάργες - ψαμμίτες, στην βόρεια πλευρά της λεκάνης και κάτω από τα γεωφυσικά "profile" κυμαίνεται σε μικρά σχετικά βάθη, μέχρι 400m περίπου, μέχρι το κέντρο περίπου της Καλαμάτας. Νοτιότερα το πάχος τους αυξάνει αισθητά και είναι δυνατόν να υπερβαίνει τα 1000m.

Προς τα ανατολικά της λεκάνης, το πάχος των παραπάνω ιζηματογενών σχηματισμών μπορεί να φθάσει έως 1200m, αλλά αυτό αποτελεί το μέγιστο όριο διακύμανσης τους.

Η παρουσία ρηγμάτων στην βάση αλλά και πιθανά στο άνω όριο των σχηματισμών αυτών είναι δεδομένη.

(β) Οι αλλουβιακές αποθέσεις έχουν πάχος που σύμφωνα με τις επιφανειακές γεωτρήσεις, φθάνει έως 100m, αυξανόμενο προς νότο.

(γ) Η παρουσία φλύσχη υπερκείμενου του ασβεστολιθικού υποβάθρου νότια της Λεκάνης Καλαμάτας πρέπει να θεωρηθεί μάλλον απαραίτητη, προκειμένου να έχουμε γεωλογικά συμβιβαστά γεωφυσικά μοντέλα.

(δ) Σχετικά με το υπόβαθρο της λεκάνης, που αποτελείται από Ιουρασικούς - Κρητιδικούς Ασβεστολίθους, συμπεραίνεται ότι είναι έντονα ρηγματωμένο. Κάτω από το κέντρο της πόλης της Καλαμάτας και σε βάθος περίπου 600m εκτείνεται ρήγμα με άλμα 2 km περίπου με μετάπτωση προς τα νότια. Η ακριβής διεύθυνση του ρήγματος αυτού δεν είναι δυνατόν να υπολογισθεί με ένα "profile", πρέπει όμως να έχει διεύθυνση Α-Δ ή παραπλήσια.

Στην περιοχή Φαρών, στα ανατολικά της λεκάνης, εντοπίζεται σημαντικό ρήγμα με απότομο άλμα 100m περίπου, δυνάμενο να αυξάνει με μετάπτωση προς ΒΔ.

Γενικά στην περιοχή αυτή το υπόβαθρο της λεκάνης παρουσιάζει έντονη σχετικά μορφολογία.

(ε) Στο νοτιοανατολικό άκρο της Λεκάνης Καλαμάτας εντοπίζεται μικρή λεκάνη σχήματος V, καλυμμένη από κορήματα πάχους περίπου 600m. Τα κορήματα αυτά αποτελούν μέρος του μεγάλου κώνου που εντοπίζεται κοντά στις επιφανειακές εμφανίσεις του ασβεστολίθου στο ίδιο άκρο της λεκάνης.

(στ) Τέλος από αερομαγνητικές εκτιμήσεις συνάγεται ότι οι επιφάνειες των ασβεστολίθων, που βρίσκονται σε επάφή με τους προγενέστερους από αυτούς μεταβασάλτες και σερπεντινίτες, εκτείνονται σε βάθος 3.8km περίπου.

2. ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της γεωηλεκτρικής έρευνας, ήταν η διερεύνηση των γεωλογικών συνθηκών του υπεδάφους, όπως ο καθορισμός της φύσης των στρωμάτων, η ανίχνευση και ο εντοπισμός ρηγμάτων.

Συνολικά εκτελέστηκαν 21 γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις κατά το χρονικό διάστημα από 11.11.1986 έως 20.11.1986 σε συγκεκριμένες θέσεις στην περιοχή της πόλης της Καλαμάτας.

2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ SCHLUMBERGER

Γίνεται ευρεία αναφορά στην αρχή της γεωηλεκτρικής αυτής μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα.

Μετά τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος στα άκρα γραμμής γνωστού μήκους, μετράται η διαφορά δυναμικού σε δύο συμμετρικά σημεία ως προς το κέντρο της διάταξης. Με το τρόπο αυτό αυξανόμενου του μήκους της γραμμής, αυξάνεται η διείσδυση του ηλεκτρικού ρεύματος με αποτέλεσμα το προσδιορισμό της διαδοχής των διαφόρων γεωλογικών στρωμάτων σε βάθος.

2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι μετρήσεις στο ύπαιθρο έγιναν με όργανα υψηλής ακρίβειας η δε επεξεργασία και ερμηνεία με τη βοήθεια Η/Υ.

Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, σχεδιάσθηκαν γεωηλεκτρικές τομές, από τις οποίες ερμηνεύονται ποιοτικά τα δεδομένα αυτών σε σχέση με τη διαδοχή των σχηματισμών του υπεδάφους, το πάχος και τις συνθήκες απόθεσης.

3. ΓΕΩΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωσεισμική έρευνα στην περιοχή Καλαμάτας κάλυψε συνολικά 2500m διατομών και περιλάμβανε : σεισμικά διάθλασης - σεισμικά ανάκλασης - διατομές weathering - έρευνα εγκάρσιων (S) σεισμικών κυμάτων.

Σκοπός της έρευνας ήταν ο προσδιορισμός της μορφολογίας και των ελαστικών σταθερών του υπόβαθρου, που στη συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε ο σχηματισμός της συμπαγούς μάργας. Επίσης στόχος ήταν ο εντοπισμός πλευρικών μεταβολών στη σύσταση και απόθεση των ιζημάτων.

3.2 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Αναφέρονται η τεχνική της εκτέλεσης των σεισμικών διάθλασης και ο τρόπος που επιλέχτηκε για το ανάπτυσμα κάθε τομής. Οι σεισμικές διασκοπήσεις έγιναν σε

καθορισμένες περιοχές και συγκεκριμένα στη περιοχή του στρατοπέδου στην Οδό Ηρώων, στην Οδό Αύρας, και στη περιοχή κτήματος Σταθόπουλου.

Συμπερασματικά στις περιοχές που ερευνήθηκαν και γενικότερα στην ευρύτερη περιοχή Καλαμάτας επικρατούν τρεις σεισμικοί ορίζοντες. Το επιφανειακό στρώμα με μικρή ταχύτητα διάδοσης κυμάτων αντιστοιχεί σε χαλαρό και ποικίλης σύστασης υλικό. Ο ενδιάμεσος ορίζοντας με ταχύτητα διάδοσης κυμάτων 900-1500 m/sec να αντιστοιχεί σε μάργα χαλαρή ή εναλλαγές αμμοχάλικων. Ο βαθύτερος ορίζοντας με ταχύτητα διάδοσης κυμάτων 1750-2100m/sec αντιστοιχεί σε εναλλαγές μάργας, κροκαλοπαγών και άμμου.

3.3 ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ (SH) - ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Αναφέρεται η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη παραγωγή και φώραση οριζόντια πολωμένων εγκάρσιων σεισμικών κυμάτων (SH) και η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους για τον προσδιορισμό της ταχύτητα αυτών σε χαλαρούς επιφανειακούς σχηματισμούς. Γενικά, με την εκτέλεση σεισμικών διασκοπήσεων ήταν δυνατό να ορισθούν με λεπτομέρεια ορισμένες ελαστικές σταθερές των πετρωμάτων, όπως : μέτρο ελαστικότητας (Young modulus), μέτρο ακαμψίας (Regidity modulus) και λόγος Poisson (ν).

Η γνώση των σταθερών αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά το σχεδιασμό θεμελιώσεων έργων υποδομής.

Οι θέσεις όπου έγιναν οι μετρήσεις δίνονται σε τοπογραφικά διαγράμματα, καθώς επίσης τα αποτελέσματα και η ερμηνεία τους σε αντίστοιχες εδαφικές τομές.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 13

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΣΦΑΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ.
ΧΑΡΤΗΣ ΙΣΟΣΕΙΣΤΩΝ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: **Ι. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ**, Καθηγητής
Κ.ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Επικ. Καθηγητής
Επιστ.Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Ν.ΔΕΛΗΜΠΑΣΗΣ, Επικ.Καθηγητής
Β. ΚΟΥΣΚΟΥΝΑ, Βοηθός
Ι.ΛΑΤΟΥΣΚΑΗΣ, Ερευνητής Γεωδυναμικού Ινστιτούτου
Ι.ΜΠΑΣΚΟΥΤΑΣ, Βοηθός
Δ.ΠΑΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, Βοηθός
Γ.ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Δρ. Σεισμολόγος

1. ΓΕΝΙΚΑ

Σκοπός της εγκατάστασης δικτύου επτά (7) φορητών σεισμογράφων στη περιοχή Καλαμάτας, ήταν η ακριβέστερη καταγραφή της σεισμικής δραστηριότητας και η παρακολούθηση της εξέλιξής της. Επίσης εγκαταστάθηκαν εκτός του ήδη υπάρχοντα άλλοι πέντε επιταχυνσιογράφοι και δημιούργησαν δίκτυο καταγραφής των εδαφικών

επιταχύνσεων σε περιοχές διαφορετικών εδαφικών συνθηκών της πόλης. Οι θέσεις του σεισμολογικού δικτύου φορητών σειсмоγράφων παρουσιάζονται σε χάρτη.

Τα στοιχεία συγκεντρώθηκαν, επεξεργάστηκαν και αξιολογήθηκαν με μεγάλη προσοχή, καθόσον η ακρίβεια των σεισμικών παραμέτρων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην αποτύπωση της θέσης του ρήγματος, καθώς επίσης και στη διαδικασία διάρρηξής του.

2. ΧΑΡΤΕΣ ΙΣΟΣΕΙΣΤΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ 13.09.1986

Αναφέρεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την γρήγορη και αξιόπιστη συλλογή πληροφοριών, με τη βοήθεια ειδικών ερωτηματολογίων, από τους γύρω νομούς αλλά και νομούς της Στερεάς Ελλάδας, των Ιονίων νήσων και της Κρήτης.

Με τον τρόπο αυτό, προέκυψε για κάθε χωριό ή πόλη η μακροσεισμική ένταση που αντιπροσωπεύει το μέτρο των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου σεισμού. Η κλίμακα εντάσεων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η δωδεκαβάθμια τροποποιημένη Mercalli (MM).

Το τελικό αποτέλεσμα της προσπάθειας αυτής παρουσιάζεται στο χάρτη ισοσειστών που αφορά στον κύριο σεισμό της 13.09.1986 με συντεταγμένες 37.01°B , 22.17°A , και μέγεθος $M_s = 6.2$ (ΑΤΗ). Σύμφωνα με το χάρτη αυτό παρατηρήθηκε :

- (α) Η πλειόσειστος περιοχή ήτοι η περιοχή Καλαμάτας χαρακτηρίζεται από μια μέση ένταση 9-10 βαθμών της τροποποιημένης κλίμακας Mercalli MM.
- (β) Η ελάττωση του βαθμού των εντάσεων σε συνάρτηση με την απόσταση από το επίκεντρο είναι μεγάλη.
- (γ) Η μέγιστη μακροσεισμική ακτίνα που έγινε αισθητός ο σεισμός είναι περίπου 250km σε διεύθυνση ΒΒΔ έως ΝΝΑ, δηλαδή συμπίπτει με την διεύθυνση του Ελληνικού τόξου.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις και το χάρτη ισοσειστών συμπεραίνεται ότι η μακροσεισμική κατανομή του συγκεκριμένου σεισμού είναι χαρακτηριστική τόσο για

σεισμούς με πολύ μικρό εστιακό βάθος όσο και για σεισμούς της Δυτικής Ελλάδας κατά μήκος του Ελληνικού τόξου.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

3.1 ΚΥΡΙΟΣ ΣΕΙΣΜΟΣ - ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΣ ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΟΣ

Αναφέρονται σύντομα τα χαρακτηριστικά αναγραφής του κύριου σεισμού που έπληξε την Καλαμάτα, καθώς και του μεγαλύτερου μετασεισμού της ακολουθίας. Και οι δύο αυτοί σεισμοί καταγράφηκαν από τους εγκατεστημένους επιταχυνσιογράφους. Πληροφορίες επίσης συγκεντρώθηκαν και από οκτώ σταθμούς του Παγκόσμιου Σεισμολογικού Δικτύου (WWSSN).

Μετά την επεξεργασία των συγκεντρωθέντων στοιχείων, την ψηφιοποίηση των αναγραφών των P, PZ, SH κυμάτων και την παραγωγή συνθετικών αναγραφών, η σύγκρισή τους έδωσε για το μηχανισμό γένεσης του σεισμού της 13.09.1986 τις εξής πληροφορίες :

- (α) Το βάθος του σεισμού ήταν 6 - 8km
- (β) Πρόκειται για κανονικό ρήγμα κατά μήκος επιπέδου με διεύθυνση περίπου N35° και βυθίζεται προς τα δυτικά με κλίση περίπου 47°. Τα στοιχεία συμφωνούν με τις επιφανειακές εκδηλώσεις που παρατηρήθηκαν στο ύπαιθρο.

Σημειώνεται δε ότι οι παραπάνω διαπιστώσεις βρίσκονται σε συμφωνία με τις αντίστοιχες παραμέτρους που δημοσιεύτηκαν από το Αμερικανικό Σεισμολογικό Κέντρο NEIS.

3.2 ΛΟΙΠΗ ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

- (α) Η εξέλιξη της μετασεισμικής σειράς ήταν κανονική, δηλαδή η ελάττωση του πλήθους των μετασεισμών με την πάροδο του χρόνου ακολούθησε τον εκθετικό νόμο όπως στις περισσότερες των περιπτώσεων των Ελληνικών μετασεισμικών

σειρών. Η μετασεισμική δράση πλησίασε τη συνήθη, σεισμικό υπόβαθρο που υπήρχε στην περιοχή πριν από το σεισμό της 13.09.1986.

- (β) Υπάρχουν διαθέσιμα στον Ο.Α.Σ.Π. λεπτομερή Ιστογράμματα της συχνότητας των σεισμών ανά δίκτυο για τους δύο πρώτους μήνες μετά τη σεισμική έξαρση της Καλαμάτας.
- (γ) Τα σεισμικά μεγέθη, συμπεριλαμβανομένου και του κύριου μετασεισμού, ήσαν σε συμφωνία με αντίστοιχες μετασεισμικές σειρές άλλων Ελληνικών σεισμών.
- (δ) Τόσο από εργαστηριακές όσο και επί τόπου παρατηρήσεις φάνηκε ότι δεν υπήρξε ουσιώδης και συστηματική μετανάστευση επικέντρων, σε γειτονικό σεισμογόνο χώρο.
- (ε) Η περιοχή του ίδιου σεισμογόνου χώρου του κύριου σεισμού, καθορίστηκε σε διαστάσεις 20km μήκος επί 10km πλάτος σε διεύθυνση Β-Ν.

Αναφέρεται ο τρόπος εργασίας και η μεθόδευση του προγράμματος καταγραφών και παρατηρήσεων, έτσι ώστε να γίνει συστηματική εκμετάλλευση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν.

Αυτό επιτελέθει μεταξύ άλλων με το πυκνό δίκτυο φορητών σεισμογράφων που εγκαταστάθηκε στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας.

Οι καταγραφές επέτρεψαν την ανάλυση και τον προσδιορισμό των ακολούθων στοιχείων :

- (α) Καθορισμός εστιακών παραμέτρων, όπως χρόνος γέννησης, γεωγραφικές συντεταγμένες, εστιακό βάθος
- (β) Καθορισμός μοντέλου δομής Φλοιού
- (γ) Υπολογισμός σεισμικού μεγέθους
- (δ) Κατανομή μετασεισμών

Η λεπτομερής ανάλυση και επεξεργασία όλων των στοιχείων και πληροφοριών που αφορούσαν στο κύριο σεισμό της 13.09.1986 και της μετασεισμικής ακολουθίας, έδειξε τα εξής :

- (α) Ο κύριος σεισμός ήταν αποτέλεσμα διάρρηξης κανονικού ρήγματος σε επίπεδο με διεύθυνση N 35° και κλίση προς τα Δυτικά, περίπου 47°.
- (β) Η περιοχή που ενεργοποιήθηκε, σαν συνέπεια αυτού, είχε διαστάσεις 10 X 20 km κατά τη διεύθυνση B-N με το νοτιότερο τμήμα της σχεδόν στην πόλη της Καλαμάτας.
- (γ) Το βάθος τόσο του κύριου σεισμού όσο και των μετασεισμών, ήταν της τάξης 0-10 km με την μεγαλύτερη συγκέντρωση μεταξύ 4-8 km. Αυτό σε σχέση και με τη μικρή επικεντρική απόστασή τους, δικαιολογεί τις εκτεταμένες καταστροφές στην πόλη της Καλαμάτας.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 14

ΦΟΡΕΑΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ:
ΠΡΩΤΕΣ ΕΔΑΦΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: Γ. ΓΚΑΖΕΤΑΣ, Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

1. ΓΕΝΙΚΑ

Γίνεται μια πρώτη εκτίμηση των δυναμικών παραμέτρων των εδαφικών στρώσεων σε εννέα χαρακτηριστικές θέσεις στην πόλη της Καλαμάτας καθώς και μερικές πρώτες παρατηρήσεις και πιθανές ερμηνείες των διαφορών μεταξύ των δύο επιταχυνσιογραφημάτων του σεισμού της 13.9.86 και του διαφορετικού μεγέθους των βλαβών σε διάφορες περιοχές της πόλης της Καλαμάτας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή εξειδανικευμένων εδαφικών τομών, όπου δίδονται συναρτήσει του βάθους η στρωματογραφία, το διάγραμμα κρούσεων δοκιμής πρότυπης διείδυσης (SPT) και το δυναμικό μέτρο διάτμησης.

Δίδονται επίσης φάσματα οριζόντιων επιταχύνσεων για τις δύο διαφορετικές θέσεις εγκαταστημένων επιταχυνσιογράφων στην Καλαμάτα και συγκρίνονται με φάσματα ιστορικών καταγραφών σε διάφορα εδαφικά "profile" της Ιαπωνίας. Δίνονται επίσης και φάσματα εδαφικής απόκρισης στη μία από τις παραπάνω θέσεις με βάση τη διέγερση του σεισμογραφήματος EUREKA.

Η έκθεση αποτελείται από δύο μέρη :

- A. Καθορισμός εδαφικού μοντέλου και προκαταρκτική εκτίμηση δυναμικών παραμέτρων τυπικών εδαφικών τομών και
- B. Πρώτες παρατηρήσεις και ερμηνείες ως προς τον πιθανό ρόλο των εδαφικών συνθηκών.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ

Κατα' αρχής εκτιμώνται οι εδαφικές στρώσεις στην πόλη της Καλαμάτας με βάση τα πρώτα αποτελέσματα ερευνών του ΚΕΔΕ, ήτοι στατικές πενετρομετρήσεις, γεωτρήσεις με δοκιμές πρότυπης διείδυσης (SPT).

Με βάση τη θέση του ρήγματος και τις υψηλές κορυφαίες τιμές των επιταχύνσεων γίνονται οι ακόλουθες υποθέσεις :

- α) μη γραμμικής - ανελαστικής συμπεριφοράς των εδαφικών στρωμάτων καθώς και
- β) κατακόρυφης άφιξης των σεισμικών κυμάτων στην επιφάνεια.

Σύμφωνα με αυτές τις υποθέσεις επιλέγεται το μονοδιάστατο ανακυκλιζόμενο υπερβολικό μοντέλο εδαφικής συμπεριφοράς, το οποίο απαιτεί για την περιγραφή της μηχανικής συμπεριφοράς κάθε εδαφικής στρώσης τον προσδιορισμό των παραμέτρων :

- αρχικό εφαπτομενικό μέτρο διάτμησης G_0 (για πολύ μικρές παραμορφώσεις)
- μέγιστη οριζόντια διατμητική αντίσταση τ_{max} η οποία μπορεί δύναται να προσδιορισθεί όταν το εδαφικό δοκίμιο υποβάλλεται σε απλή διάτμηση.
- Ρεαλιστική εκτίμηση των παραπάνω παραμέτρων είναι δυνατή μόνο από αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών CROSS - HOLE και εργαστηριακών δοκιμών συντονισμού.

Με σκοπό την προκαταρκτική προεκτίμηση των G_0 , τ_{\max} χρησιμοποιούνται εμπειρικές σχέσεις από τη διεθνή βιβλιογραφία. Χρησιμοποιήθηκαν η εντατική κατάσταση στο βάθος της στρώσης που εξετάζεται καθώς και ο αριθμός των κρούσεων της δοκιμής πρότυπης διείσδυσης (SPT).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή εξειδανικευμένων εδαφικών “profile”, όπου δίδονται η στρωματογραφία, το διάγραμμα κρούσεων SPT και το διάγραμμα δυναμικού μέτρου διάτμησης.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΡΩΤΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΠΙΘΑΝΟ ΡΟΛΟ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Δύο επιταχυνσιογράφοι κατέγραψαν τους κραδασμούς στα υπόγεια δύο κτιρίων σε δύο διαφορετικές τοποθεσίες της πόλης, που απέχουν 600m. Στις καταγραφές των δύο επιταχυνσιογράφων παρατηρούνται τρεις αξιόλογες διαφορές ως προς την κορυφαία τιμή της κατακόρυφης συνιστώσας της επιτάχυνσης, το φασματικό περιεχόμενο των οριζόντιων συνιστωσών της επιτάχυνσης καθώς και των φασματικών επιταχύνσεων στην περιοχή ενδιάμεσων περιόδων.

Τίθενται τα ερωτήματα για τις αιτίες των διαφορών των δύο καταγραφών και των διαφοροποιήσεων του ποσοστού σοβαρών βλαβών στις οικοδομές διαφόρων περιοχών της πόλης. Στα ερωτήματα αυτά πρέπει να απαντήσει η Μικροζωνική Μελέτη Καλαμάτας.

Συγκρίνοντας τα εδαφικά προφίλ στις θέσεις I (ΟΤΕ) και II (Νομαρχία) παρατηρείται ότι το υπέδαφος στη θέση II είναι πιο δύσκαμπτο από ότι το υπέδαφος I. Εξάγεται το συμπέρασμα ότι η επίδραση των τοπικών εδαφικών συνθηκών προσφέρει μια πρώτη πιθανή ποιοτική εξήγηση των διαφορών στο φασματικό περιεχόμενο των οριζοντίων συνιστωσών των δύο κραδασμών.

Γίνεται δυναμική κυματική ανάλυση της ανελαστικής συμπεριφοράς του εδάφους στη θέση I με βάση την απόκριση του εδάφους στη διέγερση του σεισμογραφήματος EUREKA.

Συγκρίνεται το δημιουργηθέν επιταχυνσιογράφημα με το καταγραφμένο καθώς και ποιοτική ερμηνεύεται η μορφή του φάσματος στη θέση Ι, σε σχέση με τη μορφή τις συνθήκες του υπεδάφους. Θεωρείται όμως πιθανόν ότι και άλλα φαινόμενα, π.χ. η αλληλεπίδραση εδάφους - κατασκευής, ευθύνονται για τη μορφή του φάσματος.

Την έκθεση συνοδεύουν τα εξής :

1. Σχήματα επιλεγέντων προσομοιωμάτων
2. Εδαφικές τομές, Δυναμικές παράμετροι εδάφους σε εννέα θέσεις της πόλης
3. Σκαρίφημα θέσεων γεωτρήσεων που αξιολογήθηκαν και θέσεων καταγραφών επιταχυνσιογραφημάτων
4. Φάσματα οριζόντιων επιταχύνσεων στις δύο θέσεις στην Καλαμάτα
5. Φάσματα ιστορικών καταγραφών σε διάφορα εδαφικά "profiles" στην Ιαπωνία
6. Φάσματα διέγερσης και απόκρισης στη θέση Ι με το σειсмоγράφημα EUREKA

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 15

ΦΟΡΕΑΣ: Κ.Ε.Δ.Ε
ΔΙΕΘΥΝΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ (ΕΚ1)

ΘΕΜΑ: ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΣΤ. ΧΡΙΣΤΟΥΛΑΣ, Δρ. Πολ. Μηχανικός, Δ/ντής ΕΚ1
Χ. ΖΕΡΒΟΓΙΑΝΝΗΣ, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Χ.Β.ΚΩΝΣΤΑΝΙΝΙΔΗΣ, Τεχνικός Γεωλόγος, MSc
Γ.ΜΠΟΥΚΩΒΑΛΑΣ, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Μ. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ, Τεχνικός. Γεωλόγος
Γ. ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ Τεχνικός Γεωλόγος, M.Sc

1. Γ Ε Ν Ι Κ Α

Αναφέρονται οι ενέργειες της Διεύθυνσης ΕΚ1 του ΚΕΔΕ, που είχαν σχέση με τον προγραμματισμό και την ταχεία υλοποίηση των επί τόπου γεωτεχνικών ερευνών στην Καλαμάτα, στο πλαίσιο της Μικροζωνικής Μελέτης.

Μετά το πέρας των εργασιών υπαίθρου η επιστημονική ομάδα της Διεύθυνσης ΕΚ1 επεξεργάσθηκε τα αποτελέσματα.

2. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Παρουσιάζονται γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες που είχαν εκτελεσθεί πριν από το σεισμό της 13.9.86 στη Καλαμάτα, καθώς επίσης και οι έρευνες που προγραμματίστηκαν και εκτελέσθηκαν από τη Δ/νση ΕΚ1 μετά το σεισμό της 13.9.86.

Αναλυτικά το γεωτεχνικό ερευνητικό πρόγραμμα περιλάμβανε :

A. Ερευνες Υπαιθρου

Γεωτρήσεις δειγματοληψίας: Συνολικά εκτελέσθηκαν 25 γεωτρήσεις στην περιοχή Καλαμάτας. Κατά την Α' φάση, έως Δεκέμβριο 1986, εκτελέσθηκαν εννέα γεωτρήσεις και κατά τη Β' φάση, έως Ιούνιο 1987, εκτελέσθηκαν 16 γεωτρήσεις..

Δοκιμές Πρότυπης Διείσδυσης (SPT): Εκτελέσθηκαν κατά τη διάρκεια κάθε γεώτρησης και καθόλο το βάθος της.

Μετρήσεις στάθμης υδροφόρου ορίζοντα (Σ.Υ.Ο.): Έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των γεωτρήσεων, καθώς επίσης και για εκτενέστερη χρονική περίοδο με τη βοήθεια πιεζομέτρων - σταθμημέτρων, που τοποθετήθηκαν στις γεωτρήσεις.

Δοκιμές Διείσδυσης Κώνου (CPT): Εκτελέσθηκαν στη πόλη της Καλαμάτας με το στατικό πενετρόμετρο, τύπος GOUDA 200 KN. Συνολικά έγιναν 91 δοκιμές που κυμαίνονταν από 10m έως 35m βάθος.

Δοκιμές CROSS-HOLE: Εκτελέσθηκαν τέσσερις από τις ειδικές αυτές δοκιμές στις θέσεις των γεωτρήσεων Γ12, Γ14, Γ19, Γ26 για να προσδιορισθεί η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων διαμέσου των εδαφικών στρώσεων.

Για όλες τις παραπάνω έρευνες υπαιθρου, δίνονται διαγράμματα για κάθε θέση καθώς και πίνακες με πληροφοριακά στοιχεία.

Β. Εργαστηριακή έρευνα

Το πρόγραμμα των εργαστηριακών δοκιμών σε δείγματα που λήφθηκαν από τις γεωτρήσεις στη πόλη της Καλαμάτας, εκτελέσθηκε στο εργαστήριο της Δ/σης ΕΚ1. Σημειώνεται ότι μερικά από τα αδιατάρακτα δείγματα στάλθηκαν στα εργαστήρια του Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής των Πανεπιστημίων Πατρών και Θράκης, προκειμένου να εκτελεσθούν ειδικές δοκιμές. Στο Παράρτημα της μελέτης του ΚΕΔΕ γίνεται εκτενής παρουσίαση σε πίνακες και διαγράμματα, των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών.

3. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Στη συνέχεια γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων και στοιχείων από τις έρευνες υπαίθρου και τις εργαστηριακές δοκιμές.

3.1 ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Οι καστανοκίτρινες ιλυώδεις μάργες με ενστρώσεις ιλυωδών άμμων που εξελίσσονται σε τέφρες - τεφροκύανες μάργες, αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της πόλης της Καλαμάτας. Στην περιοχή της παραλίας, οι σχηματισμοί συναντώνται σε βάθος που υπερβαίνει τα 70m.

Τοπικά εμφανίζονται καλά συγκολλημένα κροκαλοπαγή, υπερκείμενα των νεογενών σχηματισμών.

Σχετικά με τις προσχώσεις του ποταμού Νέδοντα, διακρίνονται οι παλαιότερες, αποτελούμενες από :

- (α) Καστανότεφρα αμμοχάλικα με κροκάλες καθώς και καστανές - καστανοκίτρινες άμμοι, άργιλοι σε εναλλασσόμενες στρώσεις.
- (β) Χαλαρά έως ημι-συνεκτικά κροκαλοπαγή που εμφανίζονται είτε σαν στρώματα, είτε σαν φακοί.

(γ) Καστανές, κατανέρυθρες αμμώδεις άργιλοι με χαλίκια και κροκάλες

και οι πρόσφατες αποθέσεις που καταλαμβάνουν επιφανειακά το μεγαλύτερο τμήμα της πόλης και αποτελούνται από :

(α) Τεφρά ιλυώδη αμμοχάλικα

(β) Τεφρές άμμους και ιλείς.

3.2 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ

Με βάση την παραπάνω λιθολογική δομή, διακρίθηκαν 5 γεωλογικές- γεωτεχνικές ενότητες του υπεδάφους της Καλαμάτας, των οποίων τα χαρακτηριστικά αναφέρονται λεπτομερώς στην έκθεση της μελέτης.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: Τεφρή ιλύς - Άμμος - Άμμοϊλύς και Τεφρό ιλυώδες Αμμοχάλικο (GM, SM, SC, ML)

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Καστανή - Καστανέρυθρη Άργιλος - Άμμος (CL, ML, CL-ML, SC, SM)

ΕΝΟΤΗΤΑ 3: Μικτή φάση:

α) Καστανότεφρο αμμοχάλικο και κροκάλες

β) Καστανή - Καστανοκίτρινη Άμμος - Ιλύς (GM, GL, SM, SC, ML, CL, SP).

ΕΝΟΤΗΤΑ 4: Κροκαλοπαγές

ΕΝΟΤΗΤΑ 5: Μάργες (CL, ML, CL,ML, SM).

3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (CPT)

Οι δοκιμές CPT αναφέρονται κύρια στα πρόσφατα επιφανειακά στρώματα, δηλαδή στις γεωτεχνικές ενότητες 1, 2 και 3. Το σύνολο των αποτελεσμάτων των δοκιμών αυτών, παρουσιάζεται σε Παράρτημα της μελέτης.

Επίσης αξιολογούνται τα αποτελέσματα των CPT και παρουσιάζονται σε διαγράμματα. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν αναφέρονται στην αστράγγιση διατμητική αντοχή των αργιλικών εδαφών (cu) και στη γωνία εσωτερικής τριβής (φ) των ιλυωδών - αμμωδών σχηματισμών.

3.4 ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Με βάση τα στοιχεία από τις έρευνες, την επεξεργασία και αξιολόγηση τους, συντάχθηκαν 8 γεωλογικές - γεωτεχνικές τομές και 2 τεχνικογεωλογικοί χάρτες της πόλης της Καλαμάτας που συνοδεύουν τη μελέτη.

Οι βασικές παρατηρήσεις που διατυπώνονται είναι :

- (α) Η επιφανειακή εξάπλωση της ενότητας 1 ακολουθεί γενικά τη κοίτη του Νέδοντα ποταμού και έχει μεγάλο πάχος (20m.) προς την παραλία
- (β) Το μαργαϊκό υπόβαθρο είναι εντονότερο στη βόρεια περιοχή της πόλης.
- (γ) Η Ενότητα 3 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εξάπλωση στην περιοχή της πόλης.
- (δ) Εντοπίσθηκαν δύο κύριοι ορίζοντες κροκαλοπαγών.

3.5 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Διαπιστώνεται ότι στην περιοχή της πόλης της Καλαμάτας η αντοχή του εδάφους από στατική άποψη είναι σχετικά ικανοποιητική.

Δίνεται πλήρης πίνακας ενδεικτικών τιμών των επιτρεπόμενων τάσεων, με βάση της δοκιμές πενετρομετρήσεων.

4. ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΔΑΦΟΥΣ

Εκτελέσθηκαν επί τόπου δοκιμές CROSS-HOLE με σκοπό τη μέτρηση της ταχύτητας μετάδοσης των διατμητικών κυμάτων (SV) στο έδαφος.

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών, εκτιμήθηκε το ελαστικό μέτρο διάτμησης (G_0). Η γνώση της τιμής του G_0 απαιτείται για την θεωρητική ανάλυση της δυναμικής απόκρισης του εδάφους σε σεισμό και για τον υπολογισμό φασμάτων σχεδιασμού στην επιφάνεια του εδάφους.

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων από τις επιτόπου δοκιμές, συσχετίθηκαν οι μετρήσεις CROSS-HOLE και τα αποτελέσματα των δοκιμών SPT σε συνάρτηση με τους διάφορους εδαφικούς σχηματισμούς, που συναντώνται στο υπέδαφος της πόλης.

Οι εδαφικοί σχηματισμοί της Καλαμάτας χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και ικανοποιητικός βαθμός αξιοπιστίας.

Ομάδα Α: Συνεκτικά εδάφη (Άργιλοι-Μάργες)

Ομάδα Β: Μη συνεκτικά εδάφη (Άμμοι-Ιλύες)

Ομάδα Γ: Αμμοχάλικα

Οι εμπειρικές συσχετίσεις και τα συνοπτικά αποτελέσματά παρουσιάζονται αναλυτικά σε πίνακες και διαγράμματα.

Συσχετίστηκαν επίσης οι δοκιμές CROSS-HOLE με τα αποτελέσματα των δοκιμών CPT.

Τέλος, συσχετίστηκαν η τιμή του δυναμικού μέτρου διάτμησης G_0 , που προέκυψε από δοκιμές CROSS-HOLE με αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών όπως ανεμπόδιστη θλίψη και τριαξονική θλίψη (UU).

Σημειώνεται ότι οι εμπειρικές συσχετίσεις αναφέρονται μόνο στους αργιλικούς και μαργαϊκούς εδαφικούς σχηματισμούς της Καλαμάτας.

5. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στην περίπτωση της Καλαμάτας, η σεισμική κίνηση έχει καταγραφεί μόνο στην επιφάνεια του εδάφους. Η κίνηση όμως αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με το πάχος και το είδος των εδαφικών στρώσεων μέχρι το βραχώδες υπόβαθρο.

Από τις γεωτεχνικές έρευνες στην περιοχή, παρατηρήθηκε ανομοιομορφία τόσο στο βάθος του βραχώδους υποβάθρου, όσο και στη σύσταση των υπερκείμενων σχηματισμών.

Ο διαχωρισμός της Καλαμάτας σε ζώνες έγινε με βάση τη θεμελιώδη περίοδο ταλάντωσης των εδαφικών στρώσεων. Αυτός ο διαχωρισμός βέβαια δεν αντιπροσωπεύει τον διαχωρισμό Μικροζωνικής Μελέτης, αλλά χρησιμεύει για ποιοτική εκτίμηση της συμπεριφοράς του εδάφους στη πόλη της Καλαμάτας.

Στη συνέχεια αναπτύσσεται, η μεθοδολογία υπολογισμού της θεμελιώσους περιόδου ταλάντωσης του εδάφους με τη βοήθεια προσομοίωσης της εδαφικής τομής.

Η αξιολόγηση της μεθόδου υπολογισμού και η κωδικοποίησή της, υπό μορφή προγράμματος Η/Υ ("SEISMOS"), έγινε συγκρίνοντας με αναλυτικές σχέσεις όπως επίσης και με αριθμητικές επιλύσεις του προβλήματος της μονοδιάστατης μετάδοσης σεισμικών κυμάτων μέσα στο έδαφος.

Στην έκθεση επίσης δίνονται διαγράμματα, στα οποία παρουσιάζεται το φάσμα απόκρισης που προέκυψε από ανάλυση με το πρόγραμμα Η/Υ "SHAKE" καθώς επίσης και από ανάλυση με το πρόγραμμα Η/Υ "MPLE".

Συγκρίνοντας τα παραπάνω διαγράμματα συμπεραίνεται ότι η απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, απόλυτα συμβιβαστά με τις απαιτήσεις της μελέτης.

Σχετικά με το μέγιστο μέτρο διάτμησης G_0 , η μέτρησή του έγινε επί τόπου μόνο στις θέσεις που έγιναν δοκιμές CROSS-HOLE. Για τις άλλες θέσεις έγινε εκτίμησή του με βάση εμπειρικές και μόνο σχέσεις.

Εκτιμήσεις έγιναν επίσης για τη μη γραμμική συμπεριφορά του εδάφους καθώς και για τη θέση του βραχώδους υποβάθρου στη περιοχή της Καλαμάτας.

6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΜΕ ΤΡΟΠΟ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

6.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΜΕ ΤΡΟΠΟ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Η προσπάθεια που έγινε για να μελετηθεί η επίδραση του τρόπου θεμελίωσης στην εκδήλωση αστοχιών από το πρόσφατο σεισμό, βασίστηκε σε 49 περιπτώσεις πολυορόφων οικοδομών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι θέσεις των οικοδομών αυτών δίνονται σε τοπογραφικό διάγραμμα.

Σχετικά με τις παρατηρηθείσες ζημιές στην ανωδομή, οι οικοδομές χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες.

Από τους συσχετισμούς που έγιναν φαίνεται πρώτον ότι οι οικοδομές με μεμονωμένα πέδιλα χωρίς συνδετήριους δοκούς παρουσίασαν αυξημένη τρωτότητα στο σεισμό σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους θεμελίωσης και δεύτερον, ότι στο συγκεκριμένο σεισμό η τρωτότητα της ανωδομής αυξάνεται αντιστρόφως ανάλογα με την ακαμψία της θεμελίωσης.

6.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το πρώτο βήμα στη προσπάθεια συσχέτισης των ζημιών από τον σεισμό με τις εδαφικές συνθήκες ήταν η καταγραφή των ζημιών σε κτίρια της πόλης της Καλαμάτας.

Αυτή η εργασία έγινε από ομάδες μηχανικών του ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τον ΟΑΣΠ και βρισκόταν σε εξέλιξη κατά το χρόνο εκπόνησης της παρούσας μελέτης από το Κ.Ε.Δ.Ε. Τα αποτελέσματα της καταγραφής αυτής δίνονται συνολικά για ολόκληρη τη πόλη της Καλαμάτας, και χωριστά για κάθε περιοχή.

Το δεύτερο βήμα για τη συσχέτιση ήταν η ολοκληρωμένη γνώση των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών του εδάφους της Καλαμάτας. Από τις έρευνες που έγιναν από το ΚΕΔΕ στη φάση αυτή, συμπεραίνεται σε γενικές γραμμές ότι το υπέδαφος αποτελείται από : επιφανειακούς σχηματισμούς αμμοχαλίκων με μεταβλητή

περιεκτικότητα σε άργιλο και ιλύ και μεταβλητή πυκνότητα, βαθύτερους μαργαϊκούς σχηματισμούς που έπαιξαν και ρόλο βραχώδους υπόβαθρου κατά τη διάδοση των σεισμικών κυμάτων με ταχύτητα $V_s > 900$ m/sec και $V_p > 1400$ m/sec.

Οι εκτιμήσεις αυτές έγιναν με βάση το φάσμα απόκρισης του κύριου σεισμού και του μεγαλύτερου μετασεισμού. Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω έγινε προσπάθεια συσχετισμού των ζημιών με το υπέδαφος της περιοχής, με τη βοήθεια διαγραμμάτων στα οποία παρουσιάζεται η τρωτότητα των οικοδομών σε σχέση με το είδος και το πάχος των σχηματισμών για διάφορες περιοχές της Καλαμάτας, χάρτης κατανομής τρωτότητας.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά τα σπουδαιότερα των συμπερασμάτων από την έρευνα και μελέτη της Δ/σης ΕΚ1 του ΚΕΔΕ :

- (α) Το υπέδαφος της Καλαμάτας παρουσιάζει σημαντική ανομοιογένεια που εκδηλώνεται τόσο σε βάθος όσο και σε οριζόντια ανάπτυξη.
- (β) Το Νεογενές υπόβαθρο της πόλης δομείται από αργιλικές ή ιλυώδεις μάργες, υψηλής αντοχής και μικρής παραμορφωσιμότητας. Το βάθος του υποβάθρου αυξάνει από διεύθυνση Βορρά προς Νότο.
- (γ) Από το υπόβαθρο αυτό έως την επιφάνεια, το έδαφος δομείται από εναλλασσόμενες στρώσεις αργίλων - αμμουλλύος - αμμοχαλίκων- κροκαλοπαγών.
- (δ) Η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις, το δε βάθος της από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους μειώνεται με διεύθυνση από Βορρά προς Νότο.
- (ε) Λεπτομερής εκτίμηση της δυναμικής απόκρισης του εδάφους και διαχωρισμός της πόλης σε ζώνες διαφορετικής σεισμικής καταπόνησης, απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό δοκιμών μέτρησης των δυναμικών χαρακτηριστικών του εδάφους. Πρέπει

να τονισθεί ότι η υποκατάσταση των μετρήσεων από εμπειρικές σχέσεις ενέχει σημαντική αβεβαιότητα.

- (στ) Από την άποψη της δυναμικής συμπεριφοράς του εδάφους, είναι δυνατό να διαχωριστεί η πόλη σε τρεις τουλάχιστον ζώνες : Α, Β, Γ, με θεμελιώδεις περιόδους για κάθε ζώνη αντίστοιχα σε $0.25\text{sec} < T_s < 0.45\text{sec}$ και $0.45\text{sec} < T_{\text{sec}}$. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε ύστερα από απλοποιημένη εκτίμηση και ανάλυση της δυναμικής απόκρισης του εδάφους.
- ζ) Σχετικά με τις ζημιές στη πόλη της Καλαμάτας παρατηρήθηκε ότι, στη ζώνη Α υπήρξε σχετικά αυξημένη καταπόνηση κτιρίων με 1 έως 3 ορόφους και στη ζώνη Β κτιρίων με 3 έως 6 ορόφους. Η σεισμική καταπόνηση όλων γενικά των κτιρίων στη ζώνη Γ ήταν σχετικά μειωμένη.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 16

ΦΟΡΕΑΣ: 1. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
2. ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: Γ.ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ, Επικ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Δ.ΧΡΥΣΙΚΟΣ, Επιστ. Συνεργάτης,
Π. ΜΠΟΥΣΙΑΣ, Ε.Μ.Υ.

1. Γ Ε Ν Ι Κ Α

Εκτελέσθηκαν επί τόπου δοκιμές Cross-Hole και εργαστηριακές δοκιμές συντονισμού σε αδιατάρακτο δείγμα. Η έκθεση περιγράφει τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, παρουσιάζει και αξιολογεί τα αποτελέσματα των δοκιμών και καταλήγει σε συμπεράσματα και προτάσεις για την αξιοποίησή τους κατά τη σύνταξη της μικροζωνικής μελέτης .

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ CROSS-HOLE

Περιγράφονται οι βασικές αρχές και δίνεται σύντομο ιστορικό της δοκιμής. Από τη δοκιμή Cross Hole προσδιορίζονται η ταχύτητα διατμητικών κυμάτων V_s , το δυναμικό μέτρο διάτμησης G_0 και ελαστικότητας E_0 , καθώς και ο συντελεστής Poisson ν για διατμητικές παραμορφώσεις μικρού πλάτους. Οι δοκιμές εκτελέσθηκαν σε έξι θέσεις της πόλης της Καλαμάτας με χρήση ζεύγους γεωτρήσεων και διείσδυση του δειγματοπλήκτη της Πρότυπης Δοκιμής Διείσδυσης ως πηγή διαταραχής στη γεώτρηση εκπομπής. Οι θέσεις των ερευνών δίνονται σε τοπογραφικό διάγραμμα.

Οι δοκιμές εκτελέσθηκαν στις παρακάτω θέσεις :

Γεωτρήσεις	Θέση
Γ12-Γ12(A)	Ναυαρίνου και Ηρώων
Γ14-Γ14(A)	Στρατόπεδο
Γ18-Γ18(A)	Παλαιολόγου & Μαυρομιχάλη
Γ19-Γ19(A)	Υπαπαντή
Γ26-Γ26(A)	Κολυμβητήριο
Γ27-Γ27(A)	Αριστείδου

Περιγράφεται λεπτομερώς η ακολουθούμενη μεθοδολογία. Τα αποτελέσματα δίδονται υπό μορφή διαγραμμάτων μεταβολής της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων, μέτρου διάτμησης και κρούσεων N δοκιμής τυποποιημένης διείσδυσης SPT συναρτήσει του βάθους καθώς και υπό μορφή πινάκων οι τιμές των ταχυτήτων διατμητικού και διαμήκους κύματος, μέτρου διάτμησης και ελαστικότητας και συντελεστή Poisson για όλες τις θέσεις εκτέλεσης δοκιμών. Δίδονται επίσης και οι καταγραφές των σεισμικών κυμάτων.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

Περιγράφονται οι βασικές αρχές και δίνεται σύντομο ιστορικό της δοκιμής. Από τη δοκιμή συντονισμού σε στρεπτική διέγερση προσδιορίζονται το δυναμικό μέτρο διάτμησης και ο συντελεστής απόσβεσης για διατμητικές παραμορφώσεις μέχρι 1.5×10^{-4} .

Εκτελέσθηκαν δοκιμές σε ένα αδιατάρακτο δείγμα μάργας από τη γεώτρηση Γ14, περιοχή Στρατόπεδο στη συσκευή συντονισμού του εργαστηρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής Πανεπιστημίου Πατρών, σύμφωνα με τις προδιαγραφές D 4015-B1 της ASTM.

Διερευνήθηκε η επίδραση της διάρκειας συμπίεσης, του μεγέθους συμπίεσης και του μεγέθους διατμητικής παραμόρφωσης στις δυναμικές ιδιότητες του δείγματος.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό μορφή διαγραμμάτων μέτρου διάτμησης G_0 συναρτήσει του χρόνου, μέτρου διάτμησης G_0 συναρτήσει της πλευρικής πίεσης, λόγου G/G_0 συναρτήσει της διατμητικής παραμόρφωσης και λόγου απόσβεσης D συναρτήσει της διατμητικής παραμόρφωσης.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

Από τη σύγκριση των εργαστηριακών δοκιμών συντονισμού και επί τόπου δοκιμών Gross-Hole προκύπτει ότι το μέτρο διάτμησης που μετρήθηκε επί τόπου είναι 2.6 φορές μεγαλύτερο από το εργαστηριακό. Η διαφορά οφείλεται στα διαφορετικά εφαρμοζόμενα πλάτη παραμόρφωσης, στη διαταραχή που συνοδεύει τη δειγματοληψία και προετοιμασία του δοκιμίου καθώς και στην προσωρινή αποφόρτιση και επαναφόρτιση που συνεπάγεται η δειγματοληψία.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αναφέρονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της έρευνας :

- (α) Οι επί τόπου μετρήσεις Cross Hole έδωσαν τιμές διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων V_s και του μέτρου διάτμησης G_0 συναρτήσει του βάθους, σε έξι χαρακτηριστικές εδαφικές τομές του υπεδάφους της πόλης της Καλαμάτας, μέχρι μέγιστο βάθος 51m.

(β) Τα αποτελέσματα επεκτείνονται προσεγγιστικά μέχρι το βάθος του άκαμπτου υποβάθρου. Γίνεται δεκτό ότι το εδαφικό υλικό του άκαμπτου υποβάθρου χαρακτηρίζεται από τιμές $V_s > 750\text{m/s}$ και $G_o > 1000\text{mpa}$.

Προσδιορίστηκαν προσεγγιστικά το βάθος του άκαμπτου υποβάθρου :

γεώτρηση Γ19, περιοχή Υπαπαντή, βάθος $H = 37\text{m}$

γεώτρηση Γ14, περιοχή Στρατόπεδο, βάθος $H = 45\text{m}$

γεώτρηση Γ18, οδός Παλαιολόγου & Μαυρομιχάλη, βάθος $H = 54\text{m}$

γεώτρηση Γ26, περιοχή Κολυμβητήριο, βάθος $H = 65\text{m}$

γεώτρηση Γ12, περιοχή Ναυαρίνου, βάθος $H = 83\text{m}$

(γ) Οι εργαστηριακές δοκιμές συντονισμού έδωσαν τιμές λόγου απόσβεσης D και λόγου G/G_o του μαργαϊκού στρώματος υπεδάφους Καλαμάτας για τιμές διατμητικής παραμόρφωσης από 10^{-5} μέχρι 1.5×10^{-4} .

(δ) Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της δοκιμής Cross-Hole και της δοκιμής συντονισμού έδειξε ότι συμφωνία επιτυγχάνεται μόνον όταν ληφθεί υπόψη η διάρκεια συμπίεσης κατά τη δοκιμή συντονισμού σε συνδυασμό με την ηλικία του εδαφικού στρώματος.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 17

ΦΟΡΕΑΣ : ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ : ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: Κ.ΠΙΤΙΛΑΚΗΣ, Επικ. Καθηγητής
Επιστημονικός υπεύθυνος

ΓΕΝΙΚΑ

Στην έκθεση αξιολογείται η μεθοδολογία υπολογισμού της δυναμικής απόκρισης του εδάφους σε σχέση με παρατηρήσεις από τον πρόσφατο σεισμό και γίνονται μερικοί πρώτοι υπολογισμοί της δυναμικής απόκρισης των εδαφών.

1. ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Μελετήθηκε η κλασσική μονοδιάστατη εδαφική απόκριση με χρήση του προγράμματος H/Y SHAKE. Χρησιμοποιήθηκαν ως σεισμοί σχεδιασμού στο βραχώδες υπέδαφος το επιταχυνσιογράφημα που προκύπτει από την αντιστροφή της καταγραφής WE της 13.09.1986 στη Νομαρχία και το συνθετικό επιταχυνσιογράφημα που προτάθηκε για $M_s=6.5$ από το Εργαστήριο Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Με βάση το σεισμό αντιστροφής της Νομαρχίας εξετάσθηκαν οι θέσεις: Κολυμβητήριο, Παλαιολόγου και Μαυρομιχάλη, Στρατόπεδο, Υπαπαντή, Ναυαρίνου και Ηρώων. Με

βάση το συνθετικό επιταχυνσιογράφημα εξετάσθηκαν οι θέσεις : Λιμεναρχείο, Νομαρχία.

Στις παραπάνω θέσεις υπήρχαν αποτελέσματα δοκιμών Cross-Hole.

2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν συνοψίζονται ακολούθως :

Στην Παλαιά Πόλη και γενικά στην βορειανατολική περιοχή της Καλαμάτας αναπτύχθηκαν κατά τον κυρίως σεισμό εξαιρετικά μεγάλες επιταχύνσεις 0.70g έως 1.20 g. Οι πραγματικές μέγιστες τιμές εκτιμάται ότι κυμαίνονται από 0.50g έως 0.85g. Η δεσπόζουσα περίοδος της κίνησης στην επιφάνεια T_p και η θεμελιώδης περίοδος T_0 της εδαφικής απόθεσης σχεδόν ταυτίζονται, $\approx 0.30\text{sec}$. Το γεγονός αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με το ποσοστό και το είδος των ζημιών στην περιοχή.

Στην περιοχή του Κολυμβητηρίου οι μέγιστες επιταχύνσεις στην επιφάνεια του εδάφους είναι σαφώς μικρότερες από εκείνες της Παλιάς Πόλης. Παρατηρείται επίσης ουσιαστική απόκλιση των τιμών T_0 εδαφικής απόθεσης και δόνησης T_p .

Στην παραλιακή ζώνη υπάρχει μεγαλύτερη μείωση των μέγιστων επιταχύνσεων στην επιφάνεια.

Το συνθετικό επιταχυνσιογράφημα δημιουργεί ερωτηματικά γύρω από την αξιοπιστία του, ειδικά σε ότι αφορά τα φάσματα S_a και S_v .

Η εκτίμηση του G_{max} αποκλειστικά από τις τιμές N της δοκιμής τυποποιημένης διείσδυσης SPT οδηγεί σε σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την εκτίμηση του G_{max} από την ταχύτητα των διατμητικών κυμάτων V_s των δοκιμών Cross- Hole.

3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Διατυπώνονται προτάσεις για την ολοκλήρωση της διερεύνησης της εδαφικής απόκρισης. Συγκεκριμένα προτείνεται :

- (α) Η πραγματοποίηση δοκιμών Cross-Hole στη Νομαρχία, στον ΟΤΕ (παλιό και νέο κτίριο) και στην περιοχή Νησάκι.
- (β) Η εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών προσδιορισμού δυναμικών χαρακτηριστικών των εδαφών σε χαρακτηριστικούς εδαφικούς σχηματισμούς.
- (γ) Η μελέτη σεισμού σχεδιασμού για τη συγκεκριμένη σεισμική δράση και για την πιθανότερη αναμενόμενη.
- (δ) Η συμπλήρωση της μελέτης της εδαφικής απόκρισης σε τρεις διαστάσεις, λαμβάνοντας υπόψη και το μηχανισμό διάρρηξης.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 18

ΦΟΡΕΑΣ: 13ΜΕΛΗΣ ΟΜΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ / Τ.Ε.Ε.- Ο.Α.Σ.Π.
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΚΩΝ/ΝΟΣ ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ ,Πολιτικός Μηχανικός
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΟΥΝΤΟΥΡΗΣ Πολιτικός Μηχανικός,
ΚΩΝ/ΝΟΣ ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ, Πολιτικός Μηχανικός
ΗΛΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ, Πολιτικός Μηχανικός
ΕΜΜΑΝ. ΚΛΑΠΑΤΣΕΑΣ, Πολιτικός Μηχανικός
ΛΙΛΑ ΚΟΛΟΜΒΟΥ, Πολιτικός Μηχανικός
ΝΙΚΗ ΝΤΑΝΟΥ, Αρχιτέκτων
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Σεισμολόγος
ΠΑΝ. ΠΑΠΑΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Δρ.Πολιτικός Μηχανικός
ΟΛΥΜΠΙΑ ΒΑΓΓΕΛΑΤΟΥ, Πολιτικός Μηχανικός
ΤΖΕΝΗ ΧΑΙΡΕΤΗ, Πολιτικός Μηχανικός
ΑΝΑΣΤ. ΖΗΣΙΑΔΗΣ, Πολιτικός Μηχανικός
ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ ΓΚΟΥΖΟΥ, Εργοδηγός Δημ. Εργων
ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΖΕΠΠΟΣ, Εργοδηγός Δημ. Εργων
Επιστημονική Υποστήριξη :
Ι. ΣΜΠΩΚΟΣ, Πολ. Μηχανικός, Δ/ντής ΟΑΣΠ
Π. ΚΑΡΥΔΗΣ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα έκθεση περιλαμβάνει τη συστηματική αποτύπωση και καταγραφή των βλαβών των κατασκευών της ευρύτερης περιοχής Καλαμάτας από τους πρόσφατους σεισμούς του Σεπτεμβρίου 1986. Οι βλάβες καταγράφονται σε σχέση με το είδος και

την ποιότητα της ανωδομής, τη χωροταξική κατανομή τους, τη χρήση τους, σεισμολογικά στοιχεία, κ.λ.π.

Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ **13.09.1986**

Η παρούσα προκαταρκτική φασματική ανάλυση του σεισμού της Καλαμάτας βασίζεται σε καταγραφή Ρ-κυμάτων από τηλεμετρική απόσταση του σεισμολογικού σταθμού Quetta (Pakistan). Ο σταθμός Quetta ανήκει στο διεθνές δίκτυο WWSSN. Χρησιμοποιείται το κυκλικό σεισμικό μοντέλλο του Brunne (1970, 1971).

Υπολογίσθηκαν : Η ακτίνα της θεωρούμενης σεισμικής πηγής είναι ίση προς 13.97km, η σεισμική ροπή 1.2×10^{25} dyn.cm και η πτώση τάσης είναι ίση προς 2 bar. Η μέση μετατόπιση στο επίπεδο του ρήγματος προσδιορίζεται κατά Hanks και Wyss (1972) σε 6.5cm και κατά Kanamori και Anderson (1975) σε 8.37cm. Η μέση μετατόπιση στο επίπεδο του ρήγματος υπολογίζεται περίπου 7cm και η μέση παραμόρφωση στην επιφάνεια υπολογίζεται κατά Knapoff (1958) περίπου 9 cm. Η εκλυόμενη σεισμική ενέργεια κατά Gutenberg και Richter (1956) υπολογίζεται σε 1.76×10^{20} erg. Το apparent stress υπολογίζεται σε 4.4 bar.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ **ΒΛΑΒΩΝ**

Συντάχθηκαν εκθέσεις αυτοψιών κτιρίων της πόλης της Καλαμάτας και των γύρω χωριών από τριμελείς επιτροπές Πολιτικών Μηχανικών μετά από τους σεισμούς Σεπτεμβρίου 1986. Οι εκθέσεις περιλαμβάνουν περιγραφικά στοιχεία των κτιρίων και στοιχεία βλαβών για 10.171 κτίρια της πόλης της Καλαμάτας και για 3.316 κτίρια χωριών στη περιοχή γύρω από την Καλαμάτα. Τα στοιχεία επεξεργάσθηκαν στατιστικά με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τα αποτελέσματα δίδονται υπό μορφή πινάκων, έγχρωμων διαγραμμάτων και ιστογραμμάτων βαθμού βλάβης ανάλογα με το είδος των κατακορύφων στοιχείων φέροντα οργανισμού, τη χρήση του κτιρίου, τον αριθμό ορόφων και την τοποθεσία.

Δίδονται επίσης έγχρωμοι χάρτες της πόλης της Καλαμάτας με μέσες βλάβες ανά οικοδομικό τετράγωνο καθώς και με μέσες βλάβες ανά οικοδομικό τετράγωνο σε σχέση με τον φέροντα οργανισμό. Δίδεται επίσης χάρτης του νομού Μεσσηνίας με μέσες βλάβες ανά οικισμό. Κατατάσσονται τέσσερις κατηγορίες βλαβών κιρίων: Τα κατεδαφιστέα, τα κτίρια με σοβαρές βλάβες, τα κτίρια με ελαφρές βλάβες και τα άβλαπτα.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σεισμολογικά στοιχεία :

Οι τιμές που υπολογίζονται με την βασισμένη σε Ρ-κύματα φασματική ανάλυση του σεισμού Καλαμάτας δεν είναι αντιπροσωπευτικές, διότι προκύπτουν από ένα μόνο σεισμολογικό σταθμό. Οι τιμές που υπολογίζονται δίδουν τάξη μεγέθους των αναμενόμενων πραγματικών τιμών και ερμηνεύουν πλήρως τον σεισμό της Καλαμάτας. Από τις τιμές αυτές προκύπτουν τα κάτωθι:

- (α) Η διάρρηξη έγινε σε μήκος περίπου 25km και δεν ήταν συνεχής. Η διάρρηξη έγινε κατά διακριτό τρόπο στο επίπεδο του ρήγματος και το συνολικό μήκος δεν ξεπερνά τα 15km.
- (β) Η πτώση τάσης στο επίπεδο του ρήγματος είναι ίση προς 2.0bar, είναι ασυνήθιστα μικρή, με αποτέλεσμα μεγάλο σχετικό μέγεθος κυρίου μετασεισμού και μικρή χρονική διάρκεια της μετασεισμικής ακολουθίας.

Από το χάρτη των παρατηρούμενων βλαβών προκύπτει ότι εκτός από τις τοπικές εδαφικές συνθήκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των κατασκευών σημαντικό ρόλο έπαιξε και ο διακριτός τρόπος διάρρηξης του σεισμού.

- (γ) Η σεισμική ροπή του σεισμού είναι ίση προς $1.2 \times 10^{25} \text{ dyn.cm}$ και συμφωνεί με την τιμή $1.4 \times 10^{25} \text{ dyn.cm}$ που προκύπτει από τη σχέση των Kiratzi et al (1985) που ισχύει για τον Ελληνικό χώρο.
- (δ) Η σεισμική ροπή και οι διαστάσεις της θεωρούμενης σεισμικής πηγής επαληθεύουν τη σχέση των Thatcher και Hanks (1973) από την οποία προκύπτει τοπικό σεισμικό μέγεθος $M_L = 5.6$
- (ε) Οι μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις που καταγράφηκαν σύμφωνα με τις αναλύσεις του ΙΤΣΑΚ είναι αρκετά υψηλές, από 0.11g μέχρι 0.27g, και η δεσπόζουσα περίοδος της σεισμικής δόνησης κυμαίνεται από 0.3sec μέχρι 0.4sec. Τα περισσότερα κτίρια της Καλαμάτας διαπιστώνεται ότι παρουσίασαν υψηλό βαθμό συντονισμού.

Στοιχεία βλαβών :

- (α) Τα κτίρια της Καλαμάτας και της ευρύτερης περιοχής από άποψη κατακορύφων φερόντων στοιχείων κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: τα κτίρια με φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (4.204), τα κτίρια με φέροντα στοιχεία από τοιχοποιίες (4.473) και τα κτίρια με μικτά φέροντα στοιχεία (1.494). Από πλευράς βλαβών τα 32% των κτιρίων (3.252) είναι άβλαπτα και τα υπόλοιπα κατατάσσονται σε τρεις ισόποσες κατηγορίες (κατεδαφιστέα, με σοβαρές βλάβες, με ελαφρές βλάβες).
- (β) Τα κατεδαφιστέα κτίρια με φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν το 1%, με τοιχοποιίες το 43% και με μικτά φέροντα στοιχεία το 19% του συνόλου. Τα άβλαπτα κτίρια αποτελούν το 46.6% των κτιρίων με φέροντα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, το 18.20% των κτιρίων με φέροντα στοιχεία από τοιχοποιίες και το 32.2% των κτιρίων με μικτά φέροντα στοιχεία.

Οι σοβαρές βλάβες δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις ανάλογα με το είδος των φερόντων στοιχείων και οι ελαφρές βλάβες παρουσιάζουν σχετικά σημαντικές διαφοροποιήσεις. Η καμπύλη των μικτών φερόντων στοιχείων προσομοιάζει πολύ με την καμπύλη του συνόλου των κτιρίων.

- (γ) Στις δέκα μεγαλύτερες περιοχές της Καλαμάτας παρατηρείται ότι τα κτίρια με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα επέδειξαν καλύτερη συμπεριφορά στο σεισμό από ότι τα κτίρια από τοιχοποιίες και τα κτίρια με μικτά φέροντα στοιχεία επέδειξαν ενδιάμεση συμπεριφορά. Γενικά υπάρχει ισοκατανομή κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες με διαφοροποιήσεις στις πολύ παλιές συνοικίες (Παλαιά πόλη, Κέντρο, Φυτεία) όπου υπερτερούν τα κτίρια από τοιχοποιία και στις πολύ νεότερες συνοικίες (Κολυμβητήριο, Ράχη), όπου υπερτερούν κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στις φτωχότερες συνοικίες είναι μεγάλος ο αριθμός των μικτών κατασκευών απ' ότι στις κεντρικές και νότιες με εξαίρεση στην περιοχή Κολυμβητηρίου. Στην περιοχή Κολυμβητηρίου πιθανή αιτία αυξημένου ποσοστού σοβαρών βλαβών σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η ύπαρξη πολλών υψηλών κτιρίων με καταστήματα και Pilotis.
- (δ) Υπάρχει μεγάλο ποσοστό μονορόφων και διορόφων κτιρίων στην Καλαμάτα, περίπου 85% των κτιρίων της πόλης.
- (ε) Η καμπύλη των κατεδαφιστέων κτιρίων και των κτιρίων με σοβαρές βλάβες αυξάνει με τον αριθμό των ορόφων.
- (στ) Συμπεραίνεται ότι τα κτίρια με μικτά φέροντα στοιχεία στο ισόγειο και σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα στους υπόλοιπους ορόφους παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά από τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα στα οποία λείπουν οι τοιχοποιίες στο ισόγειο, έχουν δηλαδή Pilotis, καταστήματα.
- (ζ) Η επίδραση των τοίχων πλήρωσης του ισογείου είναι σημαντική στη σεισμική επάρκεια των κατασκευών. Τα υπόγεια στην περίπτωση του σεισμού της Καλαμάτας επέδρασαν δυσμενώς, σε αντίθεση με τις επικρατούσες απόψεις, γεγονός που απαιτεί πρόσθετη έρευνα.
- (η) Το βόρειο τμήμα της πόλης Καλαμάτας και τα χωριά που εκτείνονται σε παραβολοειδή ζώνη χαρακτηρίζονται ως περιοχές μεγαλύτερης τρωτότητας. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης τα κτίρια έχουν υποστεί τη μικρότερη σεισμική καταπόνηση.

- (θ) Από άποψη θεμελιώσεων η παρούσα εργασία δεν περιλαμβάνει σχετικά στοιχεία. Από γενική εκτίμηση οι οικοδομές με θεμελίωση μεμονωμένων πεδίων υπέστησαν μεγαλύτερες βλάβες.
- (ι) Το δείγμα της Καλαμάτας αποτελεί πειραματικό μοντέλο σε κλίμακα 1:1, με πιθανή παράλειψη του 3% του συνόλου των κατασκευών.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 19

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΑΝΩΔΟΜΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Μ . Ν. ΦΑΡΔΗΣ**, Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες
Φ. ΚΑΡΑΝΤΩΝΗ - ΜΑΡΑΓΚΟΥ
Μ. ΣΦΑΚΙΑΝΑΚΗΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Η έκθεση περιέχει συνοπτικά τα αποτελέσματα της μελέτης αντιπροσωπευτικού δείγματος κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και φέρουσα τοιχοποιία. Οι μελέτες αυτές περιλαμβάνουν γενική επισκόπηση των βλαβών σε ολόκληρη σχεδόν την πόλη της Καλαμάτας και λεπτομερέστερη ανάλυση των βλαβών 50 κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και 130 κτιρίων με φέρουσα τοιχοποιία. Από τη μελέτη προκύπτουν συμπεράσματα για την σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών διαφορετικού τύπου της πόλης της Καλαμάτας, καθώς και για τη γεωγραφική κατανομή των βλαβών στην πόλη σε διάφορους τύπους κατασκευών.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ : ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Γενικοί τύποι βλαβών ανά δομικό στοιχείο

Οι βλάβες δοκών δεν ήταν συχνές και ήταν περιορισμένου βαθμού. Οι βλάβες αυτές δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν σαν αστοχίες, με εξαίρεση τις ελάχιστες περιπτώσεις που η απώλεια αγκύρωσης στην στήριξη στο ακραίο υποστύλωμα οδήγησε σε πλήρη αποκόλληση της δοκού από το υποστύλωμα.

Οι βλάβες των κατακόρυφων στοιχείων, υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων, αποτέλεσαν την πλειοψηφία των βλαβών.

Συμπεραίνεται ότι η ικανοποίηση του ικανοτικού ελέγχου αντοχών δοκών - υποστυλωμάτων στους κόμβους δεν αρκεί για να εκλείψει η την πιθανότητα αστοχίας των υποστυλωμάτων προ των δοκών.

Η συμπεριφορά των τοιχωμάτων δυσκαμψίας ήταν κατώτερη από την αναμενόμενη. Συμπεραίνεται ότι η μη ικανοποιητική συμπεριφορά των τοιχωμάτων οφείλεται στις υψηλές συχνότητες της εδαφικής κίνησης που είχαν σαν αποτέλεσμα την εντονότερη καταπόνηση των δύσκαμπτων κατασκευών.

Οι βλάβες σε υποστυλώματα με μικρό λόγο διάτμησης “κοντά υποστυλώματα” ήταν συχνές. Συχνές ήταν επίσης οι αστοχίες λόγω αδόκιμης κατασκευαστικής διαμόρφωσης οπλισμών στους κόμβους δοκών - υποστυλωμάτων, κυρίως των γωνιακών.

Σημαντική ήταν η επιρροή των κλιμάκων, έντονα έκκεντρα τοποθετημένων στην κάτοψη, στη σεισμική απόκριση της κατασκευής.

Σημαντική ήταν επίσης η συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων στην ανάληψη της σεισμικής δράσης, ενώ όλες σχεδόν οι καταστροφικές αστοχίες και οι βαρείες βλάβες συνέβησαν σε κατασκευές χωρίς τοιχοποιίες πλήρωσης στο ισόγειο (pilotis).

Προσομοίωμα του δομικού συστήματος σε σχέση με τις βλάβες

Τα εντατικά μεγέθη λόγω σεισμού είχαν υπολογιστεί στις κατασκευές της πόλης της Καλαμάτας με εφαρμογή προσομοιώματος “μονορόφου”. Εντοπίζονται οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων του προσομοιώματος “μονορόφου” και των ακριβέστερων προσομοιωμάτων με θεώρηση πλαίσιακής λειτουργίας.

Ειδικές περιπτώσεις βλαβών

Αναφέρονται ειδικές περιπτώσεις βλαβών που κρίθηκαν αξιοσημείωτες, όπως η δημιουργία ρωγμής λόγω έλλειψης αρμού διαστολής, η αποκόλληση επικάλυψης οπλισμού λόγω μεγάλης πυκνότητας οπλισμού, και η κατάρρευση του τελευταίου ορόφου σε εσοχή κατασκευής λόγω απότομης μεταβολής δυσκαμψίας.

Μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις κατασκευών

Αναλύθηκαν δύο κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα με την μέθοδο της μηγραμμικής δυναμικής ανάλυσης στο χώρο, με βάση τα επιταχυνσιογραφήματα του σεισμού της 13.09.1986 που καταγράφηκαν στο υπόγειο της Νομαρχίας. Εξάγονται συμπεράσματα για την ακριβέστερη συμπεριφορά των κατασκευών και ερμηνεύονται οι βλάβες της αστοχίας.

Γεωγραφική κατανομή των βλαβών σε διάφορους τύπους κατασκευών

Εκτιμάται η γεωγραφική κατανομή των βλαβών σε διάφορους τύπους κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος και εξάγονται συμπεράσματα για τις φασματικές τιμές της εδαφικής κίνησης, οι οποίες ήταν:

- α) Στα Γιαννιτσάνικα, εξαιρετικά μεγάλες για περιόδους μέχρι 0.2sec περίπου.
- β) Στην περιοχή του Στρατοπέδου, πολύ μεγάλες για περιόδους μέχρι 0.2sec έως 0.3sec, και αρκετά μικρότερες για περιόδους περί 0.6sec.
- γ) Στο ιστορικό κέντρο, αρκετά μεγάλες για περιόδους μεταξύ 0.2sec και 0.4sec.
- δ) Στην περιοχή Κολυμβητηρίου, πολύ μεγάλες μεταξύ 0.5sec και 0.6sec.

- ε) Στην Ανατολική και Δυτική παραλία, σχετικά μικρές μέχρι περιόδους 0.6sec.
- στ) Στο Νησάκι, αρκετά μεγάλες για περιόδους περί 0.4sec.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ

Συγκεντρώθηκαν στοιχεία για τη συμπεριφορά και τις βλάβες κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιΐα, ηλικίας από το 1850 έως τη δεκαετία του 1960. Η ηλικία έπαιξε σημαντικό ρόλο στη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου, κυρίως από την άποψη του τρόπου δόμησης. Κατατάσσονται τα κτίρια σε τρεις κατηγορίες:

- α) Κτίρια του πρώιμου κλασικισμού (1850-1880)
- β) Κτίρια κλασικιστικά και μετακλασικιστικά (1890-1940)
- γ) Κτίρια μεταπολεμικά

Τόσο ο τρόπος δόμησης όσο και η ποιότητα δόμησης των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιΐα παίζουν τον κυριότερο λόγο στη συμπεριφορά των κτιρίων υπό την επίδραση σεισμού. Εξετάστηκαν η περίπτωση μικτών τοιχοποιϊών, ο τρόπος έδρασης της στέγης στους τοίχους, η οροφή, ο τρόπος δόμησης των ανωφλίων, τα υπέρθυρα, οι μη φέροντες τοίχοι, η ποιότητα και ο τρόπος δόμησης των λίθων.

Η μορφή του δομικού συστήματος έπαιξε επίσης ρόλο στη συμπεριφορά. Η έρευνα καλύπτει μεγάλη ποικιλία μορφών δομικού συστήματος.

Εκτιμάται η γεωγραφική κατανομή των βλαβών. Τα συμπεράσματα που εξάγονται για τις φασματικές τιμές της εδαφικής κίνησης συμφωνούν με αυτά των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Δίδονται συνοπτικά συστάσεις για επισκευές και ενισχύσεις κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιΐα.

Τέλος περιγράφονται αναλυτικά οι βλάβες σε 127 κτίρια από φέρουσα τοιχοποιΐα.

Η έκθεση συνοδεύεται από χάρτη των θέσεων των κτιρίων της έρευνας και φωτογραφική αποτύπωση.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 20

ΦΟΡΕΑΣ: ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ
ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Σ . Α. ΣΑΒΒΙΔΗΣ, Καθηγητής

Π .ΠΑΠΑΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Ειδικός Επιστήμων

Επιστημονικοί Υπεύθυνοι

Συνεργάτες :

Σ. ΦΕΛΕΚΟΣ, Πολιτικός Μηχανικός

Α. ΤΣΙΤΣΗΣ, Πολιτικός Μηχανικός

Α. ΡΟΚΚΑ, Δρ. Γεωλόγος

Γ. ΣΙΜΟΥ, Γεωλόγος

Ι. ΚΟΥΚΟΥΒΕΛΑΣ, Γεωλόγος

ΓΕΝΙΚΑ

Αντικείμενο του προγράμματος είναι η εκτέλεση εργαστηριακών και εργοταξιακών δοκιμών προσδιορισμού της δυναμικής συμπεριφοράς των εδαφικών στρώσεων στην Καλαμάτα, η αξιολόγηση σεισμικής συμπεριφοράς της θεμελίωσης δομικών έργων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η διατύπωση προτάσεων σε σχέση με την αποκατάσταση των ζημιών και την μελλοντική ανοικοδόμηση.

Στο πλαίσιο της πρώτης φάσης ολοκληρώθηκε η συγκέντρωση, παρουσίαση και αξιολόγηση παλαιών γεωτεχνικών εργασιών. Ακολούθως εκτελέσθηκε πρόγραμμα

ερευνών υπαίθρου και εργαστηριακών δοκιμών. Αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα των ερευνών σε σχέση με τη σεισμική συμπεριφορά του υπεδάφους και των θεμελιώσεων.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν οι γεωτεχνικές έρευνες που είχαν εκτελεσθεί κατά το παρελθόν σε 12 θέσεις στην ευρύτερη περιοχή της πόλης Καλαμάτας και που περιλαμβάνουν 52 γεωτρήσεις συνολικού μήκους 1.106mm.

Η παρουσίαση και αξιολόγηση των γεωτεχνικών ερευνών δίδεται αναλυτικά υπό μορφή πινάκων με τα αποτελέσματα των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του υπεδάφους. Δίδονται επίσης συγκεντρωτικά για κάθε θέση οι γεωτεχνικές τομές των γεωτρήσεων με τα αποτελέσματα των δοκιμών τυποποιημένης διείδυσης (SPT).

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώνεται:

- α) Το υπέδαφος της ευρύτερης περιοχής στην πόλη της Καλαμάτας είναι προσχλωσιγενές με αλληπάλληλες στρώσεις αμμοχάλικου, αμμοϊλύος και αμμώδους αργίλου. Η παρουσία χαλίκων και κροκάλων σε όλες τις στρώσεις είναι αρκετά έντονη.
- β) Παρουσιάζεται ανομοιομορφία της αντοχής του εδάφους σε δοκιμή τυποποιημένης διείδυσης SPT λόγω των αλληπάλληλων στρώσεων. Γενικά από 0 - 20m βάθος, ο αριθμός κρούσεων είναι $N = 10 - 50$ ενώ στα βαθύτερα στρώματα $N > 40$. Χαρακτηριστική μείωση των κρούσεων $N = 3 - 10$ παρουσιάζεται συχνά σε βάθος 5 - 10m.
- γ) Σε ορισμένες θέσεις της ευρύτερης περιοχής διαπιστώνεται η ύπαρξη οργανικών στρώσεων και χαλαρών στρώσεων άμμου.
- δ) Ο υδάτινος ορίζοντας κυμαίνεται σε βάθος από 2m κοντά στην Παραλία, μέχρι 13m, παλαιό κτίριο ΟΤΕ, κάτω από τη στάθμη του φυσικού εδάφους.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι ενδεικτικά και πρέπει να συμπεριληφθούν μαζί με τις γεωτρήσεις της Δ/σης ΕΚΙ του ΥΠΕΧΩΔΕ.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΕΡΕΥΝΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

Με σκοπό την επιτόπου διερεύνηση των φυσικών, μηχανικών και δυναμικών παραμέτρων του υπεδάφους Καλαμάτας εκτελέσθηκαν 26 δυναμικές πνευτρομετρήσεις κατά DIN 4094 συνολικού μήκους 478mm. Εκτελέσθηκαν επίσης γεωφυσικές δοκιμές σεισμικής διάθλασης σε πέντε διατομές και συντάχθηκαν τομές υπεδάφους συνολικού μήκους 180mm. Από τα αποτελέσματα των πνευτρομετρήσεων διαπιστώνεται : Κατά κανόνα μειωμένες τιμές αντοχής $n_{SRS} < 5$ παρουσιάζεται σε βάθος 0.7m. Από 7 μέχρι 15m παρουσιάζονται έντονες διακυμάνσεις, $n_{SRS} = 5 - 50$ και άνω ενώ από 15 μέχρι 24m παρουσιάζεται αυξημένη αντοχή $n_{SRS} > 15$. Ο μέσος όρος κρούσεων ανά 10cm. διείσδυση στην επιφανειακή στρώση 0 - 5m βάθος στο Κολυμβητήριο είναι 3, στα Μπαριαμάγα 4, στην Παραλία 4, στην Δυτική Παραλία 7, στο Νησάκι 8 και στο Σύνταγμα 9. Τα αποτελέσματα δυναμικών πνευτρομετρήσεων που εκτελέσθηκαν κοντά σε γεωτρήσεις συσχετίζονται με τις δοκιμές τυποποιημένης διείσδυσης (SPT). Από τη συσχέτιση προκύπτει ο λόγος N_{SPT} / n_{SRS} ο οποίος στα αμμοχάλικα κυμαίνεται από 2 μέχρι 7, στην αμμοϊλύ από 2 μέχρι 4 και στην αργιλοϊλύ από 1 μέχρι 3.

Από τα αποτελέσματα των σεισμικών τομών προκύπτει ότι στην περιοχή του στρατοπέδου και την οδού Ηρώων προσδιορίζονται δύο στρώματα. Στο στρατόπεδο, το πάχος του επιφανειακού στρώματος αυξάνει κατά τη διεύθυνση Β-Ν από 3.5m σε 4.5m σε μήκος 30m και η ταχύτητα διάδοσης διαμήκων σεισμικών κυμάτων V_p κυμαίνεται από 465 μέχρι 520 m/sec. Στο δεύτερο στρώμα μετρήθηκε $V_p = 1400$ m/sec.

Στην περιοχή της οδού Ηρώων το πάχος του επιφανειακού στρώματος αυξάνει κατά τη διεύθυνση Β-Ν από 4.5m μέχρι 5.5m σε μήκος 800m και η ταχύτητα διάδοσης V_p κυμαίνεται από 633 μέχρι 763 m/sec. Στο δεύτερο στρώμα η ταχύτητα διάδοσης V_p κυμαίνεται από 1720 μέχρι 1833m/sec

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Με σκοπό τον προσδιορισμό των δυναμικών παραμέτρων του εδάφους εκτελέσθηκαν δύο σειρές δοκιμών συντονισμού δοκιμίου στη στρώση αμμοιλλύος της Δυτικής Παραλίας. Εκτελέσθηκαν επίσης κλασσικές δοκιμές εδαφομηχανικής με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφικών στρώσεων. Εκτελέσθηκαν επίσης δοκιμές απλής κυκλικής διάτμησης.

Προσδιορίζονται οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των στρώσεων αμμοιλλύος στη περιοχή της Δυτικής Παραλίας που προκύπτουν από την αξιολόγηση των εργαστηριακών δοκιμών του εργαστηρίου Εδαφομηχανικής ΔΠΘ και της Δ/σης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Προσδιορίζονται το μέτρο διάτμησης και ο συντελεστής απόσβεσης των στρώσεων αμμοιλλύος της Δυτικής Παραλίας, από τις δοκιμές συντονισμένου δοκιμίου σε διατμητικές παραμορφώσεις χαμηλού εύρους, $\gamma < 0.001\%$, για επιβαλλόμενη πλευρική πίεση από 0.05MPa μέχρι 0.50MPa καθώς και σε διατμητικές παραμορφώσεις υψηλού εύρους, γ από 0.001% μέχρι 0.022%.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου στρώσεων αμμοιλλύος Δυτικής Παραλίας συσχετίζονται με τα εργαστηριακά αποτελέσματα δοκιμών σε αμμοιλλύ των CK Shen et al., K. Stokoe et al και S. Mu et al. καθώς και με εμπειρικές σχέσεις των Hardin και Richart, Iwasaki και Tatsuoka.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου του εργαστηρίου Εδαφομηχανικής ΔΠΘ, των δοκιμών συντονισμένου δοκιμίου και επί τόπου δοκιμών Cross-Hole του εργαστηρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου Πατρών και των δοκιμών τυποποιημένης διείσδυσης (SPT) της Δ/σης ΕΚ1 του ΥΠΕΧΩΔΕ συσχετίζονται και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των δυναμικών παραμέτρων του υπεδάφους της πόλης Καλαμάτας.

Με βάση της αξιολόγηση των παραπάνω στοιχείων καθορίζονται οι δυναμικές παράμετροι υπεδάφους ανά περιοχή της πόλης Καλαμάτας και δίδονται ενδεικτικά χαρακτηριστικές γεωμετρήσεις ανά περιοχή.

Τα στοιχεία που συνοδεύουν της έκθεση είναι :

1. Τοπογραφικό διάγραμμα θέσεων ερευνών, κλ. 1: 10.000.
2. Γεωλογικό χάρτης κλ. 1: 50.000

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 21

ΦΟΡΕΑΣ: ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΕΡΕΥΝΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΥΠΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ
ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1986

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Β. ΚΑΛΕΥΡΑΣ, Καθηγητής

Επιστημονικός Υπεύθυνος

Χ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ, Λέκτορας

Συνερευνητής Επιστήμονας

Συνεργάτες :

Α. ΚΑΡΑΜΠΙΝΗΣ, Λέκτορας

Μ. ΒΑΛΛΙΑΔΟΥ - ΚΑΛΕΥΡΑ, Αρχιτέκτων Μηχανικός

Π. ΜΟΥΝΤΑΝΕΑΣ, Πολιτικός Μηχανικός

Ν. ΤΟΙΠΑΛΗ, Πολιτικός Μηχανικός

Σ. ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, ΕΔΤΠ

Κ. ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗ, ΕΔΤΠ

Α. ΤΣΑΚΙΡΗΣ, ΕΔΤΠ

Π. ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ, ΕΔΤΠ

ΓΕΝΙΚΑ

Τα στοιχεία που αφορούν τη συμπεριφορά μίας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος, η οποία χρησιμοποιείται ως "πιλότος" του προγράμματος παρουσιάζονται στην παρούσα έκθεση.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Διερευνάται η συμπεριφορά μίας τυπικής μικρής κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος με έμφαση στην αναλυτική αποτίμηση γενικού βαθμού βλάβης, αιτίων βλαβών και σεισμικής ικανότητας επιπέδου 3 και 4 (αναλυτική προσεγγιστική και αναλυτική λεπτομερή).

Η διερευνόμενη κατασκευή είναι διόροφη, στο στάδιο κατασκευής, μορφής pilotis κατά το χρόνο των σεισμών. Η κατασκευή είναι πανταχόθεν ελεύθερη, σχεδόν τετραγωνικής κάτοψης με υπερυψωμένο υπόγειο. Το υπόγειο φέρει σχετικά ισχυρό περιμετρικό τοίχωμα από οπλισμένο σκυροδέμα.

Η κατασκευή υπέστη σημαντικές βλάβες στο ισόγειο και καμία βλάβη στον όροφο.

Προσδιορίστηκε η φαινόμενη κυλινδρική αντοχή σκυροδέματος υποστυλωμάτων ισογείου με κρουσιμετρήσεις.

Με βάση τα κριτήρια αποτίμησης επιπέδου 1 (χονδρική αποτίμηση) η κατασκευή παρουσιάζει γενικό βαθμό βλάβης 3.0, με μέγιστο δυνατό βαθμό βλάβης 5.0.

Με βάση τα κριτήρια αποτίμησης επιπέδου 2 (φαινομενολογική) γίνεται η καταγραφή τοπικών σφαλμάτων και βλαβών για το ισόγειο της κατασκευής.

Η προσεγγιστική και η λεπτομερής αναλυτική αποτίμηση επιπέδων 3 και 4 γίνονται με τη βοήθεια των προγραμμάτων ESSRA, ISSRA και ETABS, με θεώρηση του κτηρίου ως πλαισίου στον χώρο.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο γενικός βαθμός βλάβης της κατασκευής αποτιμάται σε 3 για γενικό μηχανισμό απόκρισης αστοχίας του ισογείου τον μηχανισμό στρέψης (T) και τοπικό μηχανισμό στα άκρα των κρίσιμων υποστυλωμάτων, V+N. Η απομένουσα ανηγμένη ικανότητα αποτιμάται σε $\Phi_T = 0.65$ απομένουσα αντοχή, και $\Phi_K = 0.40$ απομένουσα δυσκαμψία.

Κύριο αίτιο βλάβης της κατασκευής υπήρξε ο συνδυασμός των ακόλουθων αιτιών:

1. Τοπική υπερκαταπόνηση από σφάλματα μελέτης, pilotis, έκκεντρη διάταξη κατακόρυφων δομικών στοιχείων.
2. Τοπική μείωση ικανότητας από σφάλματα κατασκευής, ανεπαρκείς και κακά τοποθετημένοι συνδετήρες, ανεπαρκείς επιμηκύνσεις του κύριου οπλισμού στη βάση των υποστηλωμάτων του ισογείου, κακοί αρμοί εργασίας των υποστυλωμάτων του ισογείου.

Η αξιόπιστη πρόβλεψη της σεισμικής ικανότητας μιας κατασκευής απαιτεί αποτίμηση της κατασκευής τόσο στο πεδίο, επίπεδα 1 και 2, όσο και αναλυτική, επίπεδο 3 και 4. Η αδυναμία των υφιστάμενων προδιαγραφών αποτίμησης βαθμού βλάβης είναι εμφανής δεδομένου ότι στηρίζεται σε ένα μόνο επίπεδο αποτίμησης, με υπεραπλουστευμένη διαδικασία και κριτήρια.

Η έκθεση συνοδεύεται από :

1. Χάρτης σεισμών Σεπτεμβρίου 1986 της περιοχής της Καλαμάτας
2. Τοπογραφικό διάγραμμα θέσεων εξετασθέντων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 22

ΦΟΡΕΑΣ: ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΘΕΜΑ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΒΑΘΜΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΑΣΕΩΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Β. ΚΑΛΕΥΡΑΣ**, Καθηγητής
Α. ΚΑΡΑΜΠΙΝΗΣ, Λέκτορας
Επιστημονικοί Υπεύθυνοι
Συνεργάτες
Χ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ, Λέκτορας
Μ. ΒΑΛΛΙΑΔΟΥ - ΚΑΛΕΥΡΑ, Αρχιτέκτων Μηχανικός
Π. ΜΟΥΝΤΑΝΕΑΣ, Πολιτικός Μηχανικός
Ν. ΤΟΙΠΑΛΗ, Πολιτικός Μηχανικός
Σ. ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, ΕΔΤΠ
Κ. ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗ, ΕΔΤΠ
Α. ΤΣΑΚΙΡΗΣ, ΕΔΤΠ
Π. ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ, ΕΔΤΠ

ΓΕΝΙΚΑ

Η έκθεση παρουσιάζει του ερευνητικού προγράμματος . Εξετάσθηκαν 55 κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, από απόψη προβλημάτων τοπικής υπερκαταπόνησης, τοπικής μείωσης ικανότητας και βλαβών.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ : ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Εξετάζονται λεπτομερώς τα σφάλματα μελέτη και κατασκευής καθώς και όλες οι βλάβες δομικών στοιχείων για κάθε κατασκευή τα στοιχεία της οποία συμπληρώνονται σε ειδικά έντυπα. Σχεδιάζεται σκαρίφημα όπου σημειώνεται ο τύπος και ο βαθμός τοπικών σφαλμάτων και βλαβών και λαμβάνεται σειρά χαρακτηριστικών γενικών και λεπτομερειακών φωτογραφιών κάθε κατασκευής.

Με βάση τα στοιχεία των εντύπων καταγραφής συγκεντρώνονται και επεξεργάζονται τα στοιχεία σφαλμάτων και βλαβών των κατασκευών. Ορίζεται η τοπική και ολική ικανότητα (C) για κάθε μηχανισμό απόκρισης ως συνάρτηση της αντίστοιχης δυσκαμψίας (K), αντοχής (R) και ολκιμότητας (μ) για μονότονη καταπόνηση. Καθορίζονται οι βασικοί τύποι σφαλμάτων μελέτης, αιτίων τοπικής υπερκαταπόνησης, σφαλμάτων κατασκευής (αιτίων τοπικής μείωσης ικανότητας) και βλαβών με βάση τις αρχές της Μηχανικής. Ορίζονται 5 βαθμοί προβλήματος.

Τα αποτελέσματα της έρευνας δίδονται υπό μορφή συγκεντρωτικών πινάκων ποσοστών κατασκευών για κάθε τύπο βλάβης.

Δίδονται επίσης υπό μορφή πινάκων ποσοστών κατασκευών ανά κατηγορία μέσης έκτασης βλάβης που προκύπτει από εφαρμογή εμπειρικών σχέσεων.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα προκαταρκτικά αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος συμπεραίνονται:

1. Η μέθοδος αποτίμησης που εφαρμόστηκε είναι σχετικά χρονοβόρα και επίπονη, όμως οδηγεί σε αξιόπιστα αντικειμενικά αποτελέσματα.
2. Εμφανίζονται ως πιο τρωτά δομικά στοιχεία τα υποστυλώματα, οι κλίμακες και οι τοιχοποιίες πλήρωσης και ως επικρατέστερος τοπικός μηχανισμός βλάβης ο μηχανισμός V+N.

3. Τα επικρατέστερα αίτια βλάβης εντοπίζονται σε διάφορους συνδυασμούς αιτίων τοπικής υπερκαταπόνησης (σφάλματα μελέτης) και αιτίων τοπικής μείωσης ικανότητας (σφάλματα κατασκευής).

Τα αποτελέσματα που παρουσιάσθηκαν θεωρούνται προσωρινά διότι:

- α) Το κύριο βάρος της έρευνας εντοπίσθηκε στην προσπάθεια ανάπτυξης αντικειμενικής και αξιόπιστης μεθόδου και κριτηρίων.
- β) Το δείγμα κατασκευών που εξετάσθηκε είναι σχετικά μικρό.

Η έκθεση συνοδεύεται από :

1. Τοπογραφικό διάγραμμα θέσεων εξετασθέντων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος.
2. Ιστόγραμμα κατανομής εξετασθέντων κατασκευών.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 23

ΦΟΡΕΑΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
(σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Αθηνών)

ΘΕΜΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΕΡΓΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ
ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Π. ΠΑΥΛΑΚΑΚΗΣ, Γεωφυσικός M.Sc
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνερευνητές :
Δρ. Γ .ΧΡΟΝΗΣ
Δρ. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ
Β. ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Γεωλόγος M.Sc
Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Επικ. Καθηγητής Πανεπιστημίου
Πατρών

ΓΕΝΙΚΑ

Στοιχεία, πληροφορίες και συμπεράσματα της ωκεανογραφικής έρευνας που έλαβε χώρα από το Ε.Κ.Θ.Ε. με τη βοήθεια του Ω/Κ σκάφους ΑΙΓΑΙΟ, περιλαμβάνονται στην έκθεση.

1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Αναφέρονται οι μέθοδοι και τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τις υποθαλάσσιες έρευνες στη περιοχή του Μεσσηνιακού κόλπου. Παρουσιάζονται τα επιστημονικά όργανα με τα οποία έγιναν οι διασκοπήσεις του πυθμένα και οι δυνατότητές τους καθώς και το σύστημα προσανατολισμού και πλοήγησης του σύγχρονου Ω/Κ σκάφους που χρησιμοποιεί για τις έρευνές του το Ε.Κ.Θ.Ε..

Η ανάλυση και επεξεργασία των στοιχείων υπαίθρου έγιναν στο εργαστήριο με αποτύπωσή τους σε κατάλληλους χάρτες.

2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΥΘΜΕΝΑ

Για τη μελέτη του πυθμένα του Μεσσηνιακού κόλπου έγιναν πολλές λιθοσεισμικές τομές που επέτρεψαν τη κατασκευή ενός βυθομετρικού χάρτη μεγάλης σχετικά ακρίβειας, που δεν υπήρχε για τη συγκεκριμένη περιοχή. Ο χάρτης αυτός έχει κλίμακα 1:50.000 και ισοδιάσταση ισοβαθών καμπυλών 50m.

Από τις μετρήσεις διαπιστώνεται, φαίνεται ότι τα μεγαλύτερα βάθη του κόλπου είναι περίπου 1.100m και εντοπίζονται στο Ανατολικό τμήμα του, νότια της χερσονήσου Κιτριές, δημιουργώντας ένα υπόγειο κανάλι με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Οι μορφολογικές κλίσεις του πυθμένα του κόλπου ποικίλλουν από 2-4 % στις παράκτιες περιοχές και παρουσιάζονται εμποπτικά σε ιδιαίτερο χάρτη.

Από τους χάρτες γίνεται αντιληπτή η ανάπτυξη της υφαλοκρηπίδας που τονίζει την ασυμμετρία του Μεσσηνιακού κόλπου με ομαλές μορφές στο Δυτικό τμήμα και έντονες στο Ανατολικό τμήμα του.

3. ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΗΓΜΑΤΑ

Ο εντοπισμός της ασυμφωνίας μεταλλικών ιζημάτων (σχετικά προσφάτων) και αλπικού υπόβαθρου (παλαιά ιζήματα) ήταν δύσκολος και αυτό είχε σαν επακόλουθο τη δυσκολία στο προσδιορισμό των μεγάλων ρηγμάτων του πυθμένα.

Αναφέρεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε από τους μελετητές για τη χαρτογράφηση των ρηγμάτων και η ερμηνεία της γενικής κινηματικής εικόνας στην υποθαλάσσια περιοχή του κόλπου.

Τα ρήματα που έχουν αποτυπωθεί στο χάρτη χαρακτηρίζονται σαν ενεργά ή πιθανά ενεργά.

Γενικά, από το σύνολο των αποτυπωθέντων ρηγμάτων, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ρήγμα είναι αυτό που περνά παράλληλα από τις ακτές της χερσονήσου Κιτριές, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και που είναι η αιτία για τη σχετική βύθιση του ΝΔ τεμάχιου του κόλπου ως προς το ΒΑ κατά 400 m περίπου. Στη πραγματικότητα πρόκειται όχι για ένα και μοναδικό ρήγμα, αλλά για μια ρηξιγενή ζώνη.

4. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΥΦΑΛΟΚΡΗΠΙΔΑΣ

Στη περίπτωση του Μεσσηνιακού κόλπου, εξετάσθηκε λεπτομερώς το βάθος του χείλους της υφαλοκρηπίδας κατά μήκος του κόλπου. Μάλιστα διαπιστώνεται ότι η υφαλοκρηπίδα έχει τεμαχιστεί σε τουλάχιστον πέντε τμήματα (ρηξιτεμάχη) καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από διαφορετικό βάθος.

Η παραπάνω διάκριση των ρηξιτεμαχών οριοθετεί τέσσερις κύριες ρηξιγενείς ζώνες καθεμιά από τις οποίες φαίνεται να έχει μετακινηθεί κατά 4m περίπου ως προς τα διπλανά της ρηξιτεμάχη.

Ενα βασικό συμπέρασμα που βγαίνει από τις παραπάνω παρατηρήσεις και εκτιμήσεις είναι ότι, ανεξάρτητα από το ακριβές μέγεθος των σχετικών μετακινήσεων, το ΒΑ τμήμα του Άνω Μεσσηνιακού κόλπου ανυψώνεται σε σχέση με το ΝΔ τμήμα

με ταχύτητα από 4-20m, 14.000 χρόνια που αντιστοιχούν σε μετατοπίσεις της τάξης των 3-15cm/αιώνα.

5. ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Δίνονται μερικές παρατηρήσεις σχετικά με τη δομή των επιφανειακών ιζημάτων του κόλπου. Στην έκθεση υπάρχει και σχετικός χάρτης όπου απεικονίζονται οι υποθαλάσσιες κοιλάδες και τα ασταθή πρηνή του Ανω Μεσσηνιακού κόλπου.

Σημειώνεται ότι οι κοιλάδες αυτές συνήθως δεν οφείλονται σε υποθαλάσσια διάβρωση αλλά σε μέτωπα κατολισθαινόντων πρηνών.

Η περισσότερη ασταθής περιοχή βρίσκεται στο ΒΑ άκρο του κόλπου όπου σχηματίζει μορφή αμφιθεάτρου με κίνηση προς ΝΔ.

Επίσης το αβαθές κοιλαδικό σύστημα που παρατηρείται στην υφαλοκρηπίδα και ιδιαίτερα στην Ανατολική πλευρά του κόλπου (Κιτριές) φαίνεται ότι αποτελεί συνέχεια των φαραγγιών της ξηράς που σχηματίστηκαν σε παλαιότερη εποχή και σήμερα έχουν βυθιστεί μετά την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας.

6. ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΝΩ ΜΕΣΣΗΝΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Βασικό βοήθημα για την ερμηνεία της νεοτεκτονικής δομής και της γεωδυναμικές διαδικασίες του κόλπου, είναι ο προκαταρκτικός υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 που συνοδεύει την μελέτη του Ε.Κ.Θ.Ε.

Στο Χάρτη αυτό περιέχονται :

- α) Τα ρήγματα με τις σχετικές κινήσεις των τεμαχών
- β) Η υφαλοκρηπίδα του Άνω Μεσσηνιακού

- γ) Οι περιοχές κατολισθήσεων των ιζημάτων του πυθμένα και οι ζώνες μέγιστης συσσώρευσης ιζημάτων
- δ) Οι υποθαλάσσιες κοιλάδες
- ε) Η ζώνη επιφανειακής διάρρηξης από το πρόσφατο σεισμό
- στ) Οι περιοχές στις οποίες εντοπίσθηκε το αλπικό υπόβαθρο

Τα κυρίαρχα υποθαλάσσια κανονικά ρήγματα του κόλπου έχουν διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ, Β-Ν και Α-Δ που είναι και οι κυριότερες διευθύνσεις νεοτεκτονικών ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής. Τέλος, σημειώνεται ότι το κυριότερο ρήγμα διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ κατά μήκος των ανατολικών κλιτύων του κόλπου, δεν φαίνεται να δραστηριοποιήθηκε κατά τους πρόσφατους σεισμούς του Σεπτεμβρίου 1986.