

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 1

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ 1:5.000
ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΑΜΑΤΑ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ**, Αναπλ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

Συντάχθηκε γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής σε κλίμακα 1 : 5.000.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 2

ΦΟΡΕΑΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΘΕΜΑ: ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ
ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ**, Αναπλ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Θ. ΜΙΜΙΔΗΣ, Δρ. Υδρογεωλόγος
Ξ. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ, Διπλ. Γεωλόγος

Εκτελέσθηκαν οι ακόλουθες εργασίες :

- (α) Σταθμημετρήσεις υπόγειων νερών
- (β) Δειγματοληψίες υπόγειων νερών και έλεγχος ποιότητας
- (γ) Εκπόνηση δύο χαρτών ισοβαθών καμπυλών υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, κλ. 1 : 10.000
- (δ) Εκπόνηση χάρτη ισοπιεζομετρικών καμπυλών κλ. 1 : 10.000

Περιλαμβάνονται τα στοιχεία και οι παρατηρήσεις που συγκεντρώθηκαν κατά την εκτέλεση του ερευνητικού προγράμματος. Τα βασικά σημεία της έρευνας αναφέρονται συνοπτικά ακολούθως.

1. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Σε πίνακες, παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία και οι μετρήσεις που έγιναν κατά την περίοδο της έρευνας στην περιοχή της Καλαμάτας.

Με τη βοήθεια των στοιχείων των πινάκων αυτών, συντάχθηκαν οι χάρτες ισοβαθών καμπυλών υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα σε διαφορετικές ημερομηνίες.

Από την αξιολόγηση δε των στοιχείων αυτών προκύπτουν τα εξής:

- (α) Οι χαμηλότερες υδροστατικές στάθμες παρατηρήθηκαν κατά το τέλος Οκτωβρίου, με εξαίρεση την παραλιακή ζώνη εκατέρωθεν των εκβολών του ποταμού Νέδοντα, όπου παρατηρήθηκε πτώση στάθμης έως και τον Δεκέμβριο.
- (β) Κατά την περίοδο Φεβρουαρίου, διαπιστώθηκε σε ολόκληρη την ερευνηθείσα περιοχή, ανύψωση της στάθμης των υπόγειων νερών, σε σχέση με αυτή του Δεκεμβρίου.
- (γ) Από την αξιολόγηση των σταθμημετρήσεων των υπόγειων νερών, συμπεραίνεται ότι υπάρχει ανομοιογενής διακύμανση της στάθμης που οφείλεται στην έντονη ανομοιογένεια του υδροφορέα και τη διαφοροποίηση των συνθηκών τροφοδοσίας από θέση σε θέση, τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση.
- (δ) Οι μικρές διακυμάνσεις της στάθμης (0.5 έως 2.0m) παρατηρήθηκαν στην παραλιακή ζώνη, καθώς και στη λοφώδη έκταση, ενώ οι μεγάλες διακυμάνσεις (2.0 έως 5.0m) παρατηρήθηκαν σε ζώνη ανατολικά της πόλης και παράλληλα προς το περιφερειακό δρόμο με κατεύθυνση προς την Μεσσηνιακή Μάνη.
Η ζώνη αυτή τροφοδοτεί τον παραλιακό υδροφόρο ορίζοντα ανατολικά του ποταμού Νέδοντα.

2. ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Από την επεξεργασία και αξιολόγηση των στοιχείων που περιέχονται στους πίνακες και τα οποία δίνουν τη διακύμανση της στάθμης των υπόγειων νερών, σχεδιάσθηκε ο χάρτης των ισοπιεζομετρικών καμπυλών.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη της πιεζομετρίας της περιοχής είναι:

- (α) Η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται σε γεωλογικούς σχηματισμούς έντονα ανομοιογενείς, με συνέπεια τη δημιουργία τοπικών υδροφόρων οριζόντων με ασθενή, εποχιακή, ή και ανύπαρκτη υδραυλική σύνδεση με τη γενικότερη υδροφορία των αλλουβίων της παραλιακής ζώνης.
- (β) Η πιεζομετρική επιφάνεια ελέγχεται και επηρεάζεται σε ένα βαθμό από τη μορφολογία του φυσικού εδάφους της επιφάνειας.
- (γ) Από πιεζομετρική άποψη, η περιοχή χωρίζεται σε δύο ευδιάκριτες ζώνες.
Στη νότια ζώνη όπου το πάχος των προσχώσεων είναι σημαντικό, οι τιμές πιεζομετρικού φορτίου είναι πολύ μικρές (αρνητικές έως 2.0m).
Στη βόρεια ζώνη, όπου το στεγανό υπόβαθρο βρίσκεται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, οι τιμές πιεζομετρικού φορτίου αυξάνουν απότομα.
- (δ) Στην παραλιακή ζώνη ανατολικά του λιμανιού, διαπιστώθηκε σε διάφορες θέσεις στάθμη ισορροπίας των υπόγειων νερών χαμηλότερη από την επιφάνεια της θάλασσας, που φτάνει έως και 1.50m.
Η στάθμη αυτή σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας, θα είχε οδηγήσει σε έντονη υφαλμύρωση, αν στην παραλιακή ζώνη δεν αναπτύσσονταν αργιλικόι και αργιλομιγείς σχηματισμοί πολύ μικρής υδροπερατότητας.
- (ε) Οι κύριες ζώνες τροφοδοσίας της περιοχής είναι ο Βορειανατολικός τομέας και ο ποταμός Νέδοντας. Ο εγκλωβισμός όμως της κοίτης του Νέδοντα, έχει προκαλέσει μεταβολές στις προηγούμενες συνθήκες τροφοδοσίας.
Η εικόνα που δίνει ο πιεζομετρικός χάρτης δηλώνει, ότι στην ανάντη περιοχή του ποταμού έξω από την πόλη της Καλαμάτας, όπου και το ανεπένδυτο τμήμα της κοίτης, διηθούνται τα νερά δια των αμμοχαλίκων.

Οι διηθήσεις αυτές τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφορείς αλλά η ανταπόκριση με ανύψωση της στάθμης στην παραλιακή ζώνη καθυστερεί.

- (στ) Οι υδραυλικές κλίσεις παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα τιμών, από πολύ μικρές έως αρκετά μεγάλες.

Κύρια αιτία αυτού του φάσματος τιμών και της κατανομής τους στο χώρο πρέπει να θεωρηθεί η μεγάλη διακύμανση των τιμών υδροπερατότητας των λιθολογικών σχηματισμών του υδροφορέα.

3. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Αναφέρονται με λεπτομέρειες και γίνεται διεξοδική ανάλυση εννοιών που γενικά έχουν σχέση με τη διαβρωτική δράση του υπόγειου νερού. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται φυσικά για την υδρογεωχημεία των υπόγειων νερών της περιοχής Καλαμάτας, καθώς και τη διαβρωτική τους δράση.

Με τη βοήθεια πινάκων και διαγραμμάτων παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τις διαδικασίες διάβρωσης και την συμμετοχή των μετάλλων σ' αυτές.

Μετρήθηκαν παράγοντες που έχουν σχέση με την ταχύτητα διάβρωσης των μεταλλικών υλικών καθώς και την ταχύτητα απόπλυσης των μεταλλικών ιόντων, από διαβρωμένες επιφάνειες.

Σημειώνεται ότι η προσέγγιση και αντιμετώπιση του όλου θέματος, που σχετίζεται με τη συμπεριφορά των μετάλλων σε σχέση με την χημική σύσταση των υπόγειων νερών, έχει μεγάλη σημασία ιδιαίτερα σε χαλαρούς σχηματισμούς με επιφανειακή αβαθή υπόγεια υδροφορία, όπου το υπόγειο νερό έρχεται σε επαφή με τμήματα μεταλλικών κατασκευών που βρίσκονται μέσα στο υπέδαφος.

4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα της μελέτης συνοψίζονται ακολούθως :

- (α) Στην ευρεία πεδινή περιοχή της Καλαμάτας μέσα στις τεταρτογενείς αποθέσεις, αναπτύσσεται αβαθής υπόγεια υδροφορία, ενώ στην λοφώδη περιοχή αναπτύσσεται πτωχή επίσης υδροφορία μέσα στο μανδύα αποσάθρωσης των νεογενών μαργών και στα πλευρικά κορήματα.
- (β) Οι τεταρτογενείς αποθέσεις, παρουσιάζουν έντονη ανομοιογένεια. Στεγανό τους υπόβαθρο είναι οι νεογενείς μάργες.
- (γ) Το βάθος ισορροπίας των υπογείων νερών κυμαίνεται από 1.0m στην παραλιακή ζώνη έως 15.0m προς την εσωτερική ζώνη. Στη λοφώδη περιοχή τα βάθη γενικά είναι μικρά.
- (δ) Από τους χάρτες ισοβαθών διαπιστώνεται ότι σε όλη την παραλιακή ζώνη τα υπόγεια νερά κυμαίνονται σε βάθος μικρότερο των 5.0m επηρεάζοντας προφανώς τη ζώνη θεμελίωσης τεχνικών έργων.
- (ε) Οι μέγιστες εποχιακές διακυμάνσεις είναι συνήθως της τάξης των 0.5 - 2.0m στην παραλιακή ζώνη και στη λοφώδη έκταση. Ενδιάμεσα αυτών των ζωνών διαπιστώθηκαν μεγαλύτερες διακυμάνσεις.
Το φθινόπωρο συναντάται η χαμηλότερη στάθμη υπογείων υδάτων ενώ η πλέον αβαθής στάθμη παρατηρήθηκε το μήνα Φεβρουάριο.
- (στ) Στην παραλιακή ζώνη ανατολικά του λιμανιού, διαπιστώθηκε κατά θέσεις στάθμη ισορροπίας των υπόγειων νερών χαμηλότερη της θάλασσας, που φθάνει έως και 1.5m χωρίς αυτό να οδηγεί σε διείσδυση της θάλασσας.
- (ζ) Οι υδραυλικές κλίσεις γενικά παρουσιάζουν ευρύ φάσμα τιμών. Στην παραλιακή ζώνη είναι πολύ μικρές ενώ στην εσωτερική λοφώδη έκταση είναι αρκετά μεγάλες.

- (η) Τα υπόγεια νερά δεν είναι πόσιμα λόγω αυξημένων τιμών σε συγκεντρώσεις αλάτων και χλωριόντων. Η σκληρότητα κυμαίνεται από μέτρια έως υψηλή. Σε πολλές περιπτώσεις είναι ακατάλληλα ακόμα και για άρδευση.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 3

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Δρ. **Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ**, Αναπλ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες:
Δρ. **Β. ΣΑΜΠΩ**, Λέκτορας Συνερευνητής
Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Γεωλόγος
Γ. ΔΑΝΑΜΟΣ, Γεωλόγος
Ε. ΛΕΚΚΑΣ, Γεωλόγος
Ε. ΛΟΓΟΣ (ΕΜΥ), Γεωλόγος
Σ. ΛΟΖΙΟΣ, Γεωλόγος
Α. ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ, (ΕΜΥ), Γεωλόγος
Γ. ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, (ΕΜΥ), Γεωλόγος

Η έκθεση διαχωρίζεται σε τέσσερα μέρη σχετικά με την Γεωμορφολογία, την Γεωλογία και τη Τεκτονική, ενώ στο τέταρτο δίνονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Γίνεται αναφορά στη σημασία της Γεωμορφολογικής έρευνας και ανάλυσης για τη μελέτη του ευρύτερου χώρου της Πελοποννήσου. Η έρευνα της επίδρασης των τεκτονικών δυνάμεων στη διαμόρφωση του γήινου αναγλύφου αναλύεται ειδικότερα για την περιοχή της Μεσσηνίας.

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης γεωμορφολογικής έρευνας χρησιμοποιήθηκαν από την επιστημονική ομάδα του φορέα τα εξής στοιχεία:

- Τοπογραφικοί χάρτες Γ.Υ.Σ. (1:5.000)
- Γεωλογικός χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. (1:50.000)
- Αεροφωτογραφίες 1:33.000 (1972) και 1:15.000 (1986)

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και μετά την έρευνα υπαίθρου συντάχθηκαν χάρτες φωτο-γεωμορφολογικοί (κλ. 1:5.000) της περιοχής Καλαμάτας, καθώς επίσης χάρτες απεικόνισης γεωμορφολογικών στοιχείων.

Αναλύεται η δομή της λεκάνης της Κάτω Μεσσηνίας που έχει πληρωθεί κύρια από Πλειοκαινικές αποθέσεις και διακρίνεται στις ακόλουθες τρεις ενότητες που παρουσιάζονται διεξοδικά :

(α) Πεδινή περιοχή

Καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα της λεκάνης. Λιθολογικά αποτελείται στο χαμηλότερο τμήμα από Ολοκαινικές αποθέσεις, στο υψηλότερο τμήμα από αποθέσεις Πλειστοκαίνου, και στο δυτικό περιθώριο της περιοχής θαλάσσιες Πλειστοκαινικές αποθέσεις.

(β) Λοφώδης περιοχή

Αυτή καταλαμβάνεται κύρια από Νεογενείς αποθέσεις και έχει υποστεί όλες τις μορφογεννητικές διεργασίες από τότε που χέρσευσε, Τεταρτογενές.

(γ) Ορεινή περιοχή

Αυτή αναπτύσσεται αποκλειστικά πάνω σε αλπικούς σχηματισμούς και συγκεκριμένα σε ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης. Τα κύρια γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής καθορίζονται σχεδόν αποκλειστικά από τον νεότερο τεκτονισμό.

Χαρακτηριστικό επίσης της περιοχής αυτής είναι οι πολλές και απότομες μεταβολές της τοπογραφικής κλίσης, που δημιουργούν απότομους κρημνούς.

Στην ερμηνεία της κατά βάθος διάβρωσης και των διαδοχικών φάσεων ανύψωσης της ευρύτερης περιοχής, βοηθούν τα εποπτικά σχεδιαγράμματα της μελέτης.

Η μορφολογία του πυθμένα του Μεσσηνιακού κόλπου μελετήθηκε, από βαθυμετρικό χάρτη του Αγγλικού Ναυαρχείου, 1864, κλ. 1:75.000.

Το ανάγλυφο του πυθμένα του κόλπου φαίνεται να ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό τις δομές της ξηράς, αλλά όπως συμβαίνει πάντοτε, το υποθαλάσσιο αυτό ανάγλυφο είναι ομαλότερο από εκείνο της ξηράς .

Αξιοσημείωτη είναι η άποψη που στηριζόμενη σε παρατηρήσεις και μελέτη της περιοχής, συνδέει τη δημιουργία των κορημάτων σε μεγάλο ποσοστό με τη σεισμική - τεκτονική δραστηριότητα.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στο μέρος αυτό γίνεται αναφορά στην εργασία υπαίθρου και τις παρατηρήσεις που συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν, με αποτέλεσμα την εκπόνηση ενός λιθοστρωματογραφικού χάρτη της περιοχής κλίμακας 1:5.000. Στο χάρτη αυτό έχουν σημειωθεί και ταξινομηθεί τα ρήγματα που διακρίνονται σε:

- α. Σεισμικά
- β. Ενεργά
- γ. Πιθανά ενεργά
- δ. Ανενεργά

Επίσης, για τις ανάγκες της Μικροζωνικής Μελέτης Καλαμάτας, κρίθηκε σκόπιμο κατά την γεωλογική χαρτογράφηση να γίνει ομαδοποίηση και διάκριση των διαφόρων ενοτήτων στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Γεωτεκτονική ενότητα Πίνδου: περιλαμβάνει το σχηματισμό του Φλύσχη, ασβεστολίθους και σχιστοκερατόλιθους.
- Γεωτεκτονική ενότητα Τρίπολης: περιλαμβάνει Φλύσχη και ανθρακικά ιζήματα.
- Μεταλλική ενότητα: περιλαμβάνει κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες κ.λ.π.

Για την ολοκληρωμένη εικόνα της γεωλογίας της περιοχής, συντάχθηκαν δύο χάρτες. Στον ένα αποτυπώθηκαν όλα τα τεκτονικά στοιχεία που δημιουργήθηκαν από τους πρόσφατους σεισμούς, ενώ στον άλλο έχει αποτυπωθεί η επιφάνεια επώθησης του καλύμματος της Πίνδου.

Σχετικά με τους λιθολογικούς σχηματισμούς που αναπτύσσονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, αναφέρεται ότι εξετάσθηκαν οι εξής:

- (α) Τεταρτογενείς σχηματισμοί. Πρόκειται για κλαστικές αποθέσεις χερσαίας φάσης (π.χ. παράκτιες, κώνους κορημάτων, κ.λπ.).
- (β) Νεογενείς σχηματισμοί. Πρόκειται για αποθέσεις που είτε εμφανίζονται στην επιφάνεια, είτε αποτελούν το υπόβαθρο του μεγαλύτερου τμήματος της περιοχής της πόλης της Καλαμάτας. Οι σχηματισμοί αυτοί που είναι εναλλαγές μαργών, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών έχουν αποθεθεί σε ασυμφωνία με τους υποκείμενους αλπικούς.
Το πάχος απόθεσής τους διαφέρει από θέση σε θέση και αυτό οφείλεται κύρια σε τεκτονικούς λόγους.
- (γ) Αλπικοί σχηματισμοί. Πρόκειται για το υπόβαθρο των νεογενών αποθέσεων. Δυτικά του Νέδοντα ποταμού είναι ασβεστόλιθοι, ενώ Ανατολικά που αναπτύσσεται ο σχηματισμός του Φλύσχη.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Υπογραμμίζεται η σημασία της τεκτονικής ανάλυσης της δομής της περιοχής και του τρόπου παραμόρφωσής της.

Η παραμόρφωση αυτή θεωρείται αρκετά σύνθετη και διακρίνεται σε δύο μεγάλες φάσεις. Την Αλπική φάση κατά την διάρκεια της οποίας δημιουργήθηκαν πτυχές, επιππεύσεις και καλύμματα και την Μεταλπική ή Νεοτεκτονική φάση, κατά την οποία δημιουργήθηκαν κύρια σεισμικές διαρρήξεις και ρήγματα.

Η κυρίαρχη μακροδομή στην ευρύτερη περιοχή είναι το Τεκτονικό Βύθισμα Καλαμάτας - Κυπαρισσίας που περιλαμβάνει τέσσερις (4) μικρότερες νεοτεκτονικές λεκάνες.

Το βύθισμα αυτό θεωρείται νεοτεκτονική δομή 1ης τάξης και οριοθετείται από δύο μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες. Αναφέρονται στη συνέχεια μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των ζωνών αυτών: οι διευθύνσεις των επί μέρους ρηγμάτων δεν είναι σταθερές πάντα, τα ρήγματα δεν είναι συνεχή αλλά διακόπτονται από άλλα διαφορετικής διεύθυνσης. Πρόκειται δηλαδή για συζυγή συστήματα ρηγμάτων σαν αποτέλεσμα του ίδιου εντατικού πεδίου.

Εκτός από την αναφερθείσα κύρια μακροδομή της περιοχής, αναπτύσσονται και μικρότερες που χαρακτηρίζονται σαν 2ης τάξης. Σαν τέτοια μακροδομή αναφέρεται το βύθισμα Περιβολακίων-Δήμιος, εγκάρσια του μεγάλου τεκτονικού βυθίσματος Καλαμάτας - Κυπαρισσίας.

Οι πρόσφατοι σεισμοί στην Καλαμάτα, θεωρούνται αποκαλυπτικοί για την γενικότερη αντίληψη του τεκτονισμού και της παραμόρφωσης του ευρύτερου χώρου κατά την Νεοτεκτονική περίοδο και την εξέλιξή τους ως σήμερα.

Σχετικά με βασικές διαπιστώσεις της μελέτης, αναφέρεται ότι σαν σεισμικά ρήγματα χαρακτηρίζονται εκείνα που παρουσιάζουν εμφανή ολίσθηση. Σεισμικές διαρρήξεις χαρακτηρίζονται εκείνες που δημιουργήθηκαν στην επιφάνεια του εδάφους κατά τους πρόσφατους σεισμούς και δεν παρουσιάζουν ολίσθηση, ούτε αποτελούν προέκταση άλλων ρηγμάτων.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Αναφέρονται συνοπτικά και με σαφήνεια τα συμπεράσματα της έρευνας.

(α) Η περιοχή που κύρια επλήγη από το σεισμό της 13.09.1986 αλλά και τους μετασεισμούς του, περιορίζεται σε μια μικρή σχετικά επιφάνεια που συνολικά ανέρχεται σε 70km² περίπου.

(β) Η παραπάνω αναφερθείσα περιοχή, οριοθετείται από ρηξιγενείς ζώνες.

- (γ) Η γεωγραφική κατανομή των βλαβών και καταστροφών από τον σεισμό έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τη μελέτη του συγκεκριμένου σεισμού.
- (δ) Η περιοχή αυτή, από άποψη γεωλογικής δομής, αποτελεί αυτοτελές τεκτονικό πολυτέμαχος και συγκεκριμένα ένα τεκτονικό βύθισμα.
- (ε) Η περισσότερο σταθερή από σεισμογεωλογική άποψη περιοχή, μπορεί να θεωρηθεί, με επιφύλαξη βέβαια, η περιοχή του Ασπροχώματος και βορειότερα έως τα Λαίικα.
- (στ) Οι περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες που οριοθετούν το συγκεκριμένο τεκτονικό βύθισμα της Καλαμάτας, συμπεριφέρονται σαν ανακλαστήρες της σεισμικής ενέργειας. Έτσι η εκτόνωση των τάσεων περιορίζεται σε σχετικά στενή περιοχή.
- (ζ) Τα πάχη των Μεταλπικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης είναι των μεν τεταρτογενών (προσφάτων) περίπου 30-40 μέτρα, ενώ των Νεογενών, μαργών-ψαμμιτών, είναι γενικά μεγάλο.
- (η) Από δυναμική άποψη η παραμόρφωση δεν συνδέεται με εντατικό πεδίο αξονικού εφελκυσμού, αλλά με φαινόμενα στρέψης.
- (θ) Στις τεταρτογενείς αποθέσεις τα ρήγματα είναι σπάνια, ενώ στους Νεογενείς σχηματισμούς υπάρχουν περισσότερα που σχηματίζουν και μικρού πλάτους ζώνες μυλωνιτίωσης.
- (ι) Γενικά οι ρηξιγενείς επιφάνειες διακρίνονται σε παλαιοτεκτονικά ρήγματα (ανενεργά) και σε νεοτεκτονικά ρήγματα (ενεργά).
- (κ) Ο κατακερματισμός των ασβεστολίθων σε περιοχές ενεργών ρηγμάτων, είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία “χαλαρωμένων” βραχομαζών με μηχανικά χαρακτηριστικά διάφορα εκείνων των υγιών σχηματισμών. Το Ελαιοχώρι είναι θεμελιωμένο ακριβώς σε τέτοια χαλαρωμένη βραχομάζα.

Ακολούθως διατυπώνονται σαν αποτέλεσμα της έρευνας στη περιοχή, οι παρακάτω προτάσεις

- (α) Για τη μελέτη της Κινηματικής μελέτης της περιοχής, είναι απαραίτητη η Γεωδαιτική μελέτη (επαναληπτικές χωροσταθμίσεις).
- (β) Είναι απαραίτητη γεωφυσική έρευνα βάθους, για τον εντοπισμό των ρηξιγενών ζωνών κάτω από τα αλλούβια.
- (γ) Απογραφή και ταξινόμηση των κτιρίων που δεν έχουν πάθει ζημιές και επέκταση της εργασίας αυτής και δυτικά της πόλης της Καλαμάτας.

ΣΥΝΗΜΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Μαζί με τη μελέτη υποβλήθηκαν και οι εξής χάρτες, που συνοδεύονται από λεπτομερές υπόμνημα σε ιδιαίτερο τεύχος :

1. Γεωλογικός της ευρύτερης περιοχής (κλ. 1:5.000), 8 φύλλα
2. Γεωμορφολογικός (κλ. 1:5.000), 9 φύλλα
3. Τεκτονικός χάρτης σεισμικών διαρρήξεων (κλ. 1:33.000)
4. Χάρτης μορφολογικών κλίσεων (κλ. 1:50.000)
5. Χάρτης ισοβαθών Μεσσηνιακού κόλπου (κλ. 1:75.000)

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 4

ΦΟΡΕΑΣ: ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
 (I.Γ.Μ.Ε.)
 Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
 ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Ν. ΜΟΥΓΙΑΡΗΣ**, Γεωλόγος Ι.Γ.Μ.Ε.
 Α. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, Γεωλόγος

ΓΕΝΙΚΑ

Στη Διεύθυνση Τεχνικής Γεωλογίας του Ι.Γ.Μ.Ε., ο Ο.Α.Σ.Π. ανέθεσε το πρόγραμμα των Μακροσεισμικών ερευνών που έγιναν στην περιοχή της πόλης της Καλαμάτας και γύρω απ' αυτήν.

Οι παρατηρήσεις των ειδικών επιστημόνων του Ι.Γ.Μ.Ε. που εργάσθηκαν επί τόπου, τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, η επεξεργασία και η αξιολόγησή τους περιλαμβάνονται στο τεύχος της έκθεσης που υποβλήθηκε στον Ο.Α.Σ.Π. και το οποίο τεύχος αποτελείται από τα εξής κεφάλαια :

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Αναφέρονται οι στόχοι της έρευνας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην εκτέλεση των επί τόπου εργασιών αλλά και την εκπόνηση της μελέτης. Οι στόχοι της έρευνας που έγινε, ήταν οι ακόλουθοι:

- (α) η εκτίμηση της διανομής της σεισμικής έντασης σε σχέση με το έδαφος θεμελίωσης,
- (β) η συλλογή στοιχείων για την εκτίμηση της διεύθυνσης της μέγιστης ώθησης,
- (γ) ο εντοπισμός και η μελέτη της τεκτονικής συμπεριφοράς των εδαφικών διαρρήξεων που εκδηλώθηκαν τόσο στην περιοχή της πόλης Καλαμάτας όσο και ΒΑ αυτής.

Η όλη εργασία μεθοδεύτηκε για την ολοκλήρωσή της στα ακόλουθα δύο στάδια:

Στο πρώτο στάδιο η προσπάθεια της ομάδας εργασίας του ΙΓΜΕ επικεντρώθηκε σε θέσεις με έκδηλες ζημιές και εκτιμήθηκε η εξάπλωση και διανομή των ζημιών στην περιοχή, σε σχέση βέβαια με το ανάγλυφο, τη γεωλογία και την μικροτεκτονική της. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τον καθορισμό της επιφανειακής έκτασης των μέγιστων έως καταστροφικών ζημιών με μεγάλη πυκνότητα, δηλαδή της πλειστόσειστης ζώνης καθώς επίσης και τον καθορισμό της έκτασης μέτριων έως ισχυρών ζημιών, δηλαδή της πλειόσειστης ζώνης που περιβάλλει την προηγούμενη.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε προσπάθεια για τη συστηματική απαρίθμηση και αξιολόγηση των ζημιών, την εκτίμηση διανομής τους σε σχέση με το έδαφος θεμελίωσης και την τεκτονική θεώρηση των ζημιών και διαρρήξεων του εδάφους.

2. ΜΟΡΦΟ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΣΕΙΣΜΟΠΛΗΚΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό της έκθεσης αναφέρονται οι μορφολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής της Καλαμάτας. Όσον αφορά στη γεωλογική δομή της περιοχής, αναφέρονται με λεπτομέρειες οι σχηματισμοί που την αποτελούν :

- (α) Φυλλιτική - χαλαζιτική σειρά: περιλαμβάνει σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, χαλαζίτες.
- (β) Στρώματα Τυρού: περιλαμβάνει ανθρακικά ιζήματα καθώς και τόφφους, λάβες, κλαστικά ιζήματα.
- (γ) Ασβεστόλιθοι - δολομίτες: περιλαμβάνει ανθρακικά ιζήματα της ζώνης Τρίπολης που τελειώνουν προς τα πάνω με τον σχηματισμό του Φλύσχη.
- (δ) Επωθημένοι σχηματισμοί: πρόκειται για ασβεστόλιθους της ζώνης Πίνδου, επάνω σε ιζήματα Φλύσχη. Σ' αυτούς τους σχηματισμούς βρίσκεται τμήμα του οικισμού Περιβολάκια κοντά στο Ελαιοχώρι.
- (ε) Νεογενείς σχηματισμοί: Περιλαμβάνουν κίτρινες μάργες και τοπικά κροκαλοπαγή ή μαργαϊκούς και ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους.
- (στ) Τεταρτογενείς σχηματισμοί: Αυτοί διακρίνονται στη λοφώδη περιοχή του οικοδομικού χώρου της Καλαμάτας σε ερυθρές αργίλους, αργιλώδεις άμμους και διάσπαρτες κροκάλες. Στην πεδινή περιοχή της Καλαμάτας σαν αποθέσεις του Νέδοντα ποταμού που είναι αμμούχοι άργιλοι με ενστρώσεις κροκαλών και χαλίκων. Τέλος στην περιοχή των πλαγιών του Ταυγέτου σχηματίζονται κατά θέσεις πλευρικά κορήματα χαλαρά έως συνεκτικά.

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Αναφέρεται η τεκτονική που έχει επηρεάσει τους σχηματισμούς της περιοχής και που χαρακτηρίζεται σαν αρκετά έντονη.

Επικρατούν δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις αντίστοιχα ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΑ-ΝΔ ενώ υπάρχει και ένα τρίτο σύστημα με διεύθυνση Α-Δ. Γενικά πρόκειται για κανονικά ρήγματα μερικά από τα οποία φαίνεται να έχουν ενεργοποιηθεί πρόσφατα.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1 ΠΛΕΙΣΤΟΣΕΙΣΤΗ ΖΩΝΗ

Πρόκειται για τη ζώνη της εδαφικής επιφάνειας όπου έχει παρατηρηθεί ο μέγιστος βαθμός των σεισμικών αποτελεσμάτων με τη μεγαλύτερη συχνότητα.

Στη συνέχεια καθορίζονται οι περιοχές που εντάσσονται στην πλειστόσειστη ζώνη και που είναι οι ακόλουθες:

- Περιοχή Καλαμάτας - Ελαιοχωρίου. Καλύπτει επιφάνεια περίπου 30km² και έχει δ/ση ΑΒΑ-ΔΒΔ. Περιλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της κατοικημένης περιοχής της Καλαμάτας και του προαστίου Γιαννιτσάνικα, καθώς και τα χωριά Ελαιοχώρι, Περιβολάκια, Μενινά, Κ. Καρβέλι. Στη συνέχεια γίνεται λεπτομερής αναφορά στην κατανομή των σεισμικών αποτελεσμάτων στην περιοχή αυτή.
- Περιοχή χαραδροκοιλιάδας Νέδοντα ποταμού. Αναπτύσσεται στα ΒΑ της προηγούμενης περιοχής και περιλαμβάνει το μέγιστο τμήμα της κοιλάδας του Νέδοντα. Μακροτεκτονικά η κοιλάδα αυτή θεωρείται σαν μια ισχυρή ρηξιγενής ζώνη με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

4.2 ΠΛΕΙΟΣΕΙΣΤΗ ΖΩΝΗ

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται πάλι στη μελέτη αυτή, πρόκειται για τη ζώνη όπου τα σεισμικά αποτελέσματα υπήρξαν κατά κανόνα ασθενέστερα τόσο σε πυκνότητα όσο και σε ένταση.

Αναφέρονται παρατηρήσεις και εκτιμήσεις σχετικά με την γεωγραφική εξάπλωση της ζώνης αυτής, καθώς επίσης και οι βλάβες που εντοπίστηκαν κατά περιοχές.

4.3 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΟΣ ΠΛΕΙΟΣΕΙΣΤΗΣ ΖΩΝΗΣ

Εξετάζονται παρατηρήσεις που αναφέρονται στους οικισμούς Αλαγονίας, Αρτεμής, Βέργας, καθώς επίσης Μεσσήνης, Μικρομάνης και Θουρίων όπου τα αποτελέσματα του σεισμού ήταν περιορισμένα.

5. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Περιλαμβάνονται τα διάφορα σεισμικά επεισόδια που έπληξαν την ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας και της Μεσσηνίας γενικότερα από τις αρχές του περασμένου αιώνα σεισμός 1805, έως τον σεισμό Σεπτεμβρίου 1986.

Από τις πληροφορίες και τα στοιχεία που παρέχονται, συμπεραίνεται ότι η ευρύτερη περιοχή του Μεσσηνιακού κόλπου είναι σεισμογενής και κατ'επανάληψη έχουν συμβεί καταστροφές. Το Ι.Γ.Μ.Ε., στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του έχει συμπεριλάβει ένα πρόγραμμα για τη μελέτη της σεισμικής ιστορίας του Ελληνικού χώρου, που βρίσκεται σε εξέλιξη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα συμπεράσματα από την μακροσεισμική εξέταση της ευρύτερης περιοχής Καλαμάτας, μετά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των σεισμών και την εκτίμηση της διανομής της σεισμικής έντασης σε σχέση με το έδαφος θεμελίωσης, τη γεωλογία και την τεκτονική της περιοχής, συνοπτικά είναι :

- (α) Η πλειόσειστη ζώνη έχει μια έκταση της τάξης των 200-250 km² με κύριο άξονα εξάπλωσης ΒΑ-ΝΔ, δηλαδή παράλληλα προς τις σεισμογενείς ζώνες που διαμορφώνονται στον ευρύτερο χώρο της Δ. Πελοποννήσου και του Ν. Ιονίου πελάγους.
- (β) Μέσα στην ζώνη αυτή, διαμορφώνεται η πλειστόσειστη ζώνη, που συγκεντρώνει το μέγιστο ποσοστό σε πυκνότητα και ένταση των αποτελεσμάτων του σεισμού. Η ζώνη αυτή έχει έκταση 35 km² και διακρίνεται γεωγραφικά σε δύο περιοχές,

την ΝΔ, Καλαμάτα-Φαρές-Ελαιοχώρι, και την ΒΑ, Κοιλάδα Νέδοντα-Μ.Μαρδακίου.

- (γ) Η ΝΔ περιοχή της πλειστόσειστης ζώνης παρουσιάζει τη μέγιστη εξάπλωση καταστροφών και καίριων δομικών βλαβών και εδαφικών διαρρήξεων. Σημειώνεται κάποια “επιμονή” στην εκδήλωση των βλαβών, που πιθανόν να υποδηλώνει την ύπαρξη μιας ζώνης ευαίσθητης στην διάδοση της σεισμικής ενέργειας κατά την διεύθυνση Α-Δ.
- (δ) Οι καταστροφικές βλάβες στην περιοχή Ελαιοχωρίου οφείλονται κύρια σε μορφολογικούς, στρωματογραφικούς, τεκτονικούς παράγοντες που επέδρασαν αθροιστικά στην επαύξηση των σεισμικών ωθήσεων.
Για τον οικισμό του Ελαιοχωρίου γίνεται σύσταση για ανοικοδόμησή του σε πιο ασφαλή θέση ή εφ’όσον παραμείνει στην ίδια να ληφθούν υπ’όψη πρόσθετοι συντελεστές ασφάλειας.
- (ε) Από τα μακροσεισμικά αποτελέσματα διαπιστώνεται η δράση ισχυρής κατακόρυφης συνιστώσας των σεισμικών ωθήσεων. Σαν αποτέλεσμα αυτού αναφέρεται η αποκόλληση και κατρακύλιση ογκόλιθων στις δύο όχθες του Νέδοντα ποταμού.
- (στ) Το υπόβαθρο της περιοχής έχει ενεργό και κρίσιμη συμμετοχή στην επαύξηση της σεισμικής έντασης.

Συντάχθηκαν οι ακόλουθοι χάρτες.

1. Χάρτης εντοπισμού μακροσεισμικών αποτελεσμάτων του σεισμού της 13.09.1986, κλ. 1:50.000
2. Ερμηνευτικός χάρτης σεισμικών ανάκλασης του Μεσσηνιακού κόλπου, από στοιχεία Δ.Ε.Π. 1980

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 5

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΖΩΝΗΣ ΧΩΡΙΩΝ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : **Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ**, Αναπλ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

Τα γεωλογικά στοιχεία, οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται σε γεωλογικό χάρτη καθώς και σε φωτογραφίες από την περιοχή έρευνας.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 6α

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Κ. ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ , Επικ. Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

Η μελλοντική σεισμική φόρτιση σε μία περιοχή προσδιορίζεται σήμερα με τον πλέον αξιόπιστο τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα διαθέσιμα ενόργανα σεισμολογικά δεδομένα και συνδυάζοντάς τα με τα γενικά σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της πόλης της Καλαμάτας είναι συνοπτικά η ακόλουθη :

Στο πρώτο στάδιο έγινε η επιλογή των σεισμών που αντιστοιχούν σε ακτίνα μήκους 1.5° από την πόλη της Καλαμάτας. Οι σεισμοί λήφθηκαν από τον κατάλογο Makropoulos et. al (1986) και αντιστοιχούν στη χρονική περίοδο 1900 - 1983 με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο από 4.0. Σεισμοί μικρότερου μεγέθους δεν λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση, επειδή η επίδραση τους στις κατασκευές θεωρείται πολύ μικρή. Για την στατιστική ανάλυση των αναμενόμενων σεισμικών μεγεθών εξετάσθηκαν μόνο οι σεισμοί που αντιστοιχούν σε ακτίνα μήκους μίας μοίρας από την Καλαμάτα.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε η γραφική απεικόνιση των σεισμικών επικέντρων σε κλίμακα 1:2.000.000.

Στο τρίτο στάδιο έγινε το μοντέλο σεισμικών πηγών της περιοχής. Το μοντέλο υιοθετήθηκε ύστερα από συνδυασμό της γεωγραφικής κατανομής των σεισμικών επικέντρων με τα γενικά σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τις δυνατότητες της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και με υποκειμενική κρίση (Τροποποιημένη μέθοδος Cornell). Σεισμική πηγή ορίζεται ο χώρος απ' όπου αναμένεται μελλοντική σεισμική δραστηριότητα. Τα μοντέλα που εξετάσθηκαν για την πόλη της Καλαμάτας θεωρήθηκαν γραμμικά όταν τα επίκεντρα βρίσκονται κατά προσέγγιση σ' ευθεία γραμμή, και επιφανειακά όταν η κατανομή των επικέντρων είναι τυχαία σε μία ευρύτερη επιφάνεια με ρήγματα διαφόρων διευθύνσεων.

Για κάθε σεισμική πηγή προσδιορίστηκαν οι συντελεστές a και b του επαναληπτικού μοντέλου εμφάνισης των σεισμών

$$\log N(M) = a - bM$$

όπου $N(M)$ ο συσσωρευτικός αριθμός των σεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο ενός προκαθορισμένου M .

Στο τέταρτο στάδιο έγινε η επιλογή του μοντέλου για την εκτίμηση της πιθανότητας υπέρβασης τόσο των αναμενόμενων σεισμικών μεγεθών όσο και των μέγιστων εδαφικών παραμέτρων για την πόλη της Καλαμάτας. Λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής, όσο και τα αποτελέσματα του καταστρεπτικού σεισμού της 13ης Σεπτεμβρίου 1986 μελετήθηκαν και εφαρμόσθηκαν οι πιο σύγχρονες μέθοδοι εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας.

Εξετάσθηκε η μέθοδος των ακράιων τιμών για το σύνολο των σεισμών που αντιστοιχούν σε ακτίνα 1° γύρω από την Καλαμάτα με σκοπό τον υπολογισμό των αναμενόμενων σεισμικών μεγεθών και της αντίστοιχης πιθανότητας για διαφορετικές χρονικές περιόδους. Με την ίδια μέθοδο και με βάση το σύνολο των σεισμών που αντιστοιχεί σε ακτίνα 1.5° γύρω από την Καλαμάτα, υπολογίζονται οι αναμενόμενες στάθμες της εδαφικής επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετατόπισης για διαφορετικές χρονικές περιόδους και πιθανότητες υπέρβασης.

Στη συνέχεια εξετάσθηκαν μοντέλα που ενσωματώνουν τα γενικά σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά με τη σεισμικότητα της περιοχής. Τα μοντέλα αυτά θεωρούν ότι η εμφάνιση των σεισμών είναι μία κατανομή Poisson στο χώρο και στο χρόνο και

διαφέρουν στον τρόπο απεικόνισης των σεισμικών πηγών που περιβάλλουν την εξεταζόμενη πόλη της Καλαμάτας.

Επειδή η κατανομή των βλαβών εξαρτάται, εκτός των άλλων, κύρια από τον τρόπο διάδοσης της διάρρηξης στο επίπεδο του ρήγματος, εφαρμόσθηκε και το μοντέλο Mc Guire σύμφωνα με το οποίο ο υπολογισμός της πιθανότητας υπέρβασης μίας ορισμένης στάθμης των εδαφικών επιταχύνσεων, ταχυτήτων και μετατοπίσεων βασίζεται στο μήκος διάρρηξης L που αντιστοιχεί σε σεισμικό μέγεθος M , σύμφωνα με τη σχέση :

$$\log L = -a + bM$$

όπου a και b σταθερές παλινδρόμησης.

Ο προσδιορισμός των φασματικών χαρακτηριστικών γίνεται με τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες για τη περιοχή της Καλαμάτας :

- α. Μεθοδολογία σύμφωνα με τις απόψεις Seed et. al (1974).
- β. Μεθοδολογία που προτάθηκε από Newmark et al (1969).
- γ. Απλοποιημένη μορφή φάσματος που ισχύει στην Καλιφόρνια (ΗΠΑ, ATC-3).

Συμπερασματικά τονίζεται ότι τα φάσματα που παρουσιάζονται στη παρούσα μελέτη αποτελούν μία από τις κυριότερες προτάσεις για του μελετητές των υπό κατασκευή έργων στη Καλαμάτα.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 6β

ΦΟΡΕΑΣ: ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Π. ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Λέκτορας
Επιστημονικός Υπεύθυνος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην έκθεση παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που αφορούν τη σεισμική ακολουθία του σεισμού της 13ης Σεπτεμβρίου 1986, τη σεισμικότητα και τη σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής καθώς και πρόταση διαχωρισμού της πόλης της Καλαμάτας σε ζώνες.

Οι ενέργειες που έγιναν για την επίτευξη των στόχων του ερευνητικού προγράμματος είναι οι ακόλουθες:

- (α) Συλλογή δεδομένων από προσωρινό δίκτυο σεισμογράφων καθώς και από το μόνιμο δίκτυο σεισμολογικών σταθμών, που αφορούν τους σεισμούς της μετασεισμικής ακολουθίας του σεισμού της 13 Σεπτεμβρίου 1986.
- (β) Συλλογή δεδομένων ιστορικών σεισμών, καθώς και σεισμών του παρόντα αιώνα που είχαν επίκεντρο στην περιοχή της Καλαμάτας.

- (γ) Επεξεργασία των παραπάνω σεισμολογικών δεδομένων για τη μελέτη της μετασεισμικής ακολουθίας του σεισμού της 13ης Σεπτεμβρίου 1986 και τη μελέτη της σεισμικότητας της περιοχής.
- (δ) Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων επιταχυνσιογραφημάτων και μελέτη της σεισμικής επικινδυνότητας της πόλης της Καλαμάτας.
- (ε) Πραγματοποίηση μετρήσεων μικροδονήσεων στην πόλη της Καλαμάτας και μικροζωνική μελέτη της πόλης.

2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

2.1 ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥ 13 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1986 ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ

Η μελέτη της μετασεισμικής ακολουθίας του σεισμού της 13ης Σεπτεμβρίου έγινε από τους Παπαζάχο και συνεργάτες (1987, 1988). Με δεδομένα μικροσεισμών που καταγράφηκαν σε δίκτυο φορητών σεισμογράφων καθώς και από γεωλογικές παρατηρήσεις στην επικεντρική περιοχή βρέθηκε ότι το σεισμικό ρήγμα ήταν ένα ληστρικό κανονικό ρήγμα με διεύθυνση BBA-NNΔ και κλίση προς ΔΝΔ. Οι επιφανειακές εκδηλώσεις του σεισμογόνου ρήγματος ταυτίζονται με ένα νεοτεκτονικό ρήγμα που βρίσκεται 2-3km ανατολικά από την πόλη της Καλαμάτας και το οποίο σχετίζεται με τη δημιουργία του Μεσσηνιακού κόλπου κατά την διάρκεια του Πλειοκαίνου-Τεταρτογενούς. Γεωλογικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι ο σεισμός οφείλεται στην επαναδραστηριοποίηση αυτού του νεοτεκτονικού ρήγματος.

Ο μηχανισμός γένεσης του σεισμού δείχνει ότι το σεισμικό ρήγμα ήταν κανονικό με διεύθυνση BBA-NND και ο άξονας Τ είχε διεύθυνση 271°. Τα επίκεντρα των μετασεισμών σχηματίζουν δύο ομάδες, η μια κοντά στο επίκεντρο του κύριου σεισμού, στο βόρειο τμήμα του σεισμογόνου χώρου και η δεύτερη κοντά στο επίκεντρο του μεγαλύτερου μετασεισμού στο νότιο τμήμα του σεισμογόνου χώρου.

Στο ενδιάμεσο τμήμα του σεισμογόνου όγκου δεν παρατηρούνται μετασεισμοί και αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι στο τμήμα αυτό του σεισμογόνου ρήγματος η ολίσθηση έγινε ομαλά.

Για τη μελέτη της χρονικής κατανομής των μετασεισμών, χρησιμοποιήθηκαν οι χρόνοι γένεσης όλων των μετασεισμών με $M_s \geq 3.7$ της περιόδου από 13 Σεπτεμβρίου έως 31 Δεκεμβρίου 1986. Η χρονική κατανομή των μετασεισμών ακολουθεί τη σχέση:

$$n = n_1 t^{-p}$$

όπου n είναι ο αριθμός των μετασεισμών που έγιναν σε χρονικό διάστημα t από το χρόνο γένεσης του κύριου σεισμού, και n_1, p είναι σταθερές. Οι τιμές των παραμέτρων n_1 και p βρέθηκαν ότι είναι ίσες με 1.95 και 1.02 αντίστοιχα.

Με βάση τα δεδομένα που αναφέρθηκαν παραπάνω υπολογίσθηκαν οι παράμετροι $a=4.01$ και $b=0.76$ της σχέσης των Gutenberg και Richter $\log N = a - bM$.

Υπολογίσθηκαν οι παράμετροι σεισμικότητας στην ευρύτερη περιοχή της πόλης της Καλαμάτας. Για το λόγο αυτό θεωρήθηκαν οι σεισμοί που έγιναν σε ακτίνα 50km από την πόλη της Καλαμάτας. Πληροφορίες που αφορούν τις παραμέτρους των εστιών των σεισμών αυτών περιέχονται στον κατάλογο των Κομνηνάκη και Παπαζάχου (1986), ενώ στοιχεία που αφορούν σεισμούς που έγιναν πριν το 1900, λήφθηκαν από δημοσίευτα μακροσεισμικά στοιχεία. Υπολογίσθηκαν, με βάση τα στοιχεία αυτά, οι παράμετροι $a=4.86$ και $b=0.72$ της σχέσης των Gutenberg και Richter. Επίσης υπολογίσθηκαν οι μέσες περίοδοι επανάληψης T των σεισμών, μεγέθους 6.0, 6.5 και 7.0 εφαρμόζοντας τη σχέση:

$$T = 10^{bM} / 10^{a_0}$$

όπου $b=0.72$ και $a_0 = a - \log 87 = 2.93$.

Οι τιμές αυτές είναι: $T(6.0) = 23$ χρόνια

$T(6.5) = 53$ χρόνια

$T(7.0) = 120$ χρόνια

3. ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Για την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της Καλαμάτας, δηλαδή την πιθανότητα υπέρβασης $P(T)$ της μακροσεισμικής έντασης I και της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης a , σε δεδομένο χρόνο T , εφαρμόστηκε η σχέση του Cornell (1968) από τον Θεοδοουλίδη και τους συνεργάτες του (1987). Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει πιθανολογικά την επίδραση σε μια θέση όλων των δυνατών σεισμικών πηγών n , κάθε μια από τις οποίες συμβάλλει με ένα μέσο ετήσιο ρυθμό σεισμικότητας. Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής χρησιμοποιήθηκε ο χωρισμός του ελληνικού χώρου σε σεισμικές πηγές όπως προτάθηκε από τον Παπαζάχο (προσωπική επικοινωνία, 1986) και εφαρμόστηκαν σχέσεις απόσβεσης για τις μακροσεισμικές εντάσεις των Παπαϊωάννου (1984) και Τάσσου (1984). Επίσης χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$\log a = -0.04 + 0.32I$$

που συνδέει τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a , και την μακροσεισμική ένταση I (Παπαϊωάννου 1984).

Σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν προηγούμενα, υπολογίστηκαν οι αναμενόμενες μακροσεισμικές εντάσεις και μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις αντίστοιχα για χρόνους θεώρησης $T=1, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200$ έτη και πιθανότητες υπέρβασης $P(T)=0.50, 0.40, 0.30, 0.20, 0.10$.

Στη συνέχεια έγινε εκτίμηση των πιθανολογικών φασμάτων απόκρισης των οριζοντίων συνιστωσών της εδαφικής κίνησης. Για την αναγωγή των φασματικών ψευδοταχυτήτων PSV εφαρμόστηκε η σχέση (Trifunac and Anderson, 1977):

$$\log[PSV(T),p] = a(T)p + b(T)I_{MM} + c(T) + d(T)s + e(T)v$$

και χρησιμοποιήθηκαν οι καταγραφές των επιταχυνσιογραφημάτων του κύριου σεισμού της 13ης Σεπτεμβρίου 1986 και των μεγαλύτερων μετασεισμών του.

Όπως έδειξε η πιθανολογική ανάλυση της σεισμικής επικινδυνότητας για την πόλη της Καλαμάτας, ο σεισμός της 13.09.86 έχει μέση περίοδο υπέρβασης μεταξύ 1.000 έως

3.000 ετών, αν δεχτούμε μέση μακροσεισμική ένταση μεταξύ VIII και VIII⁺ στο σύνολο της πόλης.

4. ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Στην πόλη της Καλαμάτας έγινε εφαρμογή της Ιαπωνικής μεθόδου μικροζωνικής (μέθοδος Kanai), η οποία βασίζεται στο χωρισμό διαφόρων ζωνών του επιφανειακού εδαφικού σχηματισμού με βάση την επικρατούσα περίοδο, όπως αυτή προκύπτει από τις καταγραφές του εδαφικού θορύβου.

Η πόλη χωρίστηκε σε τρεις ζώνες και οι επικρατούσες περίοδοι για τις τρεις αυτές ζώνες όπως προέκυψαν από την ανάλυση των μικροδονήσεων (Λεβεντάκης και συνεργάτες, 1986), είναι:

$$T_I = 0.09 \text{ sec} \pm 0.02 \text{ sec}$$

$$T_{II} = 0.25 \text{ sec} \pm 0.40 \text{ sec}$$

$$T_{III} = 0.40 \text{ sec} \pm 0.10 \text{ sec}$$

Η πρώτη ζώνη εκτείνεται κατά την διεύθυνση BN και σχετίζεται με τη ζώνη των μικρότερων δεσποζουσών περιόδων. Στο εύρος των περιόδων αυτών κυμαίνονται οι ιδιοπερίοδοι μικρών ισογείων ή μονορόφων κατοικιών. Τέτοιες κατασκευές στη ζώνη αυτή έπαθαν σοβαρές ζημιές οι οποίες έφθασαν μέχρι πλήρη κατάρρευση.

Γύρω από τη ζώνη αυτή, αναπτύσσεται η δεύτερη ζώνη, της οποίας οι επικρατούσες περίοδοι κυμαίνονται μεταξύ 0.25 και 0.40sec. Το γεγονός αυτό μαζί με το ότι ο κύριος σεισμός και ο μετασεισμός του είχαν μέγιστα πλάτη που παρουσιάστηκαν στα 0.35sec περίπου φαίνεται ότι επέδρασε στο να συμβούν τρεις καταρρεύσεις και εκτεταμένες βλάβες σε μεγάλη ποικιλία μοντέρνων κατασκευών.

Γύρω από τις ζώνες I και II βρίσκεται η ζώνη III με επικρατούσα περίοδο γύρω στα 0.40sec περίπου, και περιλαμβάνει την παραλία και άλλες περιοχές στις οποίες επικρατούν χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις σημαντικού βάθους. Στην περιοχή της ζώνης αυτής, οι μικρές μονοκατοικίες και τα μονόροφα κτίσματα δεν παρουσίασαν σχεδόν καθόλου σοβαρές βλάβες. Αντίθετα σε ορισμένα υψηλά κτίρια, πέντε ή έξι ορόφων, παρουσιάστηκαν πολύ εκτεταμένες ζημιές.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 7α

ΦΟΡΕΑΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ - ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΠΟΛΗ ΤΗΣ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

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

ΓΕΝΙΚΑ

Στην παρούσα μελέτη περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και παρουσιάζονται τόσο οι χρονικές εξελίξεις όσο και τα φάσματα απόκρισης των αναμενόμενων εδαφικών κινήσεων, επιταχύνσεις, ταχύτητες, μετακινήσεις, για διάφορους "σεισμούς σχεδιασμού".

Οι ερευνητές θεωρούν ότι τα συγκεκριμένα αποτελέσματα σε συνδυασμό και με άλλες σχετικές εργασίες θα βοηθήσουν στο σωστό αντισεισμικό σχεδιασμό και στη δυναμική ανάλυση ειδικών κατασκευών για τη πόλη της Καλαμάτας.

1. ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΙΣΧΥΡΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ

Λόγω της ιδιαιτερότητας του καταστρεπτικού σεισμού της 13ης Σεπτεμβρίου 1986, θεωρήθηκε σκόπιμο τα αποτελέσματα της σεισμικής επικινδυνότητας, που δίνουν μόνο τις μέγιστες τιμές των εδαφικών παραμέτρων, να συμπληρωθούν με τις χρονικές τους εξελίξεις για να προταθούν με αυτόν τον τρόπο επιταχυνσιογραφήματα σχεδιασμού στο υπόβαθρο της πόλης της Καλαμάτας.

Θεωρώντας ότι τα σεισμικά κύματα κατά τη διαδοσή τους υφίστανται πολλαπλές και τυχαίες ανακλάσεις, διαθλάσεις και αποσβέσεις, εφαρμόστηκε το “στοχαστικό μοντέλο” σύνθεσης των αναμενόμενων ισχυρών δονήσεων και των φασμάτων απόκρισης τους στο στερεό υπόβαθρο της Καλαμάτας.

Επειδή τόσο τα μέγιστα πλάτη όσο και το περιεχόμενο συχνότητας των αναμενόμενων εδαφικών επιταχύνσεων, ταχυτήτων και μετατοπίσεων εξαρτώνται κύρια από το μέγεθος του σεισμού και την επικεντρική απόσταση, εξετάστηκαν τρία (3) χαρακτηριστικά μοντέλα “σεισμικού σχεδιασμού” για την πόλη της Καλαμάτας, λαμβάνοντας έτσι τις πιο πιθανές περιπτώσεις σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά σεισμικότητας της περιοχής. Εξετάστηκε ένας σεισμός σχεδιασμού σε μικρή επικεντρική απόσταση από την Καλαμάτα, ένας σε ενδιάμεση και ένας σε μακρινή επικεντρική απόσταση.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω τριών περιπτώσεων παρουσιάζονται σε αντίστοιχους πίνακες. Επίσης δίνονται τα διαγράμματα των αναμενόμενων χρονικών εξελίξεων των αναμενόμενων εδαφικών επιταχύνσεων, ταχυτήτων και μετατοπίσεων καθώς και των φασματικών επιταχύνσεων για κάθε περίπτωση.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι επιταχυνσιογράφος του Ινστιτούτου Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικής Μηχανικής, ΙΤΣΑΚ, που ήταν εγκατεστημένος στη βάση επταόροφου κτιρίου στην Καλαμάτα κατέγραψε μέγιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση ίση με 0.27g, η διάρκεια της δόνησης ήταν περίπου 20sec και η διάκριση της ισχυρής φάσης της δόνησης περίπου 5.8sec.

Σε διαφορετική θέση, επιταχυνσιογράφος του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Αστεροσκοπείου Αθηνών που ήταν εγκατεστημένος στη βάση τριόροφου κτιρίου κατέγραψε μέγιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση ίση με 0.30g, και μέγιστη κατακόρυφη ίση με 0.375g. Οι τιμές που παρατηρήθηκαν βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα της σύνθεσης για το υποτιθέμενο κοντινό μοντέλο του σεισμού σχεδιασμού της πόλης της Καλαμάτας.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 7β

ΦΟΡΕΑΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Γ. ΓΚΑΖΕΤΑΣ, Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

ΓΕΝΙΚΑ

Ανατέθηκε στον Τομέα Γεωτεχνικής Ε.Μ.Π. το ερευνητικό πρόγραμμα "Δυναμική απόκριση εδαφικών σχηματισμών και συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα".

Σκοπός του προγράμματος είναι η διερεύνηση του πιθανού ρόλου του εδάφους στην έκταση και κατανομή των ζημιών από το σεισμό της Καλαμάτας (Σεπτέμβριος 1986).

Τα αποτελέσματα των ερευνών και τα συμπεράσματα που προέκυψαν δίνονται στην παρούσα έκθεση.

1. ΕΔΑΦΙΚΑ ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Λήφθησαν υπόψη τα αποτελέσματα των ερευνών του ΚΕΔΕ και του Πανεπιστημίου Πατρών (καθ. Αθανασόπουλος) για την εκτίμηση χαρακτηριστικών εδαφικών προφίλ πόλης Καλαμάτας.

Το υπέδαφος της πόλης, πλην παραλίας, αποτελείται από εναλλασσόμενες στρώσεις ιλυώδους αμμοχάλικου και αμμοίλου μέσης μέχρι μεγάλης σχετικής πυκνότητας - σκληρότητας με ποικιλία πάχους στρώσεων, ενώ μάργα υπάρχει κάτω από αυτές τις στρώσεις. Το υπέδαφος της παραλίας αποτελείται από χαλαρότερες / μαλακότερες στρώσεις ιλυώδους άμμου και αμμώδους αργίλου.

Δίδονται επτά χαρακτηριστικά πρόφιλ που περιέχουν τη στρωματογραφία του εδάφους και διαγράμματα δοκιμών τυποποιημένης διείσδυσης (κρούσεις / 30cm) και ταχύτητας διατμητικών κυμάτων (m/s). Η ταχύτητα διατμητικών κυμάτων μετρήθηκε από τις δοκιμές Cross Hole και προσδιορίστηκε προσεγγιστικά από τις δοκιμές SPT, σε όσες περιπτώσεις δεν υπήρχαν μετρήσεις Cross Hole.

Η εκτίμηση της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων από τις δοκιμές SPT δεν είναι ακριβής. Προτείνεται εκτέλεση πρόσθετων δοκιμών Cross Hole στη Νομαρχία και στο κτίριο παλιού ΟΤΕ.

Υποθέτοντας ότι τα σεισμικά κύματα ξεκινώντας από το ρήγμα έφθασαν στην επιφάνεια περίπου κατακόρυφα και ότι τα εδαφικά στρώματα συμπεριφέρθηκαν ως μη γραμμικά-ανελαστικά υλικά, προσομοιώνεται η εδαφική συμπεριφορά με το μονοδιάστατο ανακυκλιζόμενο υπερβολικό μοντέλο.

Απαραίτητες παράμετροι για την περιγραφή της μηχανικής συμπεριφοράς κάθε εδαφικής στρώσης είναι το αρχικό εφαπτομενικό μέτρο διάτμησης - G_0 και η μέγιστη διατμητική αντίσταση τ_m . Τιμές της μέγιστης διατμητικής αντίστασης λήφθηκαν από την βιβλιογραφία, διότι δεν υπάρχουν αποτελέσματα κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών.

2. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΓΕΝΕΣΕΩΣ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΛΑΒΩΝ

Κατασκευάστηκαν τρία αριθμητικά συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα και τα αντίστοιχα φάσματα απόκρισης και Fourier, αντιπροσωπευτικά του πιθανού σεισμικού κραδασμού στο βραχώδες υπόβαθρο. Η χρονική διάρκεια και η κορυφαία επιτάχυνση

των συνθετικών αυτών "κραδασμών" συμφωνούν με τις πραγματικές καταγραφές στην εδαφική επιφάνεια (Νομαρχία - Παλιός ΟΤΕ).

Η κατανομή βλαβών στο μεγαλύτερο μέρος της πόλης ήταν περίπου ομοιόμορφη.

3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της ανελαστικής δυναμικής απόκρισης τεσσάρων εδαφικών σχηματισμών σε διατμητικά κύματα που διαδίδονται κατακόρυφα και που περιγράφονται από τα τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα δίδονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την πυκνότητα και σκληρότητα των εδαφικών σχηματισμών. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με αποτελέσματα της βιβλιογραφίας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των ερευνών συμπεραίνονται τα εξής :

- (α) Οι εδαφικές αποθέσεις που καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας έχουν επηρεάσει την ένταση και το φασματικό περιεχόμενο των επιφανειακών κραδασμών.
- (β) Οι διαφορές μεταξύ των επιταχυνσιογραφημάτων στις θέσεις παλιό ΟΤΕ και Νομαρχία δεν μπορούν να εξηγηθούν με καμιά θεωρία μονοδιάστατης εδαφικής ενίσχυσης.
- (γ) Τα θεωρητικά επιταχυνσιογραφήματα και τα αντίστοιχα φάσματα αποκρίσεων των περιοχών Νομαρχίας και παλιού ΟΤΕ φανερώνουν ικανοποιητική ποιοτική και ποσοτική ομοιότητα με τις αντίστοιχες καταγραφές των δύο επιταχυνσιογραφημάτων.
- (δ) Η διαφορετική μονοδιάστατη απόκριση των εδαφικών σχηματισμών παραλίας και Κέντρου πόλης συνετέλεσε στην διαφοροποίηση της έκτασης βλαβών στις αντίστοιχες περιοχές. Οι διαφορές οφείλονται κυρίως στην έντονη ανελαστική

δράση του μαλακού εδαφικού σχηματισμού της παραλίας (διατμητικές παραμορφώσεις της τάξεως του 0.01), με πιθανό αποτέλεσμα την μικρή έκταση βλαβών στην περιοχή αυτή.

- (ε) Η διέγερση στο υπόβαθρο είναι πιο πλούσια σε υψηλές συχνότητες με αποτέλεσμα τη μεγάλη έκταση βλαβών σε άκαμπτες κατασκευές.
- (στ) Προτείνεται η χρησιμοποίηση των φασμάτων στη σύνταξη φασμάτων σχεδιασμού. Οι αναλύσεις εδαφικής απόκρισης στις θέσεις Νομαρχία και Παλιό ΟΤΕ πρέπει να επαναληφθούν με βάση αποτελέσματα δοκιμών Cross-Hole.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 8

ΦΟΡΕΑΣ: 1. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
2. ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ (Ι.Τ.Σ.Α.Κ.)

ΘΕΜΑ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΙΣΟΒΛΑΒΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ
ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Καθηγητής
Β. ΛΕΚΙΔΗΣ, Λέκτορας
Επιστημονικοί Υπεύθυνοι:
Συνεργάτες :
Α. ΚΥΡΑΤΖΗ, Λέκτορας
Ε. ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ , Λέκτορας
Γ. ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ ,Λέκτορας
Χ. ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ , Λέκτορας
Γ. ΤΣΟΚΑΣ ,Λέκτορας

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μέγεθος του κύριου σεισμού της 13.9.86 ήταν $M_s = 6.2$ ενώ το μέγεθος του μεγαλύτερου μετασεισμού της ακολουθίας στις 15.09.1986 έδωσε $M_s = 5.4$. Η εστία τόσο του κύριου όσο και του μετασεισμού ήταν κάτω από την πόλη σε βάθος περίπου 10 km, όπως αναφέρεται και σε σχετική εργασία (Papazachos et al., 1987). Η φασματική ένταση του σεισμού ήταν σχετικά ισχυρή για ένα ευρύ φάσμα περιόδων, στο οποίο περιέχονται οι θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι σχεδόν όλων των κτιρίων της πόλης. Γίνεται δε η διαπίστωση ότι αν η διάρκεια 2.5sec της ισχυρής εδαφικής

κίνησης, ήταν μεγαλύτερη, τότε οι συνέπειες του καταστρεπτικού αυτού σεισμού θα ήσαν εξαιρετικά δυσμενέστερες (Αναγνωστόπουλος και συνεργάτες, 1986). Επίσης παρουσιάζεται συγκριτικό διάγραμμα των φασμάτων απόκρισης για τους σεισμούς Καλαμάτας (1986), Αλκυονίδων (1981), Θεσ/νίκης (1978) και El Centro (1940).

2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Σκοπός της ερευνητικής προσπάθειας ήταν ο καθορισμός των ισοβλαβών καμπυλών και κατά συνέπεια η χωρική σύγκριση της απόκρισης του υποβάθρου και των κτιρίων στη σεισμική κίνηση.

Για την αποτίμηση της έντασης στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Καλαμάτας, χρησιμοποιήθηκαν κύρια δύο πηγές δεδομένων:

- (α) Οι προσωπικές εκτιμήσεις των μηχανικών και σεισμολόγων της ομάδας
- (β) Τα έντυπα ερωτηματολόγια που διανεμήθηκαν στους κατοίκους της πόλης

Αναφέρονται επίσης η μέθοδος που ακολουθήθηκε και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αυτή.

Στη πρώτη φάση του προγράμματος αποτιμήθηκε η ένταση, με τυποποίηση των κτιρίων της πόλης της Καλαμάτας, που δίνεται σε ειδικό πίνακα.

Στη δεύτερη φάση του προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια που διανεμήθηκαν στους κατοίκους της πόλης. Από την επεξεργασία των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν, σχεδιάσθηκε Ιστόγραμμα κατανομής των μέγιστων εντάσεων (I_0).

3. ΧΑΡΤΕΣ ΙΣΟΒΛΑΒΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

Εκπονήθηκαν τρεις χάρτες Ισοβλαβών καμπυλών. Ο πρώτος βασίζεται στα δεδομένα και τις εκτιμήσεις από τις κατά τόπους αυτοψίες των μηχανικών και σεισμολόγων της

ομάδας. Ο δεύτερος βασίζεται στα αποτελέσματα της επεξεργασίας των ερωτηματολογίων. Τέλος, ο τρίτος χάρτης θεωρείται σαν τελικός χάρτης και αποτελεί τη σύνθεση των δύο προηγούμενων.

Στην έκθεση αναφέρεται λεπτομερώς η μέθοδος που ακολουθήθηκε και ο τρόπος σχεδίασης στην εκπόνηση των χαρτών των ισοβλαβών καμπυλών.

Στο τελικό χάρτη που συντάχθηκε φαίνεται ότι ιδιαίτερα καταπονήθηκε το κέντρο της Καλαμάτας με μέση ένταση VIII και νησίδες με ένταση IX.

Σημειώνεται ότι ο χάρτης αυτός δεν εκφράζει την απόλυτη τιμή της έντασης, αλλά σχετικές τιμές με την έννοια ότι δείχνει ποιές περιοχές της πόλης επηρεάσθηκαν περισσότερο σε σχέση με άλλες περιοχές.

Επίσης δεν πρέπει να ληφθεί σαν προγνωστικός χάρτης σε μελλοντικούς σεισμούς, διότι η συμπεριφορά των κτιρίων μπορεί να είναι εντελώς διαφορετική.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 9α

ΦΟΡΕΑΣ: ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΘΕΜΑ: ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΙΚΡΟΘΟΡΥΒΟΥ
ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ .

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Γ-Α. Ν. ΛΕΒΕΝΤΑΚΗΣ, Λέκτορας
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Β.Κ. ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ , Καθηγητής
Χ.Α.ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ, Λέκτορας
Ε.Γ. ΚΥΡΙΑΚΙΔΗΣ , Λέκτορας
Ε.Ε. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ , Λέκτορας
Κ.Ι. ΠΕΦΙΤΣΕΛΗΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Έγινε εφαρμογή της Ιαπωνικής μεθόδου μικροζωνικής, μεθόδου ΚΑΝΑΙ, και η πόλη χωρίστηκε σε τρεις ζώνες. Τα αποτελέσματα δίδονται υπό μορφή διαγραμμάτων συχνότητας των τιμών των δεσποζουσών περιόδων ($N = FCT$) για τις τρεις ζώνες, καθώς και χάρτες της πόλης στον οποίο φαίνονται οι ζώνες που διαχωρίζεται η πόλη καθώς και οι θέσεις των μετρήσεων.

Η έκθεση της ερευνητικής ομάδας, αποτελείται από τα εξής μέρη :

1. Εκτέλεση των μετρήσεων
2. Μεθοδολογία και επεξεργασία στοιχείων
3. Αποτελέσματα
4. Συμπεράσματα

1. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι μετρήσεις των εδαφικών θορύβων πραγματοποιήθηκαν από ομάδα εργασίας υπαίθρου με χρήση του συστήματος VSS-1 της Kinemetrics, που αποτελείται από τέσσερα σεισμόμετρα, το διαμορφωτή σήματος, από μία μονάδα καταγραφής και ένα μαγνητόφωνο. Χρησιμοποιήθηκαν για τον χωρισμό σε ζώνες οι επικρατούσες περίοδοι των καταγραφών από τους μικροθορύβους, κύματα βραχείας περιόδου.

Γίνεται δεκτό ότι η επικρατούσα περίοδος στις καταγραφές του εδαφικού θορύβου είναι ίση με την επικρατούσα περίοδο στις αναγραφές των σεισμών με $M < 6$ (Kanai και Tanaka, 1961).

Σε κάθε καταγραφή χαράχθηκε η γραμμή βάσης, baseline, με εμπειρικό τρόπο και στη συνέχεια μετρήθηκαν οι ιδιοπερίοδοι, $T/2$, που εμφανίζονται στην εγγραφή. Από τις ιδιοπερίόδους αυτές υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες περίοδοι και στη συνέχεια έγινε το διάγραμμα συχνότητας της κατανομής των τιμών των περιόδων. Η μορφή των διαγραμμάτων της συχνότητας κατανομής των περιόδων μπορεί να ανήκει σε μια από τις τέσσερις κατηγορίες που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς τύπους εδαφών, σκληρό έδαφος, συγκρητικά στερεό διλλουβιακό, μαλακό αλλουβιακό, εξαιρετικά παχύ στρώμα μαλακού υπεδάφους.

2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έγινε συγκεντρωτική χαρτογράφηση $N = f(T)$ για όλα τα σημεία που ανήκουν στην ίδια ζώνη και εφαρμόστηκε η μέθοδος του κινητού μέσου όρου. Από τις χαρτογραφήσεις αυτές προέκυψαν οι επικρατούσες περίοδοι για τις τρεις ζώνες στις οποίες χωρίστηκε η πόλη της Καλαμάτας. Οι τιμές των περιόδων είναι οι παρακάτω :

$$Td1 = 0.09\text{sec} \pm 0.02 \text{ sec}$$

$$Td2 = 0.25\text{sec} \text{ έως } 0.40 \text{ sec}$$

$$Td3 = 0.40\text{sec} \pm 0.10 \text{ sec}$$

Συσχετίζονται οι εδαφικές συνθήκες των ζωνών με τις βλάβες των κτιρίων ανάλογα με την ιδιοπερίοδο. Αξιολογείται η μέθοδος και διατυπώνονται διαφωνίες ως προς την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Τέλος δίνονται τα χαρακτηριστικά των τριών ζωνών που διαχωρίζεται η πόλη της Καλαμάτας, που βρίσκονται σε σχετική συμφωνία με τις κατηγορίες εδαφών I, II, III του Ιαπωνικού Αντισεισμικού Κανονισμού :

Η έκθεση συνοδεύεται :

1. Διαγράμματα συχνότητας-περιόδου για τις τέσσερις κατηγορίες εδαφών
2. Διαγράμματα συχνότητας των τιμών των δεσποζουσών περιόδων για τις τρεις ζώνες της Καλαμάτας
3. Χάρτης Καλαμάτας όπου φαίνονται οι ζώνες που διαχωρίζεται η πόλη και οι θέσεις των μετρήσεων

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 9β

ΦΟΡΕΑΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΝΗΣΕΩΝ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Π. ΚΑΡΥΔΗΣ, Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος
Συνεργάτες :
Χ. ΜΟΥΖΑΚΗΣ, Πολ. Μηχανικός
Γ. ΙΩΑΚΕΙΜΙΔΗΣ
Δ. ΗΛΙΑΣ

1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο σκοπός των μετρήσεων των μικροδονήσεων είναι να προσδιοριστούν οι δεσπόζουσες συχνότητες και τα πλάτη των ταλαντώσεων για να συσχετισθούν με τη

συμπεριφορά του εδάφους σε ισχυρές σεισμικές δονήσεις. Αποτέλεσμα αυτής της συσχέτισης είναι η κατάταξη του εδάφους σε διάφορες κατηγορίες.

2 ΓΕΝΙΚΑ

Οι μικροδονήσεις του εδάφους που έχουν μικρό εύρος προέρχονται από διαταραχές του περιβάλλοντος όπως ο άνεμος, τα κύματα της θάλασσας, η επιρροή του ήλιου, καταιγίδες, οι μικροδονήσεις του στερεού φλοιού της γης, η κυκλοφορία και διάφορες

ταλαντώσεις που προέρχονται από τη δραστηριότητα του ανθρώπου (π.χ. βιομηχανία). Οι μικροδονήσεις έχουν μεγάλο εύρος συχνοτήτων.

Η συσχέτιση των ισχυρών σεισμικών δονήσεων με τις μικροδονήσεις θεωρείται σαν ένα πολύ σημαντικό αντικείμενο έρευνας στην Αντισεισμική Τεχνολογία που απασχολεί ιδιαίτερα τους Ιάπωνες και Αμερικανούς ειδικούς.

Τούτο υποδηλώνει ότι απαιτούνται εκτεταμένες μελέτες με σκοπό τη διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών των μικροδονήσεων και των ισχυρών σεισμικών δονήσεων. Οι Kamiyama-Mastukawa (1982) βρήκαν ότι τα φάσματα Fourier των μικροδονήσεων έχουν στενή σχέση με τις εδαφικές συνθήκες. Όταν το έδαφος είναι "μαλακό" τα φασματικά εύρη είναι μεγάλα. Οι εντάσεις που αναπτύχθηκαν από το σεισμό Miyagiken - Oki (1978) συσχετίζονται με τις τοπικές εδαφικές συνθήκες. Παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες επιταχύνσεις στις αλουβιακές στρώσεις. Υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ της δεσπόζουσας περιόδου του φάσματος και των ταχυτήτων των μικροδονήσεων αλλά και των τιμών των μέγιστων επιταχύνσεων του εδάφους στο σεισμό. Το μέσο εύρος (RMS) των μικροδονήσεων έχει επίσης ικανοποιητική συσχέτιση με τις μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις.

Το Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ από το 1980 εφαρμόζει τη μέθοδο των μικροδονήσεων για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των εδαφικών συνθηκών. Στην περίπτωση της Περαιώρας Κορινθίας υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των μικροδονήσεων και των εντάσεων που παρατηρήθηκαν από τους ισχυρούς σεισμούς του Φεβρουαρίου 1981.

3. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ, ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για την καταγραφή των μικροδονήσεων χρησιμοποιήθηκε το τετρακαναλικό σύστημα VSS-1 (VIBRATION SURVEY SYSTEM) της KINEMATRICS. Αποτελείται από τα ηλεκτρομαγνητικά σεισμόμετρα τύπου SS-1 (RANGER SEISMOMETER), και από το όργανο SC-1 (SIGNAL CONDITIONER) με ενισχυτές και σειρά φίλτρων LOW PASS FILTERS. Δύναται να λάβει χώρα ολοκλήρωση και παραγωγή. Τα φίλτρα LOW PASS FILTERS μας δίνουν τη δυνατότητα να απομονώσουμε ανεπιθύμητες

συχνότητες που οφείλονται σε πρόσκαιρα αίτια. Τα σήματα καταγράφονται από FM μαγνητόφωνο αναλογικής καταγραφής τύπου KYOWA. Τα όργανα είναι πάρα πολύ ευαίσθητα. Αυτή η ευαισθησία είναι αναγκαία καθότι οι μετρούμενες δονήσεις είναι πολύ μικρού εύρους.

Σε κάθε θέση καταγράφηκαν οι ταχύτητες των μικροδονήσεων με χρήση των κατάλληλων φίλτρων, και υπολογίστηκαν τα φάσματα FOURIER των ταχυτήτων. Τα φάσματα υπολογίστηκαν ως μέσος όρος 64 στιγμιαίων φασμάτων και σχεδιάστηκαν με ειδικό PLOTTER.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σε κάθε θέση που έγιναν μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά φίλτρα και μεγεθύνσεις που δίνονται στο παράρτημα της έκθεσης. Χρησιμοποιήθηκαν 3 κανάλια σε κάθε μέτρηση. Σε όλες τις θέσεις το κανάλι 1 είχε διεύθυνση Βορρά-Νότο, το κανάλι 2 Ανατολή-Δύση και το κανάλι 3 την κατακόρυφη διεύθυνση. Οι θέσεις των μετρήσεων δίνονται σε Τοπογραφικό Διάγραμμα στην έκθεση.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τα σήματα καταγράφηκαν και υπολογίστηκε το φάσμα FOURIER για κάθε διεύθυνση.

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 10α

ΦΟΡΕΑΣ: ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ, 27 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1986 - 27 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1986

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Π. ΚΑΡΥΔΗΣ, Καθηγητής
Επιστημονικός Υπεύθυνος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε απλή κατασκευή μπορεί να προσομοιωθεί με ένα μονοβάθμιο ταλαντωτή. Στόχος είναι η μελέτη της συμπεριφοράς όλων των μονοβάθμιων συστημάτων, που εμφανίζονται στην πράξη, κατά τη διάρκεια σεισμού και ο υπολογισμός των μέγιστων "αποκρίσεων" για δεδομένο ποσοστό απόσβεσης.

Από την απόκριση κάθε μονοβάθμιου ταλαντωτή λαμβάνουμε τις μέγιστες τιμές ολικής επιτάχυνσης SA, σχετικής ταχύτητας SV, σχετικής μετακίνησης SD και την αντίστοιχη ιδιοπερίοδο.

Η περιβάλλουσα της μέγιστης συμπεριφοράς για δεδομένη απόσβεση μονοβάθμιων ταλαντωτών που διεγείρονται από ένα συγκεκριμένο σεισμό καλείται "φάσμα απόκρισης" του δεδομένου αυτού σεισμού για ένα συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης. Τα ποσοστά κρίσιμης απόσβεσης που χρησιμοποιούμε στις αναλύσεις είναι συνήθως πέντε: 0%, 2%, 5%, 10% και 20%. Η μέγιστη συμπεριφορά θεωρούμε ότι εκφράζεται από τα τρία μεγέθη, ολική επιτάχυνση SA, σχετική ταχύτητα SV και σχετική μετακίνηση SD, ως εκ τούτου διακρίνουμε τα αντίστοιχα τρία φάσματα:

Φάσματα Ολικών επιταχύνσεων (SA)

Φάσματα Σχετικών ταχυτήτων (SV)

Φάσματα Σχετικών μετακινήσεων (SD)

Κάθε ισχυρός σεισμός καταγράφεται με τρεις συνιστώσες, δύο στο οριζόντιο επίπεδο και μία στην κατακόρυφη διεύθυνση. Για κάθε σεισμό δίνονται τα φάσματα που αντιστοιχούν σε κάθε μία από αυτές τις τρεις συνιστώσες.

Στηριζόμενοι στις κατά προσέγγιση σχέσεις $SV = \omega SD$ και $SA = \omega^2 SD$ προσδιορίζουμε τιμές των SV και SA, και παρουσιάζονται σε τετραλογαριθμικό χαρτί.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την ανάλυση χρησιμοποιείται η μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας ΕΜΠ και η οποία έχει εναρμονιστεί με αυτήν που ακολουθείται από τους Trifunac και Lee (1973), Petrouski και Naumorski (1979), Hudson (1979), Basili και Brady (1978). Για τα φάσματα ακολουθείται η κλασική μέθοδος των Nigam και Jennings (1968).

Οι μέγιστες τιμές των επιταχύνσεων που μετρήθηκαν είναι:

LONG : 220 cm/sec² , τη χρονική στιγμή 4.2sec

VERT : 368 cm/sec² , τη χρονική στιγμή 3.2sec

TRANS : 295 cm/sec² , τη χρονική στιγμή 3.68sec.

Το φάσμα με ποσοστό απόσβεσης 5% αντιστοιχεί σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι αρκετά ομαλό.

Η φασματική επιτάχυνση είναι περίπου σταθερή στις περιόδους 0.15-0.70sec και για τις δύο οριζόντιες συνιστώσες

LONG : 0.4 - 0.6g

TRANS : 0.6 - 1.0g

Η κατακόρυφη συνιστώσα παρουσιάζει κορυφή σε επιτάχυνση της τάξης του 1.5g στην περιοχή των περιόδων περί 0.18sec.

Οι μέγιστες φασματικές ταχύτητες για τις δύο οριζόντιες συνιστώσες είναι αρκετά υψηλές:

LONG : 60cm/sec

TRANS : 85cm/sec

Η κατακόρυφη έχει μέγιστη τιμή 40cm/sec.

Οι μέγιστες φασματικές μετακινήσεις για τις δύο οριζόντιες συνιστώσες κυμαίνονται περί 15cm.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όλα σχεδόν τα κτίρια στην Καλαμάτα έχουν ιδιοπεριόδους, οριζόντιας ταλάντωσης, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 0.1sec και 0.7sec.

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρέχονται οι τιμές των σεισμικών συντελεστών που αναπτύχθηκαν για κάθε μία από τις δύο οριζόντιες συνιστώσες και για τους τρεις συντελεστές ποιότητας Q ($Q=5$ καλή ποιότητα - πλάσσιμη κατασκευή, $Q=3$ μέση ποιότητα, $Q=1.5$ χαμηλή ποιότητα - μειωμένη πλαστιμότητα).

ΠΙΝΑΚΑΣ : Σεισμικοί Συντελεστές "ε" που αναπτύχθηκαν στα κτίρια της Καλαμάτας από τον κύριο σεισμό της 13 Σεπτεμβρίου 1986.

Διεύθυνση	$Q=5$	$Q=3$	$Q=1,5$
LONG (Ανατολή - Δύση)	0.05 - 0.07	0.09 - 0.11	0.13 - 0.23
TRANS (Βορράς - Νότος)	0.08-0.12	0.13 - 0.19	0.25 - 0.39

Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, που κατασκευάσθηκαν σύμφωνα με τις προβλέψεις του αντισεισμικού κανονισμού του 1959, αντιστοιχούν σε συντελεστή ποιότητας $Q \approx 3$, επιβαρύνθηκαν όμως με "σεισμικό συντελεστή" στην διεύθυνση TRANS αρκετά μεγαλύτερο από αυτόν που είχαν μελετηθεί ενώ στη διεύθυνση LONG επιβαρύνθηκαν με "σεισμικό συντελεστή" μεγέθους ίδιας περίπου

τάξης με αυτόν που είχαν μελετηθεί. Ο συντελεστής ποιότητας $Q = 3$ δημιουργεί εξ υποθέσεως αρκετά μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις και επομένως οι αναμενόμενες ζημιές σε δευτερεύοντα στοιχεία είναι, ακόμα και στην διεύθυνση LONG, αρκετά εκτεταμένες.

Στις φέρουσες τοιχοποιίες οι σεισμικοί συντελεστές που αναπτύχθηκαν κατά τον κύριο σεισμό ήταν αρκετές φορές μεγαλύτεροι από αυτούς που επιτρέπει η εφαρμογή κατά τον κανονισμό. Βέβαια οι φέρουσες τοιχοποιίες, κακώς υπολογίζονται σύμφωνα με τον κανονισμό με τους ίδιους σεισμικούς συντελεστές που ισχύουν για τις πολύ πιο πλαστικές κατασκευές, όπως π.χ. αυτές από φέροντα οργανισμό με οπλισμένο σκυρόδεμα.

- Στη προκειμένη περίπτωση πάντως πρέπει να συνεκτιμηθεί ο λίαν επιβαρυντικός παράγοντας της κατακόρυφης συνιστώσας, της οποίας η φασματική επιτάχυνση είναι αρκετά υψηλή στις χαμηλές περιόδους των διαφόρων μελών των κτιρίων, π.χ. στέγες, πατώματα με τα οποία συνδέονται τα δευτερεύοντα στοιχεία, υποστυλώματα κλπ.).

Α/Α ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ : 10β

ΦΟΡΕΑΣ: 1. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
2. ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΘΕΜΑ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ
ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ : Β.ΜΑΡΓΑΡΗΣ
Επιστημονικός Υπεύθυνος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το δίκτυο οργάνων καταγραφής ισχυρής εδαφικής δόνησης του ΙΤΣΑΚ περιλαμβάνει τρεις επιταχυνσιογράφους τύπου SMA-1, εγκατεστημένους στην Καλαμάτα, στην Κυπαρισσία και στο Γύθειο. Στις 14 Σεπτεμβρίου 1986 το ΙΤΣΑΚ εγκατέστησε τρεις ακόμα επιταχυνσιογράφους, στην Καλαμάτα, στη Μεσσήνη και στην Κορώνη. Οι σημαντικότερες καταγραφές είναι του κύριου σεισμού και του μετασεισμού στις 15.09.1986 από τους επιταχυνσιογράφους στην Καλαμάτα.

Από μετρήσεις στα επιταχυνσιογραφήματα προκύπτει ότι η απόσταση του epicέντρου του κύριου σεισμού από την πόλη της Καλαμάτας είναι 15km και του κύριου μετασεισμού περί τα 11km.

Πρέπει να θεωρηθεί ευτύχημα, ότι η διάρκεια της ισχυρής δόνησης, επιταχύνσεις $>0.1g$ ήταν μικρή, διότι διαφορετικά οι βλάβες στις οικοδομές θα ήταν πιο εκτεταμένες

και οι καταρρεύσεις περισσότερες. Η μικρή διάρκεια της ισχυρής δόνησης οφείλεται κατά κύριο λόγο στο μικρό μέγεθος του σεισμού, ενώ η υψηλή σχετικά ένταση στο μικρό εστιακό βάθος.

2. ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Μετά την ψηφιοποίηση και διόρθωση των καταγραφών, υπολογίσθηκαν τα φάσματα απόκρισης.

Ο υπολογισμός των φασμάτων απόκρισης των σεισμικών δονήσεων της Καλαμάτας έγινε με διαδοχική εφαρμογή αναλυτικής λύσης για διέγερση μορφής τραπεζίου.

Στο διάστημα ιδιοπεριόδων 0.25sec - 0.55sec βρίσκονται οι ιδιοπερίοδοι κτιρίων με 3 έως 6 ορόφους δηλαδή σχεδόν όλες οι πολυκατοικίες της Καλαμάτας. Ιδιοπερίοδοι από 0.1sec έως 0.25sec, αντιστοιχούν σε δυόροφα έως και τριόροφα κτίρια, και έδωσαν φασματικές τεταγμένες των οριζοντίων συνιστωσών που κυμαίνονται μεταξύ 0.5g-0.8g.

Στις χαμηλές ιδιοπεριόδους, $T < 0.1\text{sec}$, οι φασματικές επιταχύνσεις κυμαίνονται μεταξύ 0.27g-0.5g. Η κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού έδωσε μέγιστη φασματική επιτάχυνση 0.77g σε ιδιοπερίοδο $T = 0.2\text{sec}$. Οι καταγραφές του μετασεισμού της 15.09.86 έδωσαν μέγιστη φασματική επιτάχυνση της οριζόντιας κίνησης ίση προς 0.87g και της κατακόρυφης κίνησης ίση προς 0.37g. Αξιοσημείωτο στοιχείο είναι επίσης η σύμπτωση των φασματικών αιχμών της καταγραφής του κύριου σεισμού και των δύο καταγραφών του μετασεισμού στην ιδιοπερίοδο $T = 0.32\text{sec}$. Η σύμπτωση αυτή, σε συνδυασμό με το μέγεθος και το εύρος της φασματικής αιχμής, αποτελεί ισχυρή ένδειξη μιας σημαντικής επίδρασης υπεδάφους στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης στην επιφάνεια του εδάφους.

3. ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στην μελέτη αυτή εκτιμήθηκαν τα φάσματα σχεδιασμού κατά Newmark-Hall.

Στον ακόλουθο Πίνακα δίνονται οι συντελεστές ενίσχυσης που χρησιμοποιήθηκαν στον υπολογισμό της φασματικής περιβάλλουσας κατά Newmark-Hall για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης, 5% και δύο πιθανότητες μη υπέρβασης 50% και 84.1%.

Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	Συντελεστές ενίσχυσης		
	Επιτάχυνση	Ταχύτητα	Μετάθεση
50.0	2.11	1.66	1.40
84.1	2.67	2.32	2.04

Ακολούθως δίνονται οι μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις με βάση τις οποίες σχεδιάστηκαν τα φάσματα σχεδιασμού κατά Newmark-Hall.

T/PT	0.30	0.10
50	181	264
100	221	314

όπου ο χρόνος θεώρησης $T = 50, 100$ έτη και η πιθανότητα υπέρβασης $PT = 0.30, 0.10$.

Συγκρίνονται τα παραπάνω φάσματα με ανάλογα φάσματα σχεδιασμού. Η σύγκριση αυτή έδειξε ότι το μέσο φάσμα κατά Newmark-Hall είναι συντηρητικότερο από το μέσο φάσμα που προέκυψε με βάση το εμπειρικό μοντέλο αναγωγής φασματικών τιμών των Trifunak και Anderson για όλες τις περιόδους. Τουναντίον το φάσμα σχεδιασμού κατά Newmark-Hall με πιθανότητα υπέρβασης 84.1% έχει χαμηλότερες φασματικές τιμές για τις μικρές περιόδους μέχρι περίπου 0.4sec από το αντίστοιχο του φάσματος κατά Trifunak-Anderson, ενώ για μεγαλύτερες περιόδους είναι γενικά συντηρητικότερο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- (α) Ο σεισμός της 13ης Σεπτεμβρίου 1986 της Καλαμάτας, αν και μικρότερος σε μέγεθος από τους σεισμούς της Θεσ/νίκης (1978) και της Κορίνθου-Αλκυονίδων (1981) προκάλεσε σημαντικά εντονότερη σεισμική επιβάρυνση σε ορισμένες περιοχές της πόλης απ'ότι προκάλεσαν στη Θεσ/νίκη και Κόρινθο αντίστοιχα, οι δύο προαναφερθέντες σεισμοί. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μικρή

απόσταση της Καλαμάτας από την εστία του κύριου σεισμού, 15km, και την ακόμα μικρότερη απόστασή της από την εστία του μεγαλύτερου μετασεισμού, 11km. Η φασματική ένταση της δόνησης στην Καλαμάτα ήταν 2 έως 3 φορές μεγαλύτερη από τη φασματική ένταση της δόνησης που καταγράφηκε στη Θεσ/νίκη για ιδιοπεριόδους $<0.8\text{sec}$.

- (β) Η βραχεία διάρκεια του ισχυρού τμήματος της εδαφικής κίνησης, 2.5sec περίπου, αντιστάθμισε τη μεγάλη φασματική ένταση και σε συνδυασμό με τη συμβολή των τοιχοπληρώσεων σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος, οι οποίες αν και κατά κανόνα αγνοούνται στον αντισεισμικό υπολογισμό εν τούτοις συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη δυσκαμψία της οικοδομής και στην απορρόφηση σεισμικής ενέργειας, ήταν οι κύριοι λόγοι για τους οποίους η καταστροφή δεν ήταν μεγαλύτερη.
- (γ) Τα χαρακτηριστικά της σεισμικής δόνησης της Καλαμάτας ένταση, διάρκεια και περιεχόμενο συχνοτήτων αντανακλούν το μέγεθος του σεισμού, την κοντινή απόσταση της πόλης από την εστία και τις τοπικές εδαφικές συνθήκες, οι οποίες μαζί με τον μηχανισμό γένεσης και το μήκος διάρρηξης του ρήγματος αποτελούν τους καθοριστικούς παράγοντες της κατανομής των σεισμικών εντάσεων στις διάφορες περιοχές της πόλης.
- (δ) Η σύμπτωση των περιόδων στις οποίες παρατηρείται μια μεγάλη αιχμή φασμάτων απόκρισης των συνιστωσών του κύριου σεισμού και του κύριου μετασεισμού, 0.32sec, είναι ενδεικτική της έντονης επίδρασης των τοπικών εδαφικών συνθηκών.

- (ε) Η οργάνωση και χρηματοδότηση ενός δικτύου επιταχυνσιογράφων σε εθνική κλίμακα το οποίο θα καλύπτει ακραίες συνθήκες θεμελίωσης (έδαφος-βράχος). Έτσι θα επιτευχθεί εμπλουτισμός των δεδομένων των ισχυρών εδαφικών κινήσεων στον Ελληνικό χώρο και θα συμβάλει στη διαμόρφωση των εδαφικών κινήσεων στις διάφορες κατηγορίες εδαφών.
- (στ) Προτείνεται φάσμα σχεδιασμού κατά Newmark-Hall γενικής χρήσης μέσο φάσμα συν τυπική απόκλιση καθώς και σχεδίαση περισσότερων προοδευτικών φασμάτων σχεδιασμού για την μελέτη και τον καθορισμό των μελλοντικών εδαφικών κινήσεων.