

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

10.12.87 1233

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 1987

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ
3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΔΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ
 - 3.1.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ
 - 3.2.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
 - 3.3.ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ
 - 3.4.ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕ-
ΩΝ
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ ΑΠΟ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ
5. ΕΡΕΥΝΑ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ
6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της εκπόνησης Μικροζωνικής μελέτης Καλαμάτας ανατέθηκε από τον ΟΑΣΠ στον Τομέα Γεωφυσικής του Παν/μί-ου Αθηνών η μελέτη της ενίσχυσης των εδαφικών κινήσεων στην πρόσφατη σεισμική έξαρση.

Στο παρόν τεύχος περιέχονται τα συμπεράσματα αυτής της προσπάθειας .

Στην εργασία έλαβαν μέρος οι Καθηγ. Ι. Δρακόπουλος (χωρίς αμοιβή), επικ. Καθηγ. Κ. Μακρόπουλος (επιστ. υπεύθυνος), Σεισμ. του Τομέα Βασ. Κουσκουνά και συνεργ. του Τομέα Δρ. Γ. Σταυρακάκης.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα περισσότερα προβλήματα που συνδέονται με ισχυρές εδαφικές κινήσεις εξετάζονται συνήθως στον τρισδιάστατο χώρο. Πάντως, σε εφαρμοσμένες αναλύσεις της Σεισμικής Μηχανικής, χρησιμοποιείται ο δισδιάστατος χώρος και οι εδαφικές κινήσεις εξετάζονται ως προς την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση. Ιδιαίτερα, στην δυναμική ανάλυση των εδαφικών αποθέσεων, χρησιμοποιείται ο μονοδιάστατος χώρος για τους παρακάτω λόγους:

- (1) Στις μικροζωνικές μελέτες γίνεται προσπάθεια πρόγνωσης της απόκρισης των εδαφικών αποθέσεων σε περίπτωση ισχυρού, καταστρεπτικού σεισμού που αναμένεται να εμφανιστεί σε ορισμένη απόσταση από την εξεταζόμενη περιοχή. Στις περισσότερες περιπτώσεις η μέγιστη θεωρούμενη επικεντρική απόσταση είναι της τάξης των 100 χιλμ. και επομένως τα σεισμικά κύματα διαδίδονται με μικρότερη γωνία στην κατακόρυφη διεύθυνση παρά στην οριζόντια.
- (2) Οι εδαφικές αποθέσεις (σχηματισμοί) τείνουν γενικά να είναι μαλακότεροι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές η διεύθυνση διάδοσης των σεισμικών κυμάτων προσεγγίζει την κατακόρυφη όταν διαδίδεται από σκληρότερο σε μαλακότερο έδαφος σύμφωνα με τον γνωστό νόμο του Snell.
- (3) Αν και οι εδαφικές συνθήκες μπορεί να αλλάζουν ως προς την οριζόντια διεύθυνση, το ποσοστό αλλαγής ως προς την κατακόρυφη διεύθυνση είναι συνήθως μεγαλύτερο.
- (4) Από αριθμητικές αναλύσεις πολλών ερευνητών έχει προκύψει ότι οι αποκρίσεις των οριζόντιων εδαφικών αποθέσεων είναι σχεδόν ανεξάρτητες της γωνίας πρόσπτωσης των σεισμικών κυμάτων για υποθετικές εδαφικές κινήσεις.
- (5) Σε περίπτωση ισχυρών σεισμών τα επιφανειακά κύματα (Love και Rayleigh) που διαδίδονται κατά μήκος της επιφάνειας του εδάφους έχουν γενικώς μεγάλα πλάτη και μεγάλη περίοδο.

εξίσωση κίνησης

$$\rho \frac{\partial^2 \xi(z,t)}{\partial t^2} - \eta \frac{\partial^3 \chi(z,t)}{\partial t \cdot \partial z^2} - G \frac{\partial^2 \chi(z,t)}{\partial z^2} = -\rho \frac{d^2 y(t)}{dt^2}$$

έχει λύση την σχέση

$$\xi_i(z_i, t) = (A_i e^{iP_i Z_i} + B_i e^{-iP_i Z_i}) e^{i\Omega t}$$

θέτοντας στην παραπάνω σχέση $i = m$, $Z_m = 0$ παίρνουμε :

$$\xi_m(0, t) = (A_m + B_m) e^{i\Omega t}$$

που εκφράζει την μετατόπιση στη κορυφή του m -th εδαφικού στρώματος . Όμοια, η σχέση :

$$\xi_n(0, t) = (A_n + B_n) e^{i\Omega t}$$

εκφράζει τη μετατόπιση στην κορυφή του n -th στρώματος . Παίρνοντας το λόγο των παραπάνω μετατοπίσεων , έχουμε :

$$H(\Omega) = \frac{A_m + B_m}{A_n + B_n}$$

και θεωρώντας τη συχνότητα ω σαν παράμετρο, η παραπάνω σχέση γράφεται :

$$H(\omega) = \frac{A_m + B_m}{A_n + B_n}$$

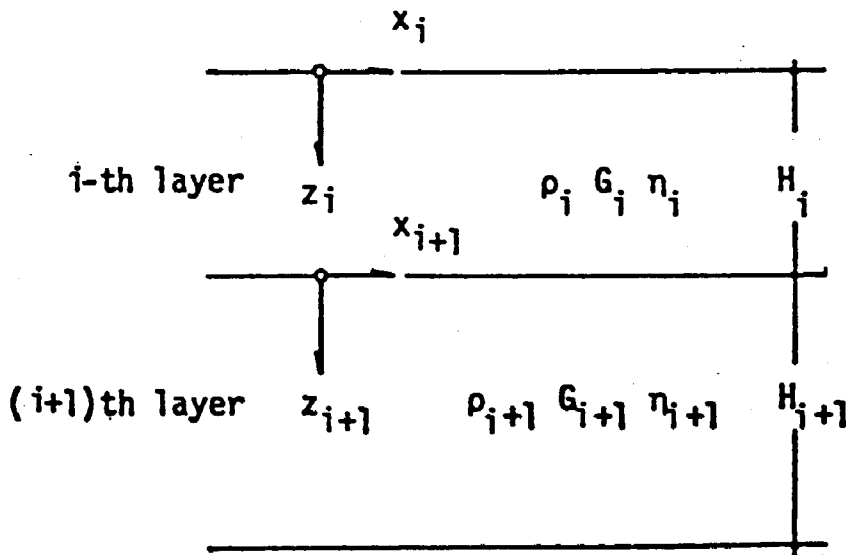
Η σχέση αυτή είναι γνωστή σαν χαρακτηριστική συνάρτηση απόκρισης συχνότητας (frequency response function) μεταξύ των m -th και n -th στρωμάτων , και εκφράζει τη μετατόπιση στην κορυφή του m -th στρώματος σε σχέση με τη μετατόπιση στην κορυφή του n -th στρώματος.

Επομένως, η επιτάχυνση που οφείλεται σ'αυτά είναι πολύ μικρής στάθμης και η σεισμική φόρτιση στις κατασκευές θεωρείται αμελητέα. Η μεγαλύτερη επομένως σεισμική φόρτιση στις κατασκευές οφείλεται στα εγκάρσια, S , κύματα.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, οι σεισμικές κινήσεις μπορεί να εξετασθούν με την διάδοση των S κυμάτων στην κατακόρυφη διεύθυνση. Σε περιπτώσεις που εδαφικές συνθήκες αλλάζουν έντονα στην οριζόντια διεύθυνση, τότε είναι απαραίτητο η διάδοση των κυμάτων να εξεταστεί στον δισδιάστατο ή τρισδιάστατο χώρο.

2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Θεωρώντας N οριζόντια στρώματα με χαρακτηριστικές παραμέτρους ρ_i, G_i, η_i (βλ. σχήμα 1) όπου ρ η πυκνότητα, G ο συντελεστής διάτμησης και η ο συντελεστής ιξώδους του υλικού, τότε η



Σχήμα 1. Περίπτωση N οριζοντίων στρωμάτων

Η παραμόρφωση στο μέσον του m - th στρώματος δίνεται από τη σχέση :

$$E_m (H_m / 2 , t) = iP_m (A_m e^{iP_m \cdot H_m / 2} - B_m e^{-iP_m \cdot H_m / 2}) e^{i\Omega t}$$

και η χαρακτηριστική συνάρτηση συχνότητας της παραμόρφωσης στο μέσο του m - στρώματος σε σχέση με την επιτάχυνση στην κορυφή του n - th στρώματος δίνεται από τη σχέση :

$$\tilde{H}_{m/n} (\omega) = - \frac{iP_m (A_m e^{iP_m \cdot H_m / 2} - B_m e^{-iP_m \cdot H_m / 2})}{\omega^2 (A_n + B_n)}$$

Η απόλυτη τιμή της χαρακτηριστικής συνάρτησης απόκρισης

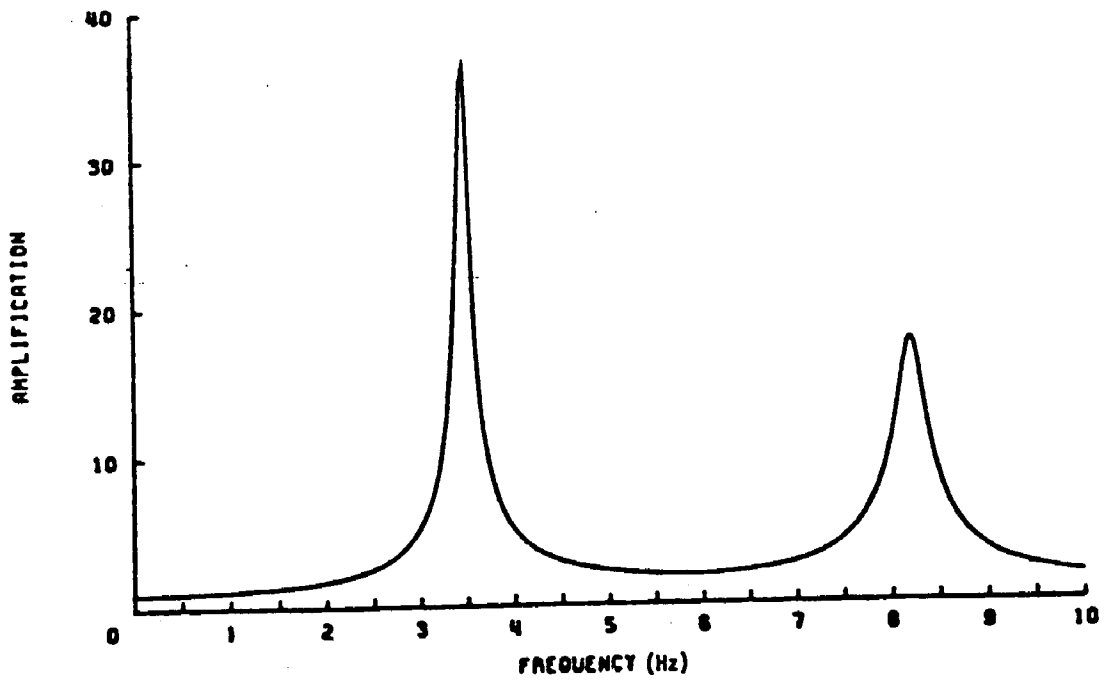
$$A_{m/n} (\omega) = |H_{m/n} (\omega)|$$

καλείται συντελεστής ενίσχυσης ή απλώς ενίσχυση μεταξύ των m-th και n-th στρωμάτων. Στην περίπτωση που ο συντελεστής ενίσχυσης $A_{m/n} (\omega)$ δίνεται γραφικά σε συνάρτηση της κυκλικής συχνότητας ω ή της συχνότητας $f = \omega/2\pi$, τότε η παραπάνω σχέση ορίζει το φάσμα ενίσχυσης (amplification spectrum) (βλ. σχ. 2.)

3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΔΑΦΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ

3.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

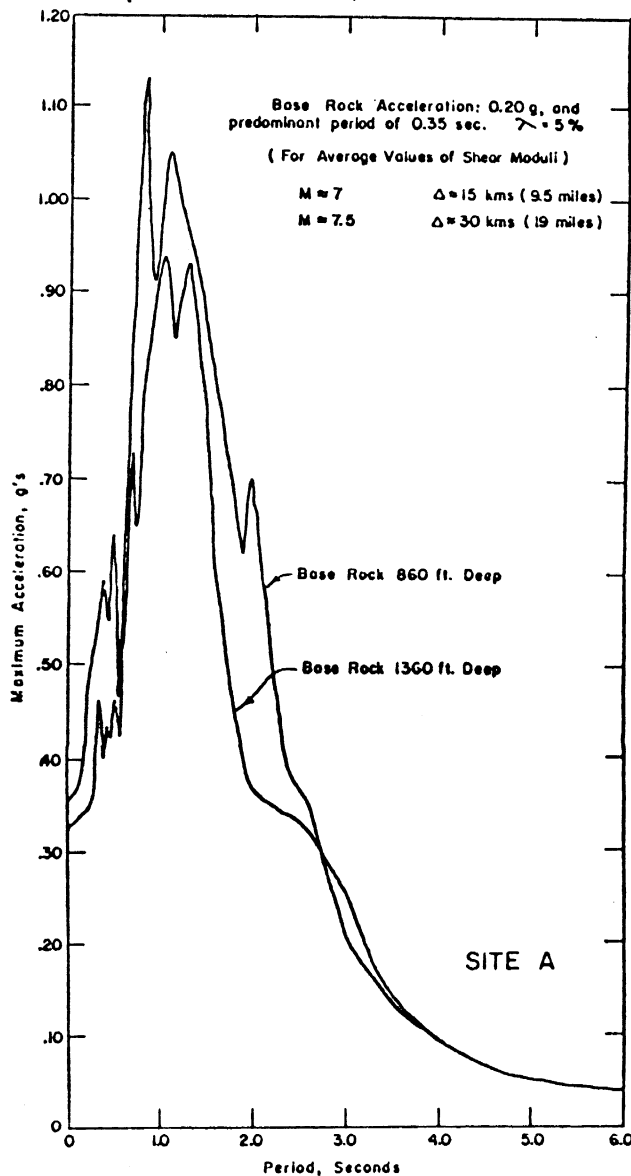
Σε πολλές περιπτώσεις το ακριβές βάθος του στερεού υπό - βαθρου δεν είναι γνωστό. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να γίνει εκτίμηση της αναμενόμενης διαμόρφωσης των εδαφικών δονήσεων από το στερεό υπόβαθρο μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Οι Dezfulian και Seed (1970) απέδειξαν ότι υπάρχουν περιπτώσεις στις ο -



Σχήμα 2. Φάσμα ενίσχυσης (Amplification spectrum)

ποίες αύξηση του πάχους των εδαφικών αποθέσεων προκαλεί σημαντική αλλαγή στην σεισμική απόκριση ενώ σε άλλες περιπτώσεις η μεταβολή είναι μάλλον ασήμαντη. Η μελέτη τους απέδειξε ότι μία αύξηση πάχους των αλλουβιακών από 12 μέτρα σε 15.6 μέτρα προκαλεί σημαντική μείωση στη σεισμική απόκριση, μια παραπέρα αύξηση του πάχους των χαλαρών σχηματισμών σε 25 μέτρα προκαλεί ακόμη μείωση της απόκρισης ενώ αύξηση πλέον των 31.2 μέτρων δεν προκαλεί σχεδόν καμιά μεταβολή στο περιεχόμενο συχνοτήτων των εδαφικών δονήσεων.

Στο σχήμα 3 φαίνεται η επίδραση του βάθους του στερεού υποβάθρου στο φάσμα απόκρισης των επιταχύνσεων. Η επιτάχυνση στο στερεό υπόβαθρο θεωρήθηκε ίση με 0.2 g και η δεσπόζουσα περίοδος ίση με 0.35 sec για υποθετικό σεισμό μεγέθους $M = 7$ σε επικεντρική απόσταση 15 km και για $M = 7.5$ σε επικεντρική απόσταση 30 km.



Σχήμ. 3. Επίδραση του βάθους του στερεού υποβάθρου στο φάσμα απόκρισης των εδαφικών επιταχύνσεων

Το παραπάνω παράδειγμα δείχνει ότι το πάχος του στερεού υποβάθρου μπορεί να επιδράσει στο φάσμα απόκρισης των εδαφικών επιταχύνσεων στο εξεταζόμενο σημείο. Πάντως, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος των εδαφικών στρώσεων τόσο μικρότερη είναι η διαμόρφωση των εδαφικών επιταχύνσεων από το στερεό υπόβαθρο μέχρι την επιφάνεια του εδάφους.

Η επίδραση των διαφορετικών τοπικών γεωλογικών συνθηκών και επικεντρικών αποστάσεων στο φάσμα επιτάχυνσης έχει μελετηθεί συστηματικά από τους Seed, Ugas και Lysmer (1976) όπως φαίνεται στα σχ. (4) και (5). Στο σχ. (5) φαίνονται τα μέσα φάσματα για διάφορους εδαφικούς σχηματισμούς για σεισμό απόλυτα όμοιο με το σεισμό Καλαμάτας ($M = 6 \frac{1}{4}$, $\Delta = 8$ km).

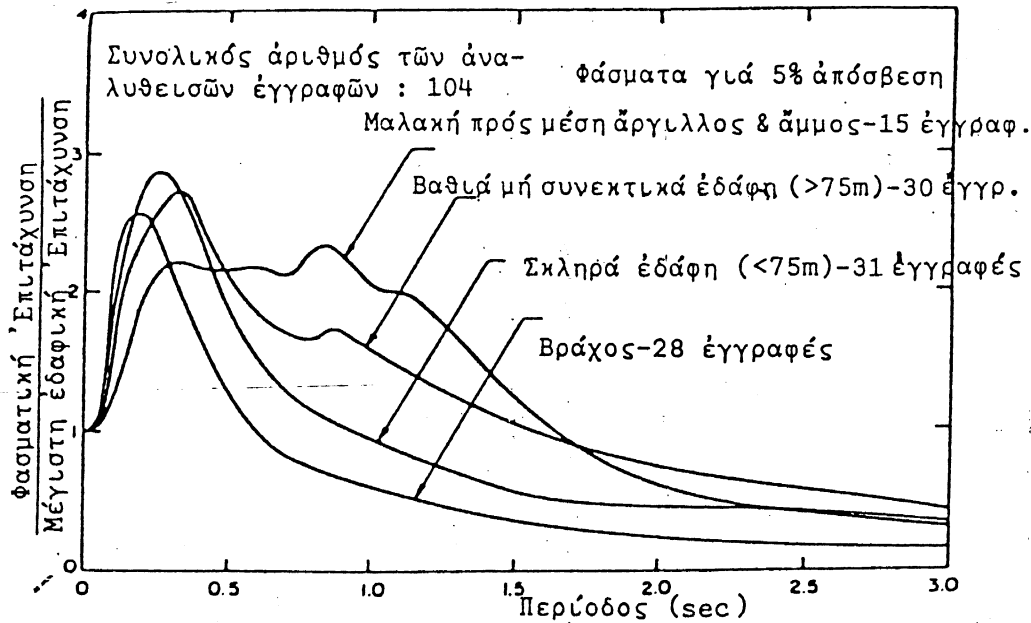
3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Σε πολλές περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί ότι το περιεχόμενο συχνότητας των εδαφικών κινήσεων και η μορφή των φασμάτων απόκρισης εξαρτάται από την ακαμψία (rigidity) των εδαφικών σχηματισμών.

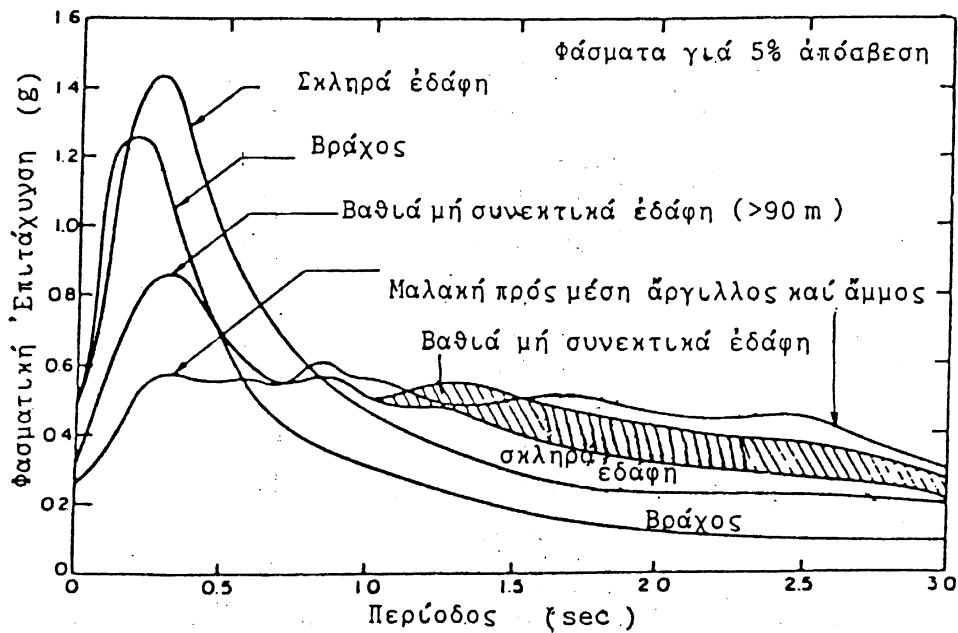
Επειδή η ακαμψία των εδαφικών στρώσεων δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί στην εξεταζόμενη περιοχή και να γίνουν θεωρητικοί υπολογισμοί με διάφορες τιμές.

Στο σχήμα 6 φαίνεται η επίδραση του συντελεστή ακαμψίας στη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση και μετατόπιση στην επιφάνεια του εδάφους (σχ.6 a & b) στη δεσπόζουσα περίοδο (c) καθώς επίσης και στο φάσμα απόκρισης των επιταχύνσεων (d).

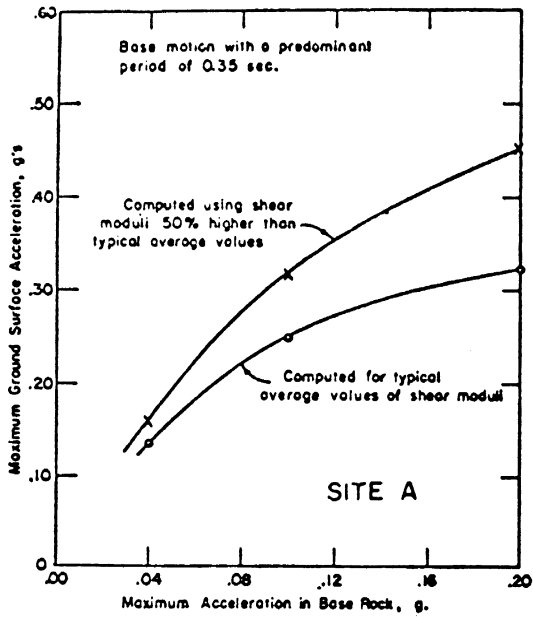
Από τη παραπάνω θεωρητική μελέτη προκύπτει ότι για τις τιμές ακαμψίας που χρησιμοποιήθηκαν, δεν αναμένεται ουσιαστική μεταβολή που να έχει πρακτική σημασία για τους μηχανικούς, στο φάσμα απόκρισης των εδαφικών επιταχύνσεων. Στην τελική φάση της μελέτης θα γίνει προσπάθεια υπολογισμού αντιστοίχων φασμάτων για την πόλη της Καλαμάτας με διαφορετικές τιμές ακαμψίας των εδαφικών σχηματισμών.



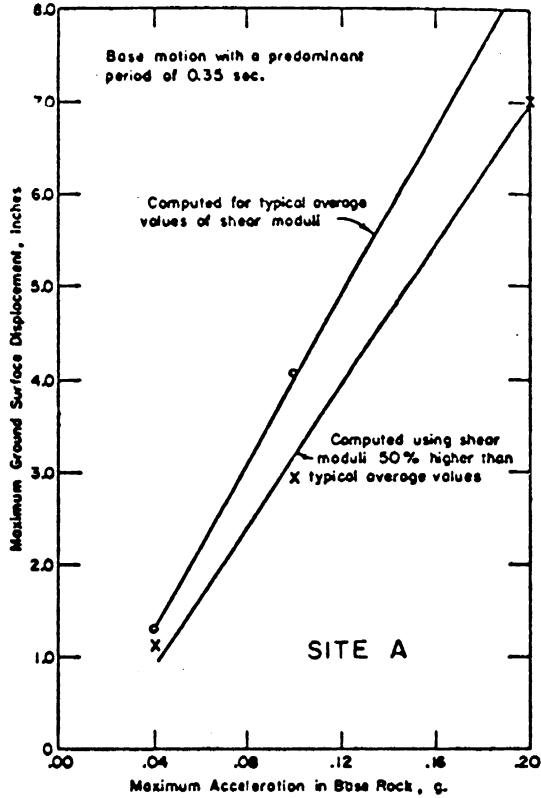
Σχ. 4. Μέσα φάσματα έπιτάχυνσεως για διάφορες τοπικές συνθήκες (κατά Seed, Ugas, Lysmer 1974).



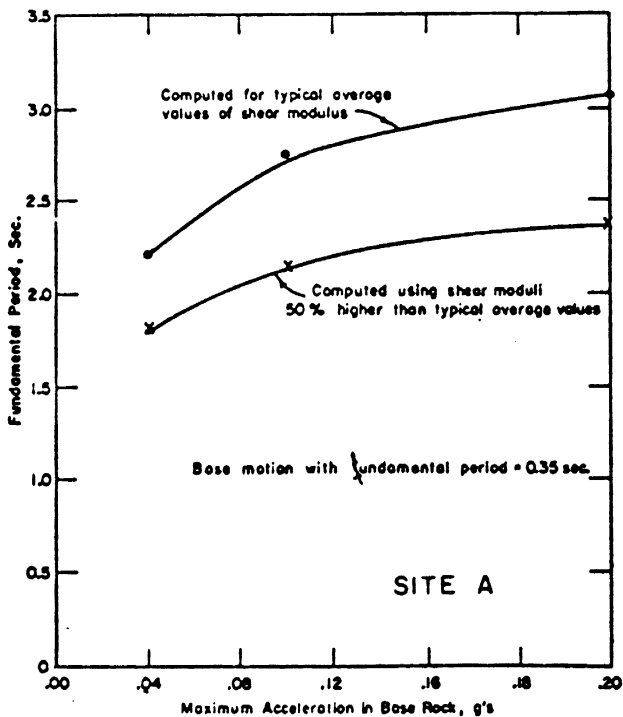
Σχ. 5. Προσδοκώμενα μέσα φάσματα για σεισμό μεγέθους $6 \frac{1}{2}$ σε απόσταση 8 km (κατά Seed, Ugas, Lysmer 1974).



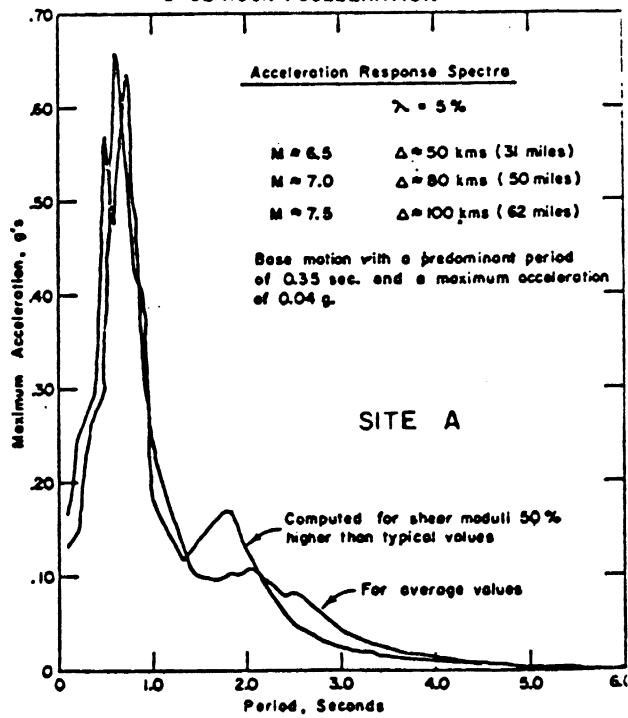
a.) RELATIONSHIP BETWEEN MAX. GROUND SURFACE ACCELERATION AND MAXIMUM BASE ROCK ACCELERATION



b.) RELATIONSHIP BETWEEN MAX. GROUND SURFACE DISPLACEMENT AND MAXIMUM BASE ROCK ACCELERATION



c.) FUNDAMENTAL PERIOD OF SOIL DEPOSIT



d.) EFFECT OF SOIL MODULI ON THE ACCELERATION RESPONSE SPECTRA

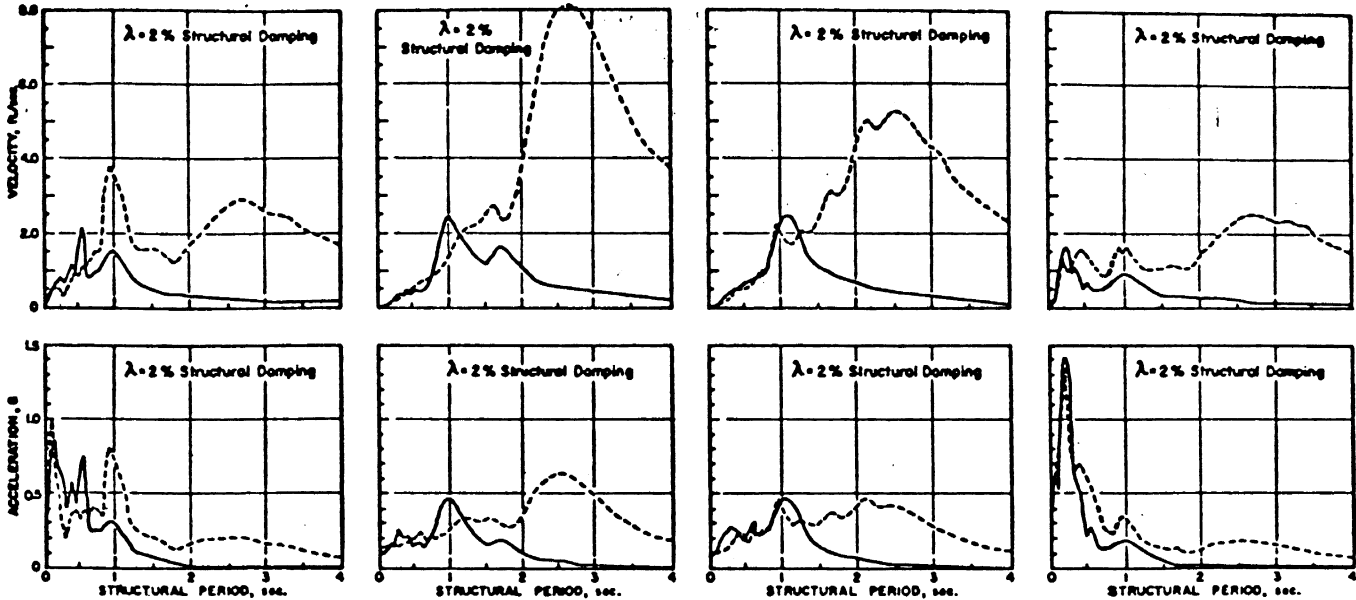
Σχήμα 6 . Επίδραση του συντελεστή ακαμψίας στη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (a) , μετατόπιση (b) , δεσπόζουσα περίοδο (c) και στο φάσμα απόκρισης των εδαφικών επιταχύνσεων (d).

3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

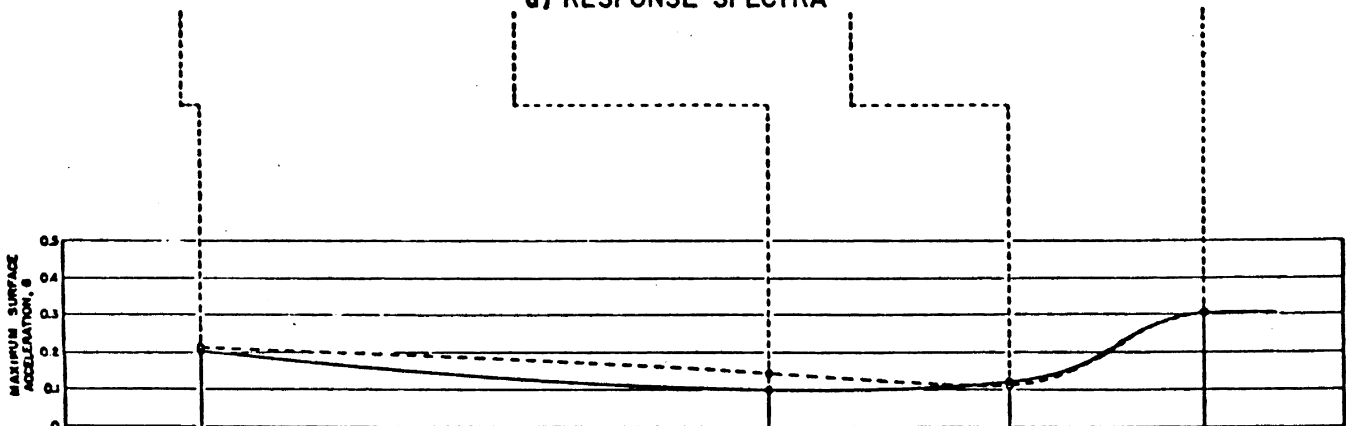
Σχετικές μελέτες που έγιναν από ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας (Schnabel and Seed, 1972) απέδειξαν ότι οι φασματικές επιταχύνσεις δεν μεταβάλλονται ουσιαστικά όταν μειωθεί η μέγιστη τιμή της επιτάχυνσης που έχει καταγραφεί στην επιφάνεια του στερεού υποβάθρου. Έτσι, παρατηρήθηκε ότι μείωση της μέγιστης τιμής της επιτάχυνσης στο στερεό υπόβαθρο κατά 15 έως 25% προκαλεί μείωση στην αντίστοιχη φασματική τιμή μικρότερη από 10%.

3.4. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ.

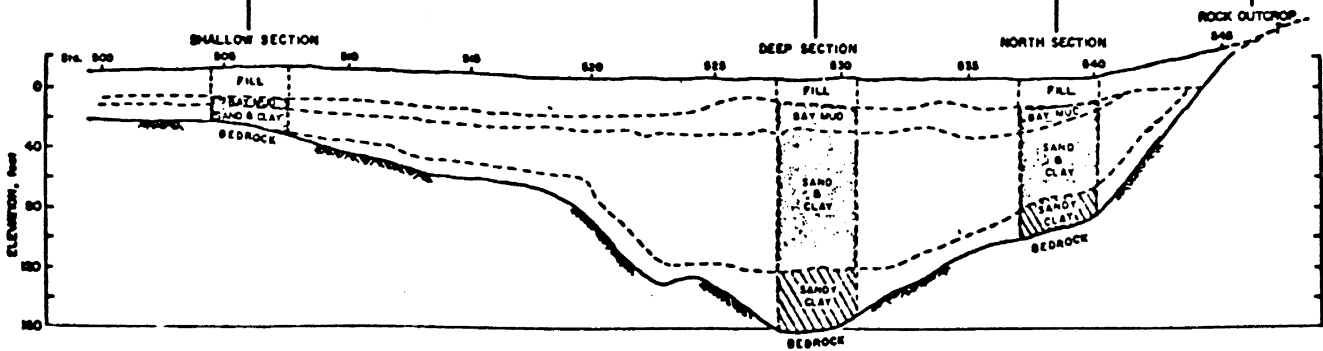
Η σημαντικότερη επίδραση των εδαφικών σχηματισμών φαίνεται να είναι στο περιεχόμενο συχνότητας των εδαφικών δονήσεων. Στο σχήμα 7 φαίνονται χαρακτηριστικά τα φάσματα απόκρισης και οι μέγιστες επιταχύνσεις στην επιφάνεια του εδάφους για ένα θεωρητικό profil και για δύο χαρακτηριστικούς σεισμούς του San Fernando και του El Centro.



a) RESPONSE SPECTRA



b) MAXIMUM SURFACE ACCELERATIONS



c) GENERALIZED LONGITUDINAL SOIL PROFILE

LEGEND:
 — San Fernando Earthquake motion
 - - - El Centro Earthquake motion

**RESPONSE SPECTRA
 & MAXIMUM SURFACE ACCELERATIONS**

Σχήμα 7 . Επίδραση των εδαφικών σχηματισμών στο περιεχόμενο συχνότητας των εδαφικών κινήσεων

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ ΑΠΟ ΑΝΑΓΡΑΦΕΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ

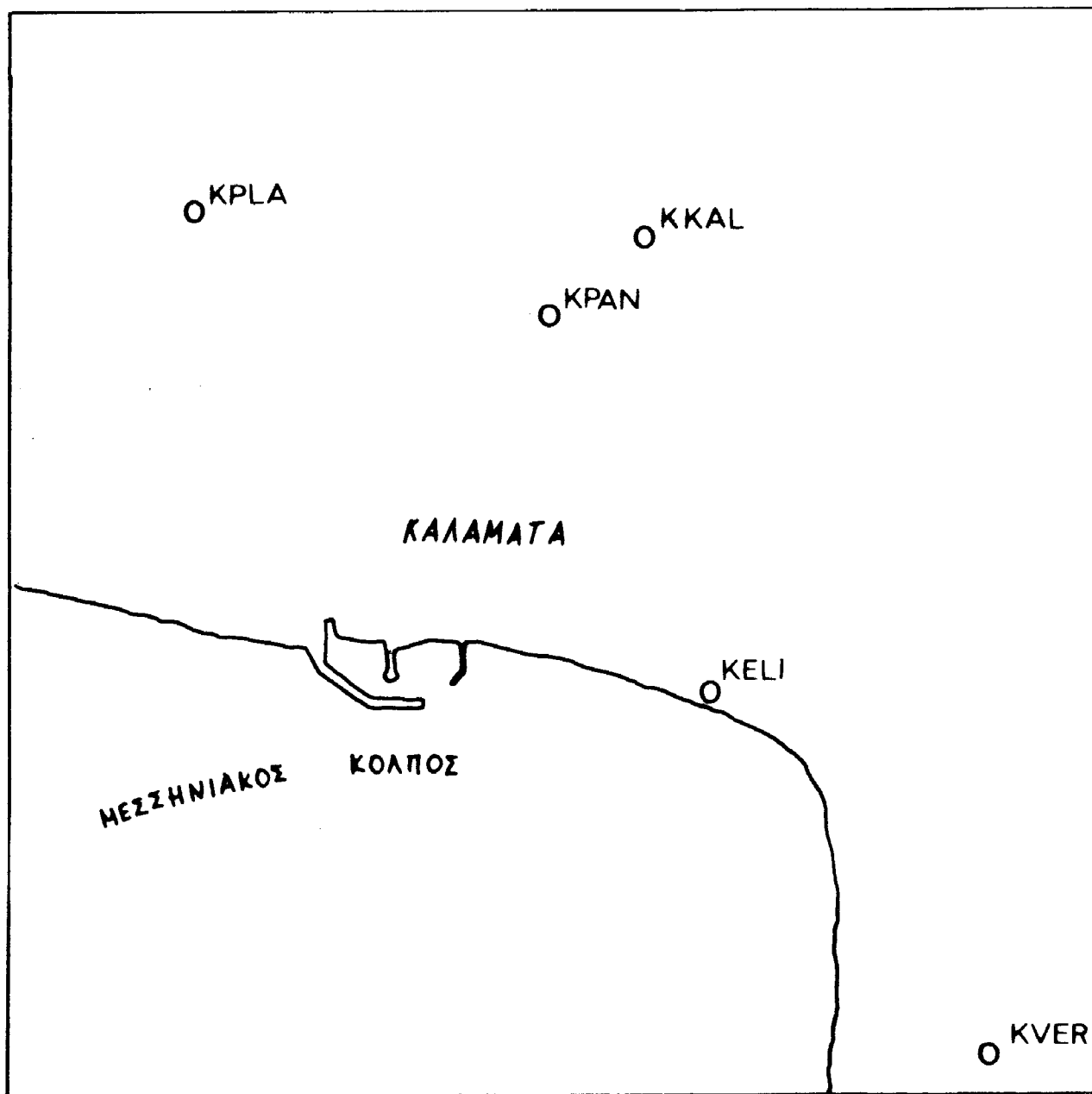
Για τον υπολογισμό του συντελεστή ενίσχυσης στην πόλη της Καλαμάτας εγκαταστάθηκε ειδικό δίκτυο φορητών σειсмоγράφων τύπου ΜΕQ-800 από τις 20-11-86 μέχρι τις 28-02-87 σε πέντε θέσεις της πόλης της Καλαμάτας και των γύρω περιοχών με διαφορετικές εδαφικές συνθήκες. Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των θέσεων των φορητών σεισμολογικών σταθμών στην πόλη της Καλαμάτας, οι οποίοι είχαν διπλό στόχο: αφ'ενός μεν τη μελέτη του συντελεστή ενίσχυσης, και αφ'ετέρου την παρακολούθηση της μετασεισμικής δραστηριότητας. Στο Σχήμα 8 φαίνονται οι ακριβείς θέσεις των παραπάνω σταθμών. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι η επιλογή των θέσεων των σεισμολογικών σταθμών έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην περιοριστεί η μελέτη στο κέντρο της πόλης, αλλά να επεκταθεί και έξω από αυτό και στα προάστια, δεδομένου ότι η Καλαμάτα είναι αυτή τη στιγμή υπό ανάπτυξη εμπορική και βιομηχανική και η επέκτασή της σε επιφάνεια, ιδίως και μετά το σεισμό, είναι βέβαιη. Επίσης έγινε επιλογή θέσεων τέτοιων, ώστε να έχουμε μετρήσεις από όλους τους γεωλογικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης. Για το λόγο αυτό παρατίθενται λεπτομερή στοιχεία σχετικά με την γεωλογία κάθε σταθμού, καθώς και ορισμένα στοιχεία από τις γεωφυσικές έρευνες που έγιναν στα πλαίσια της μικροζωνικής μελέτης της Καλαμάτας (βλ. ανίστοιχη έκθεση)

α) Ο σταθμός ΚΕΛΙ (υψόμετρο 10m) εγκατεστημένος πίσω από το Ξενοδοχείο ELITE στην παραλιακή λεωφόρο της Καλαμάτας, έχει τοποθετηθεί επάνω σε χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις, που αποτελούνται κυρίως από κροκάλες, χαλίγια και κατά θέσεις αμμούχες αργίλους. Τα ίδια υλικά απαντούν σε όλη την παραλία της πόλης, εκτενόμενα και δυτικότερα του ποταμού Παμίσσου και ανατολικά μέχρι το Ξενοδοχείο Φιλοξενία, ενώ μετά αρχίζουν οι πλειστοκαινικές χερσαίες αναβαθμίδες. Τα πάχη τους δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 20m και η ταχύτητά τους είναι γύρω στα 350 m/sec.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Χαρακτηριστικά θέσεων που λειτούργησαν οι φορητοί σειсмоγράφοι ΜΕΘ-800

Τοποθεσία	Ονομασία σταθμού	Συντεταγμένες		Υψόμετρο	Γεωλογική Κατηγορία	
		φ° N,	λ° E		Κωδ. Αριθ.	Επιφανειακή Σύσταση
Ξεν. ΕΛΙΤΕ	ΚΕΛΙ	37 01.35N,	22 08.50E	10m	5	Αλλούβια
Παναγίτσα	ΚΡΑΝ	37 02.87N,	22 07.89E	80m	4	Μάργα
Ξυν. Πλάκα	ΚΡΛΑ	37 03.15N,	22 06.20E	60m	3	Αναβαθμίδες χερσαίες που αποτελούνται από αργίλλους και αργιλλώχους άμμιους
Καλαμάτα	ΚΚΑΛ	37 03.16N,	22 08.24E	160m	2	Φλύσχης αδιαίρετος
Βέργα	ΚΒΕΡ	36 59.77N,	22 10.21E	420m	1	Ασβεστόλιθος



Σχ. 8. ΘΕΣΕΙΣ ΦΟΡΗΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΕΛΑΦΙΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

ΚΑΙΜΑΚΑ 1:30000

β) Ο σταθμός ΚΡΑΝ (υψόμετρο 80m) είχε εγκατασταθεί στην Παναγίτσα, στο Βόρειο τμήμα της πόλης και κοντά στο δρόμο που ενώνει την Καλαμάτα με τη Σπάρτη. Στην περιοχή αυτή επικρατούν θαλάσσιοι σχηματισμοί του Νεογενούς-Πλειοκαίνου. Στη βάση τους επικρατούν τα κροκαλοπαγή πάχους 3-4m, πιο πάνω αναπτύσσονται οι τυπικές ανοικτότεφρες μάργες με διασταυρωμένες στρώσεις. Στα ανώτερα μέλη τους επικρατούν τέφρες έως κιτρινότεφρες ψαμμιτικές μάργες. Κατά θέσεις εμφανίζονται μαργαϊκοί έως ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι και τράπεζες ή ορίζοντες "κογχυλιάτη λίθου". Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν πάχος γύρω στα 130m, ταχύτητα 2100 m/sec και έχουν βρεθεί σε αυτούς και απολιθώματα.

γ) Ο σταθμός ΚΡΛΑ (υψόμετρο 60m) ήταν εγκατεστημένος στον συνοικισμό Πλάκα, στο ΒΑ τμήμα της πόλης. Τα εδάφη εδώ αποτελούν χερσαίες αναβαθμίδες του Τεταρτογενούς-Πλειστοκαίνου, οι οποίες περιέχουν ερυθρές αργίλους, αργιλούχες άμμους με διάσπαρτες λατύπες και παρεμβολές από κροκαλοπαγή, τα οποία επικρατούν στην βάση. Τοπικά τα στοιχεία αυτά είναι αδιαβάθμητα και πολύ συνεκτικά με αργιλικό ή ανθρακικό συνδετικό υλικό. Σε μερικές θέσεις εμφανίζονται μικρά κοιτάσματα μαγγανίου, τα οποία στην περιοχή του χωριού Λάϊκα (ΒΑ της Πλάκας) και ανατολικά του οικισμού Γιανιτρών έτυχαν εκμετάλλευσης. Το πάχος των σχηματισμών αυτών υπολογίζεται να είναι 15-20m περίπου, και η ταχύτητά τους 550-600 m/sec.

δ) Ο σταθμός ΚΚΑΛ (υψόμετρο 160m) ήταν εγκατεστημένος στο ΒΔ τμήμα της πόλης και κοντά στο δρόμο που συνδέει την Καλαμάτα με τη Σπάρτη. Οι σχηματισμοί που απαντούν εδώ ανήκουν στην ζώνη της Τριπόλεως και στο Ανώτερο Ηώκαινο-Ολιγόκαινο από πλευράς ηλικίας. Στην περιοχή αυτή είναι καθαρή η εμφάνιση του αδιαίρετου φλύσχη, που αποτελείται από εναλλαγές τεφρών μαρμών, ψαμμιτών με ενδερώσεις ή φακούς ασβεστολίθων και κροκαλοπαγών, όπου έχουν βρεθεί και απολιθώματα. Το πάχος του υπολογίζεται να είναι 150m περίπου.

ε) Ο σταθμός ΚΒΕΡ (υψόμετρο 420m) εγκαταστάθηκε στο χωριό Κάτω Βέργα, όπου εμφανίζονται ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβε-

στόλιθοι του Κρητιδικού. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι τεφροί, λίγο βιτουμενιούχοι, μεσο- έως παχυστρωματώδεις, με φλέβες ασβεστίτη. Στους κατώτερους ορίζοντες επικρατούν ενστρώσεις λατυποπαγών ασβεστολίθων. Στους σχηματισμούς αυτούς έχουν προσδιοριστεί απολιθώματα από το Μαιστρίχιο, Σενώνιο, Κενομάνιο, Τουρώνιο, Άπτιο-Άλβιο και Νεοκόμιο. Το πάχος των ασβεστολίθων είναι 300m περίπου.

Έχει αποδειχθεί σε σεισμολογικές έρευνες ότι μετά την απομάκρυνση της μεγέθυνσης καταγραφής και άλλων σταθερών των σεισμολογικών οργάνων, οι σταθμοί που είναι εγκατεστημένοι σε χαλαρότερα και νεώτερης ηλικίας εδάφη, αναγράφουν με μεγαλύτερα πλάτη τα εγκάρσια κύματα. Το γεγονός αυτό, επιτρέπει στα διάφορα εδάφη, που απαντούν στην επιφάνεια της γής να χωρίζονται από σεισμολογικής απόψεως σε δύο γενικές κατηγορίες: τα σεισμικώς επικίνδυνα και τα σεισμικώς ακίνδυνα εδάφη.

Σεισμικώς επικίνδυνα εδάφη θεωρούνται γενικά τα μαλακά εδάφη που επικρατούν κυρίως στους νέους και νεώτατους γεωλογικούς σχηματισμούς, που παρουσιάζουν συνήθως και την μεγαλύτερη - εξάπλωση. Η περίπτωση της Καλαμάτας και των γύρω οικισμών δεν αποτελεί εξαίρεση στον κανόνα αυτό. Τα εδάφη αυτά παρέχουν στην καθημερινή ζωή διάφορα πλεονεκτήματα, γι' αυτό προτιμώνται ιδιαίτερα από τον άνθρωπο για την εποίκηση και συνεπώς για τη θεμελίωση των οικοδομών του.

Σεισμικώς ακίνδυνα εδάφη θεωρούνται οι στερεές βραχώδεις μάζες, που απαντούν συνήθως στους παλαιότερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Οι μάζες αυτές, όταν βρίσκονται στην επιφάνεια της γής, θεωρούνται ότι αποτελούν το ασφαλέστερο έδαφος θεμελιώσεως.

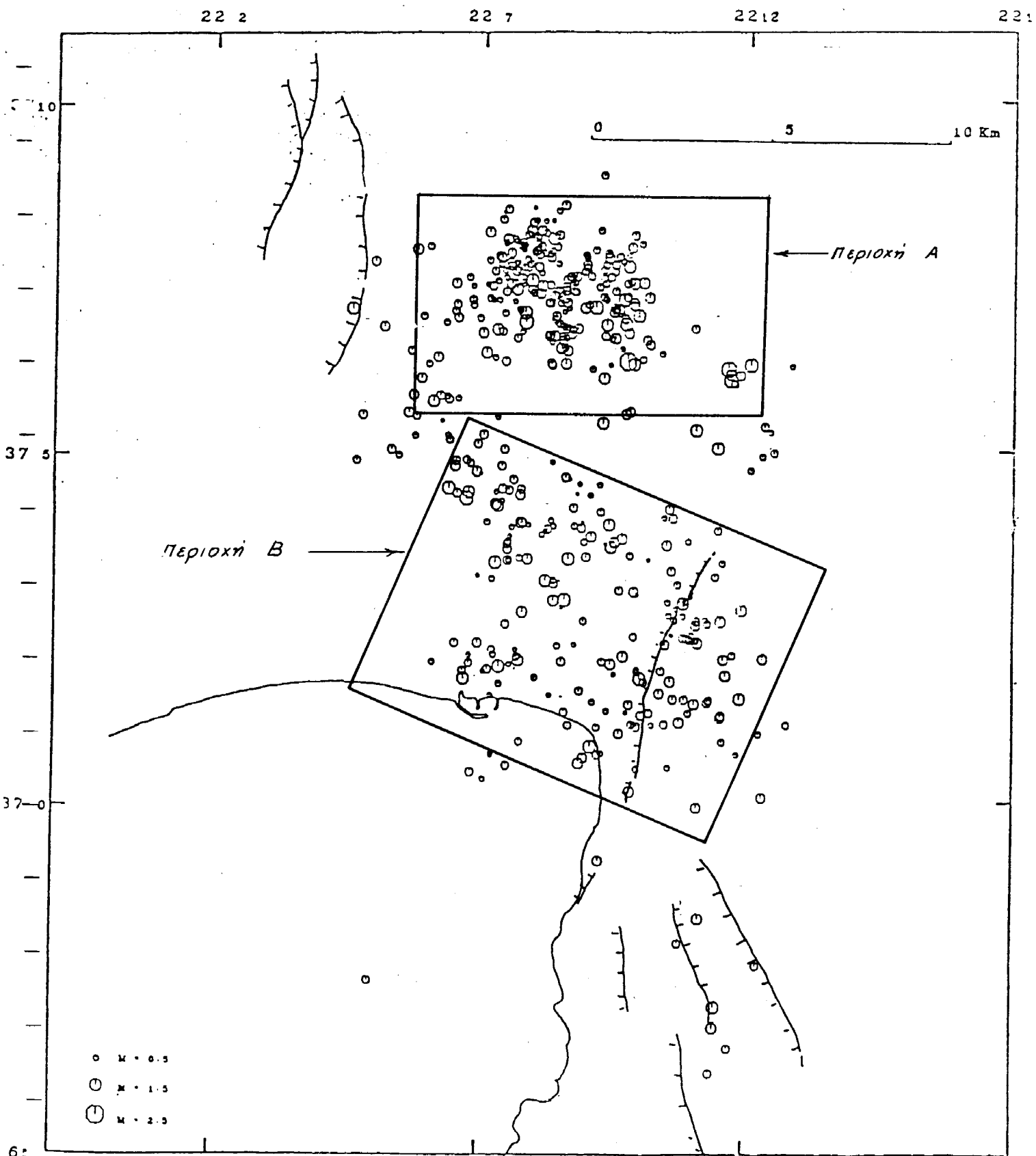
Παρ' όλα αυτά, ο διαχωρισμός αυτός σε δύο γενικές κατηγορίες δεν αποτελεί και κανόνα, γιατί σε πολλές περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί μη αναμενόμενες καταστροφές σε σκληρά εδάφη, και λιγότερες σε χαλαρά. Στην συμπεριφορά των εδαφών στο σεισμό, υπεισέρχονται και πολλοί άλλοι σημαντικοί παράγοντες, όπως η ηλικία και το πάχος των χαλαρών εδαφών, η επικεντρική απόσταση, το ύψος του υδροφόρου ορίζοντα, κλπ. Έτσι, έχει παρατηρηθεί ότι αλλού-

βια μεγάλου πάχους (100m περίπου) μπορεί να συμπεριφέρονται σαν σκληρά, και αποτελούν καλά εδάφη θεμελιώσεως. Αντίθετα, βραχώδεις μάζες που απαντούν συνήθως σε λεκάνες και είναι αποκομμένες από το στερεό υπόβαθρο εμφανίζουν μεγάλες εδαφικές κινήσεις κατά τον σεισμό. Ο δεύτερος παράγων, δηλ. η επικεντρική απόσταση, παίζει επίσης μεγάλο ρόλο. Σε πολύ μικρές επικεντρικές αποστάσεις, δηλ. στην λεγόμενη "πλειόσειστη περιοχή", όπου είναι έντονη και η επίδραση των P κυμάτων, έχει παρατηρηθεί ότι τα εδάφη δεν παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, όσο το μέγεθος του σεισμού. Αντίθετα σε μεγαλύτερες επικεντρικές αποστάσεις μέχρι τα 100km ή και λιγώτερο, η επιφανειακή γεωλογία δείχνει να είναι ο καθοριστικός παράγων, ενώ μετά τα 100 km η επίδρασή τους είναι αμελητέα.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι σε μελέτες τέτοιου είδους το δείγμα των σεισμών πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιογενές, δηλαδή να έχουν οι σεισμοί τις ίδιες, (ή περίπου τις ίδιες) εστιακές παραμέτρους. Στην παρούσα μελέτη ο παράγοντας αυτός είναι αμελητέος, εφ'όσον επεξεργαζόμαστε μετασεισμούς ενός κυρίου σεισμού, δηλαδή σεισμούς που προέρχονται από τον ίδιο σεισμογόνο χώρο.

Οι σεισμοί που επεξεργαστήκαμε για την παρούσα μελέτη παρατίθενται στους πίνακες 2 και 3. Παρ'όλο που οι σεισμοί αυτοί είναι μικροί μετασεισμοί του κυρίου σεισμού της 13.9.86, δηλαδή προέρχονται από τον ίδιο σεισμογόνο χώρο, έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά που αποδεικνύουν το γεγονός ότι δεν έχουν ταυτόσημους μηχανισμούς γένεσης και προέρχονται από διαφορετικές θέσεις του ίδιου σεισμογόνου χώρου. Στο Σχήμα 9 φαίνονται τα επίκεντρα των μετασεισμών του κυρίου σεισμού της 13.9.86 για το διάστημα 14.9.86 μέχρι 28.2.86 που είχαν ελάχιστο σφάλμα στον προσδιορισμό τους. Στον Χάρτη αυτό είναι εμφανής η κατανομή των επικέντρων σε δύο κυρίως περιοχές Α και Β, οπότε οι σεισμοί των πινάκων 2 και 3 αντιστοιχούν σε αυτές.

Από τις καταγραφές των μετασεισμών στους πέντε σταθμούς μετρήθηκαν, εκτός από τους χρόνους άφιξης των P και S κυμάτων, το είδος της πρώτης απόκλισης και την διάρκεια του σεισμού για



Σχ.9. Χάρτης κατανομής των μετασεισμών του σεισμού της Καλαμάτας της 13-9-1986.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α

DATE	HOUR-MIN.	KKAL	KELI	KPLA	KVER	KPAN
25 11 86	12 01	0.9	2.3	2.3	0.8	1.7
25 11 86	23 13	1.8	6.2	7.0	4.1	2.3
26 11 86	00 25	1.1	9.4		1.2	0.7
26 11 86	16 13		11.6	10.8	9.5	5.2
28 11 86	08 27	4.1	8.4	1.7	2.7	2.7
28 11 86	13 29	3.7	14.6		5.7	
30 11 86	07 34	3.0	14.6		9.5	
01 12 86	00 11	4.2	14.5		9.5	7.6
02 12 86	11 51	2.5	8.9	4.4	5.5	4.6
02 12 86	13 30	2.4	12.2	8.9	9.2	3.3
03 12 86	00 37	1.5	4.2	4.2	3.9	1.5
03 12 86	09 44	1.9	3.0		2.2	1.5
04 12 86	15 40	1.6	5.1	1.75		1.5
04 12 86	16 18	6.5	13.5	10.0	9.5	6.4
04 12 86	17 23	1.8	4.0	6.8	2.4	1.5
06 12 86	20 31	1.4	2.9	2.8	1.4	1.5
09 12 86	00 17	2.5	5.0	6.9	2.5	2.8
09 12 86	02 37	2.2	9.2	6.7	2.9	2.7
11 12 86	02 19	1.6	5.1	4.6	3.4	
24 12 86	21 27		8.0	3.5		7.5
02 01 87	22 28	8.0		11.7	9.2	9.1
03 01 87	14 09	3.6	10.5	7.6	8.3	4.0
03 01 87	14 23	1.9	3.7	1.8	4.0	1.9
05 01 87	07 41	5.8	9.6	7.1	6.9	5.3
06 01 87	15 27	2.6		2.8	3.3	3.6
06 01 87	19 22	3.8	0.51		2.4	2.1
08 01 87	14 10	3.1	4.1			4.2
08 01 87	23 59	1.3	3.6		1.8	1.5
17 01 87	18 50	15.2	15.5	12.2	19.0	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

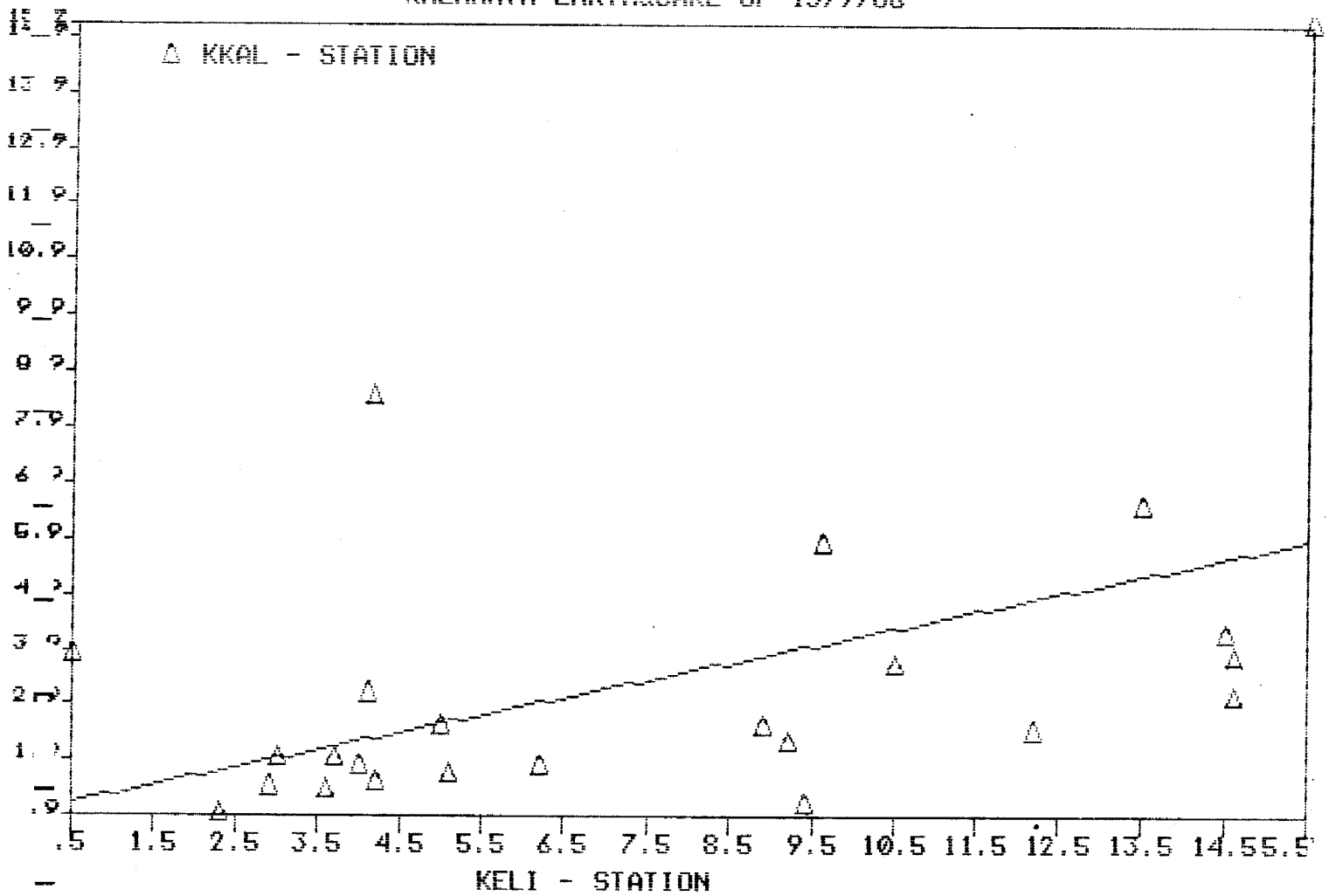
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β

DATE	HOUR-MIN.	KKAL	KELI	KPLA	KVER	KPAN
27 11 86	01 28	2.5	3.2	1.2	1.2	1.5
29 11 86	12 06	1.2	5.3	0.8	1.0	0.9
29 11 86	14 37	1.9	11.5	1.3	1.9	3.0
01 12 86	21 38	1.1	9.2	1.4	9.5	1.5
02 12 86	06 13	2.1	2.8		1.0	1.1
02 12 86	19 00	2.6	14.0	5.0	9.5	1.7
05 12 86	14 30	1.7	1.4	14.7	0.5	2.8
07 12 86	05 41	1.7	11.8	0.6	3.5	1.3
09 12 86	18 44	3.9	11.1	4.1	9.7	4.1
24 12 86	21 27		8.6	3.5		7.5
31 12 86	20 57		12.3			9.6
02 01 87	08 24	2.3		4.6		1.0
02 01 87	08 28	6.8		12.1		
02 01 87	17 44	8.8	14.7	14.6	9.4	10.3
04 01 87	22 56	3.5		4.3		4.1
10 01 87	07 49	0.9				1.0
19 01 87	03 34	16.0	15.2	15.5	19.2	
13 01 87	16 13		2.7	5.6	1.45	

τον προσδιορισμό του επικέντρου και του μεγέθους, και τα μέγιστα πλάτη και η αντίστοιχη περίοδος των S κυμάτων, και στη συνέχεια έγινε αναγωγή των μετρήσεων σε μεγένθυση 60 dB, σύμφωνα με τις καμπύλες βαθμονόμησης του κάθε οργάνου. Η αναγωγή αυτή παρέχει τη δυνατότητα σύγκρισης των μέγιστων πλατών μεταξύ τους.

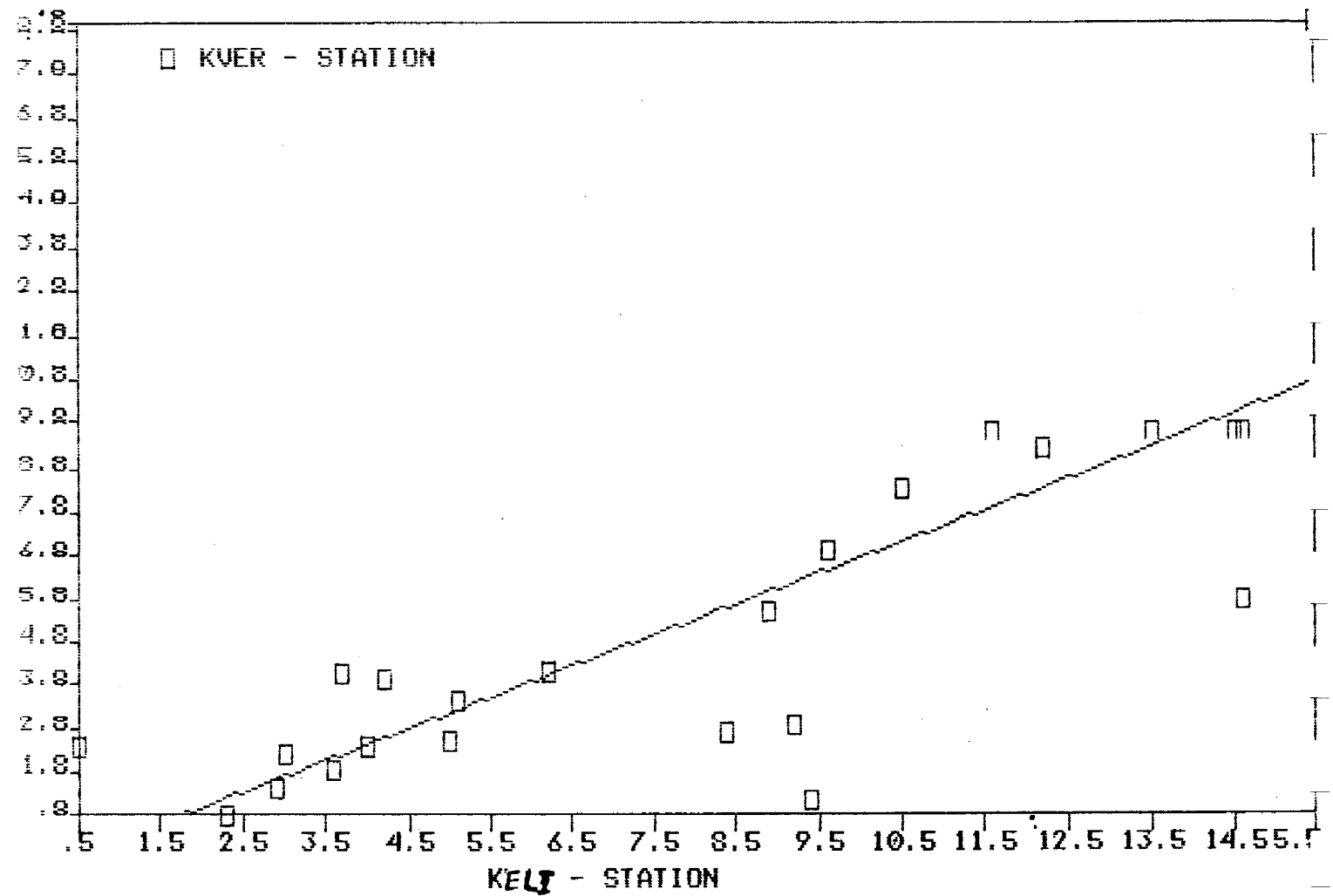
Κατόπιν χρησιμοποιήθηκε ο σταθμός KELI σαν σταθμός αναφοράς και βρέθηκαν για κάθε σεισμό οι λόγοι των πλατών των εγκάρσιων κυμάτων των υπόλοιπων σταθμών ως προς τον σταθμό αυτό. Επειδή ο σταθμός KELI ήταν εγκατεστημένος πάνω στους χαλαρότερους σχηματισμούς που απαντούν στην περιοχή, αναμένεται οι λόγοι αυτοί να είναι όλοι μικρότεροι της μονάδας. Τα αποτελέσματα για τις δύο κατηγορίες σεισμών παρατίθενται στα σχήματα 10 έως 13 για τους μετασεισμούς κατηγορίας Α και στα σχήματα 14 έως 17 για τους μετασεισμούς κατηγορίας Β.

KALAMATA EARTHQUAKE OF 13/9/86



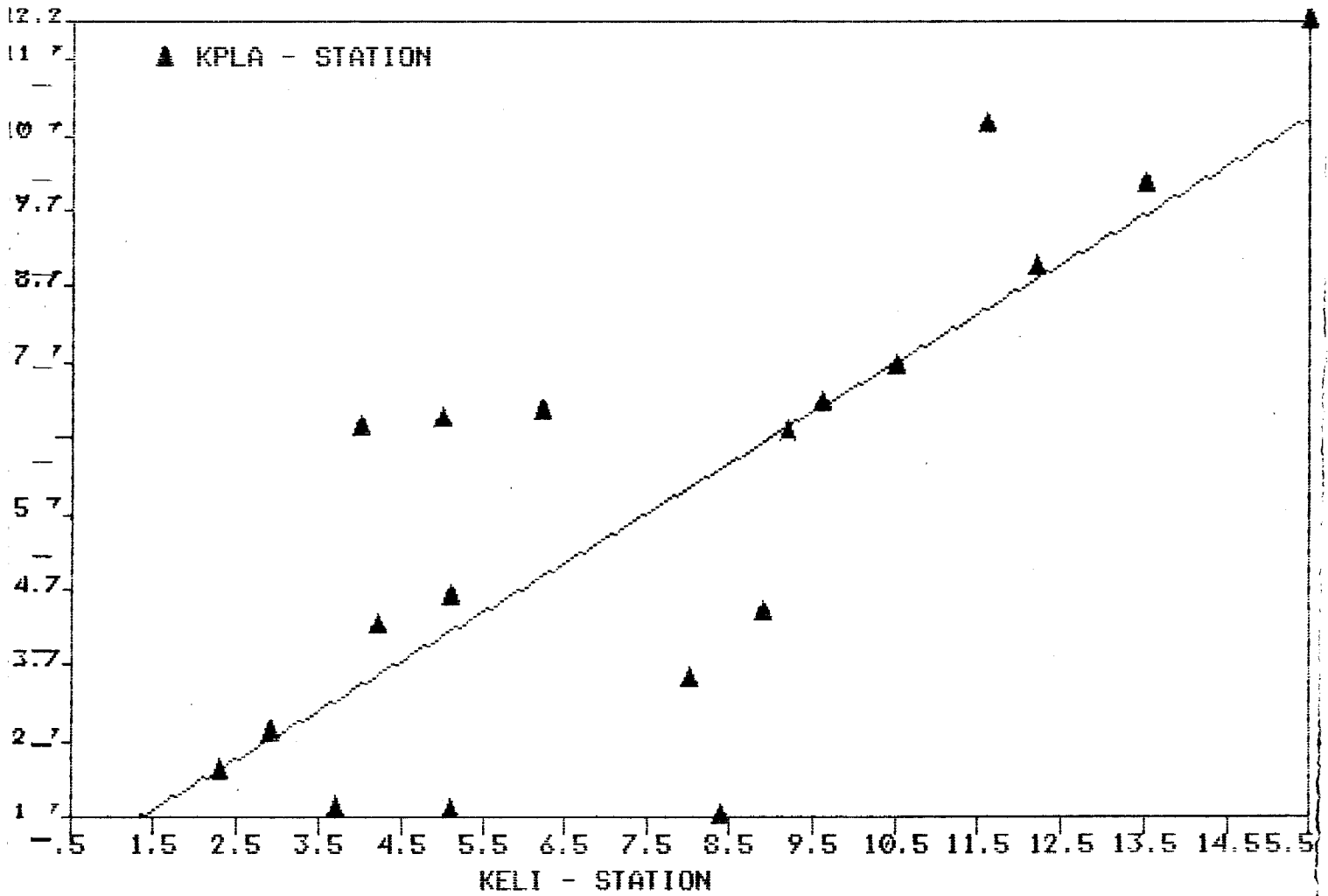
Σχ.10. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκαρσίων κυμάτων του σταθμού KKAL ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Α).

KALAMATA EARTHQUAKE OF 13/9/86



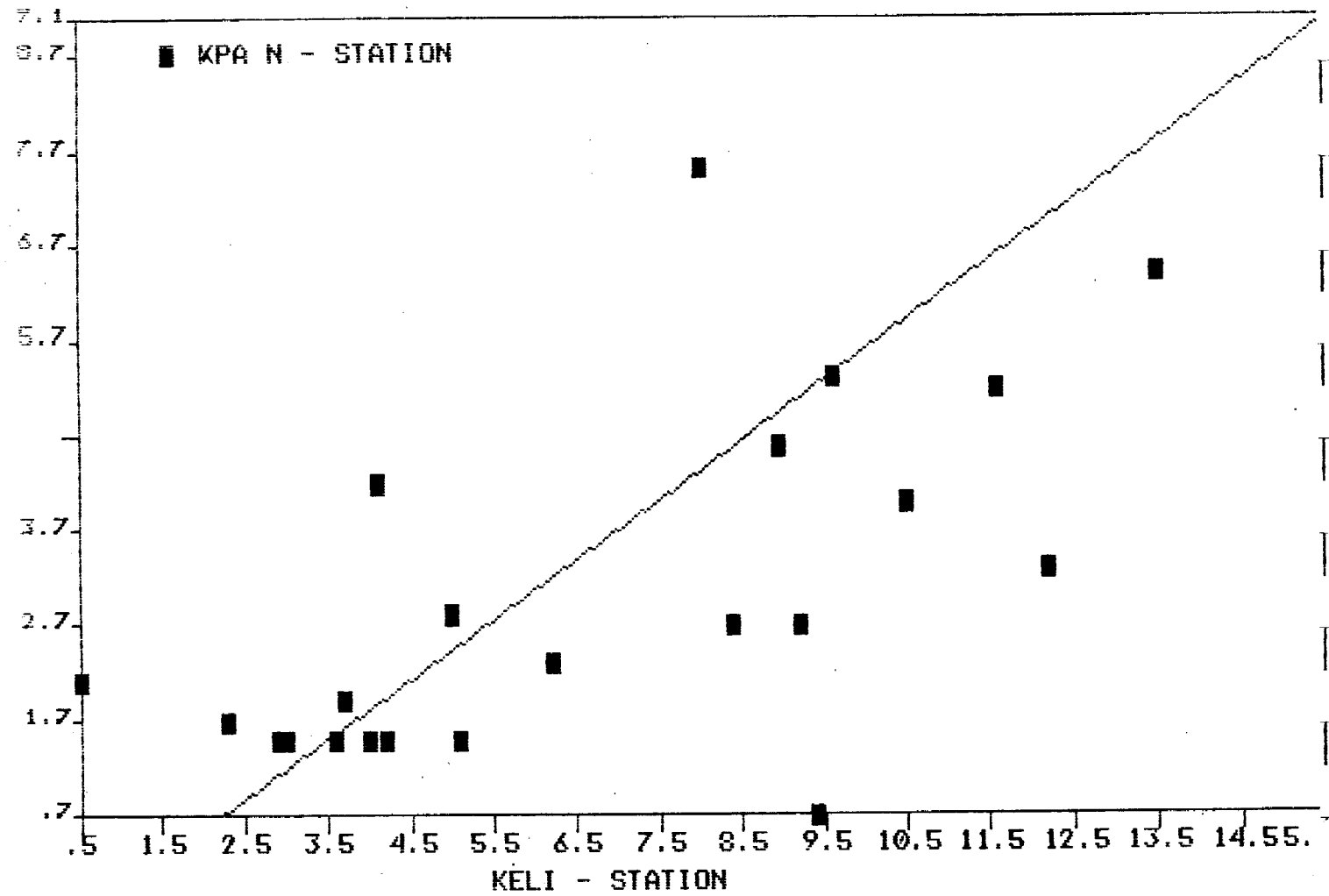
Σχ.11. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκάρσιων κυμάτων του σταθμού KVER ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Α).

KALAMATA EARTHQUAKE OF 13/9/86

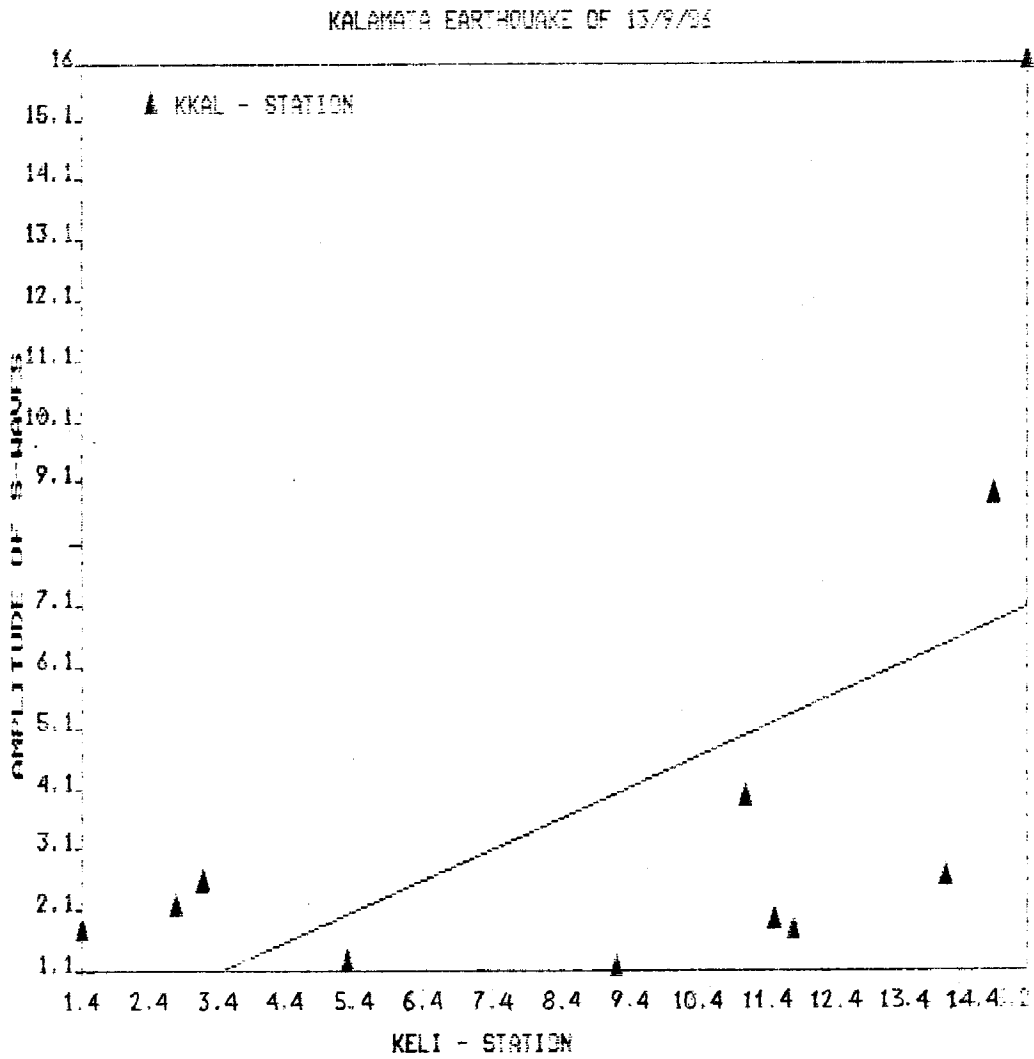


Σχ.12. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκαρσίων κυμάτων του σταθμού KPLA ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Α).

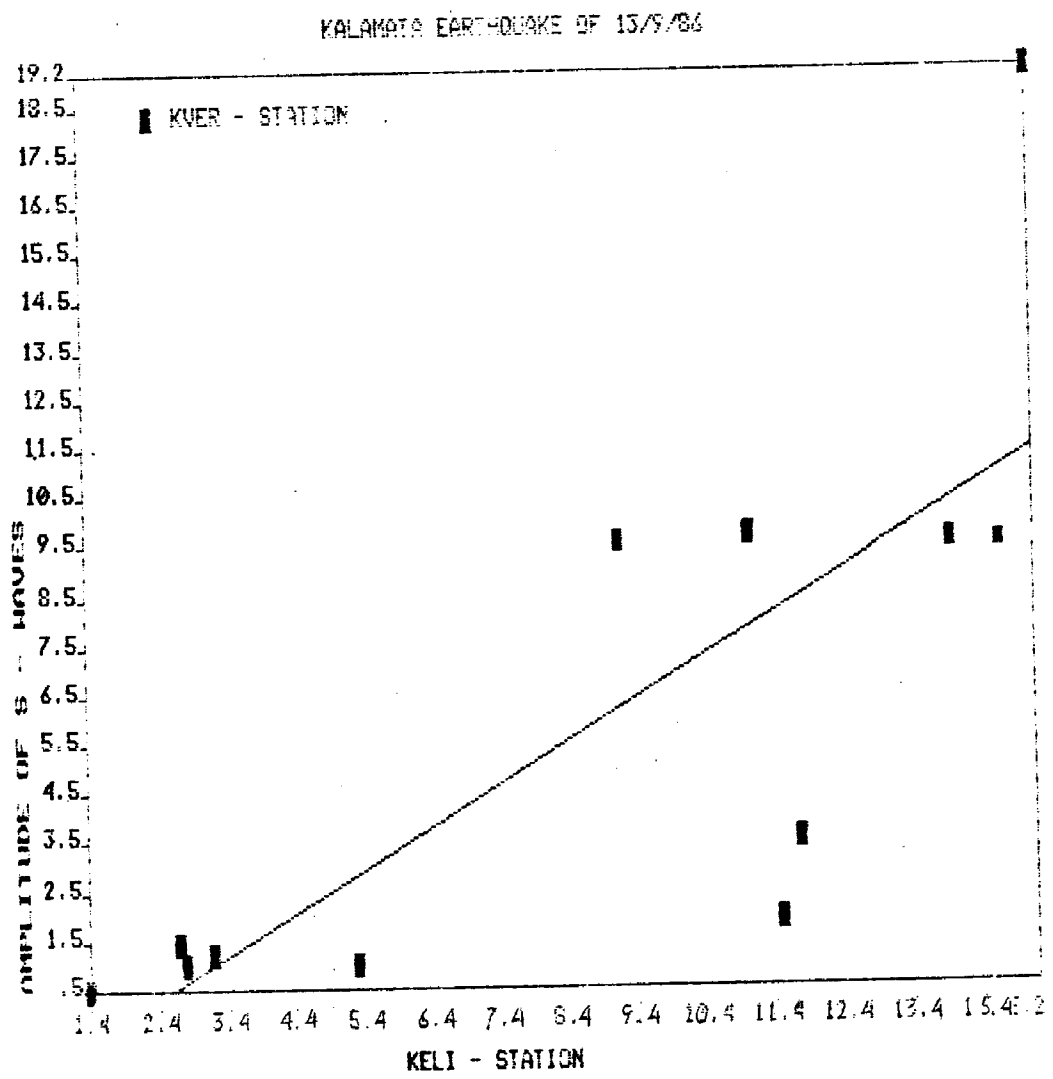
KALAMATA EARTHQUAKE OF 13/9/86



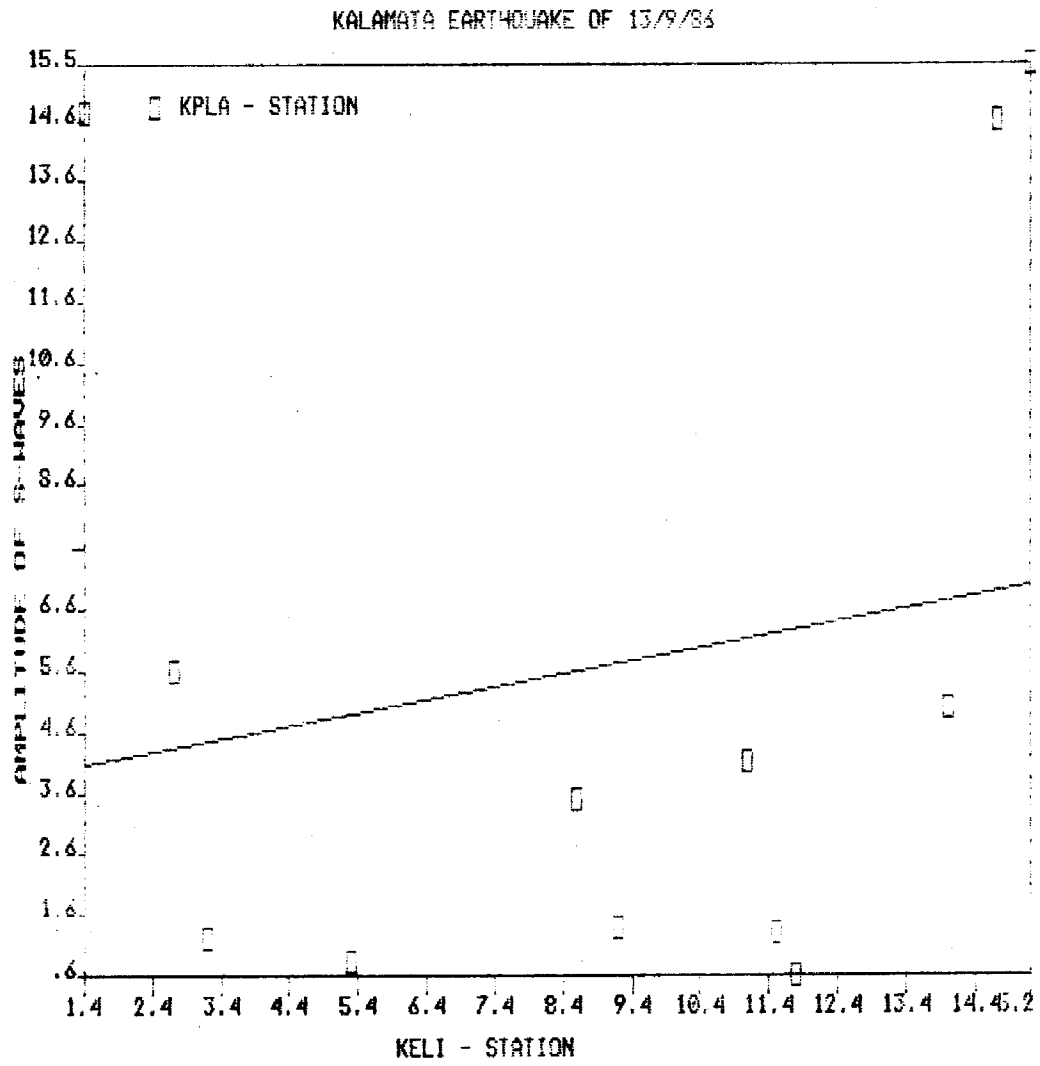
Σχ.13. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκαρσίων κυμάτων του σταθμού ΚΡΑΝ ως προς το σταθμό ΚΕΛΙ (Κατηγορία Α).



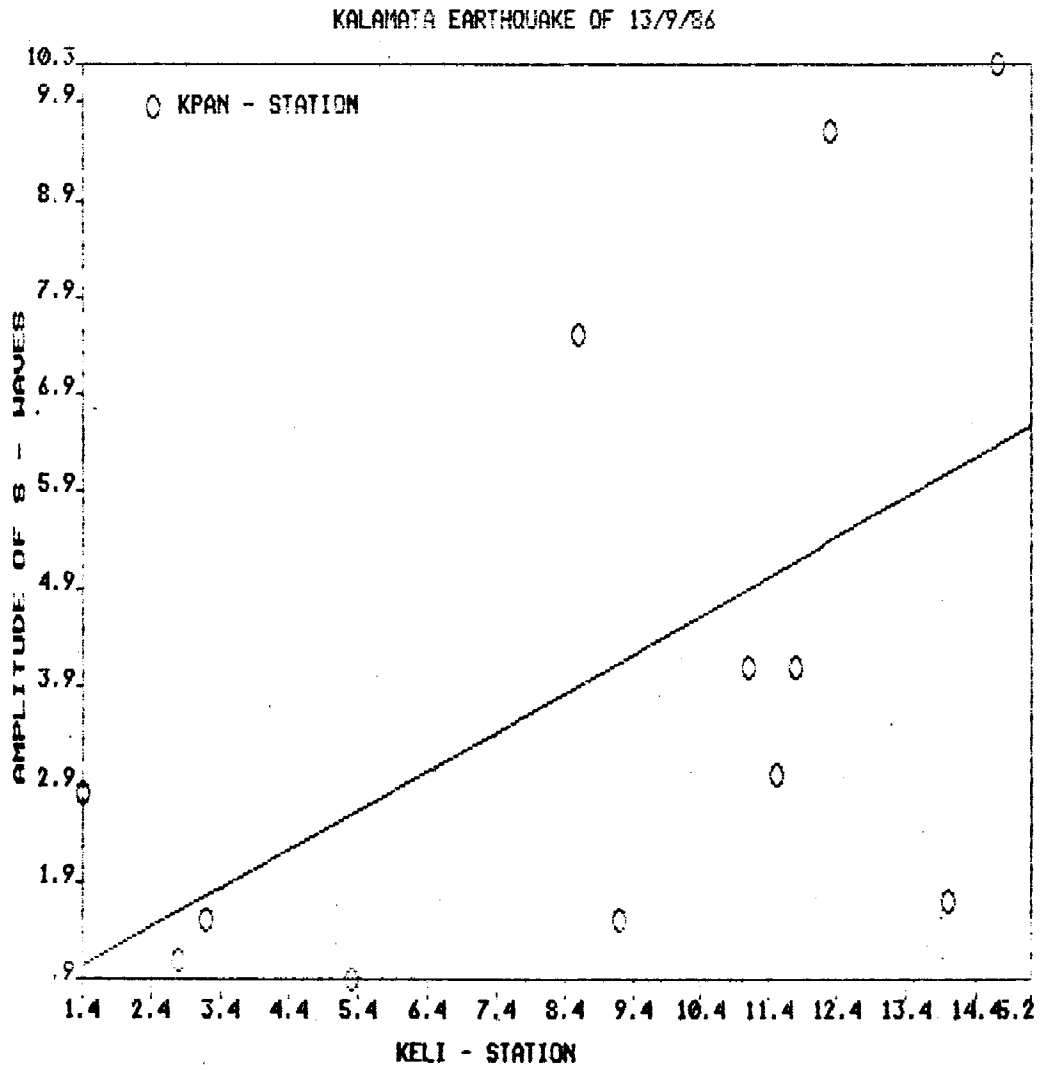
Σχ.14. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκάρσιων κυμάτων του σταθμού KKAL ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Β).



Σχ.15. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκάρσιων κυμάτων του σταθμού KVER ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Β).



Σχ.16. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκαρσίων κυμάτων του σταθμού KPLA ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Β).



Σχ.17. Σχέση των πλατών αναγραφής των εγκάρσιων κυμάτων του σταθμού KPAN ως προς το σταθμό KELI (Κατηγορία Β).

5. Ερευνα εδαφικής ενίσχυσης από επιταχυνσιογράφηματα

Όπως είναι γνωστό ο κύριος σεισμός της Καλαμάτας μεγέθους 6.2 αναγράφηκε από δύο όμοιους επιταχυνσιογράφους τύπου SMA - 1. Ο ένας του ΙΤΣΑΚ ήταν εγκατεστημένος στο Διοικητήριο και ο άλλος του Αστεροσκοπείου Αθηνών ήταν εγκατεστημένος στο παλαιό κτίριο του ΟΤΕ.

Η σύγκριση των δύο εγγραφών δείχνει την ίδια στάθμη μέγιστων οριζοντίων επιταχύνσεων και στις δύο θέσεις. Οι μέγιστες οριζόντιες επιταχύνσεις ήταν περίπου 0.26 ~ 0.29 g . Αντίθετα οι στάθμες των κατακορύφων εγγραφημάτων είναι τελείως διάφορες και στο παλαιό κτίριο του ΟΤΕ γράφτηκε 0.37 g ενώ στο Διοικητήριο 0.23 g .

Ακόμη πρέπει να σημειώσουμε ότι οι φασματικές αναλύσεις των δύο εγγραφημάτων που έγιναν από δυο διαφορετικές ερευνητικές ομάδες παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διαφορές με περισσότερο οξύ μέγιστο ν'αντιστοιχεί στο επιταχυνσιογράφημα του Διοικητηρίου και μικρότερο μέγιστο, μεγαλύτερου όμως εύρους, ν'αντιστοιχεί στο επιταχυνσιογράφημα του παλαιού κτιρίου του ΟΤΕ.

Οι εδαφικές συνθήκες και στις δύο θέσεις είναι γνωστές από ερευνητικές γεωτρήσεις με καλύτερο σχετικά έδαφος αυτό του Διοικητηρίου. Οι πρώτες εκτιμήσεις δείχνουν ότι οι φασματικές διαφορές οφείλονται ενδεχόμενα στη μέθοδο ανάλυσης και στο διαφορετικό έδαφος, ενώ δεν φαίνεται να είναι υπεύθυνο το έδαφος για τις διαφορετικές στάθμες των κατακόρυφων επιταχύνσεων στις δυο θέσεις.

Ο μεγαλύτερος μετασεισμός μεγέθους 5,4 που έγινε στις 15.9.86 γράφτηκε από τρεις επιταχυνσιογράφους SMA - 1 που είχαν εγκατασταθεί στην Καλαμάτα. Από τους δύο που ανέγραψαν και τον κύριο σεισμό και ένα τρίτο που εγκαταστάθηκε απο το ΙΤΣΑΚ στο νέο κτίριο του ΟΤΕ.

Οι μέγιστες στάθμες των επιταχύνσεων ήταν της ίδιας στάθμης και οι μορφές των επιταχυνσιογραφημάτων περίπου ίδιες.

Είναι επομένως φανερό ότι οι διαφορετικοί εδαφικοί σχηματισμοί επηρέασαν τις εδαφικές κινήσεις αυτής της μορφής, δηλ. κοντινού πεδίου (near field), πολύ ελαφρά . Το γειτονικό δηλαδή

πεδίο και το ότι το σεισμογόνο ρήγμα ήταν πρακτικά κάτω από τους επιταχυνσιογράφους φαίνεται ως ο κύριος παράγοντας που επηρέασε τόσο τις βλάβες όσο και τις έγγραφές των επιταχυνσιογραφημάτων. Είναι πιθανό ότι οι αναγραφές μακρυνότερου σεισμού με μεγαλύτερο μέγεθος (π.χ. $M = 6,7$ $\Delta \approx 50$ km) στους ίδιους επιταχυνσιογράφους να παρουσιάζουν μεγαλύτερες διαφορές αφού η τροποποίηση της εδαφικής κίνησης από την παρουσία διαφορετικών εδαφικών σχηματισμών θα ήταν εντονότερη.

Ενδιαφέρον ακόμη παρουσιάζουν οι αναγραφές δύο μικρών μετασεισμών με μεγέθη 4,2 και 4,1 από επιταχυνσιογράφους στην Καλαμάτα. Αυτό που χρειάζεται να τονιστεί στην προκαταρκτική αυτή φάση είναι ότι οι σεισμοί αυτοί γράφτηκαν από 4 επιταχυνσιογράφους από τους επτά που λειτουργούσαν στην Καλαμάτα.

Σημειώνεται ότι τέσσερες επιταχυνσιογράφοι εγκαταστάθηκαν από τον Τομέα Γεωφυσικής του Παν/μίου Αθηνών σε διαφορετικούς εδαφικούς σχηματισμούς για την μελέτη του συντελεστή ενίσχυσης. Οι αναγραφές των μικρών αυτών μετασεισμών είναι ίδιες και οι στάθμες των μεγίστων επιταχύνσεων απόλυτα συγκρίσιμες. Κατά συνέπεια φαίνεται ότι στο τοπικό πεδίο και στις υψηλές συχνότητες των εδαφικών κινήσεων που επικρατούν οι εδαφικές κινήσεις ελάχιστα επηρεάζονται και τροποποιούνται από την παρουσία των διαφορετικών εδαφικών σχηματισμών. Πρέπει πάντως το προηγούμενο συμπέρασμα να θεωρηθεί ως προκαταρκτικό και χρειάζεται συστηματικότερη έρευνα.

Ακόμη πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι ο κύριος σεισμός της Καλαμάτας δεν ακολουθήθηκε από ισχυρούς μετασεισμούς αλλά παρατηρήθηκε μεγάλο πλήθος μικρών μετασεισμών. Έτσι παρά το ότι εγκαταστάθηκαν και λειτούργησαν συνολικά 7 επιταχυνσιογράφοι στην πόλη της Καλαμάτας, οι αναγραφές τελικά είναι πολύ λίγες για συστηματική μελέτη συντελεστή ενίσχυσης (amplification factor).

5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως ήδη τονίστηκε στόχος του παρόντος ερευνητικού προγράμματος ήταν η μελέτη ενίσχυσης των εδαφικών κινήσεων και η επίδραση των τοπικών γεωλογικών σχηματισμών. Για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκαν φορητοί σειсмоγράφοι σε διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς στην περιοχή της πόλης της Καλαμάτας, και καταγράφηκαν αρκετοί μετασεισμοί του κύριου σεισμού της 13-9-1986.

Για την ανάλυση έγινε επιλογή των μετασεισμών με κύρια κριτήρια την επικεντρική τους απόσταση και την ποιότητα αναγραφής των εγκαρσίων κυμάτων. Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα της σχέσης πλατών των εγκαρσίων κυμάτων που καταγράφηκαν σε κάθε σταθμό χωριστά ως προς το σταθμό αναφοράς (KELI) παρουσιάζουν πολύ μεγάλη διασπορά, και δεν εμφανίζεται σε κανένα σταθμό κάποια χαρακτηριστική τάση ενίσχυσης ή απόσβεσής τους.

Αυτό πρέπει να οφείλεται στη μικρή επικεντρική απόσταση των μετασεισμών και στο ότι οι περισσότεροι σταθμοί είχαν εγκατασταθεί στην περιοχή που είχε σεισμικά διεγερθεί. Το συμπέρασμα που προκύπτει χωρίς βέβαια να μπορεί να τεκμηριωθεί αυστηρά είναι ότι στις περιπτώσεις αυτές (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. Αυτό σημαίνει, ότι στην περίπτωση του σεισμού της Καλαμάτας, το έδαφος δεν επηρέασε, στο βαθμό που αναμενόταν, τα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης. Μεγαλύτερη επίδραση στις παρατηρούμενες βλάβες είχε ο τρόπος διάδοσης της διάρρηξης στο επίπεδο του ρήγματος και το περιεχόμενο συχνοτήτων της εδαφικής επιτάχυνσης και εδαφικής ταχύτητας.

Πιστεύεται ότι η διάρρηξη δεν έγινε κατά ομοιόμορφο τρόπο και ότι η απελευθέρωση των τάσεων σε ορισμένα σημεία του επιπέδου του ρήγματος ήταν πολύ μεγαλύτερη απ'ότι σε άλλα. Η λεπτομερή ανάλυση του τρόπου διάρρηξης του σεισμού της Καλαμάτας συνεχίζεται ακόμη και πιστεύεται ότι θα βοηθήσει σημαντικά στην ερμηνεία των βλαβών που παρατηρήθηκαν.

Τονίζεται ιδιαίτερα ότι στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε αντιπροσωπευτικό δείγμα μετασεισμών σε πολύ μικρές επικεντρικές αποστάσεις. Αν και η επικεντρική απόσταση υπολογίστηκε με ικανοποιητική ακρίβεια, η παρατηρούμενη διασπορά στις μετρήσεις πρέπει μερικώς τουλάχιστον να οφείλεται και στην παράμετρο αυτή.

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι η μεταβολή του πλάτους των εγκάρσιων κυμάτων δεν έδειξε κάποια συστηματική τάση και δεν επηρεάστηκε ουσιαστικά από τις τοπικές εδαφικές συνθήκες αφού η κυρίαρχος παράμετρος ήταν το πολύ τοπικό πεδίο. Όσον αφορά τη διαμόρφωση συχνοτήτων της εδαφικής κίνησης απαιτείται φασματική ανάλυση των δεδομένων για να εξετασθούν τα φασματικά χαρακτηριστικά των μετασεισμών όπως καταγράφηκαν σε κάθε σταθμό χωριστά.

Το στάδιο αυτό προτείνεται σε συνέχεια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος για τη συμπλήρωση των αποτελεσμάτων σχετικά με την επίδραση των διαφορετικών γεωλογικών σχηματισμών στα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης σε πολύ μικρές επικεντρικές αποστάσεις.