

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

34/β
34/β
34/β

ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ Ο.Α.Σ.Π.
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

27 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1986 - 27 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1986

ΑΘΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1986

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια πρώτη ανάλυση των επιταχυνσιογραφημάτων του κύριου σεισμού (13 Σεπτεμβρίου 1986) που καταγράφηκαν από τον επιταχυνσιογράφο του Εθνικού Αστεροσκοπείου που ήταν εγκατεστημένος στο υπόγειο του παλαιού θωρόφου κτηρίου του ΟΤΕ Καλαμάτας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. αμέσως μετά τους σεισμούς του 1978 δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε ένα τμήμα που ασχολείται ειδικώς με την ψηφιοποίηση και επεξεργασία δονήσεων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην επεξεργασία καταγραφών ισχυρών σεισμικών δονήσεων-των επιταχυνσιογραφημάτων. Οι καταγραφές αυτές γίνονται από ειδικά αυτογραφικά όργανα τους επιταχυνσιογράφους. Το επιταχυνσιογράφημα, εφόσον γίνει η κατάλληλη επεξεργασία του, παρέχει πολύτιμα στοιχεία για τη συμπεριφορά των κατασκευών που διεγείρονται από τη συγκεκριμένη σεισμική δόνηση.

Κάθε απλή κατασκευή μπορεί να προσομοιωθεί με ένα μονοβάθμιο ταλαντωτή του Σχ.1.

Σε κάθε χρονική στιγμή υπάρχει ισορροπία των δυνάμεων p_{ρ}^I (δύναμη αδράνειας = ολική επιτάχυνση \times μάζα), D_{ρ} (δύναμη αποσβέσεως = = σχετική ταχύτητα \times απόσβεση και p_{ρ}^S (δύναμη συνδέσμων = σχετική μετακίνηση \times ακαμψία):

$$p_{\rho}^I + D_{\rho} + p_{\rho}^S = 0 \quad (1)$$

αντικαθιστώντας τις ιδιότητες από το Σχ.1:

$$m\ddot{\gamma}_{\rho}(t) + c_{\rho} \dot{\gamma}_{\rho}(t) + K \gamma_{\rho}(t) = 0 \quad (2)$$

Η ολική μετακίνηση της μάζας m είναι το άθροισμα της σεισμικής μετάθεσης του εδάφους και της σχετικής μετάθεσης της μάζας m ως προς την μεταθετημένη βάση:

$$\bar{\gamma}_{\rho}(t) = x_g(t) + \gamma_{\rho}(t) \quad (3)$$

και η ολική επιτάχυνση:

$$\ddot{\bar{\gamma}}_{\rho}(t) = \ddot{x}_g(t) + \ddot{\gamma}_{\rho}(t) \quad (4)$$

Με τη βοήθεια της εξ. (4), η εξ. (2) γράφεται:

$$\ddot{\gamma}_{\rho}(t) + \frac{c_i}{m} \dot{\gamma}_{\rho}(t) + \frac{K_{\rho}}{m} \gamma_{\rho}(t) = -\ddot{x}_g(t) \quad (5)$$

Το ποσοστό αποσβέσεως ζ_i και η κρίσιμη απόσβεση $c_{\rho \text{ κρίσ.}}$ είναι:

$$\zeta_i = \frac{c_i}{c_{\rho \text{ κρίσ.}}} \quad , \quad c_{\rho \text{ κρίσ.}} = 2m\omega_{\rho}, \quad \omega_{\rho}^2 = \frac{K_{\rho}}{m} \quad (6,7,8)$$

οπότε η εξ. (5) γράφεται:

$$\ddot{\gamma}_{\rho}(t) + 2\zeta_i \omega_{\rho} \dot{\gamma}_{\rho}(t) + \omega_{\rho}^2 \gamma_{\rho}(t) = -\ddot{x}_g(t) \quad (9)$$

Για κάθε τιμή ω_{ρ} και ζ_i η εξίσωση (9) έχει σταθερούς συντελεστές και οι λύσεις της $\gamma_{\rho}(t)$, $\dot{\gamma}_{\rho}(t)$ και $\ddot{\gamma}_{\rho}(t)$ παρέχονται μονοσήμαντα για κάθε $\ddot{x}_g(t)$, λαμβανομένων προφανώς υπόψη και των αρχικών συνθηκών σε κάθε βήμα (t) , βλ.π.χ. Καρύδης (1982).

Τα $\omega_p = 2\pi/T_p$ παίρνουν διακριτές τιμές που αντιστοιχούν σε πραγματικές κατασκευές με ιδιοπερίοδο $T_1 = 0,05 \text{ sec}$ έως $T_n = 5 \text{ sec}$ ενώ το ποσοστό απόσβεσης παραμένει σταθερό και ίσο προς ζ_1 .

Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται εποπτικά στο Σχ.2, όπου μονοβάθμιοι ταλαντωτές είναι πακτωμένοι πάνω σε μια άκαμπτη πλατφόρμα η οποία δέχεται ένα σεισμικό κραδασμό $x_g(t)$. Οι ταλαντωτές αυτοί αποτελούνται από μια μάζα m και ένα ελαστικό στέλεχος χωρίς βάρος με μέτρο ελαστικότητας E , ροπή αδράνειας J και διατομή A . Το ύψος κάθε ταλαντωτή είναι διαφορετικό. Έτσι, η ακαμψία K_p κάθε ταλαντωτή είναι διαφορετική και η αντίστοιχη ιδιοπερίοδός του $T_p = 2\pi/\omega_p = 2\pi\sqrt{m/K_p}$. Το ποσοστό απόσβεσης σε όλους τους ταλαντωτές είναι σταθερό και ίσο προς ζ_1 . Στόχος μας είναι να μελετήσουμε την συμπεριφορά όλων των μονοβάθμιων συστημάτων, που μπορούν να παρουσιαστούν στην πράξη, στο σεισμό $x_g(t)$ και μάλιστα να υπολογίσουμε τις μέγιστές τους "αποκρίσεις" στον δεδομένο αυτό σεισμό, για ένα δεδομένο ποσοστό απόσβεσης ζ_1 .

Από την απόκριση κάθε μονοβάθμιου ταλαντωτή συγκρατούμε τις μέγιστες τιμές ολικής επιτάχυνσης $SA = \max|\ddot{Y}|$, σχετικής ταχύτητας $SV = \max|\dot{Y}|$, σχετικής μετακίνησης $SD = \max|Y|$ και την αντίστοιχη ιδιοπερίοδό του. Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι η συμπεριφορά των ταλαντωτών βρίσκεται μέσα στην γραμμική-ελαστική περιοχή.

Η χρονική στιγμή του πότε πραγματοποιήθηκαν αυτές οι μέγιστες τιμές ή πόσες φορές περίπου επαναλήφθηκαν οι τιμές αυτές κατά τη διάρκεια της απόκρισης της κατασκευής, ή ποιά ήταν η μέγιστη διαδρομή της κατασκευής στην πλαστική περιοχή (για ανελαστική απόκριση) είναι θέματα πολύ σημαντικά για να μπορέσει να κατανοήσει κανείς το πόσο καταπονήθηκαν οι κατασκευές στον συγκεκριμένο σεισμό, αλλά αυτά όπως και άλλα συναφή αποτελούν αντικείμενο μελλοντικής ανάλυσης.

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 πέντε:

$\zeta_{1=1,5} = 0\%, 2\%, 5\%, 10\%$ και 20% . Επειδή η μέγιστη συμπεριφορά θεωρούμε ότι εκφράζεται και από τα τρία μεγέθη (ολική επιτάχυνση SA, σχετική ταχύτητα SV και σχετική μετακίνηση SD) διακρίνουμε τα αντίστοιχα τρία φάσματα:

Φάσματα Ολικών Επιτάχυνσεων (SA)

Φάσματα Σχετικών Ταχυτήτων (SV)

Φάσματα Σχετικών Μετακινήσεων (SD)

Επειδή ο κάθε ισχυρός σεισμός καταγράφεται με τρεις συνιστώσες, δύο στο οριζόντιο επίπεδο: κατά μήκος του μεγάλου άξονα του οργάνου (LONG) και εγκάρσιως (TRANS) και μία στην κατακόρυφη διεύθυνση (VERT), για κάθε σεισμό παρέχονται τα φάσματα που αντιστοιχούν σε κάθε μία από αυτές τις τρεις συνιστώσες.

Στηριζόμενοι στις κατά προσέγγιση σχέσεις:

$$SV = \omega SD \quad \text{και} \quad SA = \omega^2 SD \quad (10,11)$$

μπορούμε, για εποπτεία και οικονομία, με μία μόνο περιβάλλουσα γραμμή (και συγκεκριμένα με το φάσμα των σχετικών μετακινήσεων SD) να έχουμε σε δύο άλλους άξονες κατάλληλα βαθμονομημένους και με την κατάλληλη κλίση και τις κατά προσέγγιση τιμές των SV και SA (παρουσίαση φασμάτων σε τετραλογαριθμικό χαρτί).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για την ανάλυση χρησιμοποιείται η μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, και η οποία, προφανώς, είναι συμβιβαστή με τον υπάρχοντα εξοπλισμό:

- ο Ψηφιοποιητήρας υψηλής ακριβείας ημιαυτόματος
- ο Ηλεκτρονικός υπολογιστήρας PDP 11-34, 256 K με δίσκους και ταινία
- ο Σχεδιαστήρας CALCOMP
- ο Εκτυπωτήρας

Ο υπολογιστήρας PDP συνδέεται με τον Η/Υ του ΕΜΠ CDC, CYBER 170, χωρίς την βοήθεια του οποίου, δεν θα μπορούσαν να γίνουν οι απαιτούμενες διορθώσεις και φιλτραρίσματα των ψηφιοποιήσεων.

Κατά τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πετυχημένες προσπάθειες για εναρμόνιση της μεθοδολογίας της επεξεργασίας με αυτήν που ακολουθείται από τους Trifunac και Lee (1973), Petrovski και Naumovski (1979), Hudson (1979), Basili και Brady (1978). Για τα φάσματα ακολουθείται η κλασική πια μέθοδος των Nigam και Jennings (1968).

Για τις συγκεκριμένες εγγραφές έγινε απευθείας ψηφιοποίηση του πρωτότυπου φιλμ του επιταχυνσιογράφου, γιατί αποδείχθηκε αδύνατη η οποιαδήποτε φωτογραφική μεγέθυνση (όπως συνηθίζεται να γίνεται για την ψηφιοποίηση). Αυτό, διότι το ίχνος της εγγραφής ήταν πολύ ισχνό και δυσδιάκριτο (μεγάλη ταχύτητα της φωτεινής δέσμης λόγω μεγάλης ευαισθησίας οργάνου, πολύ ισχυρής σεισμικής δόνησης, ατελούς εστίασης, παλαιότητας φιλμ, υγρασίας κλπ.). Η ψηφιοποίηση έγινε πολλές φορές, και από διαφορετικούς παρατηρητές, ενώ η επιλογή της καλύτερης ψηφιοποίησης δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμα. Ελπίζεται όμως ότι η επίπτωση στα φάσματα ενδεχόμενου σφάλματος είναι μικρή, όπως άλλωστε αυτό έχει ήδη αποδειχθεί από την διερεύνηση που έγινε. Η ψηφιοποίηση που έγινε είχε πυκνότητα της τάξεως περίπου των 100 σημείων ανά sec, δηλαδή περίπου 10 σημείων το κάθε χιλιοστό εγγραφής του film ($1 \text{ cm} \approx 1 \text{ sec}$). Επειδή η παρουσίαση των εγγραφών και ιδιαίτερα των φασμάτων απόκρισης στους ενδιαφερόμενους φορείς και Μηχανικούς έχει καθυστερήσει υπερβολικά λόγω της δυσκολίας που δημιούργησε η ψηφιοποίηση των εγγραφών, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, και επειδή τα αποτελέσματα της ανάλυσης θεωρούνται πολύ σημαντικά αποφασίστηκε να παρουσιαστούν τα πρώτα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Σχ.3 παρέχονται οι τρεις συνιστώσες μετά από την ψηφιοποίηση του κύριου σεισμού της Καλαμάτας της 13 Σεπτεμβρίου 1986 που καταγράφηκε από τον επιταχυνσιογράφο του Εθνικού Αστεροσκοπείου, που ήταν εγκατεστημένος στην Καλαμάτα. Το όργανο είναι τύπου SMA-1 με ευαισθησία 0,5 g. Ο προσανατολισμός του οργάνου είναι + LONG περίπου προς Ανατολάς, + TRANS περίπου προς Νότον. Το όργανο ήταν τοποθετημένο στο υπόγειο του παλαιού 3ωρόφου (+1 υπόγειο) κτηρίου ΟΤΕ. Οι μέγιστες τιμές επιταχύνσεων που μετρήθηκαν είναι:

LONG: 220 cm/sec², στη χρονική στιγμή 4.2 sec
VERT: 368 cm/sec², στη χρονική στιγμή 3.2 sec
TRANS: 295 cm/sec², στη χρονική στιγμή 3.68 sec

Στα Σχ.4, Σχ.5 και Σχ.6 παρουσιάζονται τα φάσματα σε τετραλογαριθμικό χαρτί για κάθε μια συνιστώσα: LONG, VERT και TRANS αντιστοίχως.

Ο αναγνώστης μπορεί να εντοπίσει το φάσμα με ποσοστό απόσβεσης 5% (είναι το μεσαίο σε όλα τα σχήματα) το οποίο αντιστοιχεί σε αποδεκτή απόσβεση για κτήρια από ωπλισμένο σκυρόδεμα και είναι αρκετά εξομαλισμένο. Για την απόσβεση αυτή:

Είναι χαρακτηριστικό ότι και για τις δύο οριζόντιες συνιστώσες η φασματική επιτάχυνση είναι περίπου σταθερή στις περιόδους 0.15-0.7 sec, και έχει τιμές για μεν την LONG: 0.4-0.6 g, για δε την TRANS: 0.6-1 g.

Για την κατακόρυφη συνιστώσα παρατηρείται μια κορυφή στις επιταχύνσεις της τάξεως του 1.5 g στην περιοχή των περιόδων περί το 0.18 sec.

Οι μέγιστες φασματικές ταχύτητες και για τις οριζόντιες συνιστώσες είναι αρκετά μεγάλες. LONG: 60cm/sec και TRANS:85 cm/sec. Η κατακόρυφη έχει μέγιστη τιμή περί τα 40 cm/sec.

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

Χάριν συγκρίσεως, παρέχονται στα Σχ.7 και Σχ.8 τα φάσματα των σεισμών Θεσσαλονίκης (1978) και Αλκυονίδων (1981).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τις σχέσεις που συνδέουν την ιδιοπερίοδο ενός κτηρίου με τον αριθμό των ορόφων (Καρύδης και Μουζάκης, 1986) προκύπτει ότι σχεδόν όλα τα κτήρια στην Καλαμάτα έχουν ιδιοπεριόδους (οριζόντιας ταλάντωσης) οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 0.1 sec και 0.7 sec, στην περιοχή δηλαδή των μεγάλων επιταχύνσεων. Ιδιαίτε-
ρως στα χαμηλά κτήρια ενδεχόμενη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων (και επομένως μείωση της ακαμψίας) δεν συντελούσε στην μείωση των σεισμικών φορτίων λόγω αύξησεως της ιδιοπεριόδου ($T=2\pi\sqrt{m/K}$) κατά τη διάρκεια της δόνησης.

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο σεισμικός συντελεστής που αναπτύχθηκε στις κατασκευές της Καλαμάτας, παρόλον ότι δεν έχουν γίνει οι απαραίτητες ελαστοπλαστικές αναλύσεις, αναφέρονται τα εξής:

Επιλέγεται ποσοστό απόσβεσης 7,5% (μεταξύ 5%-10%), διότι θα αναφερθούμε σε επίπεδα μεγάλων εντάσεων και παραμορφώσεων. Για τις τιμές των ιδιοπεριόδων από 0.1 sec έως 0.7 sec, οι φασματικές επιταχύνσεις για την LONG συνιστώσα (Ανατολή-Δύση) κυμαίνονται μεταξύ 0.4 και 0.5 g, ενώ για την TRANS συνιστώσα (Βορράς-Νότος) κυμαίνονται μεταξύ 0.55 και 0.85 g.

Χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\epsilon = \frac{1.2 \text{ SA/g}}{1.75 \text{ Q}} \quad (12)$$

όπου ϵ : ο σεισμικός συντελεστής που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του σεισμού

SA: η φασματική επιτάχυνση

Q: συντελεστής ποιότητας της κατασκευής

εφόσον η σύγκριση των τάσεων που θα προκύψουν γίνει με τις επιτρεπόμενες τάσεις και τις συναφείς διατάξεις (π.χ. αύξηση κατά 20% κλπ.).

Το Q ανάλογα με την ικανότητα της κατασκευής να παραμορφώνεται ανελαστικά χωρίς να χάνει σημαντική αντοχή και ακαμψία, έστω και μετά από αρκετούς κύκλους φορτίσεων, κυμαίνεται από 6 έως 1 (6=πολύ καλές πλάστιμες κατασκευές, 1=ψαθυρές κατασκευές).

Χάριν παραδείγματος θεωρούμε τρεις ποιότητες κατασκευών:

Q=5, καλή ποιότητα-πλάστιμη κατασκευή (π.χ. καλή παισιακή κατασκευή) * Q=3 μέση ποιότητα (π.χ. συνηθισμένες κατασκευές από Ω.Σ.) * Q=1.5 χαμηλή ποιότητα, μειωμένη πλαστιμότητα (π.χ. κατασκευές από Ω.Σ. κάτω του μετρίου, συνηθισμένες ή μέτριες λιθοδομές).

Στον Πίνακα I παρέχονται οι τιμές των σεισμικών συντελεστών που αναπτύχθηκαν για κάθε μία από τις δύο οριζόντιες συνιστώσες και για τους τρεις συντελεστές ποιότητας Q.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ I			
Σεισμικοί Συντελεστές "ε" που Αναπτύχθηκαν στα Κτήρια 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	0.18÷0.23
TRANS (Βορράς-Νότος)	0.08÷0.12	0.13÷0.19	0.25÷0.39

Εάν συγκριθούν οι τιμές αυτές με τον σεισμικό συντελεστή της περιοχής Καλαμάτας, σεισμικότητα II: $\epsilon=0.06$ (για έδαφος α), $\epsilon=0.08$ (για έδαφος β) και $\epsilon=0.12$ (για έδαφος γ), προκύπτει ότι:

Κτήρια με φέροντα οργανισμό ωπλισμένο σκυρόδεμα που κατασκευάσθηκαν σύμφωνα με τις προβλέψεις του αντισεισμικού κανονισμού του 1959, που αντιστοιχούν με συντελεστή ποιότητας Q περί το 3, επιβαρύνθηκαν με "σεισμικό συντελεστή" στην διεύθυνση TRANS αρκετά μεγαλύτερο από αυτόν που είχαν μελετηθεί, ενώ στη διεύθυνση LONG επιβαρύνθηκαν με "σεισμικό συντελεστή" μεγέθους ίδιας περίπου τάξεως 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.

Για τις φέρουσες τοιχοποιίες, οι οποίες, κακώς, κατά την άποψή μας, υπολογίζονται, σύμφωνα με τον κανονισμό με τους ίδιους σεισμικούς συντελεστές που ισχύουν και για τις άλλες κατασκευές που είναι πολύ πιο πλαστιμες, όπως π.χ. αυτές από φέροντα οργανισμό με οπλισμένο σκυρόδεμα, οι σεισμικοί συντελεστές που αναπτύχθηκαν κατά τον κύριο σεισμό ήταν αρκετές φορές μεγαλύτεροι από αυτούς που θα μπορούσαν να είχαν εφαρμοσθεί κατά τον κανονισμό.

Πρέπει να συνεκτιμηθεί ο πολύ επιβαρυντικός παράγοντας της κατακόρυφης συνιστώσας της οποίας η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης είναι αρκετά υψηλή στις χαμηλές περιόδους των διαφόρων μελών κτηρίων (επίδραση στις στέγες, στα πατώματα με τα οποία συνδέονται τα δευτερεύοντα στοιχεία, στα υποστυλώματα από ωπλισμένο σκυρόδεμα στα οποία μειώνεται η πλαστιμότητα, στις στηρίξεις των δοκών που αυξάνεται η διάτμηση κλπ.).

Για τα συμπεράσματα αυτά διατυπώνονται οι ακόλουθες επιφυλάξεις, ως προς:

- 1) την θέση του οργάνου καταγραφής που ήταν στο υπόγειο ενός σχετικώς μεγάλου και άκαμπτου κτηρίου θεμελιωμένου πάνω σε μαλακό έδαφος πράγμα που μπορεί να διαμορφώσει αρκετά έντονα την καταγραφή σε σχέση με το ελεύθερο πεδίο
 - 2) τα αποτελέσματα τα οποία στηρίζονται στην εγγραφή ενός μόνον οργάνου και
 - 3) την ποιότητα της εγγραφής σε σχέση με την όλη προσπάθεια της ψηφιοποίησης και διορθώσεών της.
-

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Basili, M., and Brady, G., (1978): "Low Frequency Filtering and the Selection of Limits for Accelerograms Corrections", 6th ECEE, September 18-22, Dubrovnik, Yugoslavia.

Carydis, P., Drakopoulos, J., Pantazopoulou, S., and Taflambas, J. (1983): "Evaluation of the June 20 and July 5, 1978, Thessaloniki Strong Motion Records", Eleventh Paper, στο The Thessaloniki, Northern Greece, Earthquake of June 20, 1978 and its Seismic Sequence, by B. Papazachos and P. Carydis, Editors, Έκδοση ΤΕΕ, Θεσσαλονίκη.

Carydis, P., Drakopoulos, J., and Taflambas, J., (1982): "Evaluation of the Corinth Strong Motion Records of February 24 and 25, 1981", Proceedings of the 7th ECEE, September 20-25 Athens, Greece.

Carydis, P., Mouzakis, H. (1986): "Small Amplitude Vibration Measurements of Buildings Undamaged, Damaged and Repaired After Earthquakes", Earthquake Spectra Vol.2, No.3.

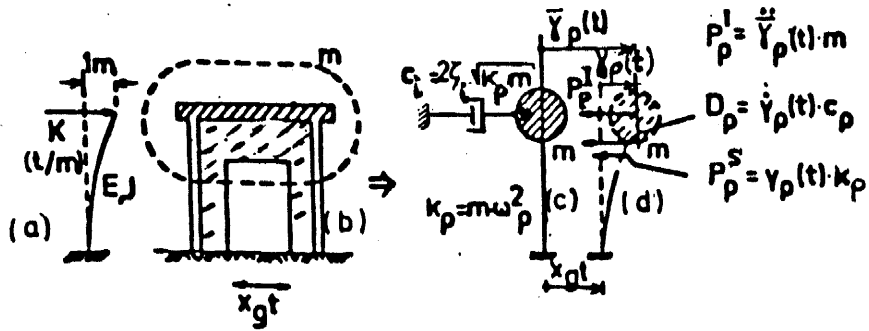
Hudson, D.E. (1979): "Reading and Interpreting Strong Motion Accelerograms", EERI monograph.

Καρύδης, Π., (1982): "Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας", ΕΜΠ.

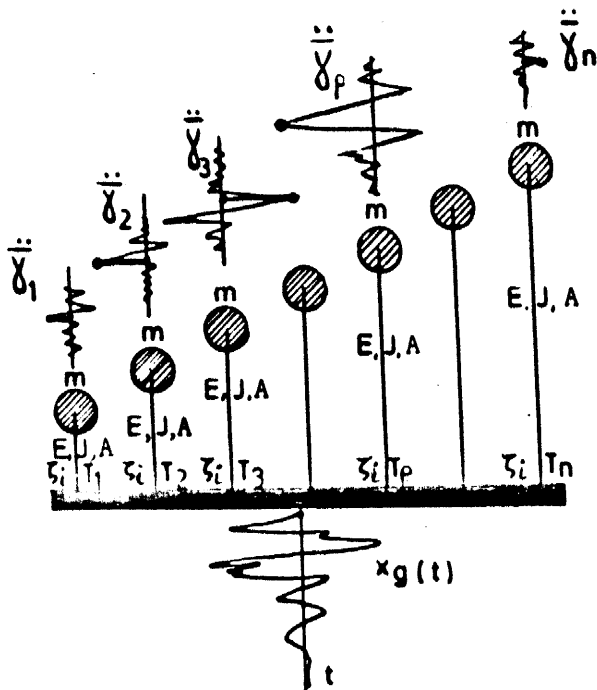
Nigam, N.C., and Jennings, P.C., (1968): "Digital Calculation of Response Spectra from Strong-Motion Earthquake Records", EERL, California Institute of Technology, Pasadena.

Petrovski, D., and Naumovski, N., (1979): "Processing of Strong Motion Accelerograms, Part I-Analytical Methods", Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, University KIRIL and METODIJ, Skopje, Yugoslavia.

Trifunac, M.D., and Lee, V., (1973): "Routine Computer Processing of Strong-Motion Accelerograms" EERL, California Institute of Technology, Pasadena.

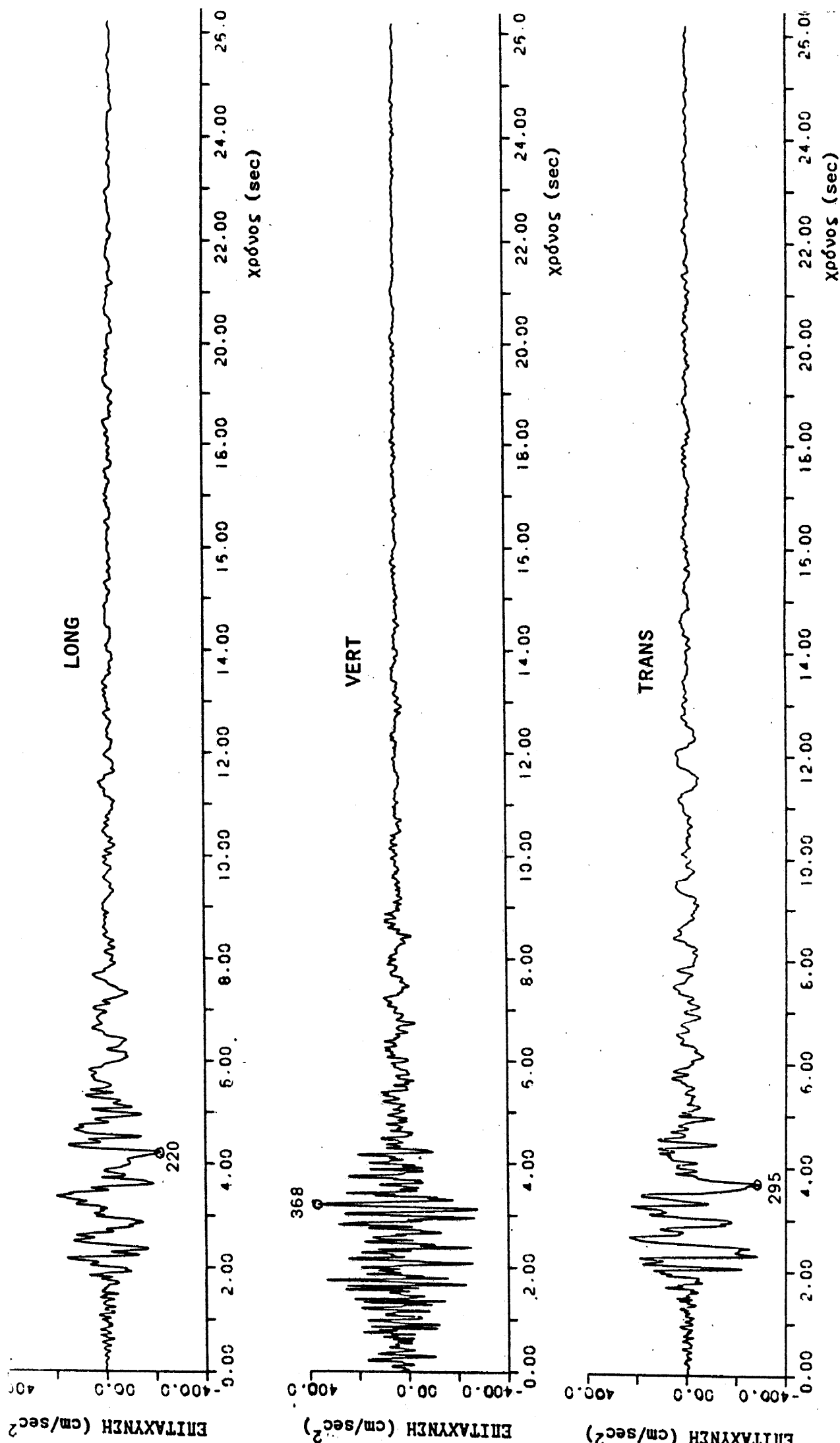


Σχήμα 1. Το μονώροφο-μονοβάθμιο σύστημα σε σεισμική διέγερση (βλ. Π. Καρύδης, 1982)

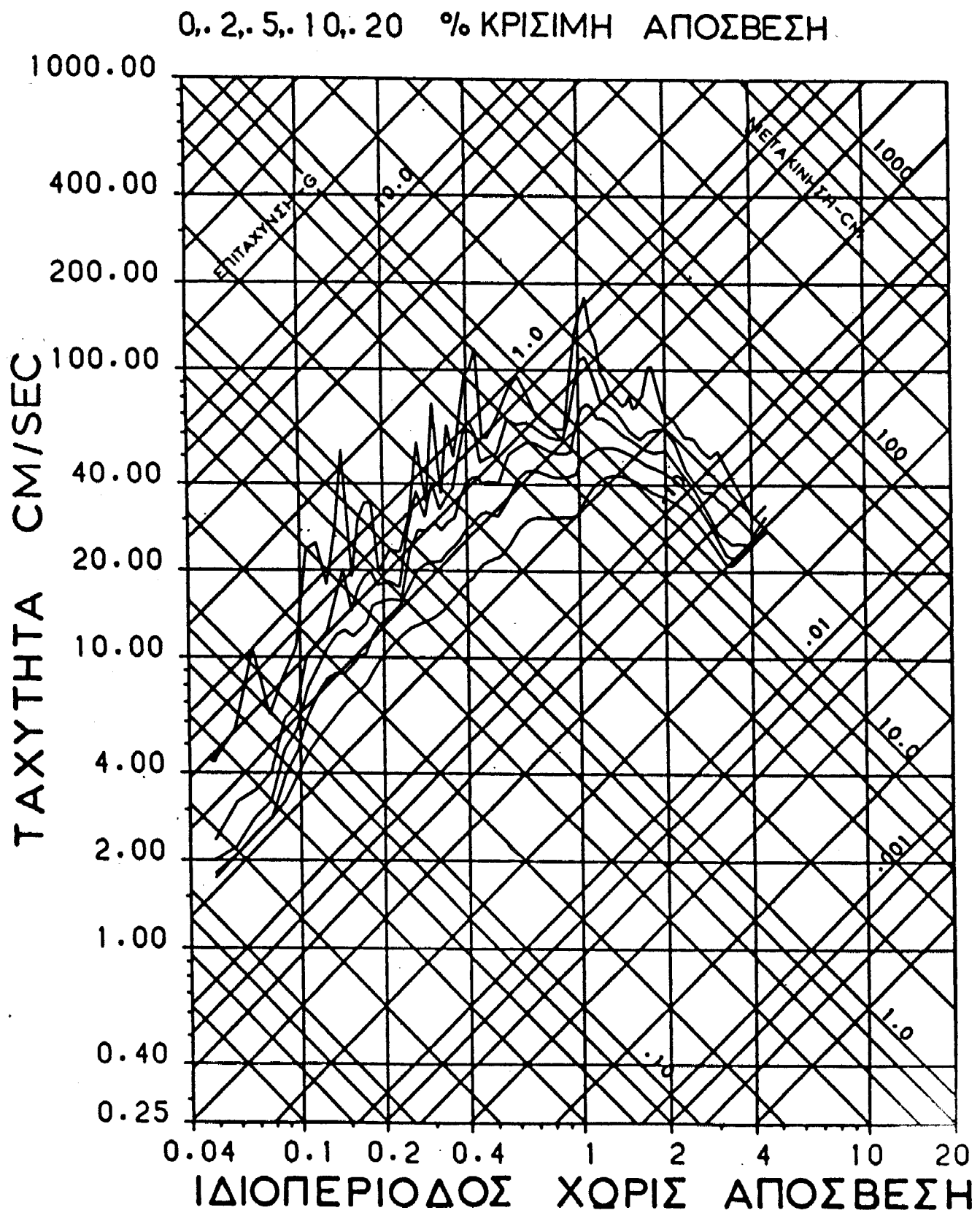


* Ιδιοπερίοδος $T_p = 2\pi \sqrt{m/K_p}$

Σχήμα 2. Σειρά μονοβάθμιων ταλαντωτών που διεγείρονται από ένα σεισμικό κραδασμό $x_g(t)$

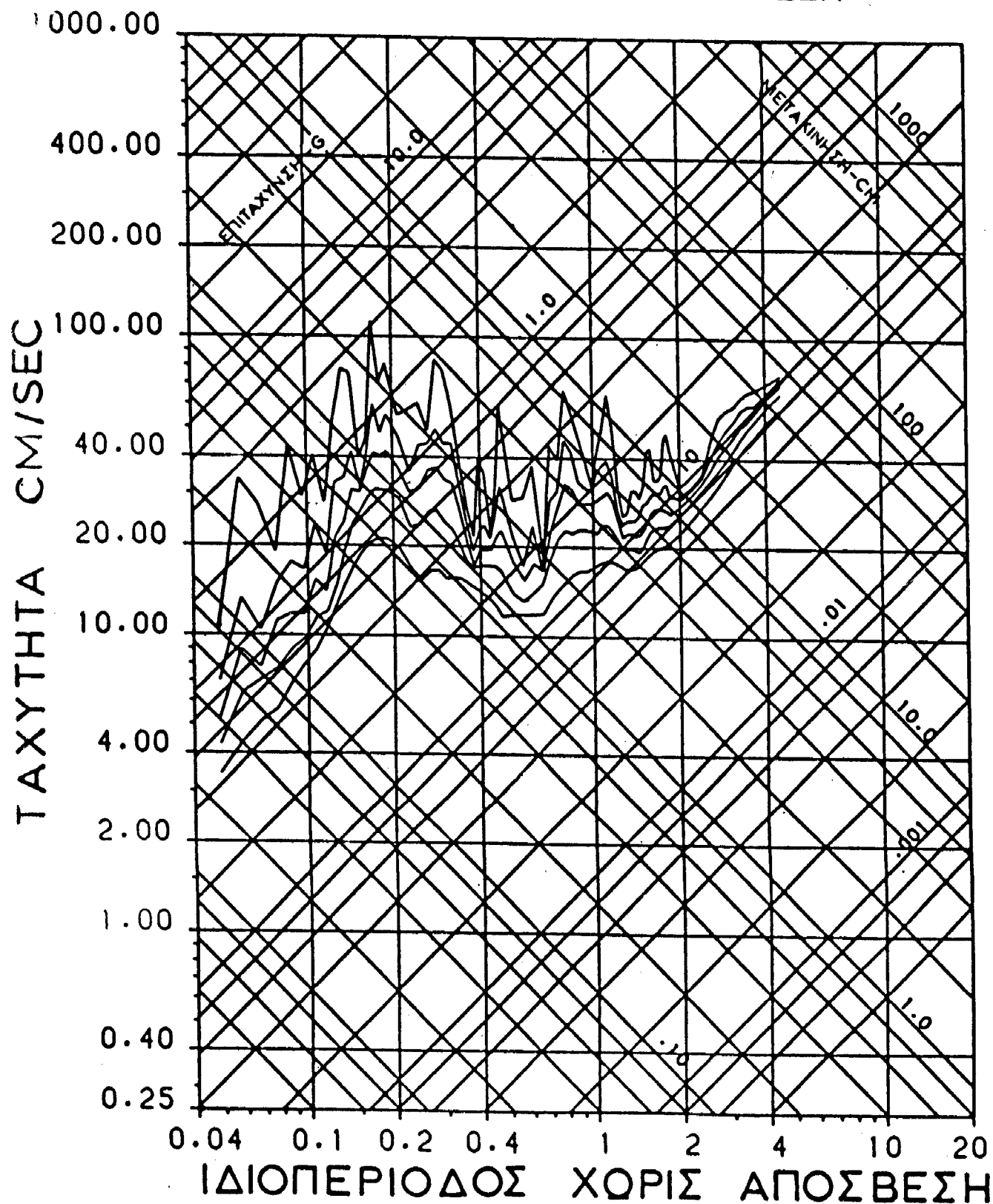


Σχήμα 3. Οι τρεις συνιστώσες του κύριου σεισμού Καλαμάτας 13 Σεπτεμβρίου 1986 μετά από την ψηφιοποίηση.

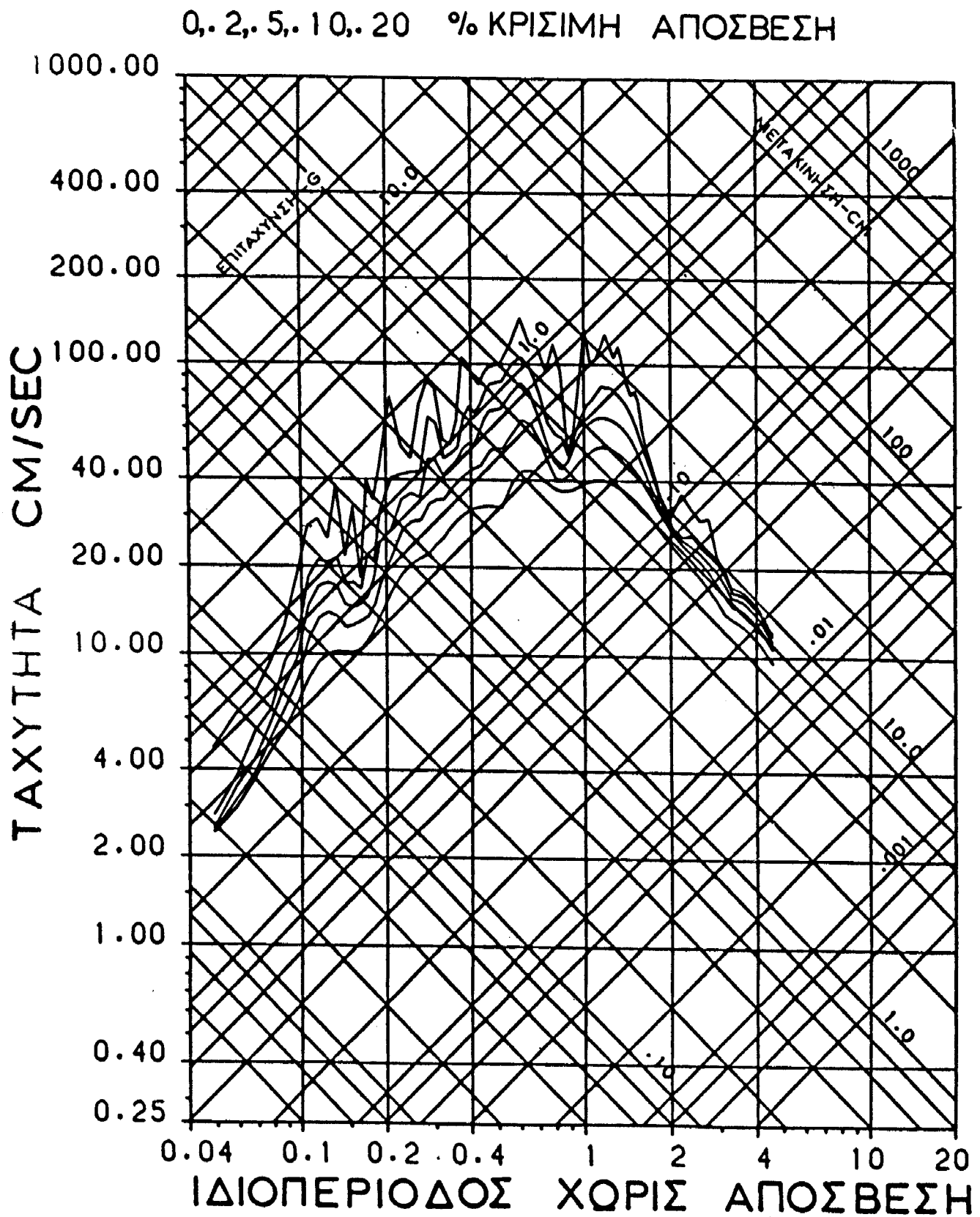


Σχήμα 4. Φάσματα αποκρίσεως του κύριου σεισμού Καλαμάτας (13 Σεπτεμβρίου 1986) που καταγράφηκε από επιταχυνσιογράφο του Εθνικού Αστεροσκοπείου στην Καλαμάτα. Συνιστώσα: LONG.

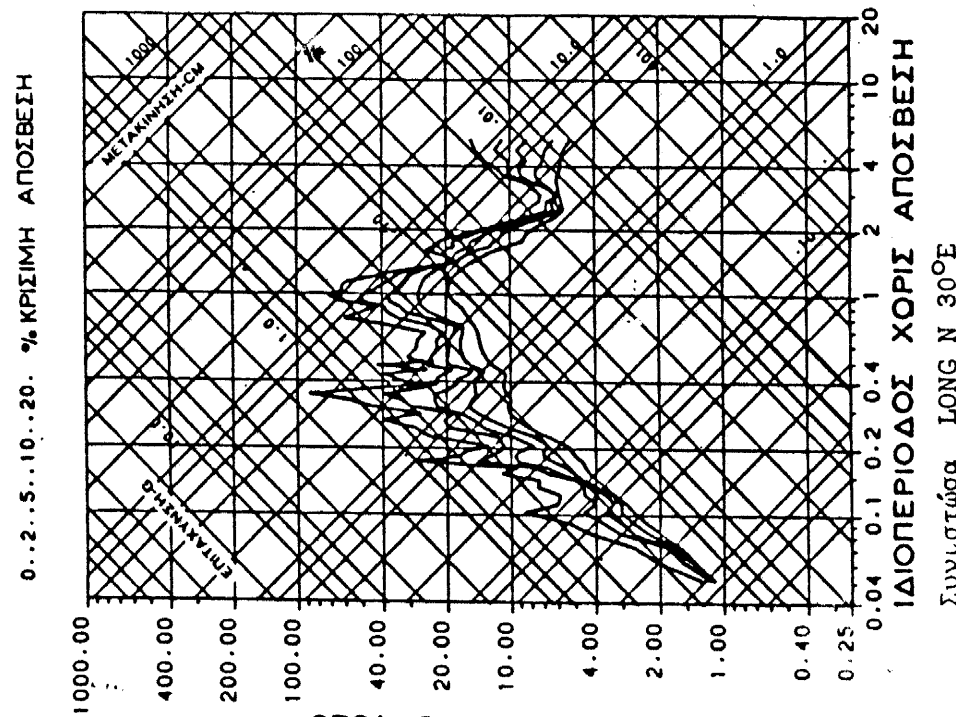
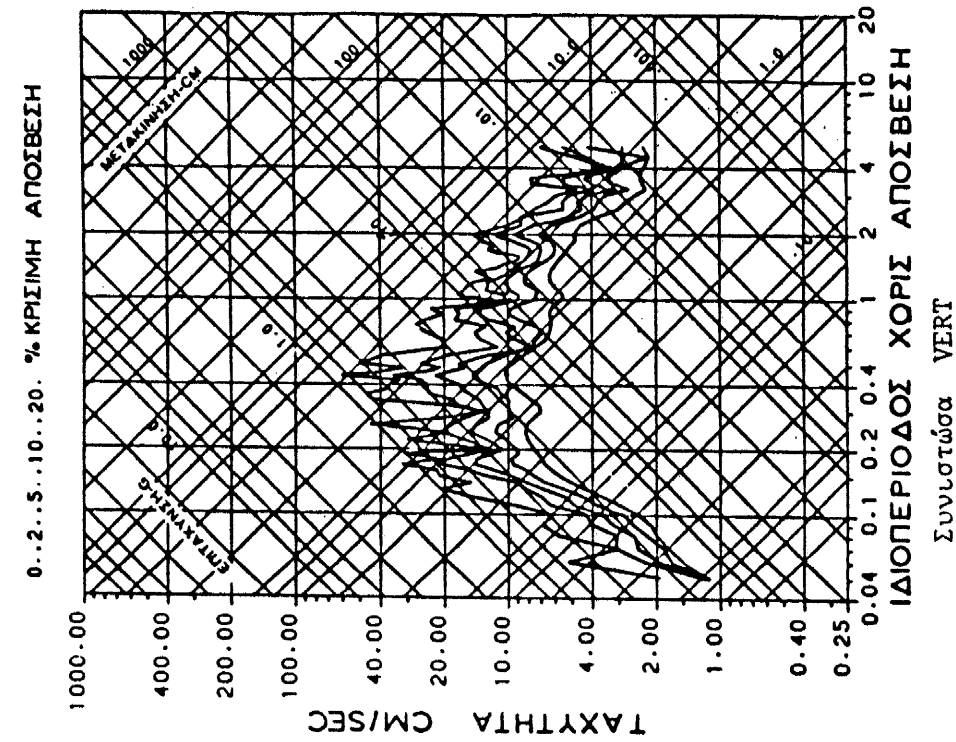
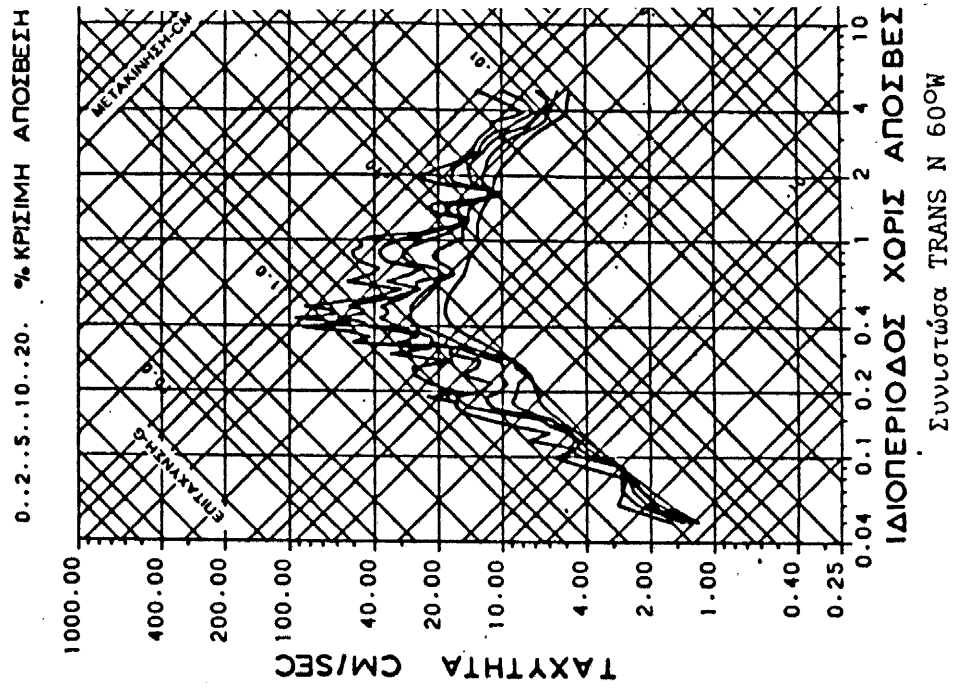
0, 2, 5, 10, 20 % ΚΡΙΣΙΜΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ



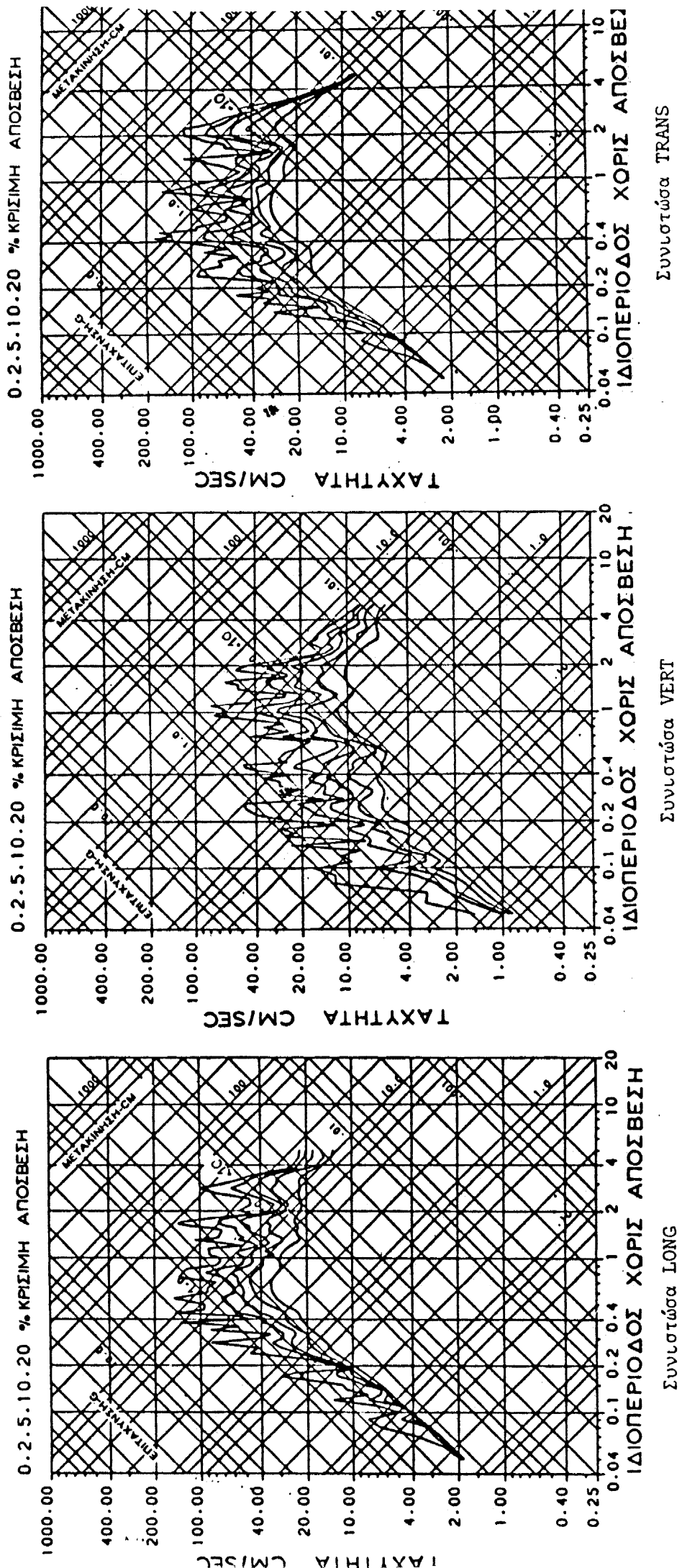
Σχήμα 5. Φάσματα αποκρίσεως του κύριου σεισμού Καλαμάτας (13 Σεπτεμβρίου 1986) που καταγράφηκε από επιταχυνσιογράφους του Εθνικού Αστεροσκοπείου στην Καλαμάτα. Υποστήριξη: VERT.



Σχήμα 6. Φάσματα αποκρίσεως του κύριου σεισμού Καλαμάτας (13 Σεπτεμβρίου 1986) που καταγράφηκε από επιταχυνσιογράφο του Εθνικού Αστεροσκοπείου στην Καλαμάτα. Συνιστώσα: TRANS.



Σχήμα 7. φάσματα αποκρίσεως του κύριου σεισμού Θεσσαλονίκης (20 Ιουνίου 1978) που καταγράφηκε από επιταχυνσιογράφο του Εθνικού Αστεροσκοπείου στη Θεσσαλονίκη (Καρύδης, Γρακόπουλος, Πανταζοπούλου, Ταφλαμπάς, 1983).



Σχήμα 8. Φάσματα αποκρίσεως του κύριου σεισμού Αλκυονίδων (24 φεβρουαρίου 1981) που καταγράφηκε από επιταχυνσιογράφο του Εθνικού Αστεροσκοπείου στην Κόρινθο (Καρύδης, Δρακόπουλος, Ταφλαμπάς, 1982).