

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Αρ. Πρωτ. 522
14-4-89

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ 1988



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε μερικώς από τον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας και μερικώς από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Η όλη επεξεργασία έγινε αποκλειστικά στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας, ενώ για την ανάκτηση των επιταχυνσιογραφημάτων και την διατήρηση της αξιοπιστίας του δικτύου σε όσο το δυνατόν υψηλότερο επίπεδο, έχει ασχοληθεί προσωπικό του Σεισμολογικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου και του Ινστιτούτου Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών στη Θεσσαλονίκη, πολύ πριν από τον σεισμό όπως και αμέσως μετά απ' αυτόν.

Από το Σεισμολογικό Ινστιτούτο, πλην των άλλων συνεργατών, συνέβαλαν και οι εξής ερευνητές:

1. Ι.Δρακόπουλος, Δρ.Σεισμολογίας, Καθηγητής Πανεπιστημίου, Δ/ντής του Σεισμολογικού Ινστιτούτου
2. Γ.Λεβεντάκης, Σεισμολόγος, στο Εργαστήριο Γεωφυσικής του Α.Π.Θ., και παλαιότερα στο Σεισμολογικό Ινστιτούτο
3. Ι.Καλογεράς, Σεισμολόγος, στο Σεισμολογικό Ινστιτούτο

Από το Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών, πλην των άλλων συνεργατών, συνέβαλαν και οι εξής ερευνητές (για το επιταχυνσιογράφημα Κεφαλλονιάς):

1. Σ.Αναγνωστόπουλος, Δρ.Πολιτικός Μηχανικός, Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών, και τότε Διευθυντής του ΙΤΣΑΚ
2. Ν.Θεοδουλίδης, Σεισμολόγος
3. Β.Λεκίδης, Διπλ.Πολιτικός Μηχανικός
4. Β.Μάργαρης, Σεισμολόγος

Εκτός Εργαστηρίων, ως ελεύθερος επαγγελματίας συνέβαλε και η ερευνήτρια Διπλ.Πολιτικός κα Κ.Νικολοπούλου-Σμπώκου.

Από το Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Πολυτεχνείου συνέβαλαν οι εξής ερευνητές:

1. Ι.Ταφλαμπάς, Διπλ.Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΤΠ ΕΜΠ
2. Χ.Μουζάκης, Διπλ.Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΤΠ ΕΜΠ
3. Μ.Βουγιούκας, Διπλ.Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΤΠ ΕΜΠ
4. Ε.Τουτουδάκη, Γεωλόγος, ΕΔΠ ΕΜΠ

Τους πολύτιμους αυτούς συνεργάτες, την Δακτυλογράφο κ.Ε.Μουζάκη και την Σχεδιάστρια κ.Σ.Βρανάκη ευχαριστώ θερμά για την συμβολή τους στην επιτυχία του ερευνητικού αυτού προγράμματος. Οφείλω όμως ιδιαιτέρως να εξάρω την συμβολή των κ.κ.Ι.Ταφλαμπά και Χ.Μουζάκη για την ολοκλήρωση του έργου. Επίσης ευχαριστίες απευθύνονται στον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας που χρηματοδότησε μερικώς αυτό εδώ το πρόγραμμα.

Αθήνα, Δεκέμβρης 1988

Ο Επιστημονικός Υπεύθυνος

Παναγιώτης Γρ.Καρύδης
Καθηγητής ΕΜΠ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κείμενο αυτό αποτελεί την τελική έκθεση του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο: "ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ".

Πρόκειται για επεξεργασία 25X3=75 επιταχυνσιογραφημάτων των σημαντικότερων ελληνικών σεισμών της περιόδου 1978-1987. Για τους πριν από το 1978 σεισμούς του ελληνικού χώρου παραπέμπεται ο αναγνώστης στην δημοσίευση των Π.Καρύδη και Ι.Σμπώκου με τίτλο: "Seismic Engineering Data Report, Romanian and Greek Records, 1972-77", της United States Geological Survey, Open-File Report 78-1022, pp.221, September 1978.

2. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΥΠΟΔΟΜΗ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΜΠ ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

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. Το επιταχυνσιογράφημα, εφόσον γίνει η κατάλληλη ανάλυσή του, παρέχει πολύτιμα στοιχεία τόσο για τη συμπεριφορά των κατασκευών που διεγείρονται από τη συγκεκριμένη σεισμική δόνηση, όσο και για τις διάφορες σεισμικές παραμέτρους.

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

Ο υπάρχων εξοπλισμός είναι:

- Ψηφιοποιητήρας υψηλής ακρίβειας ημιαυτόματος
- Ηλεκτρονικός υπολογιστήρας PDP 11-34, 256K με δίσκους και ταινία
- Σχεδιαστήρας CALCOMP
- 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.

Τελευταία, με κατάλληλη τροποποίηση των προγραμμάτων έγινε δυνατόν να εκτελείται η όλη διαδικασία της ανάλυσης σε μικρό υπολογιστήρα IBM AT και σε συμβατούς με αυτόν.

Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται από το Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας είναι εναρμονισμένη 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).

3. ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

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 cm=1 sec).

Η επεξεργασία της διόρθωσης χρειάστηκε να επαναληφθεί πολλές φορές ώστε να βρεθεί ο καταλληλότερος συνδυασμός φίλτρων, ιδιαίτερα για τις εγγραφές που είχαν μικρή διάρκεια.

Σύμφωνα με τα στοιχεία από τα μηνιαία Δελτία του Σεισμολογικού Ινστιτούτου του Αστεροσκοπείου Αθηνών τα σεισμολογικά δεδομένα των σεισμικών εγγραφών που ψηφιοποιήθηκαν και αναλύθηκαν στην εργασία αυτήν εδώ είναι οι ακόλουθες:

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: Σεισμολογικά στοιχεία των σεισμών στους οποίους αντιστοιχούν τα επιταχυνσιογραφήματα						
Κωδικός	Περιγραφή	Ημερομηνία	Χρόνος Γένεσης (L.T.)	Συντεταγμ. Επικέντρου		Μέγεθος (Αθήνα) ML
				φοN	λοE	
78-1	Προσεισ.θεσ/κης	3.VI.78	00:31:27	40.75	23.28	4.6
78-2	Προσεισ.θεσ/κης	12.VI.78	19:44:49	40.73	23.38	4.1
78-3	Προσεισ.θεσ/κης	13.VI.78	01:36:42	40.75	23.32	3.8
78-4	Προσεισ.θεσ/κης	19.VI.78	05:12:54	40.67	23.26	4.1
78-5	Προσεισ.θεσ/κης	19.VI.78	12:31:08	40.76	23.33	4.8
78-6	Κύρ.σεισ.θεσ/κης	20.VI.78	22:03:23	40.75	23.26	6.0
78-7	Μετασεισ.θεσ/κης	20.VI.78	22:37:41	40.73	23.13	4.0
78-8	Μετασεισ.θεσ/κης	20.VI.78	22:45:25	40.75	23.26	4.0
78-9	Μετασεισ.θεσ/κης	20.VI.78	22:52:42	40.70	23.30	4.1
78-10	Μετασεισ.θεσ/κης	20.VI.78	23:51:06	40.70	23.10	3.9
78-11	Μετασεισ.θεσ/κης	21.VI.78	05:20:58	40.68	23.26	3.8
78-12	Μετασεισ.θεσ/κης	21.VI.78	08:00:18	40.70	23.30	4.2
78-13	Μετασεισ.θεσ/κης	21.VI.78	14:29:46	40.70	23.30	4.2
78-14	Μετασεισ.θεσ/κης	21.VI.78	20:52:06	40.70	23.40	4.1
78-15	Μετασεισ.θεσ/κης	5.VII.78	00:23:28	40.80	23.20	4.6
81-1	Κύρ.σεισ.Κορίνθου	24.II.81	22:53:35	38.14	23.00	6.3
81-2	Μετασεισμ.Κορίνθου	25.II.81	04:35:50	38.20	23.00	5.9
83-1	Κύρ.σεισ.Κεφαλλον.	24.III.83	01:51:08	38.19	20.40	5.5
86-1	Κύρ.σεισμ.Καλαμάτ.	13.IX.88	19:24	37.10	22.19	5.5
86-2	Μετασεισ.Καλαμάτ.	13.IX.88	20:30	37.11	22.14	3.3
86-8	Μετασεισ.Καλαμάτ.	14.IX.88	00:40	37.12	22.16	3.6
86-12	Μετασεισ.Καλαμάτ.	15.IX.88	00:48	37.15	22.04	3.4
86-13	Μετασεισ.Καλαμάτ.	15.IX.88	07.15	37.22	22.01	3.2
86-14	Κύρ.Μετασ.Καλαμάτ.	15.IX.88	13.41	37.08	22.07	4.8
86-17	Μετασεισμ.Καλαμάτ.	15.IX.88	14.47	37.09	22.04	3.6

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων έχει οργανωθεί ως εξής:

Κάθε ένας από τους είκοσι πέντε (25) σεισμούς παρουσιάζεται

χωριστά και ολοκληρωμένα κατά χρονολογική κατάταξη. Για κάθε ένα από τους σεισμούς αυτούς παρουσιάζεται η συνιστώσα LONG, VERT και TRANS.

Για κάθε συνιστώσα παρέχεται η γραφική παράσταση της (διορθωμένης πλέον) εδαφικής επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετακίνησης ως προς τον χρόνο. Στη συνέχεια παρέχονται δύο πίνακες: ο ένας έχει τις αδιόρθωτες τιμές επιταχύνσεων όπως προέκυψαν από την ψηφιοποίηση και ο άλλος τις διορθωμένες τιμές επιταχύνσεων. Και στους δύο πίνακες χρησιμοποιούνται για τον χρόνο, ακέραια εκατοστά του δευτερολέπτου. Οι τιμές των επιταχύνσεων σε (cm sec^{-2}) έχουν πολλαπλασιαστεί επί 1000.

Για κάθε συνιστώσα (επιταχυνσιογράφημα) παρέχεται το φάσμα συντελεστών Fourier (Fourier Amplitude Spectrum), το φάσμα σχετικών μετακινήσεων, το φάσμα σχετικών ταχυτήτων και το φάσμα ολικών επιταχύνσεων. Τα φάσματα αυτά είναι σχεδιασμένα σε λογαριθμικές-κανονικές κλίμακες και αποτελούν τα πραγματικά-αληθινά φάσματα. Σε κάθε ένα διάγραμμα παρουσιάζονται πέντε φάσματα (εκτός του φάσματος Fourier για το οποίο παρουσιάζεται ένα μόνον φάσμα) τα οποία αντιστοιχούν στα πέντε ποσοστά απόσβεσης: $\zeta=0\%, 2\%, 5\%, 10\%$ και 20% . Στη συνέχεια παρέχεται πίνακας με τις φασματικές τιμές που αντιστοιχούν στις περιόδους χωρίς απόσβεση: $T=0.05, 0.06, 0.07, \dots, 4.0, 4.5, 5.0$ (sec), και για τα πέντε ποσοστά απόσβεσης (εκτός του φάσματος Fourier).

Τέλος, παρουσιάζονται σε διαγράμματα με τετραλογαριθμικές κλίμακες τα ψευδοφάσματα $\log T$, $\log PSV$, $\log PSA$ και $\log SD$. Τα ψευδοφάσματα αυτά έχουν, όπως είναι γνωστό, προκύψει από το φάσμα σχετικών μετακινήσεων SD με χρήση της σχέσης:

$$PSV = \omega SD \text{ και } PSA = \omega^2 SD$$
