

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 239-266	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Ν. ΘΕΟΦΑΝΟΠΟΥΛΟΣ

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία προτείνεται ένα γενικό κριτήριο για την εκτίμηση της καταστρεπτικής ικανότητας, δυνατών σεισμικών κινήσεων που παράγονται σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Μ' αυτό το κριτήριο επιτυγχάνεται μία γενική ιδέα της καταστρεπτικής ικανότητας σεισμών των οποίων τα επιταχυνσιογραφήματα παράγονται σε περιοχές που έχουμε ενίσχυση ή απόσβεση των κινήσεων.

Παρατηρήθηκε ότι μπορεί να συμβούν σεισμοί οι οποίοι έχουν μεγάλες τιμές των μεγίστων επιταχύνσεων, αλλά δεν παράγουν μεγάλες καταστροφές, ενώ σεισμοί με μικρές τιμές των μεγίστων επιταχύνσεων είναι δυνατόν να φέρουν καταστροφές που δεν τις περιμένουμε.

Άρα τα κριτήρια που είχαμε αρχικά όπως η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, διάρκεια κλπ. δεν περιγράφουν επακριβώς το σεισμικό φαινόμενο και την επίδρασή του πάνω στις κατασκευές.

Σάν συνέπεια προσπαθούμε να καθορίσουμε τις παραμέτρους των επιταχυνσιογραφήματων που αποδίδουν κατά τον καλύτερο τρόπο τη σεισμική καταστρεπτικότητα.

Το πρώτο κριτήριο είναι η "καταστρεπτική ισχύς" που ορίζεται σαν το πηλίκο της αναμενόμενης έντασης κατά ARIAS προς τη μέση τετραγωνική τιμή του αριθμού μηδενισμών της επιτάχυνσης ανά δευτερόλεπτο επιταχυνσιογραφήματος (χαρακτηριστική συχνότητα).

Σαν δεύτερο κριτήριο ορίζεται η μέγιστη ενεργή επιτάχυνση.

Αναλύονται τα παραπάνω κριτήρια. Επίσης αναπτύσσεται ένα μαθηματικό μοντέλλο για να υπολογισθεί η αναμενόμενη πλαστιμότητα σε συνάρτηση των παραμέτρων ενός επιταχυνσιογραφήματος. Τέλος βρίσκεται η σχέση που συνδέει τη μέγιστη ενεργή επιτάχυνση με τη ένταση M_s καθώς και τις σχέσεις που σχετίζουν τη μέγιστη ενεργή επιτάχυνση με το μέγεθος M και την επικεντρική απόσταση D .

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη μεγάλη ανάπτυξη που έχουν τα τελευταία χρόνια τα δίκτυα επιταχυνσιογράφων σε παγκόσμια κλίμακα, άρχισε να παρατηρείται ότι μπορούν να συμβούν σεισμοί που δίνουν εγγραφές με μεγάλες τιμές της μέγιστης επιτάχυνσης, αλλά που δεν παράγουν μεγάλες ζημιές.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι σεισμοί με μικρές μέγιστες επιταχύνσεις μπορούν να φέρουν καταστροφές που δεν τις περιμέναμε.

Αφού μελετήθηκε συστηματικά αυτό το φαινόμενο, προέκυψε μερικές αμφιβολίες για το ποιοί είναι οι πραγματικοί συντελεστές σε ένα επιταχυνσιογράφημα που δείχνουν με τη καλύτερη κριβεία τις αναμενόμενες καταστροφές.

Στο σχ.1 που οφείλεται στον HUNSON, φαίνονται στην ίδια κλίμακα τόσο του χρόνου όσο και των πλατών εγγραφής μερικά επιταχυνσιογραφήματα που καταγράφηκαν τα τελευταία χρόνια σε διάφορες επικεντρωμένες περιοχές. Από τη σύγκρισή τους μπορεί κανείς να εκτιμήσει τη μεγάλη διαφορά που υπάρχει μεταξύ τους, όχι μόνον στις μέγιστες επιταχύνσεις, αλλά επίσης και στην εξέλιξη των πλατών εγγραφής, στη διάρκεια της ισχυρής δόνησης, στη συνολική ενέργεια και στο περιεχόμενο συχνοτήτων.

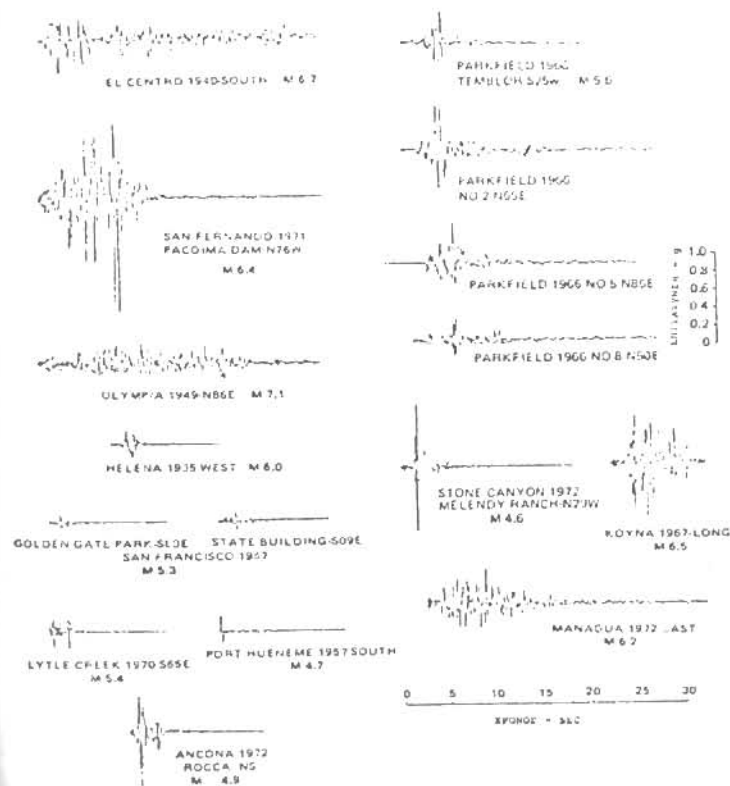
Απ' αυτή την ίδια σύγκριση παρατηρείται ότι δεν μπορούν να συγκριθούν σεισμοί ακόμα και του ίδιου τύπου και ότι δεν μπορεί να στηρίζεται η μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας μόνον σε όρους πιθανότητας να ξεπεραστούν επίπεδα μέγιστης επιτάχυνσης σε μία δοσμένη χρονική περίοδο, γιατί η παράμετρος που έχουμε διαλέξει δεν σχετίζεται απαραίτητα με τη καταστροφή, πράγμα που κυρίως μας ενδιαφέρει σε εκτιμήσεις σεισμικής επικινδυνότητας.

Η λύση αυτού του προβλήματος θα μπορούσε να εξηγήσει τις μεγάλες διαφορές που παρατηρούνται στις παραγόμενες ζημιές από διάφορα είδη σεισμών που γίνονται σε περιοχές που συναντώνται οι λιθοσφαιρικές πλάκες. Στο σχ.2 φαίνονται ποιές είναι οι διάφορες λιθοσφαιρικές πλάκες στη γη. Ένα μεγάλο πλήθος σεισμών οφείλεται στην αλληλεπίδραση των λιθοσφαιρικών πλακών. Οι διάφορες μορφές της αλληλεπίδρασης φαίνονται στο σχ.3.

Για τη περιοχή της Μεσογείου το σύστημα των τεκτονικών πλακών φαίνεται στο σχ.4. Διακρίνονται ζώνες καταβύθισης και ανύψωσης καθώς και ζώνες τριβής. Στη περιοχή της Κρήτης έχουμε ζώνη καταβύθισης όπως φαίνεται στο σχ.5.

Τις ζώνες που έχουμε εφραπτομενική κίνηση των πλακών (ζώνες τριβής) (Καλιφόρνια, Κεντρική Αμερική) τις ονομάζουμε ζώνες τύπου I στη παρούσα μελέτη, ενώ τις ζώνες καταβύθισης ή ανύψωσης (Ελλάδα, Αλάσκια, Ν. Αμερική, Ιαπωνία) τις ονομάζουμε ζώνες τύπου II στη παρούσα μελέτη.

Παρατηρούμε ότι οι ζημιές των δευτέρων είναι μικρότερες σχετικά μ' αυτές των πρώτων.



Σχ.1- Επιταχυνσιογραφήματα σε επικεντρωμένες περιοχές

Η επιβεβαίωση αυτού του τελευταίου χαρακτηριστικού τουλάχιστον στη θεωρητική περιοχή θα έδινε τη δυνατότητα μείωσης των σεισμικών σταθερών που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, Ιαπωνία, Ν. Αμερική κλπ.

Ο καθορισμός των παραμέτρων των επιταχυνσιογραφημάτων που απεικονίζουν τις παραγόμενες καταστροφές έγινε στο παρελθόν κάπως αόριστα και περιοριστικά. Έχουν ορισθεί αυθαίρετα μερικές παράμετροι όπως, η μέγιστη επιτάχυνση του εδάφους, η ένταση και η διάρκεια σαν σχετικές με τις παραγόμενες ζημιές. Χωρίς αμφιβολία τέτοιου είδους ορισμοί του προβλήματος έχουν σαν αποτέλεσμα μία μερική περιγραφή του φαινομένου.

Σ' αυτή την εργασία προτείνεται να καθορισθούν οι παράμετροι των επιταχυνσιογραφημάτων που είναι σχετικές με τις ζημιές ή τη σεισμική καταστρεπτικότητα.

2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Μπορούμε να ορίσουμε σαν καταστρεπτικότητα ενός σεισμού, σε ευρεία έννοια, σα την ικανότητά του να προξενεί ζημιές. Αυτές οι ζημιές μπορούν να μεταφραστούν σε αστοχίες κατασκευών όπως φραγμάτων, γεφυρών, κτιρίων ή σε αστοχίες του εδάφους όπως κατολισθήσεις, καθιζήσεις ή ρευστοποιήσεις.

Για να μετρηθεί η καταστρεπτικότητα χρησιμοποιήθηκαν διάφορα κριτήρια στο παρελθόν. Υπάρχουν κλίμακες εντάσεων, που βασίζονται σε μία αντικειμενική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του σεισμού στις κατασκευές, όπως η κλίμακα MODIFIED MERCALLI (MM) και η κλίμακα MEDVEDEV-SPONHEUR-KARNIK (MSK) που είναι οι πιο σκουδαίες. Επίσης δόθηκαν άλλοι ορισμοί της έντασης όπως από το Housner και τον Arias που μετρούν τα αποτελέσματα των σεισμικών επιταχύνσεων στις κατασκευές.

Μία από τις παραμέτρους των σεισμικών κινήσεων που σχετίζεται ευρύτερα με τη καταστρεπτικότητα είναι η μέγιστη επιτάχυνση.

Στη παρούσα εργασία στην οποία μελετώνται τα χαρακτηριστικά δυνατών σεισμικών κινήσεων σε περιοχές τύπου II, επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι είναι αισθητά διαφορετικά απ' αυτά σε περιοχές τύπου I.

Αναλύεται η σχέση της μέγιστης επιτάχυνσης του εδάφους και της έντασης I (MM).

Η σχέση που βρέθηκε για 45 εγγραφές σεισμών της Ελλάδας, Ιαπωνίας και Χιλής έχει τη μορφή:

$$\text{Log } 10^a_{\text{max}} = \frac{I}{2.9} - \frac{1}{4.5} \quad (1)$$

όπου η a_{max} εκφράζεται σε CM/SEC²

Η σχέση που έχει βρει ο RICHTER για εγγραφές σε περιοχές τύπου I είναι:

$$\text{Log } 10^a_{\text{max}} = \frac{I}{3} - \frac{1}{2} \quad (2)$$

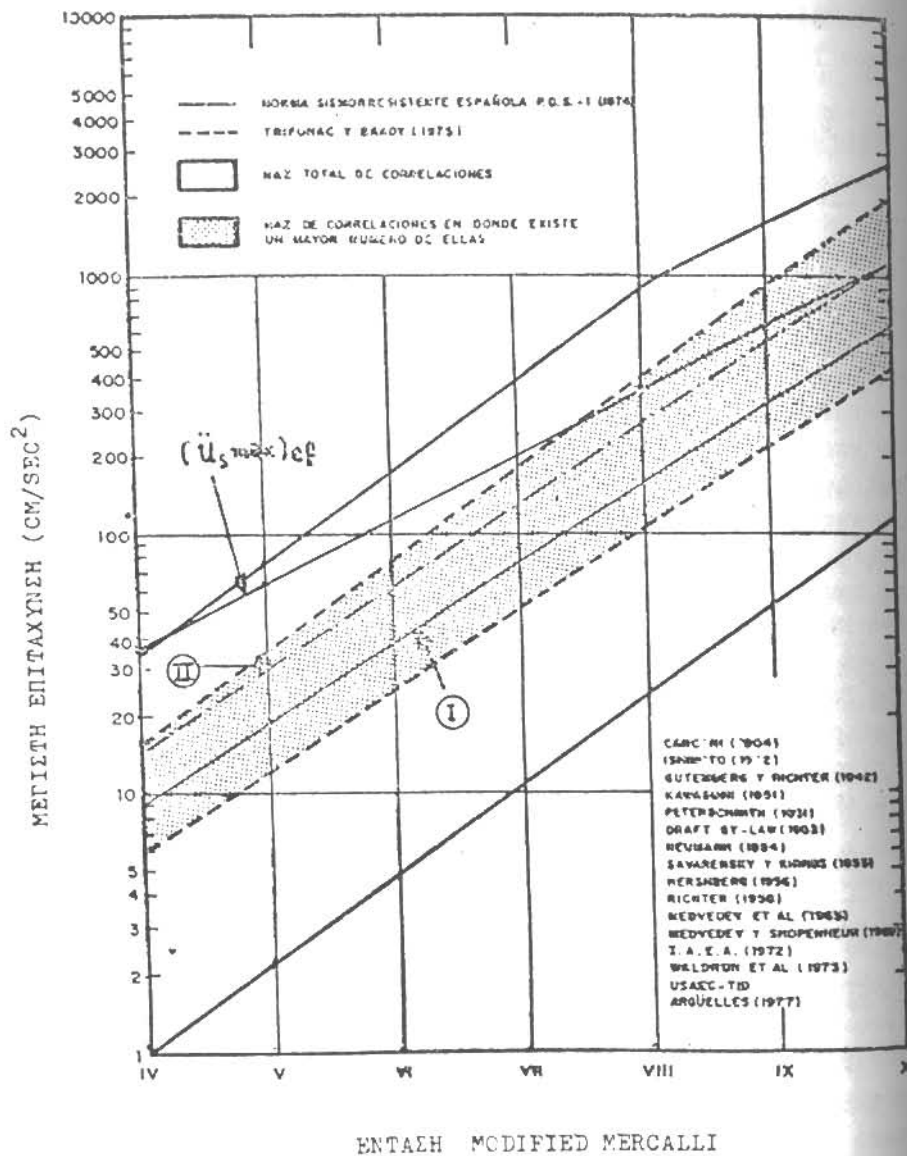
Και οι δύο σχέσεις παριστάνονται στο σχ. 6 όπου μπορεί να εκτιμηθεί ότι για τη ίδια τιμή του I (MM) η μέγιστη επιτάχυνση που αναφέρεται σε εγγραφές σε περιοχές τύπου II είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή στη περιοχή τύπου I. Επομένως η μέγιστη επιτάχυνση από μόνη της δεν αποτελεί μία σημαντική παράμετρο στο καθορισμό της καταστρεπτικότητας.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν η διάρκεια και η συνολική ενέργεια σαν παράμετροι σχετικές με το βαθμό καταστρεπτικότητας, δίνοντας όμως μερική περιγραφή του φαινομένου.

Αυτό μπορεί να εκτιμηθεί στο σχ. 7 όπου συγκρίνονται οι απαιτήσεις πλαστιμότητας των ελαστοπλαστικών κατασκευών για εγγραφές του EL CENTRO 1940 συντεταγμένη NS και 8244 ORION συντεταγμένη EW του σεισμού του SAN FERNANDO 1971. Σ' αυτό το σχήμα μπορεί να επαληθευθεί ότι οι απαιτήσεις πλαστιμότητας του 8244 ORION EW είναι συγκρίσιμες και μάλιστα μεγαλύτερες, για ένα αριθμό ιδιοπεριόδων, απ' αυτές του EL CENTRO, όπως επίσης ότι η πρώτη εγγραφή έχει τόσο τη μέγιστη επιτάχυνση όσο και την ένταση κατά ARIAS περίπου τριπλάσιες αυτών του SAN FERNANDO, Πίνακας 1.

ΣΕΙΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΝ.	ΣΤΑΘΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜ.	ΜΕΓΕ-ΘΟΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΤΑ ARIAS (m/sec)	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΜΑΧ. (g)
Imperial California	18-V-1940	El Centro California	N-S	7.0	1.92	0.342
San Fernando California	9-II-1971	Orion 8244 Los Angeles California	E-W	6.6	0.64	0.132

*Αρα το πρόβλημα της σεισμικής καταστρεπτικότητας είναι ένα περίπλοκο πρόβλημα που απαιτεί ένα ακριβή καθορισμό, του λιγότερο αυθαίρετο. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι παράμετροι των σεισμικών κινήσεων αλληλεπιδρούν μεταξύ τους στη πρόβλεψη ζημιών, κάνοντας έτσι δύσκολη τη γνώση του ξεχωριστού αποτελέσμα-



Σχ.6

τος καθεμιάς.

Χωρίς αμφιβολία, είναι αναγκαίο να μπορέσουμε να μετρήσουμε τη καταστρεπτικότητα των σεισμών σε συνάρτηση μίας μόνο παραμέτρου, γνωστού όντος ότι οι τεχνικές που εκτιμούν τη σεισμική επικινδυνότητα έχουν αναπτυχθεί για μία μοναδική μεταβλητή.

3. ΠΙΘΑΝΟΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΛΟ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

Στη ανάλυση της καταστρεπτικής ικανότητας των σεισμών που γίνεται σ' αυτή τη μελέτη θα υποθεθεί ότι τα επιταχυνσιογραφήματα της ισχυρής δόνησης μπορούν να παρασταθούν ικανοποιητικά από σχέσεις του τύπου:

$$\ddot{u}_g(t) = \sqrt{\beta} e^{-\frac{\alpha}{2} t} \cdot t^{\gamma/2} \cdot S(t) \quad (3)$$

όπου: $S(t)$ η συνάρτηση φασματικής πυκνότητας
 α, β, γ : πραγματικές σταθερές

Υποθέτοντας ότι ισχύει η σχέση (3) η αναμενόμενη τετραγωνική επιτάχυνση βρίσκεται από τη σχέση:

$$E(\ddot{u}_g^2(t)) = \beta e^{-\alpha t} t^\gamma \quad (4)$$

Το αποτέλεσμα της σχέσης (4) υποθέτει τη διέλευση των σεισμικών κυμάτων διαμέσου ενός ομογενούς εδάφους.

Η αξιοπιστία της προσέγγισης της εξ. 4. για τη συνάρτηση της αναμενόμενης τετραγωνικής επιτάχυνσης επαληθεύθηκε με ένα επίπεδο σημαντικότητας εμπιστοσύνης 1%.

Η προσέγγιση της εξ. 4 έχει το αθροιστικό πλεονέκτημα που επιτρέπει να καθορίσουμε τη διάρκεια της ισχυρής δόνησης σε όρους των παραμέτρων α και γ .

$$\Delta t_{50} = \begin{cases} \frac{2\sqrt{\gamma}}{\alpha} & \gamma \geq 1 \\ \frac{\gamma + \sqrt{\gamma}}{\alpha} & \gamma < 1 \end{cases} \quad (5)$$

Η διάρκεια της ισχυρής δόνησης μπορεί να συσχετισθεί με την ενεργή διάρκεια που ορίστηκε από τον ARIAS. Ο ορισμός της ενεργής διάρκειας δίνεται από τη σχέση:

$$E(W_a(t_0)) = (\Delta t_{ef}) E(\ddot{u}_g^2(t))_{\max} \quad (6)$$

όπου $E(W_a(t_0))$ η συνολική αναμενόμενη ενέργεια του σεισμού.

$$E(W_a(t_0)) = \int_0^{t_0} E(\ddot{u}_s^2(\tau)) \tau dt \quad (7)$$

t_0 : η συνολική διάρκεια του σεισμού και $E(\ddot{u}_s^2(t))_{\max}$ η μέγιστη αναμενόμενη τιμή της μέσης τετραγωνικής επιτάχυνσης.

$$E(\ddot{u}_s^2(t))_{\max} = \beta e^{-\gamma} \left(\frac{\gamma}{\alpha}\right) \gamma \quad (8)$$

Σύμφωνα με τον ορισμό της ενεργού διάρκειας, όπως την ονομάζει ο ARIAS, είναι η διάρκεια μιάς δόνησης ίσης συνολικής ενέργειας με τη πραγματική αλλά που έχει σταθερό πλάτος και της οποίας το μέσο αναμενόμενο τετραγωνικό πλάτος είναι σταθερό για τη μονάδα του χρόνου και ίσο με τη μέγιστη αναμενόμενη τετραγωνική τιμή της επιτάχυνσης της πραγματικής δόνησης.

Για να μπορέσουν να εκφράσουν την αναμενόμενη ένταση κατά ARIAS σαν συνάρτηση της διάρκειας της ισχυρής δόνησης σχ.8 οι ARAYA και SARAGONI μελέτησαν τη σχέση μεταξύ της ενεργού διάρκειας έτσι όπως ορίστηκε από τον ARIAS και της Δt_s . Λαμβάνοντας υπόψη τις εκφράσεις που δίνουν κάθε μιά από τις δύο αυτές διάρκειες σε όρους παραμέτρων α και γ , βρίσκεται ότι:

$$\frac{\Delta t_{ef}}{\Delta t_s} = \begin{cases} \frac{\Gamma(\gamma+1)}{2\sqrt{\gamma}} \left| \frac{e}{\gamma} \right|^\gamma, & \gamma \gg 1 \\ \frac{\Gamma(\gamma+1)}{(\gamma+\sqrt{\gamma})} \left| \frac{e}{\gamma} \right|^\gamma, & \gamma \ll 1 \end{cases} \quad (9)$$

Εκτιμώντας από τη παραπάνω σχέση για διάφορα γ βρίσκουμε τη παρακάτω προσεγγιστική σχέση:

$$\Delta t_{ef} \approx 1.30 \Delta t_s \quad (10)$$

Δεδομένου ότι η εξίσωση (4) περιγράφει τη χρονική διαφοροποίηση των πλατών των επιταχύνσεων είναι αναγκαίο να συμπληρώσουμε τη περιγραφή της σχέσεως (5) ορίζοντας το περιεχόμενο συχνοτήτων της συνάρτησης $S(t)$. Για υπολογιστικά πλεονεκτήματα για να επιλυθεί η εξίσωση FOKKER-PLANK της απόκρισης των κατασκευών που υποτίθεται ο' αυτή τη μελέτη, επιλέχθηκε για τη συνάρτηση $S(t)$ η συνάρτηση φασματικής πυκνότητας των KANAI-TAJIMI.

$$G(\omega) = \frac{1 + 4J_g^2 \left(\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2\right]^2 + 4J_g^2 \left(\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2} G_0 \quad (11)$$

όπου J_g, ω_g, G_0 είναι σταθερές που πρέπει να καθοριστούν σε κάθε περίπτωση. Στο σχ.8 δείχνεται η μέθοδος χαρακτηρισμού των πλατών σαν αναμενόμενη τετραγωνική τιμή των επιταχύνσεων και ορίζεται επιπλέον η διάρκεια ισχυρής δόνησης.

4. ΤΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΛΟ

Η δυνατότητα παραγωγής ζημιών των σεισμών μπορεί να μετρηθεί από την αναμενόμενη πλαστικότητα απλών ελαστοπλαστικών μοντέλλων.

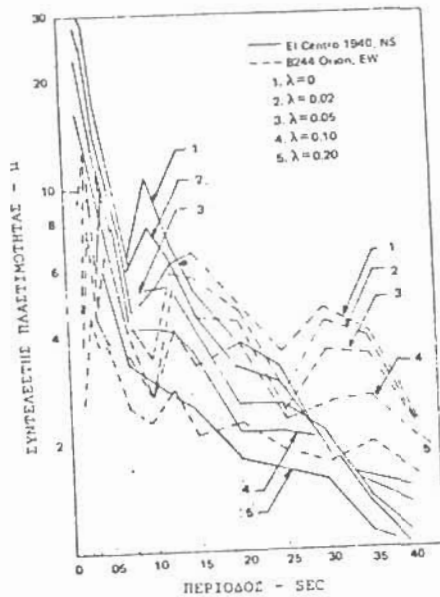
Η αναμενόμενη πλαστικότητα θα βρεθεί από το τύπο $E(\mu) = E(u_{\max} / u_f)$ όπου $|u_{\max}|$ είναι η μέγιστη κατ' απόλυτη τιμή της μετακίνησης και u_f η μετακίνηση για την οποία αρχίζει η διαρροή.

5. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΛΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΛΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ

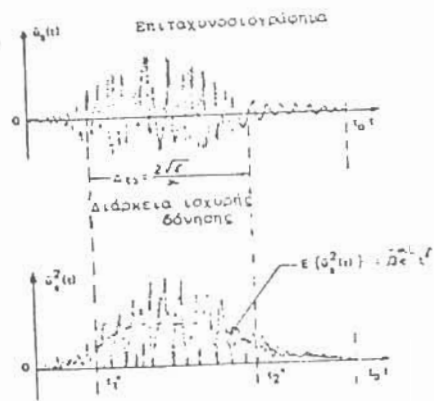
Για να μπορέσουμε να εισάγουμε σαφώς το περιεχόμενο συχνοτήτων ενός σεισμού υιοθετήθηκε ένα σύστημα δύο βαθμών ελευθερίας. Ο πρώτος όροφος του συστήματος είναι ένα ισοδύναμο γραμμικό σύστημα ή γραμμικό έδαφος που φιλτράρει τη συνάρτηση επιταχύνσεων στο βράχο.

Ο δεύτερος όροφος του συστήματος είναι ένας ελαστοπλαστικός ταλαντωτής.

Χωρίς αμφιβολία μέσα στη λύση του προβλήματος πρέπει να ορισθεί επακριβώς το επιταχυνσιογράφημα στο βραχώδες υπόβαθρο $\ddot{u}_R(t)$ επίσης ότι το επιταχυνσιογράφημα στην επιφάνεια του εδάφους $\ddot{u}_S(t)$ έχει αναμενόμενη τετραγωνική συνάρτηση αυτή της σχέσης 4. Αυτή η συνθήκη ικανοποιείται εάν ισχύει η επόμενη σχέση μεταξύ των συναρτήσεων της αναμενόμενης τετραγωνικής τιμής στο επίπεδο του εδάφους και του βράχου.



Σχ.7



Σχ.8-Μοντέλο της σεισμικής κίνησης

$$E(\ddot{u}_S^2(t)) = \frac{\omega_g(1+4J_g^2)}{4J_g} G_0 E(\ddot{u}_R^2(t-t_m)) \omega_g \quad (12)$$

όπου t_m είναι μία διαφορά φάσεως μεταξύ των $\ddot{u}_S(t)$ και $\ddot{u}_R(t)$ που δεν έχει μεγάλη σημασία σ' αυτή τη μελέτη.

Άρα:

$$E(\ddot{u}_R^2(t)) = \frac{4J_g\beta}{G_0\omega_g(1+4J_g^2)} e^{-\alpha t} \gamma \quad (13)$$

6. ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ I

Σ' αυτή την εργασία μας ενδιαφέρει να συγκρίνουμε τη καταστρεπτική ικανότητα των σεισμικών κινήσεων, ζωνών τύπου I μ' αυτή των ζωνών τύπου II. Για να γίνει μία τέτοια σύγκριση είναι απαραίτητο να βρεθούν μακροσεισμικές σχέσεις για τις παραμέτρους α, β και γ που περιγράφουν τη διαφοροποίηση των πλατών επιταχύνσεων με το χρόνο σύμφωνα με την εξίσωση 4. Εμπειρικές σχέσεις μεταξύ των α, β και γ σαν συνάρτηση των παραμέτρων επικεντρικής απόστασης D (Km) και μεγέθους M βρέθηκαν για επιταχυνσιογράφηματα καταγραφέντα σε ζώνες τύπου I από τους IABBE και SARAGONI. Η σχέση για τη διάρκεια της ισχυρής δόνησης είναι:

$$\Delta t_S = \begin{cases} 1.26 \times 10^{-4} e^{1.51M} + 0.044MD; D < 30 \text{ Km} \\ \frac{e^{0.8M}}{D^{0.86}}; D > 30 \text{ Km} \end{cases} \quad (14)$$

Από την εξίσωση 4 μπορούν να εκτιμηθούν τα α, γ ως εξής:

$$\alpha = \frac{14}{\Delta t_S^2} + \frac{2}{\Delta t_S} \quad (15)$$

$$\gamma = \left(\frac{7}{\Delta t_S} + 1 \right)^2 \quad (16)$$

Η παράμετρος β μπορεί να υπολογισθεί από τη συνάρτηση απόσβεσης της συνολικής ενεργείας:

$$E(W_a(t_0)) = \frac{8.71 \times 10^{-6} e^{2.77M}}{D^{0.25M}} \quad (17)$$

$$B = \frac{\alpha^{\gamma+1}}{\Gamma(\gamma+1)} E(w_a(t_0)) \quad (18)$$

7. ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ ΙΙ

Για σεισμούς σε περιοχές τύπου ΙΙ ανατύχθησαν παρόμοιες σχέσεις.

Έχουμε:

$$\Delta t_s = \begin{cases} 2 \times 10^{-4} e^{1.51M} - 2.1 \times 10^{-3} M(D-60), D \gg 60 \text{ km} \\ 2 \times 10^{-4} e^{1.51M}, D \ll 60 \text{ km} \end{cases} \quad (19)$$

Η συνολική αναμενόμενη ενέργεια δίνεται από τους τύπους.

$$E(w_a(t_0)) = \frac{3 \times 10^{-7} e^{2.77M}}{D^{0.25M}}, D \gg 20 \text{ km}, \text{ για επιφανειακούς σεισμούς} \quad (20)$$

$$E(w_a(t_0)) = \frac{2.5 \times 10^{-5} e^{2.77M}}{D^{0.25M}}, \text{ για σεισμούς μέσου ή μεγάλου βάθους.} \quad (21)$$

Επίσης βρίσκουμε τις παραμέτρους α, γ λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η χρονική στιγμή t^* για την οποία έχω έναρξη της ισχυρής δόνησης είναι περίπου 5 SEC.

$$\alpha = \frac{2}{\Delta t_s} \left(\frac{10}{\Delta t_s} + 1 \right) \quad (22)$$

$$\gamma = \left(\frac{10}{\Delta t_s} + 1 \right)^2 \quad (23)$$

Το β βρίσκεται από τη σχέση 18.

8. ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Για να εκτιμήσουμε την επιρροή των παραμέτρων των επιταχυνσιογραφήματων στις αναμενόμενες πλαστιμότητες των ελαστοπλαστικών ταλαντωτών χρησιμοποιούμε μια ομάδα ταλαντωτών ιδιοπεριόδων από 0,50 έως 3,0 SEC και συντελεστή απόσβεσης $\lambda=0,05$

Το επίπεδο δράσης ελήφθη σύμφωνα με τον ΣΒΑΟC 1968. Αυτός δίνει ότι η τέμνουσα στη βάση δίνεται από τη σχέση $V = n \cdot C \cdot m \cdot g$ όπου n μια σταθερά της κατασκευής, C : σεισμική σταθερά, m : g το βάρος της κατασκευής.

Σ' αυτή τη μελέτη $\kappa=0,67$ που ανταποκρίνεται σε πλαστιμες κατασκευές, $C = 0,05/\sqrt[3]{T_n}$ όπου T_n η ιδιοπερίοδος της κατασκευής ($C \leq 0,10$).

Οι παράμετροι α, β, γ βρίσκονται από τις σχέσεις 14, 15, 16, 17 και 18 για ένα φάσμα επικεντρικών αποστάσεων και μεγεθών που ενδιαφέρουν τη σεισμολογία.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το $J_0=0,60$ του τύπου των ΚΑΝΑΙ-ΤΑΪΜΙ και ότι η χαρακτηριστική συχνότητα είναι $\nu_0=7,64$ στις περιοχές τύπου Ι και $\nu_0=11,51$ στις περιοχές τύπου ΙΙ. Για το προσδιορισμό του ν_0 ελήφθη υπόψη το φάσμα των ΚΑΝΑΙ-ΤΑΪΜΙ για ένα φάσμα συχνοτήτων από $0 + 25\pi \text{ rad/sec}$.

Βρέθηκε ότι οι αναμενόμενες πλαστιμότητες εξαρτώνται από τη μέγιστη επιτάχυνση, τη διάρκεια και την χαρακτηριστική συχνότητα και εκτιμήθηκαν απομονώνοντας την επίδραση του καθενός από τους παραπάνω παράγοντες κρατώντας σταθερούς τους άλλους δύο.

Στο σχήμα 9 φαίνεται η επίδραση της μέγιστης αναμενόμενης επιτάχυνσης, για επιταχυνσιογραφήματα με διάρκεια της ισχυρής δόνησης $\Delta t_s = 8,0 \text{ SEC}$ και για χαρακτηριστικές συχνότητες ν_{0I} και ν_{0II} , στην αναμενόμενη πλαστιμότητα. Και στις δύο περιπτώσεις παρατηρείται ότι μικρές αλλαγές στη μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση παράγουν μεγάλες αλλαγές στην αναμενόμενη πλαστιμότητα.

Για να συγκρίνουμε τις δύο περιπτώσεις του σχ. 9 παρατηρείται ότι μια μείωση στη χαρακτηριστική συχνότητα αυξάνει τις απαιτήσεις πλαστιμότητας.

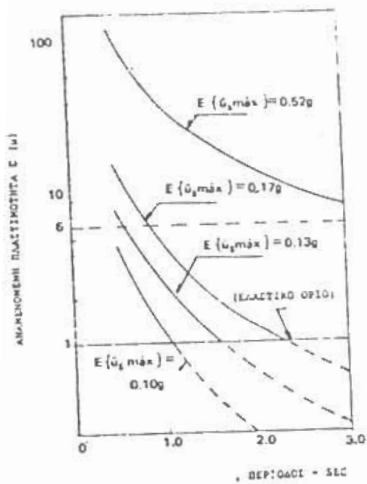
Στο σχ. 10 φαίνεται η επίδραση που έχει η διάρκεια της ισχυρής δόνησης πάνω στην αναμενόμενη πλαστιμότητα. Η σύγκριση γίνεται για επιταχυνσιογραφήματα με $\nu_0=11,51$ και $E(\ddot{u}_s(t))_{\max} = 0,18$ και $\nu_0=7,64$ και $E(\ddot{u}_s(t))_{\max} = 0,17$

Παρατηρείται ότι για μεγάλη διάρκεια έχουμε μεγάλες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

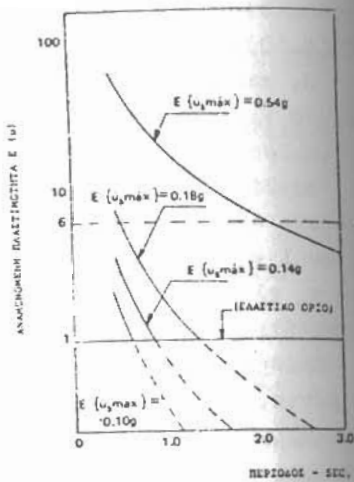
Φυσικά η επιρροή της δεν είναι τόσο σημαντικής όπως της μέγιστης επιτάχυνσης.

Σ' αυτό το σχήμα παρατηρείται ει νέου ότι μια μείωση του ν_0 αυξάνει τις τιμές της αναμενόμενης πλαστιμότητας.

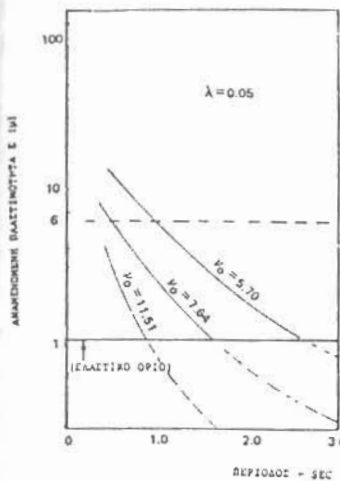
Στο σχ. 11 δείχνεται η επίδραση του ν_0 πάνω στην αναμενόμενη πλαστιμότητα. Όπως φαίνεται διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Και στις δύο μια μείωση του ν_0 παράγει μια σημαντική αύξηση των απαιτήσεων πλαστιμότητας. Τα επίπεδα επίδρασης του ν_0 είναι



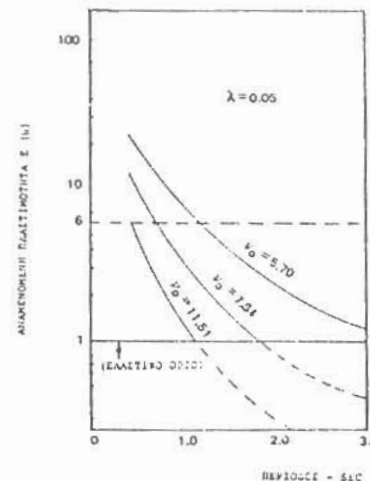
Σεισμοί σε ζώνες τύπου I
 διάρκειας ταχύτης δόνησης $\Delta t_1 = 8.0$ sec
 απόδοσης $\lambda = 0.05$
 $v_0 = 7.64$ cm/sec



Σεισμοί σε ζώνες τύπου II
 διάρκειας ταχύτης δόνησης $\Delta t_1 = 8.0$ sec
 απόδοσης $\lambda = 0.05$
 $v_0 = 11.51$ cm/sec



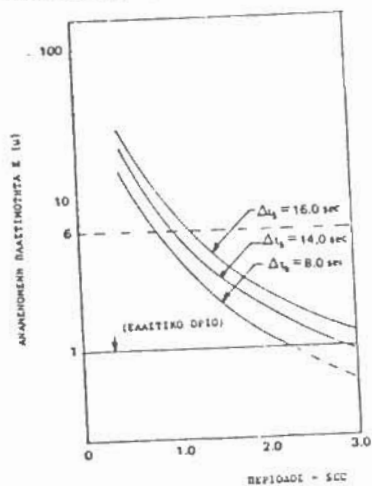
Διάρκεια ταχύτης δόνησης $\Delta t_1 = 8.0$ sec
 Ένταση κατά ARIAS $E (I_A) = 0.04$ g sec



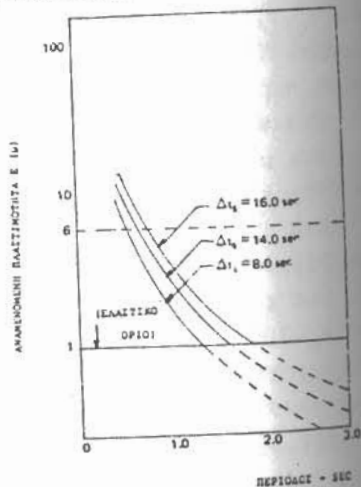
Διάρκεια ταχύτης δόνησης $\Delta t_1 = 12.0$ sec
 Ένταση κατά ARIAS $E (I_A) = 0.057$ g sec

Σχ. 9-Επίδραση της μέγιστης αναμενόμενης επιτάχυνσης στην αναμενόμενη πλαστικότητα

Σχ. 11 Επίδραση της χαρακτηριστικής συχνότητας v_0 στην αναμενόμενη πλαστικότητα

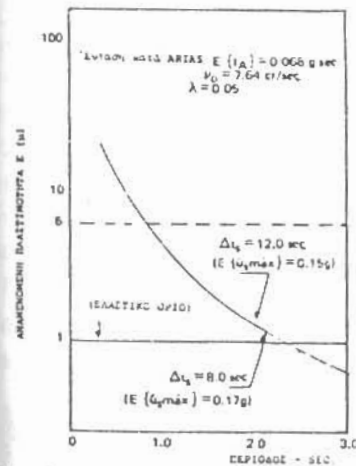


Σεισμοί σε ζώνες τύπου I
 μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση $E (u_{max}) = 0.17g$
 απόδοσης $\lambda = 0.05$

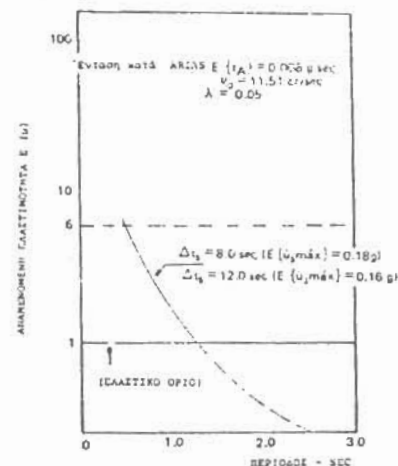


Σεισμοί σε ζώνες τύπου II
 μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση $E (u_{max}) = 0.18g$
 απόδοσης $\lambda = 0.05$

Σχ. 10 Επίδραση της διάρκειας της ταχύτης δόνησης στην αναμενόμενη πλαστικότητα



Σχ. 12 Επίδραση της αναμενόμενης έντασης κατά ARIAS στην αναμενόμενη πλαστικότητα



παρόμοια μ' αυτά των μέγιστων αναμενόμενων επιταχύνσεων.

Συνοφίζοντας βλέπουμε ότι η σεισμική καταστρεπτικότητα σχετιζόμενη με τις απαιτήσεις πλαστιμότητας απλών ταλαντωτών εξαρτάται κυρίως από τη μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση και από τη χαρακτηριστική συχνότητα όπως εκτίσης και από τη διάρκεια της ισχυρής δόνησης σε μικρότερο βαθμό.

Τελικά ως μελετήσουμε την επίδραση που έχει η ένταση του ARIAS στις απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Η ένταση κατά ARIAS ορίζεται ως εξής:

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} \ddot{u}_s^2(\tau) d\tau \quad (24)$$

Στο σχ. 12 ελήφθησαν υπόψη τέσσερα επιταχυνσιογραφήματα αναμενόμενης έντασης κατά ARIAS $E(I_A) = 0.068 \text{ g SEC}$ με δύο διάρκειες ισχυρής δόνησης 8.0 και 12.0 SEC με μέγιστες αναμενόμενες επιταχύσεις που φαίνονται στο σχήμα και για δύο τιμές του v_0 .

Από τη σύγκριση των δύο σχημάτων παρατηρείται ότι η αναμενόμενη ένταση κατά ARIAS απεικονίζει την καταστρεπτική ικανότητα των δεισμών όταν πρόκειται για σεισμούς του ίδιου τύπου (ίδιο v_0). Χωρίς αμφιβολία, δεν είναι ένα ικανοποιητικό κριτήριο όταν πρόκειται να συγκριθούν σεισμοί διαφορετικής φύσεως. Παρατηρείται ότι για ίδιο $E(I_A)$ μία αύξηση του v_0 παράγει μία μείωση της καταστρεπτικής ικανότητας.

9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΥΠΟΥ I ΚΑΙ II

Οι ARZOLA, GARCIA και SARAGONI συνέκριναν τις απαιτήσεις πλαστιμότητας απλών ελαστοπλαστικών κατασκευών για εγγραφές της LIMA 1966 και 8244 ORION για το σεισμό του SAN FERNANDO 1971. Αυτή η σύγκριση φαίνεται στο σχ. 13 και μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι απαιτήσεις πλαστιμότητας για τη LIMA είναι σημαντικά μικρότερες απ' ό,τι για το 8244 ORION καθώς επίσης ότι η ένταση κατά ARIAS είναι δύο φορές και η μέγιστη επιτάχυνση τρεις φορές μεγαλύτερη της εγγραφής της LIMA απ' αυτήν του ORION.

ΣΕΙΣΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΝ.	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΣ	ΜΕΓΕ-ΘΟΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΤΑ ARIAS (g/SEC)	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΜΑΧ. (g)
San Fernando California	9-11-1971	Orion 8244 Los Angeles California	E-W	6.6	0.64	0.132
Lima, Peru	17-X-1966	Lima	NOSE	7.5	1.21	0.404

Με σκοπό να επιβεβαιωθεί από θεωρητική άποψη αυτό που παρατηρήθηκε, έγινε μία σύγκριση επιταχυνσιογραφημάτων που αντιπροσωπεύουν πραγματικούς σεισμούς ζωνών τύπου I και τύπου II. Για να χαρακτηρισθούν οι διάφορες διαφοροποιήσεις των πλατών με του χρόνου χρησιμοποιούνται μακροσεισμικές σχέσεις που ισχύουν για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις. Εξελέγησαν τρία τυπικά επιταχυνσιογραφήματα για κάθε περίπτωση. Στα σχήματα 14+16 φαίνονται τα αποτελέσματα σε όρους αναμενόμενης πλαστιμότητας για τις δύο περιπτώσεις.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις παρατηρείται ότι αν και η ένταση των σεισμών τύπου II είναι τριπλάσια αυτών του τύπου I και οι μέγιστες επιταχύσεις τους μπορεί να είναι διπλάσιες, η καταστρεπτική ικανότητα είναι παρόμοια και στις δύο περιπτώσεις.

10. ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

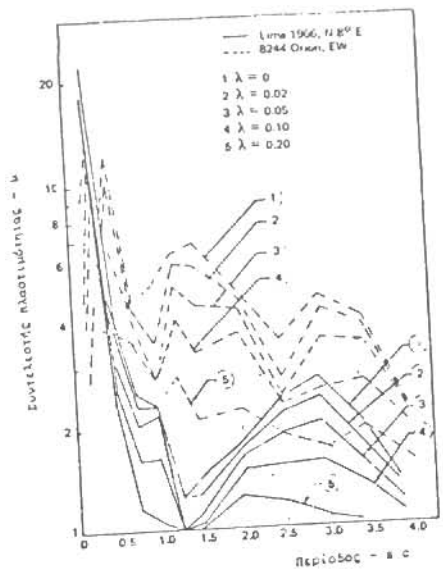
Είναι ενδιαφέρον να αναλύσουμε την επίρροή των μακροσεισμικών παραμέτρων M και D στην απόσβεση των ζημιών των κατασκευών. Παρατηρήθηκε ότι όταν συμβαίνει ένας ισχυρός σεισμός, οι ζημιές στις κατασκευές αποσβένονται ανάλογα με την αύξηση της επικεντρικής απόστασης και επίσης ότι το μέγεθος συσχετίζεται απ' ευθείας με τις παραγόμενες ζημιές. Εάν συνέπεια μελετάται η απόσβεση της σεισμικής καταστρεπτικότητας για σεισμούς σε περιοχές τύπου I και τύπου II. Για να ορισθεί η καταστρεπτικότητα αυτών των σεισμών ελήφθη μία απλή ελαστοπλαστική κατασκευή με ιδιοπερίοδο του ελαστικού κλάδου $T_n = 0.50 \text{ SEC}$ και συντελεστή απόσβεσης $\lambda = 0.05$ με την οποία αντιπροσωπεύεται το φάσμα των κατασκευών που κατασκευάζονται σε μία πόλη.

Στα σχ. 17, 18 φαίνεται η απόσβεση της καταστρεπτικότητας συναρτήσει της επικεντρικής απόστασης. Οι επιλεγείσες αποστάσεις είναι χαρακτηριστικές για κάθε ομάδα εγγραφών.

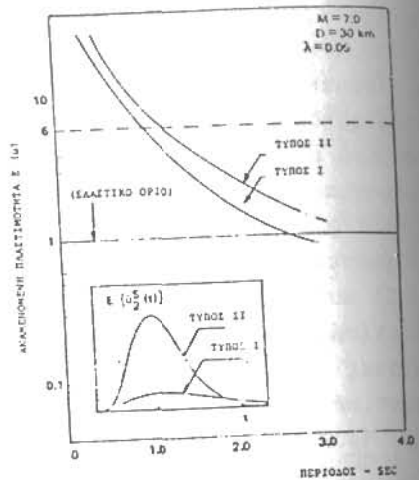
11. ΕΝΑΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η σεισμική καταστρεπτικότητα μετρημένη σε όρους απαιτήσεων πλαστιμότητας ενός απλού ελαστοπλαστικού ταλαντωτή, εξαρτάται ουσιαστικά από τη συνολική αναμενόμενη ενέργεια και από τη χαρακτηριστική συχνότητα.

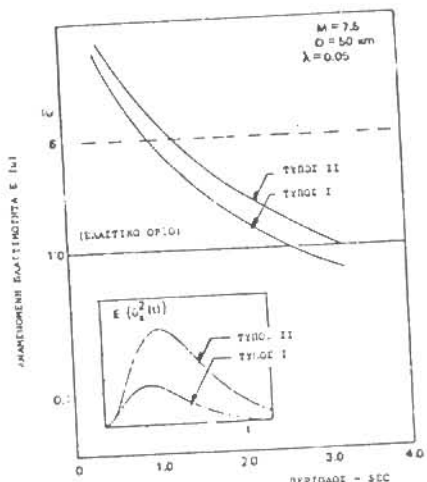
Για να συγκριθούν διάφορες εγγραφές από πλειράς σεισμικής καταστρεπτικότητας θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη η μέγιστη επιτά-



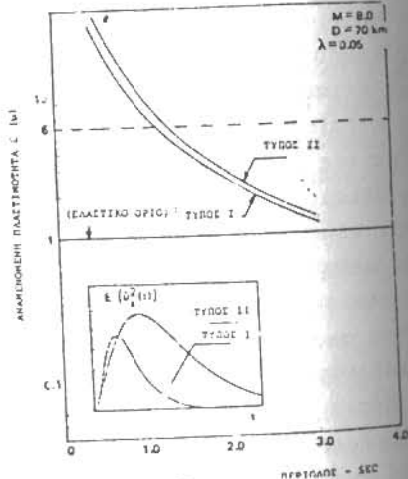
Σχ.13



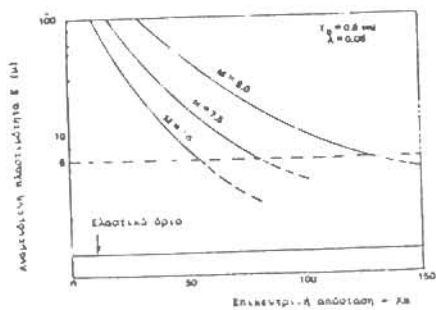
Σχ.14



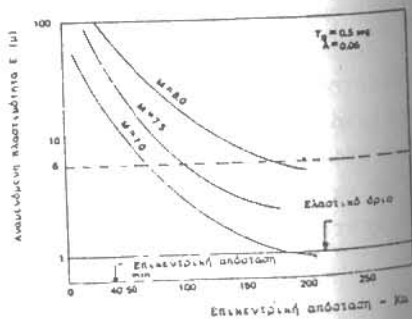
Σχ.15



Σχ.16



Σχ.17-Ζώνες τύπου I



Σχ.18-Ζώνες τύπου II

χνοση, η διάρκεια της ισχυρής δόνησης και το περιεχόμενο των συχνοτήτων μετρημένο σε όρους χαρακτηριστικής συχνότητας.

Ορίζεται μία νέα παράμετρος P_D που εκφράζει την καταστρεπτική λιανότητα ή τη δυνατότητα παραγωγής ζημιών και ότι, όπως είδαμε, εξαρτάται απ' ευθείας από την συνολική ενέργεια ή από την ένταση κατά ARIAS και αντιστρόφως ανάλογα από την χαρακτηριστική συχνότητα.

$$P_D = \frac{I_A}{v_0 C} \quad (25)$$

όπου C είναι μία σταθερά που πρέπει να οριστεί.

Εάν υποθεθεί η μεταβλητότητα των σεισμικών επιταχύνσεων πρέπει να ληφθούν υπόψη οι αναμενόμενες τιμές:

$$E(P_D) = \frac{E(I_A)}{v_0 C} \quad (26)$$

$$E(I_A) = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} E(\ddot{u}_S^2(t)) dt \quad (27)$$

Από την εξίσωση 24:

t_0 : η συνολική διάρκεια της δόνησης.

Επί πλέον η αναμενόμενη τιμή της συνολικής ενέργειας ενός σεισμού στο τόπο που γίνεται η καταγραφή δίνεται από το τύπο:

$$E(W_a(t_0)) = \int_0^{t_0} E(\ddot{u}_S^2(t)) dt \quad (7)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις 7 και 27 έχουμε:

$$E(I_A) = \frac{\pi}{2g} E(W_a(t_0)) \quad (28)$$

Επίσης σύμφωνα με τις σχέσεις 6 και 10:

$$E(W_a(t_0)) = 1.30 \Delta t_s \cdot E(\ddot{u}_S^2(t))_{\max} \quad (29)$$

Η μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση είναι:

$$E(\ddot{u}_S(t))_{\max} = \sigma_0 \left(\lambda' + \frac{0.5772}{\lambda'} \right) \quad (30)$$

$$\text{όπου: } \lambda' = \left(2L_n \frac{v_0 \Delta t_s}{2} \right)^{1/2} \quad (31)$$

$$\text{και } \sigma_0 = \left| \frac{\beta}{2} \left(\frac{\sqrt{\gamma}}{\alpha} \right)^\gamma e^{-\gamma} \left[(\sqrt{\gamma})^\gamma + (1+\sqrt{\gamma})^\gamma e^{-\sqrt{\gamma}} \right] \right|^{1/2} \quad (32)$$

Ο συντελεστής που πολ/ζει το σ_0 στην εξίσωση 30 κυμαίνεται μεταξύ 2.5 και 3.5 για συνηθεις τιμές των σταθερών από τις οποί-

ες εξαρτάται. Για να ανεξαρτητοποιηθούμε απ' αυτό το παράγοντα λαμβάνουμε μιά μέση τιμή αυτού, δηλ.

$$\left(\lambda' + \frac{0.5772}{\lambda'} \right) = 3.0 \quad (33)$$

Στην εξίσωση 29 η αναμενόμενη συνολική ενέργεια εξαρτάται από τη μέγιστη αναμενόμενη τιμή της τετραγωνικής επιτάχυνσης, ενώ επιθυμητό είναι να εκφραστεί οα συνάρτηση της μέγιστης αναμενόμενης επιτάχυνσης.

$$E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}} = \frac{\sigma_o^2 (\lambda' + 0.5772/\lambda')^2}{E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}} \quad (34)$$

$$E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}} = E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}$$

Χρησιμοποιώντας τη σχέση 33 έχουμε ότι:

$$\frac{E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}}}{E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}} = 9.0 \frac{\sigma_o^2}{E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}} \quad (35)$$

Λαμβάνοντας υπόψη τις σχέσεις 32 και 8 έχω:

$$\frac{E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}}}{E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}} = 9.0 \frac{\beta/2 (\sqrt{\gamma}/\alpha) \gamma e^{-\gamma} \cdot [(\sqrt{\gamma})^\gamma + (1+\sqrt{\gamma})^\gamma e^{-\sqrt{\gamma}}]}{\beta(\gamma/\alpha)^\gamma e^{-\gamma}} \quad (36)$$

$$\frac{E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}}}{E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}} = 9.0 \frac{1+(1+\sqrt{\gamma})^\gamma e^{-\sqrt{\gamma}}}{2} \quad (37)$$

Στην εξίσωση 37 ο λόγος του πρώτου μέλους εξαρτάται μόνον από την παράμετρο γ . Οι CREMPIEN και SARAGONI βρήκαν ότι ο λόγος $\sigma_o^2/E(\ddot{u}(t))_{\text{max}} \approx 0,85$

$$E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}} = 9.0 \cdot 0.85 = 7.65 \quad (38)$$

$$E(\ddot{u}_s^2(t))_{\text{m\acute{a}x}}$$

Από τις σχέσεις 29, 38 και 28 έχουμε:

$$E(I_A) = 0.267 \sigma \Delta t_s E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}} \quad (39)$$

'Αρα η σχέση 26 γίνεται:

$$E(P_D) = 0.267g \frac{(\Delta t_s) E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}}}{v_o^2} \quad (40)$$

Η σταθερά C βρίσκεται υποθέτοντας επιταχυνσιογραφήματα που παράγουν παρόμοιες απαιτήσεις πλαστιμότητας, αλλά που έχουν διαφορετικές τιμές της χαρακτηριστικής συχνότητας. Η τιμή του C είναι περίπου 2 και λαμβάνουμε αυτή τη τιμή γιατί έτσι θα έχουμε γνωστές διαστάσεις στο P_D .

$$E(P_D) = 0.267g \frac{(\Delta t_s) E(\ddot{u}_s(t))^2_{\text{m\acute{a}x}}}{v_o^2} \quad (41)$$

'Αρα μπορούμε να συγκρίνουμε δύο σεισμούς με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

$$\frac{E(P_{D1})}{E(P_{D2})} = \frac{(\Delta t_{s1}) E(\ddot{u}_s(t))_{\text{m\acute{a}x}1}^2}{(\Delta t_{s2}) E(\ddot{u}_s(t))_{\text{m\acute{a}x}2}^2} \left| \frac{(v_o)_2}{(v_o)_1} \right|^2 \quad (42)$$

Από την εξίσωση 42 μπορεί να ορισθεί μιά ενεργή τιμή της επιτάχυνσης με σκοπό να συγκρίνουμε το βαθμό καταστρεπτικότητας.

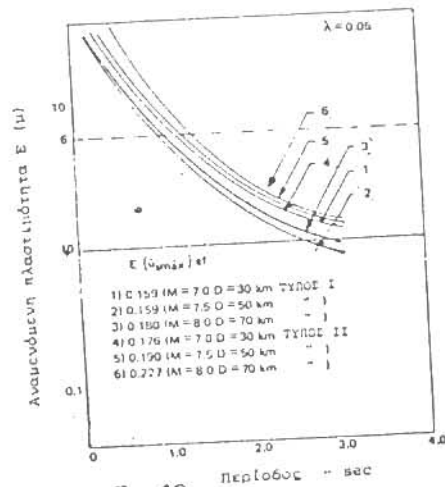
$$E(\ddot{u}_s \text{m\acute{a}x})_{ef} = E(\ddot{u}_s \text{m\acute{a}x})_1 \sqrt{\frac{(\Delta t_s)_1 (v_o)_2}{(\Delta t_s)_2 (v_o)_1}} \quad (43)$$

Ελήφθη η ομάδα εγγραφών 2 σαν βάση συγκρίσεως. Όπως μπορεί να εκτιμηθεί στα σχ. 14+16 οι απαιτήσεις πλαστιμότητας των 6 σεισμών που ελήφθησαν υπόψη είναι παρόμοιες αν και οι σεισμικές τους παράμετροι είναι πολύ διαφορετικές.

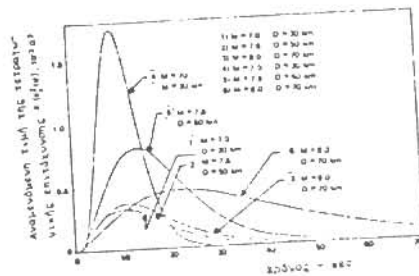
Αυτό το αποτέλεσμα μας κάνει να σκεφθούμε ότι τέτοιοι σεισμοί έχουν παρόμοιες τιμές της μέγιστης ενεργού επιτάχυνσης.

Στο πίνακα 3 φαίνεται μιά περίληψη των χαρακτηριστικών των διαφόρων εγγραφών και στα σχ. 19, 20 η απεικόνιση της αναμενόμενης πλαστιμότητας σε σχέση με τη περίοδο και της τετραγωνικής επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο.

ΣΤΗΗ	ΜΕΓΕΘΟΣ Richter	ΕΠΙΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤ. (Km)	Δt_s sec	$E(\ddot{u}_s \text{m\acute{a}x})$ g	v_o cm/sec sec	$E(P_D)$ $10^{-2} g^2 \text{sec}^3$	$E(\ddot{u}_s \text{m\acute{a}x})_{ef}$
ΤΥΠΟΣ I	7.0	30	14.15	0.159	7.64	0.164	0.159
	7.5	50	13.95	0.160	7.64	0.163	0.159
	8.0	70	15.58	0.172	7.64	0.211	0.180
ΤΥΠΟΣ II	7.0	30	7.79	0.357	11.51	0.200	0.176
	7.5	50	16.57	0.265	11.51	0.235	0.190
	8.0	70	35.09	0.217	11.51	0.333	0.227



Σχ.19



Σχ.20

Ο ορισμός της μέγιστης ενεργού επιτάχυνσης που δίνεται από την εξίσωση 43 έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει να συγκριθεί η καταστρεπτική ικανότητα σεισμών με διαφορετικούς μηχανισμούς γενέσεως. Στον πίνακα 4 υπολογίζεται με βάση το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του EL CENTRO η μέγιστη ενεργή επιτάχυνση για διάφορους σεισμούς. Στον ίδιο πίνακα φαίνονται επίσης και η μέγιστη εγγραφείσα επιτάχυνση, η ένταση κατά ARIAS, η συνολική ενέργεια, η χαρακτηριστική συχνότητα, η διάρκεια της ισχυρής δόνησης και η καταστρεπτική ισχύς. Επίσης περιλήφθηκε και η ένταση MM που ανακινώθηκε στο σταθμό εγγραφής, για να γίνει ένα ενδεικτικό μέτρο του επιπέδου των διαπιστωθεισών ζημιών. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των εντάσεων MM και μέγιστης ενεργού επιτάχυνσης παρατηρείται ότι εν γένει και οι δύο δίνουν μία παρόμοια ιεραρχία των επιταχυνσιογραφημάτων. Αυτό δεν συμβαίνει όταν χρησιμοποιούνται σαν κριτήρια η μέγιστη επιτάχυνση, η ένταση κατά ARIAS ή η διάρκεια της ισχυρής δόνησης.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο δοθείς ορισμός της ενεργής επιτάχυνσης ενός επιταχυνσιογραφήματος περιπλέκει τη προσέγγιση να περάσουμε από αναμενόμενες τιμές σε πραγματοποιηθείσες τιμές, άρα ο καλύτερος δείκτης της καταστρεπτικής ικανότητας ενός σεισμού είναι το μέγεθος R_T .

Στη περίπτωση που παίρνουμε υπόψη τη μέγιστη ενεργή επιτάχυνση που αναφέρεται στην εγγραφή του EL CENTRO, 1940, συντεταγμένη NS μπορεί να εκτιμηθεί ότι ζημιές έχουμε για τιμές $(\ddot{u}_s)_{\max} \geq 0.20g$ όπως φαίνεται στο σχ.6 όπου η μέγιστη ενεργή επιτάχυνση σχετίζεται με την ένταση MM.

Η σχέση που βρίσκεται είναι η εξής:

$$\log_{10} (\ddot{u}_s)_{\max} \text{ ef} = 0.1369 I + 1.344 \quad (44)$$

Η μέγιστη ενεργή επιτάχυνση μετριέται σε CM/SEC^2

Επίσης βρίσκονται οι σχέσεις:

$$\log_{10} (\ddot{u}_s)_{\max} \text{ ef} = 2.205 + 0.1643M - 0.6026 \log (D+15) \quad (45)$$

$$\log_{10} (\ddot{u}_s)_{\max} \text{ ef} = 2.3943 + 0.308M - 1.0569 \log (D+100) \quad (46)$$

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΗΜΕΡΟΛ.	ΕΥΤΕΤ.	IP-M	us max g	IA m/sec	Vlato 10 ⁻² g/sec	n ₀ cruts/sec	Δts sec	PD 10 ⁻⁴ g	(us máx)ef g
Pecos Dam	9/ 2/1971	Radial Tangencial	IX X	1.273 1.013	10.846 6.519	70.38 42.31	11.63 13.57	4.58 4.53	81.74 36.09	0.629 0.427
El Centro California	18/ 5/1940	NS EW	VII VIII	0.359 0.274	1.966 1.401	12.76 9.09	6.44 6.19	5.35 11.74	40.32 37.29	0.350 0.373
San Juan INPRES	23/11/1977	EW NS	VII VIII	0.230 0.190	1.346 1.077	8.73 6.99	7.80 8.52	13.73 20.75	22.55 15.12	0.272 0.173
Taft California	21/ 7/1952	S00°E N210°E	VII	0.270 0.177	0.632 0.577	4.10 3.75	6.93 6.48	11.10 12.57	13.19 14.01	0.345 0.260
Bucarest Rumania	3/ 4/1977	NS EW	VII VIII	0.206 0.178	0.818 0.445	3.32 2.89	3.35 6.00	4.18 5.03	74.47 12.59	0.338 0.189
R244 Orion	9/ 2/1971	Tangencial Radial	VII	0.191 0.201	0.738 1.197	4.79 7.77	5.13 5.43	8.88 9.47	78.00 41.39	0.298 0.289
15250 Ventura	9/ 2/1971	Radial Tangencial	VII	0.277 0.155	0.813 0.491	5.27 3.19	6.54 6.50	9.25 10.70	19.37 11.85	0.274 0.270
Olympia Washington	13/ 4/1949	S00°W N10°W	VIII	0.275 0.102	1.732 0.812	8.12 5.27	9.35 9.88	10.81 9.95	14.60 8.48	0.260 0.159
Hollywood Sto Building	9/ 2/1971	Tangencial Radial	VI	0.159 0.116	0.369 0.248	2.30 1.61	4.57 6.80	6.21 6.62	17.99 5.47	0.233 0.118
El Centro California	30 12/1934	EW NS	VI	0.170 0.157	0.462 0.500	3.00 3.64	2.01 6.69	9.10 8.89	9.58 12.36	0.207 0.177
Santiago Chile	8/ 7/1971	N10°W S80°W	VI VI	0.165 0.134	0.341 0.304	2.21 2.50	3.35 12.13	19.23 10.35	3.95 2.68	0.194 0.127
Alameda Park Mexico	11/ 5 1967	N10°45'W N70°14'E	VI VII	0.035 0.33	0.099 0.005	0.069 0.041	1.55 1.50	8.05 6.27	3.80 2.03	0.174 0.148
Alameda Park Mexico	11 1962	N78°14'E N10°46'W	VI	0.026 0.031	0.005 0.037	0.031 0.042	1.27 1.48	7.85 7.40	3.03 0.153	0.154 0.153
Lima Peru	17/10/1956	N08°E N22°W	VI VII	0.404 0.274	1.135 1.838	7.36 6.57	20.77 21.42	6.16 4.93	2.94 1.31	0.134 0.134
1540 Marengo	9/ 2/1971	Tangencial Radial	VI	0.145 0.123	0.379 0.223	2.45 1.44	7.53 7.57	6.64 7.05	1.81 3.95	0.133 0.166
Santiago Chile	28/ 3/1965	N10°W S00°W	VI	0.178 0.180	0.280 0.359	1.82 2.53	19.27 22.02	7.00 6.80	0.77 0.065	0.065 0.065
Helena Montana	31/10/1935	EW NS	I	0.145 0.146	0.096 0.058	0.623 0.444	11.80 13.97	1.36 1.50	0.70 0.37	0.038 0.035
Golden Gate Park San Francisco	27/ 3/1951	S00°E N10°E	VI	0.105 0.093	0.056 0.032	0.351 0.206	15.89 14.48	1.83 1.80	0.22 0.15	0.024 0.021

Η τιμή του (us máx) ef υπολογίσθηκε υποθέτοντας την ένταξη του El Centro 1940, συντ. N-S, σαν σεισμική μέση.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALARCON, R., J. CREMPIEN y G.R. SARAGONI (1979). - Propiedades Gaussianas de los Acelerogramas de Terremotos, XX Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, Vol. III, B-9, Cordoba, Argentina.
- ARAYA, R. y G.P. SARAGONI (1980). - Capacidad de los Movimientos Sismicos de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Fisicas y Matematicas U de Chile, Publ. SES 1780 (156), Santiago Chile
- ARIAS, A. - (1975). Distribucion Temporal de la Energia en Acelerogramas de Movimientos Intensos, IV Congreso Nacional de Ingenieria Sismica, Oaxaca, Mexico.
- ARIAS A - (1969). A Measure of Earthquake Intensity, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- ARZOLA, E., H. CARCIA y G.R. SARAGONI. - (1976). Analisis de las Respuestas Maximas de Estructuras Simples para Algunos Sismos Norteamericanos y Latinoamericanos Segundas Jornadas Chilenas de Sismologia e Ingenieria Antisismica Trabajo H.3, Santiago
- ASANO, K. and S. UZUKI. - (1975). Study on Nonlinear Hysteretic Response of a Single and Multi-Structures to Random Excitation, Technology Reports of Kansai University, No 17
- GRAMPIEN, G. y G.R. SARAGONI. - (1977). Influencia de la Duracion de Movimientos Sismicos en la Respuesta de Estructuras Elasticas, Publ. SES I 377 (13), Seccion Ingenieria Estructural, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- HOUSNER, G.M. - (1952). Intensity of Ground Motion During Strong Earthquake Engineering Research Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California.
- HUDSON, D.E. - (1977). Strong Motion Measurements in Epicentral Regions, Sixth World Conference on Earthquake Engineering, New Delfi, India.
- KAPYΔΗΣ, Π. - (1983). Σημειώσεις μαθήματος "Τεχνική σεισμολογία-απλές κατασκευές" σελ. 1-11.
- KOBORI, T., R. MINEL and K. ASANO. - (1971). Stochastic Equivalent Linearization Technique for Stationary Random Response of the Vibratory System with Elastoplastic Hysteretic Characteristics, Report of Architecture Institute of Japan, Kinki Sub-Division, pp. 29-32.
- LABBE, J.C. y G.R. SARAGONI. - (1976). Relaciones Macrosismicas para la Evaluacion del Riesgo Sismico en California, Publicacion SES I 676 (123), Seccion Ingenieria Estructural, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- LEE, D.M. P.C., JENNINGS and G.W. HOUSNER. - (1980). A Selection of Important Strong Motion Earthquake Records, California Institute of Technology, Report No EERI 80-01, Pasadena, California.
- MAC GUIRE K.K and J.A. LARAHARD. - (1977). Magnitude, Distance and Intensity Data for C.I.T. Strong Motion Records, Journal of Research of the U.S. Geological Survey, Vol. 5, No 4, July-August pp. 437-443.
- ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Χ.Α., ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, Π.Μ., ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, Δ.Γ. και ΠΑΠΑΧΑΧΟΣ, - (1984). Β.Κ. "Εφαρμογή διαφόρων μεθόδων για τον καθορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας σε μεγάλες πόλεις του ελληνικού χώρου". Συνέδριο σεισμοί και κατασκευές "Αθήνα τόμος 1, σελ. 251.
- RICHTER, CHARLES. - (1958). Elementary Seismology, W.H Freeman.
- SARAGONI, G.R., J. CREMPIEN y R. ARAYA. - (1980). Caracteristicas Experimentales de los Movimientos Sismicos Fuertes Latinoamericanos, 3as Jornadas Chilenas de Sismologia e Ingenieria Antisismica, Concepcion, Chile.
- SARAGONI, G.R. - (1976). El Metodo αβγ para la Caracterizacion de los Movimientos Sismicos, Segundas Jornadas Chilenas de Sismologia e Ingenieria Antisismica, Trabajo A-1, Santiago.
- SARAGONI, G.R. - (1977). The αβγ Method for the Characterization of Earthquake Accelerograms, GWCEE, New Delfi, India.
- SARAGONI, G.R. and G. HART. - (1972). Nonstationary analysis and Simulation of Earthquake Ground Motion, University of California at Los Angeles, Earthquake Engineering and Structural Laboratory, UCLA-ENC-7238.

21. SARAGONI, G.R.-(1978). Informe sobre la Generacion de Registros de Terremotos, Artificiales para el Diseno del Embalse Los Angeles, S y S Ingenieros Consultores Ltda.
22. SVENSHIKOV, A.A.-(1970). Application of the Theory of Continuous Markov Processes to the Solution of Nonlinear Problems of Applied Gyroscopy, Proceedings of the fifth International Conference on Nonlinear Oscillations, Vol, 3, pp. 659-665.
23. TAMMI, N.-(1960). A Statistical Method of Determining the Maximum Response of a Building Structure During an Earthquake, Proceedings of the Second World Conference on Earthquake Engineering, 2, pp. 781-797, Japan.