



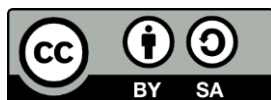
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΕ

ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

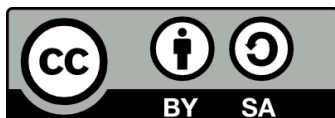
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
κ. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ**

ΣΕΡΡΕΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015



Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Το έργο αυτό αδειοδοτείται από την Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές Άδεια. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής, επισκεφτείτε <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.el>.

Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.

Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



8 ΣΕΙΣΜΟΙ

8.1 Γενικά

Οι σεισμικές και οι σεισμοειδείς κινήσεις και τα αποτελέσματά τους παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού επηρεάζουν άμεσα την ευστάθεια των τεχνικών έργων και έχουν μεγάλες επιπτώσεις στην κοινωνική ζωή. Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος προφύλαξης από τον σεισμικό κίνδυνο είναι μέσω της κατασκευής αντισεισμικών κτιρίων. Ο σχεδιασμός των κατασκευών αυτών απαιτεί πληροφορίες σχετικά με τις αναμενόμενες κινήσεις του υποβάθρου θεμελίωσης καθώς και πληροφορίες που αφορούν τις ίδιες τις κατασκευές.

Οι παράμετροι μετάδοσης της σεισμικής ενέργειας στις κατασκευές, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υποβάθρου θεμελίωσης. Εξαρτώνται επίσης και από τα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης, τα οποία καθορίζονται με τη σειρά τους από τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του σεισμού και από τις παραμέτρους απόσβεσης των σεισμικών κυμάτων.

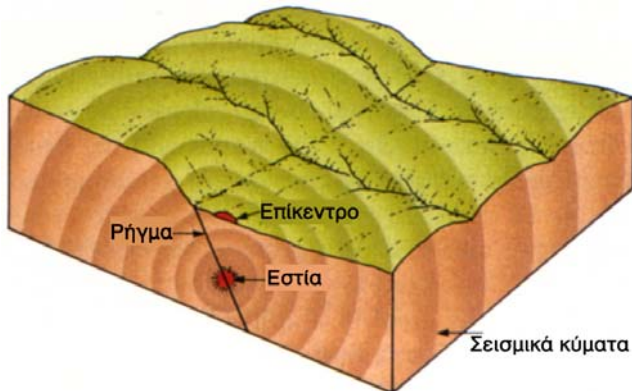
Αντικείμενο του κεφαλαίου αυτού, είναι η περιγραφή του φαινομένου των σεισμών και η μελέτη των παραμέτρων που επηρεάζουν τη σεισμική κίνηση από την εστία της μέχρι τα θεμέλια των τεχνικών έργων.



Εικόνα 8-1 Καταστροφή οικοδομών εξαιτίας της ρευστοποίησης του υποβάθρου θεμελίωσης κατά τη διάρκεια σεισμού. Οι οικοδομές δεν υπέστησαν ζημιές αλλά έγειραν άθικτες. (Φωτο. G. Housner, California Institute of Technology)

8.2 Σεισμός

Με τον όρο “σεισμός” εννοείται οποιαδήποτε κίνηση του εδάφους η οποία προέρχεται από φυσικά αίτια. Οι κινήσεις του εδάφους που προκαλούνται τεχνητά (κίνηση μεγάλων οχημάτων, κατάρρευση βράχων κ.λ.π) και έχουν μικρή ένταση, ονομάζονται σεισμοειδείς κινήσεις.



Η θέση, στο εσωτερικό του φλοιού της Γης, όπου βρίσκεται το αίτιο που προκάλεσε τον σεισμό λέγεται σεισμική εστία. Η κατακόρυφη προβολή του σημείου αυτού στην επιφάνεια της Γης λέγεται επίκεντρο του σεισμού. Η περιοχή γύρω από το επίκεντρο λέγεται σεισμόπληκτη περιοχή ενώ η περιοχή

στην οποία ο σεισμός ήταν περισσότερο αισθητός και προκάλεσε μεγαλύτερες ζημιές λέγεται πλειόσειστη ζώνη. Τέλος, οι περιοχές στις οποίες κατ' επανάληψη στο παρελθόν υπήρξε το επίκεντρο κάποιου σεισμού λέγονται σεισμογενείς περιοχές.

8.3 Είδη σεισμών

Οι σεισμοί των οποίων το αίτιο γένεσης (η εστία) βρίσκεται σε βάθος μικρότερο των 60Κm, λέγονται επιφανειακοί σεισμοί ενώ στην αντίθετη περίπτωση λέγονται πλουτώνειοι σεισμοί ή σεισμοί βάθους.

Η γένεση των σεισμών οφείλεται σε διάφορα αίτια. Σεισμοί εμφανίζονται σε περιοχές όπου εκδηλώνεται ηφαιστειακή δραστηριότητα. Η πίεση της λάβας και των αερίων της προκαλεί θραύση των πετρωμάτων και δονήσεις στην περιοχή. Οι σεισμοί αυτοί λέγονται ηφαιστειογενείς και έχουν μικρή ένταση και τοπικό χαρακτήρα.

Μικροί τοπικοί σεισμοί δημιουργούνται από την πτώση μεγάλων μαζών βράχων από την οροφή εγκοίλων που βρίσκονται στο υπέδαφος. Οι σεισμοί αυτοί λέγονται

εγκατακρημνισιγενείς.

Τέλος, μία άλλη κατηγορία σεισμών οφείλεται στην συγκλίνουσα κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών. Οι σεισμοί αυτοί (τεκτονικοί σεισμοί) έχουν μεγάλη ένταση και πολλές φορές καταστρεπτικά αποτελέσματα στις κατασκευές. Για το λόγο αυτό η μελέτη τους παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

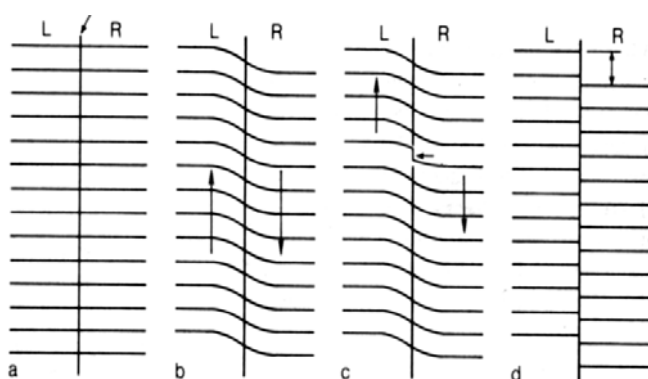
8.4 Αίτια γένεσης των τεκτονικών σεισμών

Κατά τη σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών και στο σημείο επαφής τους, αναπτύσσονται τριβές και τάσεις οι οποίες κατανέμονται στα πετρώματα που τις αποτελούν. Αυτές οι τάσεις έχουν σαν συνέπεια την εμφάνιση παραμορφώσεων στους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Η συσσώρευση των τάσεων αυτών πέρα από το όριο της αντοχής των πετρωμάτων του φλοιού, έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση τους και τη δημιουργία μικρών ή μεγάλων ασυνεχειών σε αυτά. Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη θραύση μεγάλων μαζών πετρωμάτων δημιουργεί τους τεκτονικούς σεισμούς.

Η εκδήλωση σεισμών συνδέεται συχνά με την παρουσία μεγάλων ρηγμάτων του στερεού φλοιού. Ο μηχανισμός γένεσης σεισμών σε προϋπάρχοντα ρήγματα περιγράφεται παρακάτω.

Η ενέργεια που συσσωρεύεται στα πετρώματα από τις δύο πλευρές ενός ρήγματος με τη μορφή τάσεων (a), αντιτίθεται στη δύναμη τριβής που τα συγκρατεί στη θέση τους και που



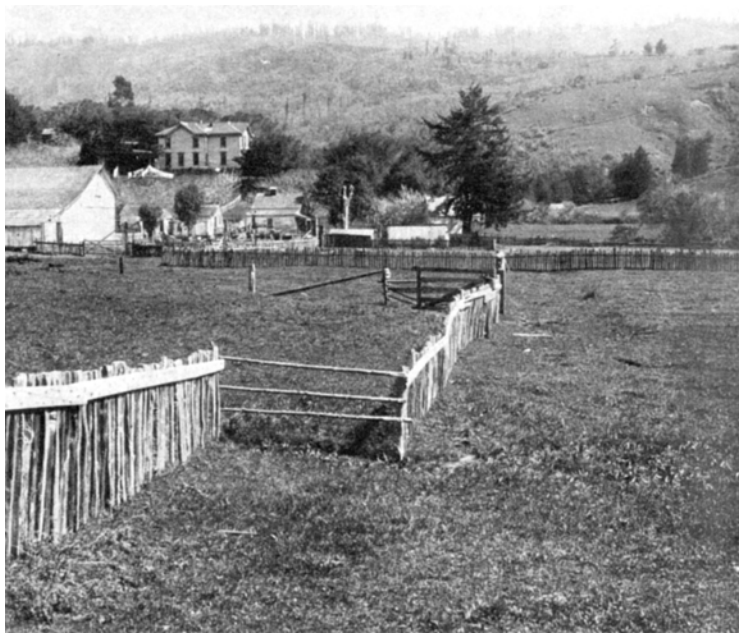
οφείλεται στο βάρος των υπερκείμενων στρωμάτων. Η συνεχής παραμόρφωση των πετρωμάτων (b) έχει σαν συνέπεια την αποθήκευση στο εσωτερικό τους δυναμικής ενέργειας που λέγεται ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης.

Όταν η ενέργεια αυτή ξεπεράσει τη

Εικόνα 8-1 Σχηματική περάσταση γένεσης σεισμού σε ρήγμα. (α) Αρχική κατάσταση, (β) παραμόρφωση των γεωλογικών σχηματισμών, (c) ενεργοποίηση του ρήγματος και γένεση σεισμού, (d) τελική κατάσταση.

δύναμη της τριβής που συγκρατεί τα δύο τεμάχια του ρήγματος στη θέση τους, το ρήγμα ξαφνικά ενεργοποιείται (c) και τα δύο κομμάτια του (blocks) μετακινούνται σχετικά μεταξύ τους (d). Μετά από μεγάλους σεισμούς, έχουν μετρηθεί στην επιφάνεια του εδάφους μετατοπίσεις έως και 15m.

Η απότομη απελευθέρωση, με τη μορφή δονήσεων, της ενέργειας που συσσωρευόταν στο σημείο αυτό για δεκάδες ή και εκατοντάδες χρόνια, προκαλεί το σεισμό. Από το σημείο αυτό, που είναι η εστία του σεισμού, η ενέργεια μεταδίδεται με ταχύτητα 3.5Km το δευτερόλεπτο προς κάθε κατεύθυνση φθάνοντας πολλές φορές σε απόσταση 1000km. Η ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρουν τα σεισμικά κύματα μειώνεται συνεχώς με την απόσταση από την εστία του σεισμού καθώς ένα μέρος της απορροφάται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους οποίους διέρχεται το σεισμικό κύμα.



Εικόνα 8-3 Μετατόπιση της θέσης φράχτη στην περιοχή του ρήγματος Αγ. Ανδρέα. (Φωτο. G. Gilbert, U.S. Geological Survey)

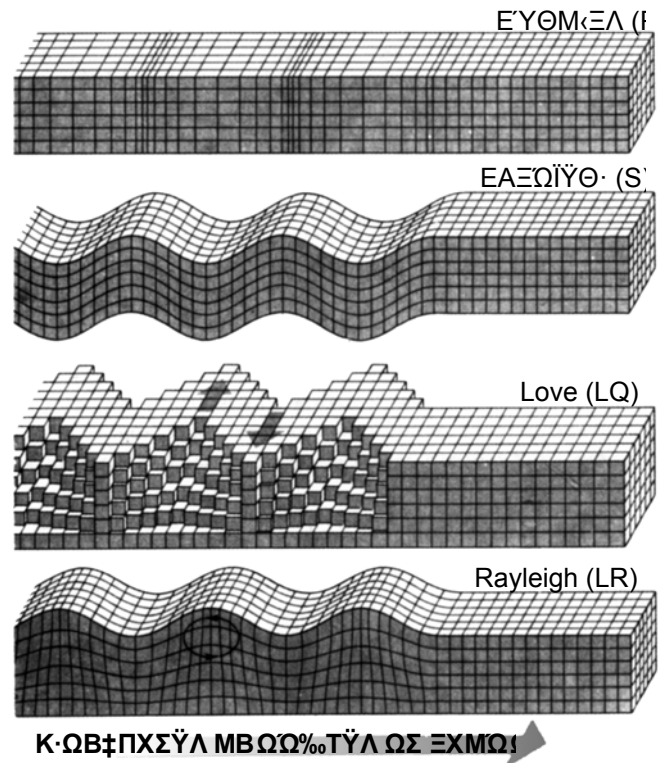
8.5 Σεισμικά κύματα

Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη γένεση ενός σεισμού μεταδίδεται με τα σεισμικά κύματα (κύματα χώρου). Η μετάδοση των κυμάτων αυτών υπόκειται στους νόμους που καθορίζουν τη μετάδοση των ελαστικών κυμάτων.

Τα σεισμικά κύματα λοιπόν, μεταδίδονται από το σημείο γένεσής τους προς κάθε κατεύθυνση με ταχύτητα η οποία εξαρτάται από τις ελαστικές ιδιότητες και την πυκνότητα του μέσου διάδοσης. Όταν τα κύματα αυτά φθάσουν στην επιφάνεια της Γης δημιουργούνται νέα είδη κυμάτων μεταξύ των οποίων είναι τα κύματα επιφάνειας.

Τα κύματα χώρου διακρίνονται, με βάση τον τρόπο ταλάντωσης του μέσου διάδοσης, σε δύο είδη τα επιμήκη και τα εγκάρσια.

Τα επιμήκη κύματα δημιουργούνται από την αντίδραση του μέσου διάδοσης για αποκατάσταση του όγκου του. Στην περίπτωση αυτή τα μόρια του μέσου διάδοσης δονούνται κατά τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος σχηματίζοντας πυκνώματα και αραιώματα (Εικ. 8-4).



Εικόνα 8-4 Είδη σεισμικών κυμάτων και αντίστοιχος τρόπος ταλάντωσης των μορίων του μέσου μετάδοσης.

Η ταχύτητα μετάδοσης των επιμήκων κυμάτων V_p προσδιορίζεται από τις σχέσεις:

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad \text{και} \quad V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

όπου: λ και μ : οι ελαστικές σταθερές του μέσου (ελαστικές σταθερές του Lamé)
 ρ : η πυκνότητα του μέσου διάδοσης.
 E : το μέτρο ελαστικότητας και
 ν : ο λόγος του Poisson.

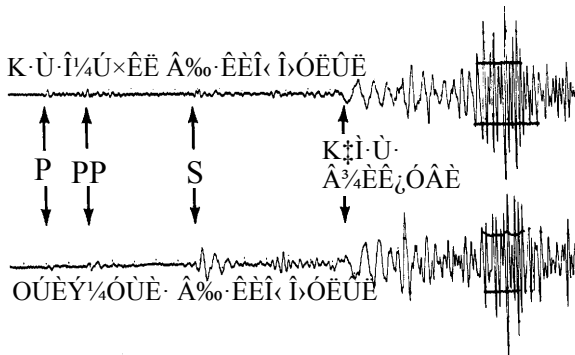
Τα εγκάρσια κύματα ονομάζονται και κύματα διάτμησης. Η δόνηση των μορίων του μέσου κατά τη μετάδοση των κυμάτων αυτών γίνεται κάθετα προς τη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος.

Η ταχύτητα των κυμάτων V_s προσδιορίζεται από τη σχέσεις:

$$V_s = \sqrt{\frac{M}{I}} \quad \text{και} \quad V_s = \sqrt{\frac{E}{I} * \frac{1-\nu}{2(1+\nu)}}$$

όπου: λ και μ : οι ελαστικές σταθερές του μέσου (ελαστικές σταθερές του Lamé)
 ρ : η πυκνότητα του μέσου διάδοσης.
 E : το μέτρο ελαστικότητας και
 ν : ο λόγος του Poisson.

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω σχέσεις, τα επιμήκη κύματα έχουν υψηλότερη ταχύτητα από τα εγκάρσια. Για το λόγο αυτό φθάνουν πρώτα στους σταθμούς παρατήρησης και ονομάζονται και κύματα P (από το Primary). Τα εγκάρσια που φθάνουν αργότερα

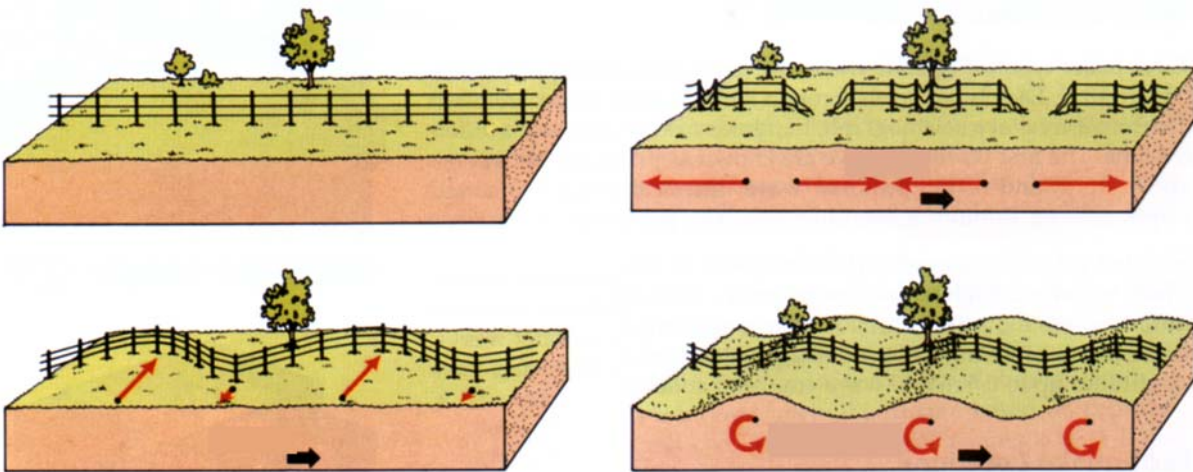


ονομάζονται και κύματα S (από το Secondary).

Από τα επιφανειακά κύματα ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα κύματα Love και τα κύματα Rayleigh.

Στα κύματα Love η δόνηση των μορίων του μέσου μετάδοσης (δηλαδή της επιφάνειας του εδάφους) γίνεται κάθετα προς τη διεύθυνση μετάδοσης του κύματος. Η ταχύτητα των κυμάτων Love κυμαίνεται μεταξύ της ταχύτητας των εγκάρσιων κυμάτων του επιφανειακού και του αμέσως υποκείμενου στρώματος.

Κατά τη μετάδοση των κυμάτων Rayleigh τα μόρια του μέσου διάδοσης κινούνται σε



Εικόνα 8-5 Κατάσταση ηρεμίας (άνω αριστερά), επιμήκη κύματα (πάνω δεξιά), κύματα Love (κάτω αριστερά) και κύματα Rayleigh (κάτω δεξιά).

ελλειπτικές τροχιές. Η ταχύτητα μετάδοσής τους εξαρτάται από το λόγο του Poisson και είναι πολύ μικρότερη από την ταχύτητα των εγκάρσιων κυμάτων στο ίδιο μέσο.

8.6 Μέγεθος των σεισμών

Το μέγεθος ενός σεισμού αποτελεί μέτρο της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τη γένεσή του. Το μέγεθος για τον Ελλαδικό χώρο υπολογίζεται από την εμπειρική σχέση:

$$M = \log a + 1.41 \cdot \log D + 0.2$$

όπου : M: το μέγεθος του σεισμού

a: το μέτρο του γεωμετρικού αθροίσματος των μέγιστων πλατών καταγραφής των οριζόντιων συνιστωσών της εδαφικής κίνησης σε μικρά και

D: η επικεντρική απόσταση σε Km.

Από άποψη μεγέθους, οι σεισμοί κατατάσσονται με βάση την 10βάθμια κλίμακα Richter.

Το μέγεθος ενός σεισμού συνδέεται άμεσα με την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη γένεσή του και αποτελεί μονοσήμαντη έννοια. Αύξηση του μεγέθους κατά ένα βαθμό αντιστοιχεί σε αύξηση της σεισμικής ενέργειας κατά 25-30 φορές.

8.7 Ένταση των σεισμών

Με την έννοια σεισμική ένταση εννοείται το μέτρο των σεισμικών βλαβών. Ο καθορισμός ενός μόνο μεγέθους ως μέτρου των σεισμικών βλαβών είναι αδύνατος. Αυτό συμβαίνει γιατί οι σεισμικές βλάβες εξαρτώνται τόσο από τα στοιχεία της σεισμικής κίνησης (ταχύτητα, επιτάχυνση, περίοδο, διάρκεια, μετάθεση) όσο και από στοιχεία της κατασκευής (ιδιοπερίοδος, συντελεστής απόσβεσης). Εξαρτώνται επίσης από την ιστορία της εδαφικής κίνησης στα θεμέλια του κτιρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού.

Επειδή ο προσδιορισμός μέτρου των σεισμικών βλαβών είναι αδύνατος, χρησιμοποιούνται για την εκτίμησή τους εμπειρικές κλίμακες μακροσεισμικών αποτελεσμάτων. Μακροσεισμικά αποτελέσματα των σεισμών λέγονται οι μεταβολές που προκαλούνται από αυτούς στο έδαφος, στα τεχνικά έργα, στο υπόγειο νερό καθώς και οι επιδράσεις που έχουν

στους ανθρώπους και στα ζώα.

Η κλίμακα που επεκράτησε και χρησιμοποιείται διεθνώς για τον προσδιορισμό της σεισμικής έντασης, είναι η κλίμακα των Rossi-Forel όπως διορθώθηκε από τους Mercalli-Sieberg. Στην 12βάθμια αυτή κλίμακα οι σεισμοί κατατάσσονται ανάλογα με τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που αναπτύχθηκε και τα μακροσεισμικά τους αποτελέσματα.

Β·ΔΙΟ	Μ·ΙΥΟΥΑΕΥΙΕΙζ ·¾ΟΥΑΙεΥΙ·Υ· ΥΑΕΥΙΟ‡	E¾ΕΥζ·×ÓΥĒ (m/secζ)
1	ΑΟΥΕΙΕ¾Υ¼· Ì¼ΟÓ ·¾¼¼ Á×··ΥΘΕΥ· ¼ΥÁ·Ó· (ΥΑΕΥΙΟΑΥζΕÓ×).	0.0000-0.0025
2	ΑΕΥΘΕΥ¼· Ì¼ΟÓ ×¾¼¼ ΟΥΕΥΙεΟÁ· Υ×ΟΘ·ΙÁ· (¾·. ·ΕΥΘΕΥ¼· Ì¼ΟÓ ·¾¼¼ ,Υ·ΥΙΟΟΥ·È ΥΥÓ×· ·ΟΟΥΑΥÓ×· ΟΥ¼ΕÓ×· ΑÓ¼× ,·ΕΙΟ‡ ÌΥΕΥ,Ó×).	0.0025-0.0050
3	ΑΕΥΘΕΥ¼· ·¾¼¼ ÌÁÓ×· ΥΥ· Υ¾·ΥÈ.	0.0050-0.0100
4	ΑΕΥΘΕΥ¼· ΙεΥ· ΥΥ· Υ¾·ΥÈ· (ΥΥ·ΙΕΙΟ Υ·Υ·ΙΕΟÓ) Ì·È εí· ΥΥÓ ‡¾·ÈΔΥÓ.	0.0100-0.0250
5	ΑΕΥΘΕΥ¼· ·¾¼¼ Ì¼ΟÓ· ΑÓ·ΥΥε¾ΟΟΥ·È ΙΕΙΥζ· ·ΟΥΕΙΑ·ΙΑÓ·, ÌΥ×¾¼¼ ΟΑ· ΟΙ· Υ·Ó· ΑΨΙΕΥΕΟÓ.	0.0250-0.0500
6	°ΑΟΕ¼· Ì¾¾ΟΕΙ·, ΑΙ·ΕΥε· ΥΕΙε· ΥΥÈ· ΟΕΙΟ%ΟΙε· (Υ·ΑΙε· ΥΥ· Α¾È·Υ·Υ ÌÁ·Ó· ΙΑΥ·ΙΕ%ΕΟÓ).	0.0500-0.1000
7	¶ΥΟΥÈ Ì·¾¼¼%¾·Υ·Ó, ¾ΥΟΥÈ Α¾È·ΥΕΥΙζ·Υ·Ó.	0.1000-0.2500
8	™Ó·, Υε· ΥΕΙ·Α· Ì·È ΙΑΥΕΙ· Ì·Υ·Α%ζ·ÈÈΥÈ ΟΥΕΥΙεΟ·Ó· ΟΕΙΟ%ΟΙΟÓ Υ·Α·¾¼¼ ΙΑ··Ì¾·Υ·Α·ΥÓ· ΥÓ× 25% ΥÓ× ΟΙΕΙΟ‡· ΥΕΘΙΟ‡· ΟΕΙΟ%ΟΙΟÓ.	0.2500-0.5000
9	ΟΙΕΙ· Ì·Υ·ΥΥÓÈ· Υ·Α·¾¼¼ΟΥ·Υ·¼· ΙΑ··Ì¾·Υ·Α·ΥÓ· ΥÓ× 25% ΥÓ× ΟΙΕΙΟ‡· Υ·Α· ΟΕΙΟ%ΟΙΟÓ·ΟΕΙΟ%ΟΙΟÓ. ™¾¼¼ΟΥ·%ΕΙζ· ·ΟΘΥÓ¾ÈÓ· Δ‡·Ì·Υ·.	0.5000-1.0000
10	ΜΑΥΕΙ· Ì·Υ·ΥΥÓÈ· ¼·Υ·Ó· Υ·Ó· ΟΕΙΟ%ΟΙΟÓ. ΟΙΕΙ· Ì·Υ·ΥΥÓÈ· Υ·Α·¾¼¼ΟΥ· ΙΑ··Ì¾·Υ·Α·ΥÓ· ΥÓ× 50% ΥÓ× ΟΙΕΙΟ‡· ΥΕΘΙΟ‡· ΟΕΙΟ%ΟΙΟÓ. Ε%·ÈÈε· %Ε· ¶ΟΨζ· Δ‡·Ì·Υ·.	1.0000-2.5000
11	Κ·Υζ·Υ·Υ·Α·×ΥÈ ÌζΔ·Α· ΟΕΙΟ%ΟΙΕΙΟ‡· εΥ·Α·Ó×.	2.5000-5.0000
12	¶Ì·Υ·È· Ì·Υ·ΥΥÓÈ· ÌζΔ·Α· ·ΟΘΥÓ¾ÈÓ· εΥ·Α·Ó×. ΤΑΪ·Υ·Ο·Ο·Ε·È· ΙΕ·Ó·Υ·Α·È· Ι·Α· Υ·Ó· Α¾È·Ο·Α·È··Ι·Ο‡· ·Ó·Α·Ì¾·È·Ó·.	>5.0000

8.8 Επίδραση των σεισμών στα τεχνικά έργα

Η επίδραση των σεισμών στα τεχνικά έργα παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον, αφού οι σεισμικές βλάβες μπορεί να προκαλέσουν εκτός από τεράστιες υλικές ζημιές και το θάνατο ανθρώπων.

Οι σεισμικές βλάβες που προκαλούνται στις κατασκευές διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες σεισμικές βλάβες οφείλονται στη μετάδοση των σεισμικών κυμάτων από το υπέδαφος στα θεμέλια, τους τοίχους και τη στέγη των κτιρίων.

Η κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης προκαλεί κατά κανόνα μικρότερες καταστροφές από την οριζόντια συνιστώσα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ενέργεια που μεταφέρεται από την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης είναι κατά κανόνα πολύ μικρότερη από αυτή της οριζόντιας. Επί πλέον, στη δράση της αντιδρά το βάρος του κτιρίου γεγονός που δεν συμβαίνει στη δόνηση κατά την οριζόντια έννοια. Εξαιρέση στα παραπάνω αποτελεί η περίπτωση περιοχών κοντά στο επίκεντρο του σεισμού, στις οποίες η κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στις κατασκευές.

Η κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής κίνησης έχει ως άμεση συνέπεια τη μείωση της τριβής και την ολίσθηση αντικειμένων που συγκρατούνται κυρίως με την τριβή (κεραμίδια, καπνοδόχοι). Μία άλλη επίπτωση από τη δράση της συνιστώσας αυτής είναι η δημιουργία θλιπτικών τάσεων στα κτίρια, με αποτέλεσμα τη θραύση των πάνω γωνιών και την πτώση της στέγης.

Η επίδραση της οριζόντιας συνιστώσας της σεισμικής κίνησης έχει ως συνέπεια τη διατμητική παραμόρφωση των διαφόρων στοιχείων των κτιρίων. Για το λόγο αυτό αναπτύσσονται θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις με διευθύνσεις εφαρμογής κάθετες μεταξύ τους. Δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό στα κτίρια ρωγματώσεις, οι οποίες σχηματίζουν μεταξύ τους περίπου ορθές γωνίες. Η επίδραση της συνιστώσας αυτής στην ευστάθεια κάποιου κτιρίου εξαρτάται κυρίως από τη διεύθυνσή της σε σχέση με τον προσανατολισμό του κτιρίου.

Τα άμεσα αποτελέσματα των σεισμών στις κατασκευές εξαρτώνται κυρίως από τη σεισμική επιτάχυνση. Για τον καθορισμό τους όμως είναι απαραίτητη η γνώση και άλλων παραμέτρων της σεισμικής κίνησης όπως είναι η διάρκεια και η συχνότητα.

Οι έμμεσες βλάβες προκαλούνται κυρίως από πυρκαγιές που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια

των σεισμών. Οι πυρκαγιές αυτές προκαλούνται συνήθως εξαιτίας της διάρρηξης δικτύων φυσικού αερίου και βραχυκυκλωμάτων.

8.9 Μελέτη της κατανομής βλαβών από σεισμούς

Η μελέτη της κατανομής της έντασης ενός σεισμού σε κάποια περιοχή γίνεται με τη βοήθεια των ισόσειστων καμπύλων. Αυτές είναι γραμμές που ενώνουν σημεία της επιφάνειας του εδάφους στα οποία παρατηρήθηκε η ίδια σεισμική ένταση. Η μορφή των καμπύλων αυτών εξαρτάται από τον μηχανισμό γένεσης του σεισμού, από τον τρόπο απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας κατά τη μετάδοση των σεισμικών κυμάτων, από το εστιακό βάθος, από τη φύση και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους θεμελίωσης και από τον τρόπο κατασκευής των κτιρίων.

Το τμήμα της επιφάνειας του εδάφους στο οποίο η παρατηρούμενη ένταση έχει τη μέγιστη τιμή, λέγεται πλειόσειστη περιοχή.

Η μέγιστη ένταση ενός σεισμού λέγεται και επικεντρική ένταση (I_0) και συνδέεται με το μέγεθός του (M) με τη σχέση:

$$M = aI_0 + b \log h + c$$

όπου a, b , και c είναι παράμετροι των οποίων οι τιμές για την Ελλάδα είναι $a=2/3$, $b=1.7$ και $c=-1.7$ και h είναι το εστιακό βάθος του σεισμού.

Η επικεντρική ένταση είναι επίσης συνάρτηση του λογάριθμου της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης Y . Η σχέση που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη είναι: $I_0 = 3 \log Y + 1.5$.

8.10 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σεισμική κίνηση

Το μέγεθος των ζημιών που προκαλούνται στις κατασκευές εξαιτίας της σεισμικής δράσης, εξαρτώνται από τα στοιχεία της σεισμικής κίνησης και από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής. Τα κυριώτερα στοιχεία της σεισμικής κίνησης που αφορούν την εδαφική κίνηση είναι η μετάθεση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση. Αντίστοιχα τα κυριώτερα στοιχεία που είναι χαρακτηριστικά των σεισμικών κυμάτων είναι η περίοδος και η διάρκεια της δόνησης.

Οι παράμετροι που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα παραπάνω στοιχεία είναι:

- τα χαρακτηριστικά της εστίας του σεισμού, όπως ο μηχανισμός γένεσης του σεισμού, η κατεύθυνση διάρρηξης των πετρωμάτων (ολίσθησης των παρειών του ρήγματος), το μέγεθος του σεισμού, το βάθος της εστίας του.
- Η διαδρομή την οποία ακολούθησαν τα σεισμικά κύματα από την εστία μέχρι την περιοχή αναφοράς (μήκος διαδρομής, υφιστάμενες παράμετροι απόσβεσης σεισμικών κυμάτων, φύση του μέσου διάδοσης)
- Τα γεωλογικά στοιχεία της θέσης αναφοράς (το είδος των γεωλογικών σχηματισμών και τεχνικά τους χαρακτηριστικά, η παρουσία ρωγματώσεων, η παρουσία υπόγειου νερού κ.λ.π).

Από τα στοιχεία της σεισμικής κίνησης η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (γ_m), η μέγιστη σεισμική ταχύτητα (v_m) και η μέγιστη μετάθεση (S_m), αυξάνουν ανάλογα με το μέγεθος (M) και αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση της εστίας (εστιακή απόσταση D).

Από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της εστίας του σεισμού το εστιακό βάθος επιδρά αντιστρόφως ανάλογα στο μέγεθος των σεισμικών βλαβών.

Σε ότι αφορά την κατεύθυνση διάρρηξης των πετρωμάτων κατά τη γένεση του σεισμού, αυτή επηρεάζει σημαντικά τον τρόπο και την κατεύθυνση ακτινοβολίας της σεισμικής ενέργειας και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την κατανομή της σεισμικής δράσης. Η κατεύθυνση αυτή εξαρτάται από τον προσανατολισμό των σεισμικών ρηγμάτων που επηρεάζουν την περιοχή και από τον τρόπο ολίσθησης των τεμαχών του ρήγματος κατά τη γένεση του σεισμού.

8.11 Η σεισμική δράση στην Ελλάδα

Η σεισμική δράση στον Ελληνικό χώρο είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Η Ελλάδα είναι από τις πλέον σεισμογενείς χώρες της Ευρώπης και του κόσμου. Η κύρια σεισμική ζώνη ακολουθεί το Ελληνικό τόξο (Ιόνια νησιά, Κύθηρα, Κρήτη, Δωδεκάνησα) και η μεγαλύτερη έκλυση ενέργειας παρατηρείται στα νησιά του Ιονίου πελάγους και στα Δωδεκάνησα μεταξύ Ρόδου

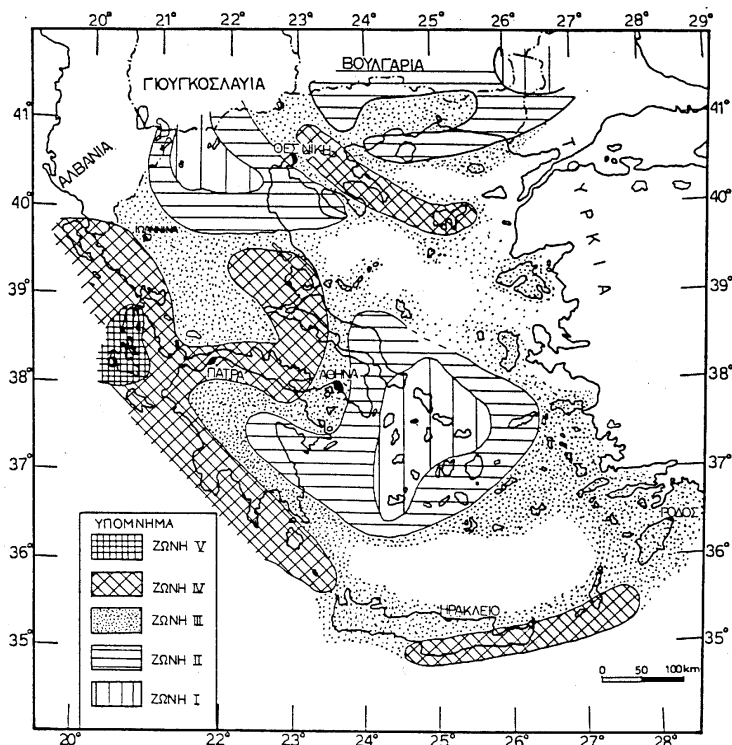
και Κώ. Μία δεύτερη σεισμική ζώνη διασχίζει τη Δυτική Τουρκία και περνώντας από το βόρειο Αιγαίο, τις Σποράδες, τη Θεσσαλία ενώνεται τελικά με την κύρια ζώνη του Ελληνικού τόξου.



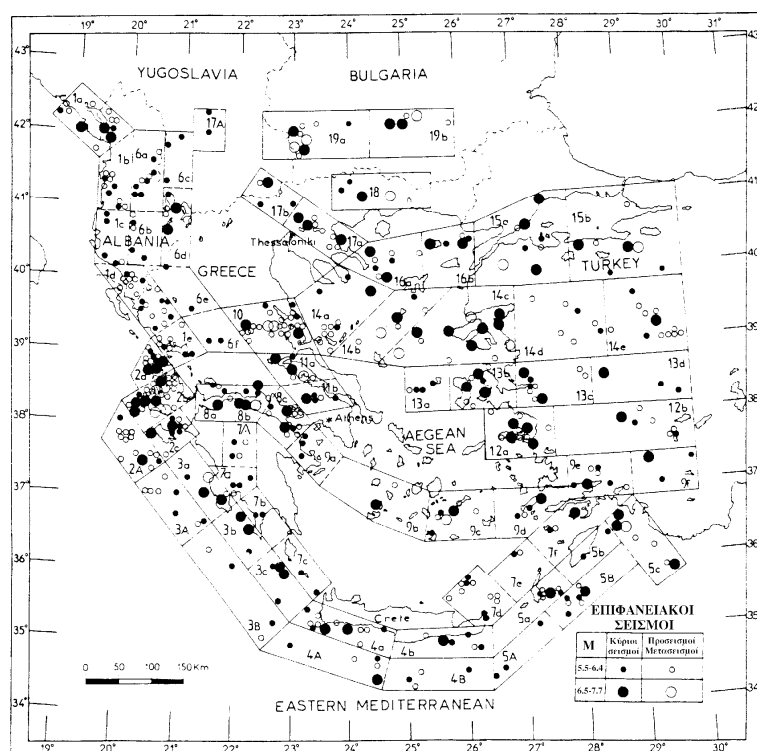
Εικόνα 8-6 Γεωδυναμικό μοντέλο Ελληνικού χώρου. Μαύρα βέλη: κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών, λευκά βέλη: αναπτυσσόμενες τάσεις, κόκκινα βέλη: διεύθυνση ολίσθησης τεμαχών ρηγμάτων.

Με δεδομένη την αδυναμία ακριβούς βραχείας πρόγνωσης των σεισμών η κύρια αντισεισμική προστασία είναι η κατασκευή αντισεισμικών κτιρίων. Ο προσδιορισμός της επιβάρυνσης των κατασκευών εξαιτίας σεισμικών δονήσεων γίνεται μέσω του ισχύοντος Αντισεισμικού Κανονισμού. Οι βασικές παράμετροι της εδαφικής κίνησης εξαιτίας σεισμικής διέγερσης, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στη σύνταξη του Αντισεισμικού Κανονισμού, έχουν προκύψει από σχετικές μελέτες ερευνητών. Τα διαγράμματα που παρατίθενται στη συνέχεια

αφορούν ορισμένες από αυτές.



Εικόνα 8-7 Χάρτης καμπύλων ίσης σεισμικής επιτάχυνσης (cm/sec^2) του Ελληνικού χώρου και της ευρύτερης περιοχής. Η πιθανότητα μη υπέρβασης των τιμών αυτών στα επόμενα 50 χρόνια είναι 90% (Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας, 1989).



Εικόνα 8-8 Οι 69 περιοχές εμφάνισης σεισμών επιφάνειας στο Αιγαίο και την ευρύτερη περιοχή.

