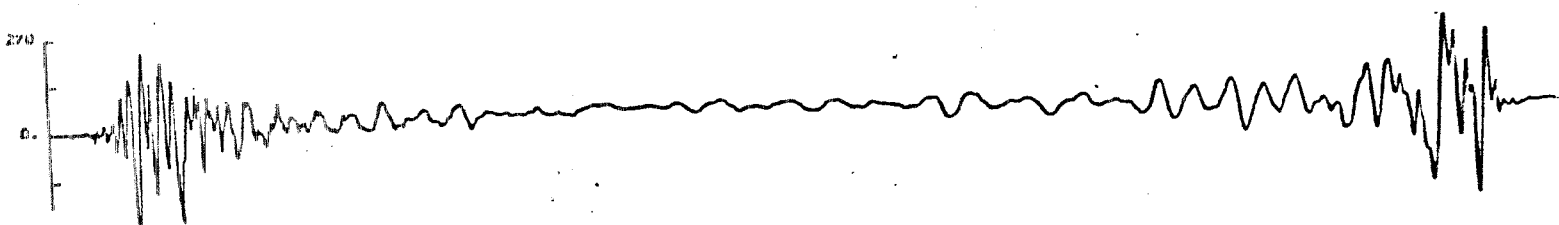
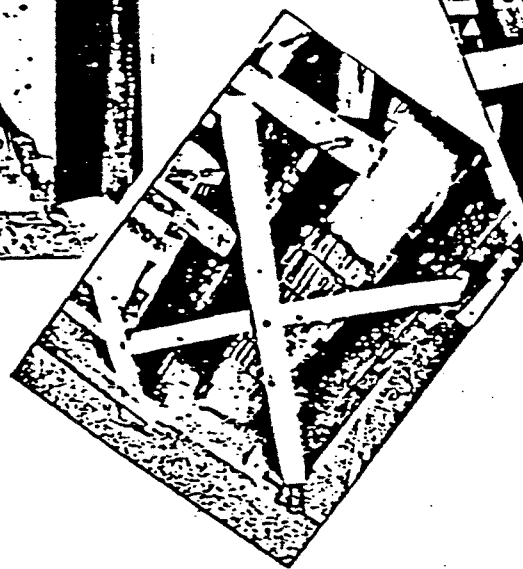
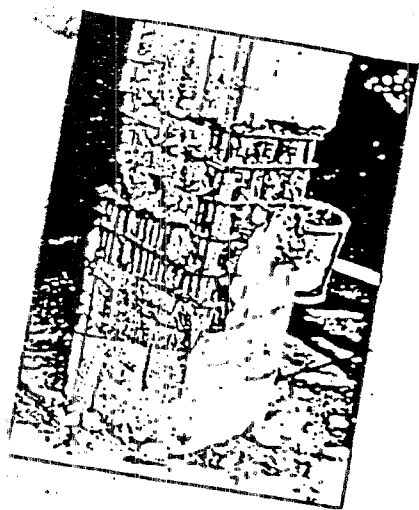


ΤΕΧΝΙΚΟ Επιμελητήριο Ελλάδας
- τμ. Μαγνησίας



„Σεισμικότητα στο Νομό Μαγνησίας”



ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΗΜΕΡΙΔΑΣ

Η Μ Ε Ρ Ι Δ Α 25-5-1987

ΘΕΜΑ: "Σεισμικότητα στο Ν.Μαγνησίας"

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

9.00 πμ. Χαιρετισμοί -Εναρξη

1 Συνεδρία

9.30 -1400

1. Σεισμικότητα και Σεισμολογικά Δίκτυα παρακολούθησης στην ευρύτερη περιοχή

Εισηγητής: Κουσκουνά Βίκυ Δρ.Σεισμολόγος

Εργαστηρίου Γεωφυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών

2. Σεισμική Επικυδινότητα της περιοχής

Εισηγητής: Σταυρακάκης Γεώργιος Δρ Σεισμολόγος

3. Σεισμική δράση του Βορειοελλαδικού χώρου και της περιοχής της Μαγνησίας.

Εισηγητής: Βοΐδομάτης Φίλιππος Δρ Γεωφυσικός -Σεισμολόγος

ΔΙΑΛΕΙΜΑ

4. Μικροζωνικές μελέτες-εξειδίκευση στη Καλαμάτα

Εισηγητές: Γεώργιος Σταυρακάκης Δρ Σεισμολόγος

Παναγιώτης Παπακυριακόπουλος Δρ Εδαφομηχανικής

5. Γεωφυσικά δίκτυα παρακολούθησης και δυνατότητες πρόγνωσης Σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας.

Εισηγητής: Παπαδόπουλος Γεράσιμος Δρ Γεωφυσικός

Πρόεδρος Συλλόγου Γεωφυσικών Ελλάδος

6. Γεωλογικές και τεκτονικές δομές της περιοχής Μαγνησίας σε σχέση με τον ευρύτερο Βορειοελλαδικό χώρο.

Εισηγητής: Παυλίδης Σπύρος Λέκτορας Γεωλογίας Α.Π.Θ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

2η ΣΥΝΕΔΡΙΑ
17.30 - 22.00

7. Συμπεριφορά των κτιρίων στους σεισμούς και ειδικότερα στην Καλαμάτα

Εισηγητής: Βαρθής Μιχαήλ

Καθηγητής Πολυτεχνικής Σχολής Πατρών

8. Εμπειρίες από τον Σεισμό της Καλαμάτας-ενέργειες-συνεργείων τεχνικής υποστήριξης-χαρακτηριστικές βλάβες κτιρίων-επισκευές.

Εισηγητής: κ. Σαρηγιάννης ΥΑΣΒΕ Θεσ/νική

9. Σεισμικότητα -ασφάλεια θεμελιώσεων και αντισεισμική προστασία της πόλης του Βόλου.

Εισηγητής: Μπαρούνης Αριστ. Δ/ντης Γεωφυσικής Ε.Π.Ε

Τ.Επιμελητής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας ΕΜΠ .

ΔΙΑΛΕΙΜΜΑ

10. Οι σεισμοί της 9ης Ιουλίου 1980 στη Μαγνησία.

Εισηγητής: Τσατανίφος Χρήστος Πολιτικός Μηχανικός Δρ

11. Επίδραση των σεισμών στα κτίρια-προστασία-υπολογισμός.

Εισηγητής: Παπαθεοδώρου Μιχαήλ Πολιτικός Μηχανικός

12. Κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις των σεισμών:

Εισηγητής: Παυλίδης Σπύρος Λέκτορας Γεωλογίας ΑΠΘ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δουμπιώτης Απόστολος Πρόεδρος Τ.Ε.Ε. Τμ. Ν.Μαγνησίας

Καρτσιώτης Κων/νος Μέλος Δ.Ε.Τ.Ε.Ε. Τμ. Ν.Μαγνησίας

Θεοφίλου Λεωνίδα Πρόεδρος Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ν.Μαγνησίας

Κουνέ Λουίζα Πρόεδρος Συλλόγου Αρχιτεκτόνων Ν.Μαγνησίας

Μπολώτα Ιωάννα " " Αγρ.Τοπογράφων Ν.Μαγνησίας

ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΙΔΑΣ: ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΔΟΥΜΠΙΩΤΗΣ

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΕΕ-ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Αγαπητοί Συνάδελφοι,

Αγαπητοί προσκεκλημένοι,

Ευχαριστούμε όσους ήλθαν και ιδιαίτερα τους ειδικούς επιστήμονες που έκαναν τον κόπο να έλθουν.

Η σημερινή ημερίδα που αναφέρεται στη σεισμικότητα έχει σκοπό να ενημερώσει τους συναδέλφους του νομού αλλά και επίσης τους φορείς και το κοινό πάνω σε ζητήματα ίσως άγνωστα. στους περισσότερους αλλά που μας αφορούν άμεσα.

Είναι γνωστό ότι η περιοχή της Μαγνησίας είναι μία από τις πιο ενεργές σεισμικές περιοχές. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να ενημερωθούμε πάνω στην ιστορική και πρόσφατη σεισμικότητα να γνωρίσουμε τι σεισμολογικά δίκτυα παρακολούθησης υπάρχουν στην περιοχή μας και σε πιο βαθμό υπάρχει αν υπάρχει πρόγνωση των σεισμών.

Επίσης έχουμε υποχρέωση να γνωρίσουμε τι σημαίνουν μικροζωνικές μελέτες και πως αυτές μπορούν να γίνουν στην περιοχή μας. Μελέτες που αφορούν την γεωγραφική δομή της περιοχής μας και έχουν άμεση σχέση με τα μέτρα που πρέπει να πάρετε για την αντισεισμική προστασία.

Θα γίνουν επίσης εισηγήσεις για την συμπεριφορά των κτιρίων στους σεισμούς και τα πρακτικά αποτελέσματα από τους σεισμούς της Καλαμάτας και θα αναφερθούν οι εισηγήσεις σε συγκεκριμένες προτάσεις για την αντισεισμική προστασία της περιοχής και αντισεισμική θωράκιση των κτιρίων.

Το ΤΕΕ/Τμ. Μαγνησίας πρέπει και έχει μεγάλη ευαισθησία στην προστασία των πολιτών από τους σεισμούς και πέρα από την

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ
υπό Φ. ΒΟΪΔΟΜΑΤΗ Δρ. Σεισμολογίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο βόρειος Ελλαδικός χώρος και οι γύρω περιοχές αποτελούν μια από τις περισσότερο ενεργές σεισμικές περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου και της Δυτικής Ευρασίας.

Η περιοχή αυτή είναι ένα πολυπλοκο τμήμα της ζώνης σύγκλισης μεταξύ των λιθοσφαιρικών πλακών της Ευρασίας και της Αφρικής αλλά η σεισμική δράση της είναι πολύ υψηλότερη απ' ό,τι άλλες περιοχές της ίδιας ζώνης.

Η αυξημένη σεισμική δράση που παρατηρείται στην προαναφερθείσα περιοχή υπήρξε ο κύριος λόγος για ένα μεγάλο αριθμό εκτεταμένων ερευνών τις δυο τελευταίες δεκαετίες, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον.

Στην παρούσα εισήγηση πρόκειται να παρουσιασθούν βασικές πληροφορίες για τη σεισμική δράση του Βόρειου Ελλαδικού χώρου και ιδιαίτερα της περιοχής της Μαγνησίας, συμβάλλοντας έτσι στην ακριβέστερη γνώση της σεισμικότητας του χώρου αυτού.

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ Β. ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η κατανομή των επικέντρων των σεισμών στο χώρο, με τη μορφή χάρτη δίνει αρκετά σαφή αντίληψη της σεισμικής δράσης μιας περιοχής και καθορίζει με ακρίβεια τα όρια των σεισμικών ζωνών που παρουσιάζουν αυξημένη σεισμικότητα (Hatzidimitriou et al 1984).

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η κατανομή των επικέντρων των επιφανειακών σεισμών, οι οποίοι έχουν μεγέθη καλύτερα ή ίσα του 4.7 και συνέβησαν κατά το διάστημα 1911-1985 στον ευρύτερο βόρειο Ελλαδικό χώρο (Βοϊδομάτη 1984). Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από τον κατάλογο σεισμών των Κορνίνακίς and Παράζαχος (1985).

Οι δυο μεγαλύτεροι επιφανειακοί σεισμοί κατά τον παρόντα αιώνα έγιναν, ο πρώτος στις 4 Απριλίου 1904, στην περιοχή της ΝΔ Βουλγαρίας (Cresna) με μέγεθος $M = 7.7$ και ο δεύτερος,

και ο πρόσφατος σεισμός της 19 Δεκεμβρίου 1981 με μέγεθος $M=7.3$.

Η αυξημένη σεισμική δράση στην περιοχή αυτή συμπίπτει με την τάφρο του Β. Αιγαίου (Parazachos 1976 a,b), ένα βύθισμα (graben) ABA-ΔΝΔ διεύθυνσης κατά μήκος όλης της περιοχής του Β. Αιγαίου και μέγιστου βάθους 1.5 km το οποίο αποτελεί το κύριο μορφολογικό γνώρισμα τεκτονικής προέλευσης του χώρου αυτού.

Όπως προκύπτει από το σχ. 1.η υψηλότερη σεισμική δράση του Β. Ελλαδικού χώρου κατά τη διάρκεια του παρόντος αιώνα κατανέμεται κατά μήκος της γνωστής Σερβομακεδονικής γεωλογικής ζώνης, η οποία παρουσιάζει μερικές ιδιότητες χρονικής συγκέντρωσης και μετανάστευσης των επικέντρων (Comninakis and Parazachos 1979).

Από την περιοχή του Αγίου Όρους η γεωγραφική κατανομή της σεισμικής δράσης κάμπτεται προς τα ανατολικά, διασχίζει με διεύθυνση Α-Δ το βορειότερο τμήμα του Β. Αιγαίου, φθάνει στις ακτές της ΒΔ Τουρκίας και από εκεί εκτείνεται κατά μήκος του κύριου άξονα της θάλασσας του Μαρμαρά.

ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

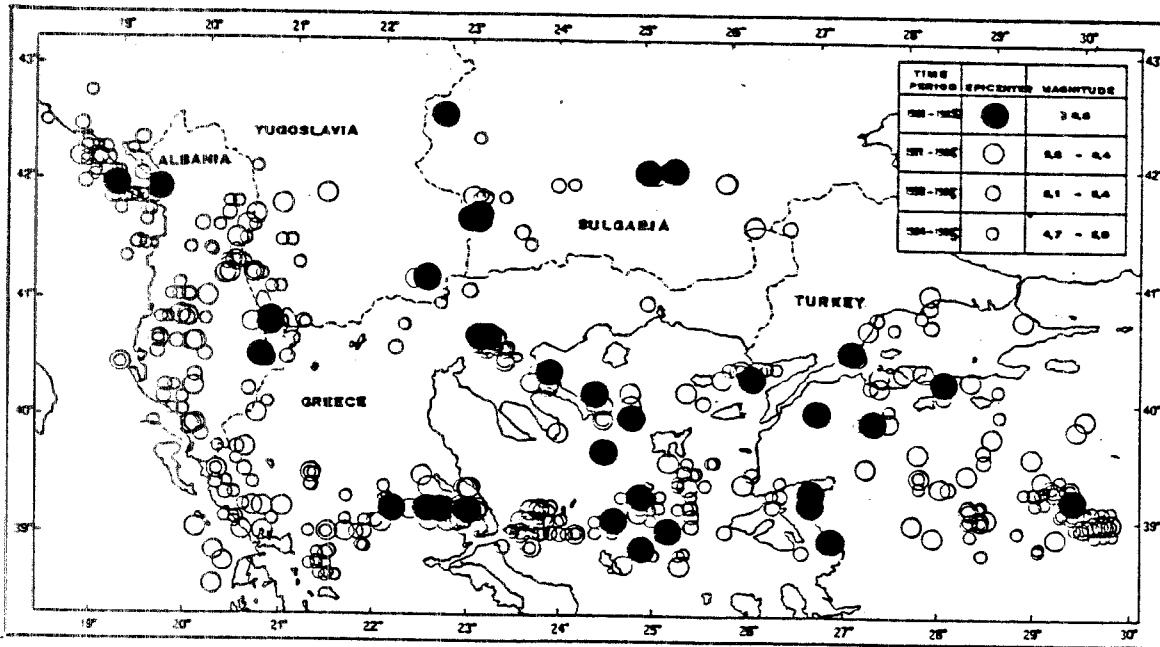
Η περιοχή της Μαγνησίας ανήκει σε μια αρκετά ευδιάκριτη σεισμική ζώνη, αυξημένης σεισμικής δράσης, που εντοπίζεται στην περιοχή της Κεντρικής Θεσσαλίας-Μαγνησίας και στην οποία τα επίκεντρα, χωρίς να παρουσιάζουν σημαντική διασπορά κατανέμονται σε μια διεύθυνση σχεδόν Α-Δ. Στη ζώνη αυτή ανήκουν οι καταστρεπτικοί σεισμοί της 30 Απριλίου 1954 μεγέθους $M=7.0$, της 8 Μαρτίου 1957 που είχε μέγεθος $M=6.8$, ενώ ο προσεισμός του της ίδιας ημέρας είχε μέγεθος $M=6.5$. Επίσης, ένας αριθμός μικρότερων σεισμών έγινε στην περιοχή αυτή κατά την περίοδο 1954-1957. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των επικέντρων των σεισμών, με μεγέθη μεγαλύτερα του 5.5 που έγιναν κατά τον προηγούμενο αιώνα (1801 μ.Χ.-1900 μ.Χ.) και κατά τους ιστορικούς χρόνους (479 π.Χ.-1800 μ.Χ.) (Βοϊδομάτης 1984), όπως προκύπτουν από τον κατάλογο των Parazachos and Comninakis (1982). Όπως φαίνε-

ζώνη χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρές περιόδους επανάληψης για σεισμούς με μικρά μεγέθη, ενώ αντίθετα για μεγάλα μεγέθη χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλες περιόδους επανάληψης (πίνακας I).

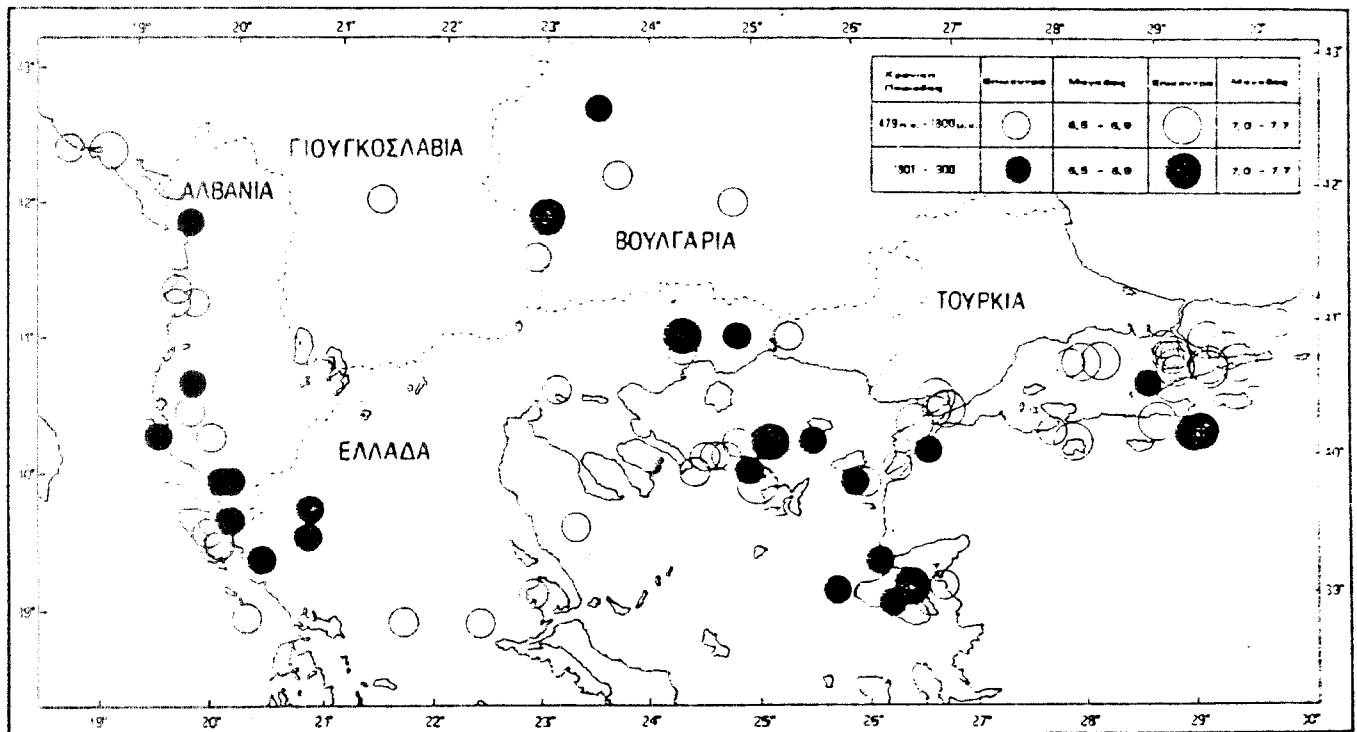
M	5	5.5	6	6.5	7.0
T(M)	2.0	5.0	12.0	29.0	71.0

Από τη χαρτογράφηση της σεισμικής ενέργειας (σχ. 4) φαίνεται επίσης ότι η σεισμική ενέργεια σ' αυτή τη ζώνη απελευθερώνεται κυρίως, με μικρό αριθμό σεισμών, μεγάλου μεγέθους.

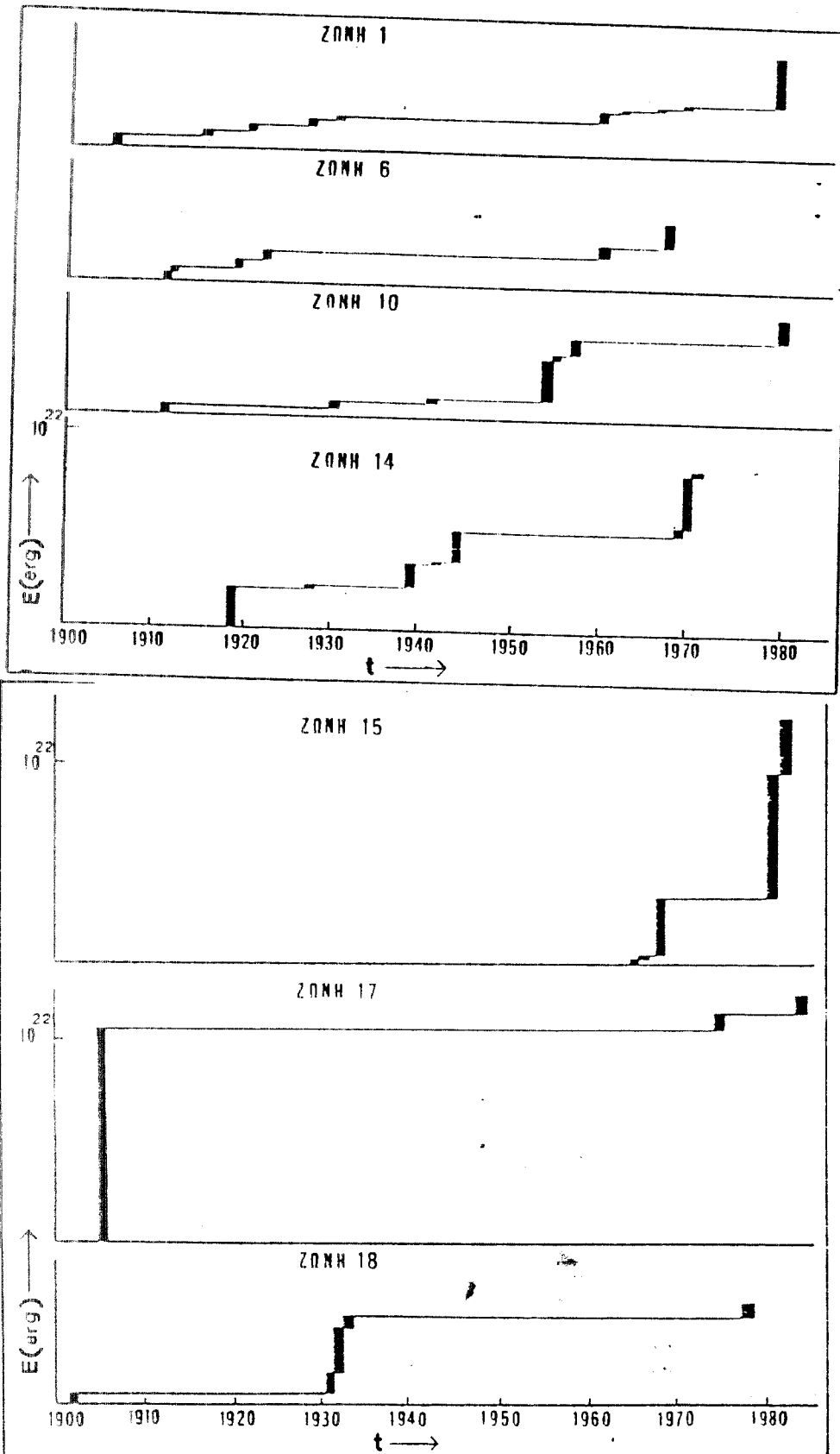
Στο σχ. 5 φαίνονται οι καμπύλες ίσου συχνότερα παρατηρούμενου μέγιστου μεγέθους στο βόρειο Ελλαδικό χώρο και τις γύρω περιοχές. Έτσι προκύπτει ότι η περιοχή της Μαγνησίας, και ορισμένες άλλες περιοχές στον ευρύτερο χώρο, χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές του ποσοτικού αυτού μέτρου της σεισμικότητας.



Σχ.1. Γεωγραφική κατανομή των επιπέτρων των επιφανειακών σεισμών που έγιναν στο βόρειο Ελλαδικό χώρο και τις γύρω περιοχές κατά τον Παρόντα αιώνα



Σχ. 2 .- Γεωγραφική κατανομή των επιπέτρων των επιφανειακών σεισμών που έγιναν στο βόρειο Ελλαδικό χώρο και τις γύρω περιοχές κατά τον προηγούμενο αιώνα και τους ιστορικούς χρόνους. (Βοϊδομάζης 1984)

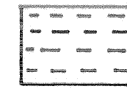
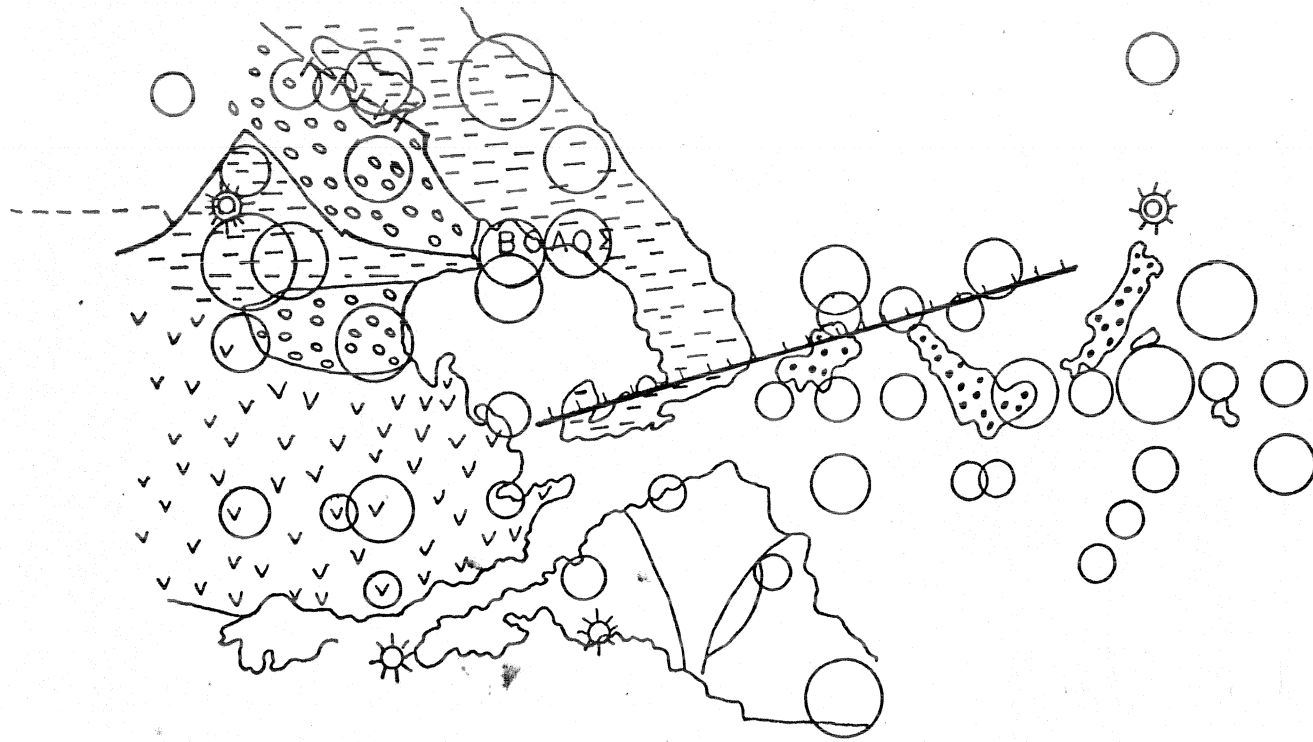


Σχ. 4 - Συσσωρευτική ετήσια ενέργεια σε συνάρτηση με το χρόνο για τις σεισμικές ζώνες 15, 14 και 10.

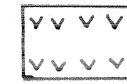
ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ *

Κλίμακα: 1:1.000.000

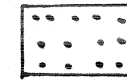
ΥΠΟΜΝΗΜΑ



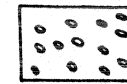
Πελαγωική μάζα



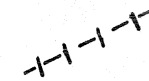
Αυκίκο υβώμα επί κρησαλλοοπισσοδούς πελαγωικής μάζας



Στρώματα του χρωσυχλήνου του Αζίου



Μεσασκεζονικά ζήματα πλειστοκαινα



Πλειστοκαινικό ρήγμα



Προπλειστοκαινικό ρήγμα



Βορειόν ορίον τεκτονικής πλάκας Αιγαίου

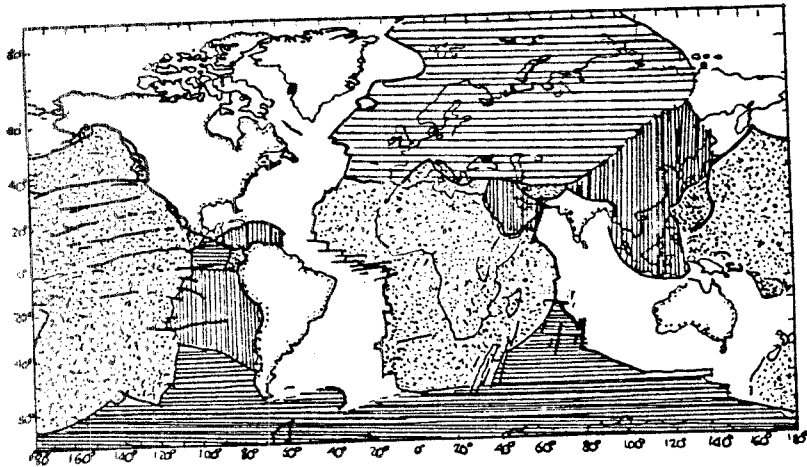


Τεταρτογενή υφαισσεια (μικροδρῶν)



Σεισμικό υποκενρό διαφόρων μεγεθών σεισμού (R)

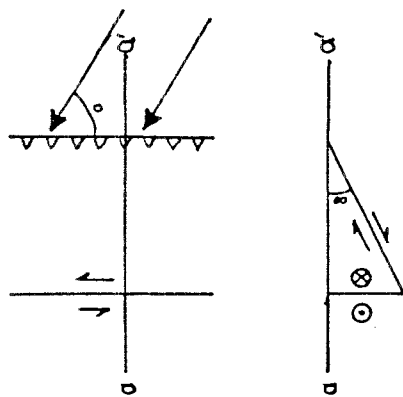
* Αποσπασμα απο χαρτη Σεισμολογικου Ινστιτουτου Αθηνων και ΙΓΜΕ , με τροποποιησεις



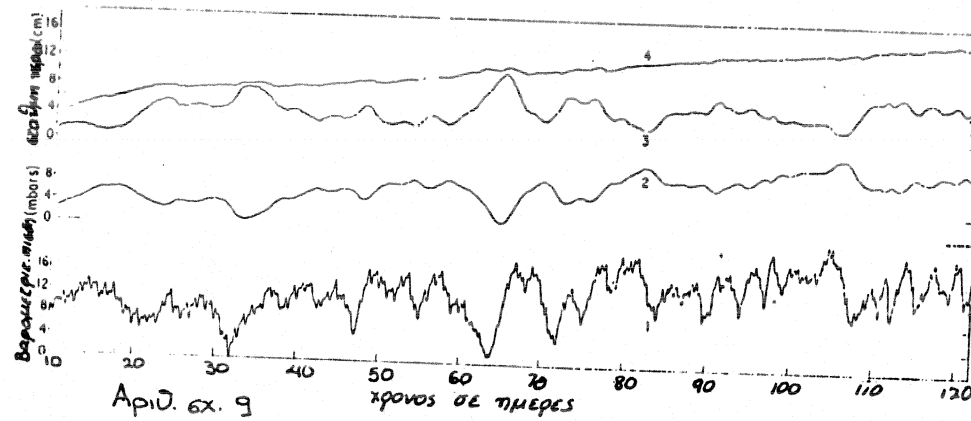
Κύριες πλάκες Ευρωπαϊκής Ζώνης

Αριθμός σχ. 2

Αριθμός σχ. 4



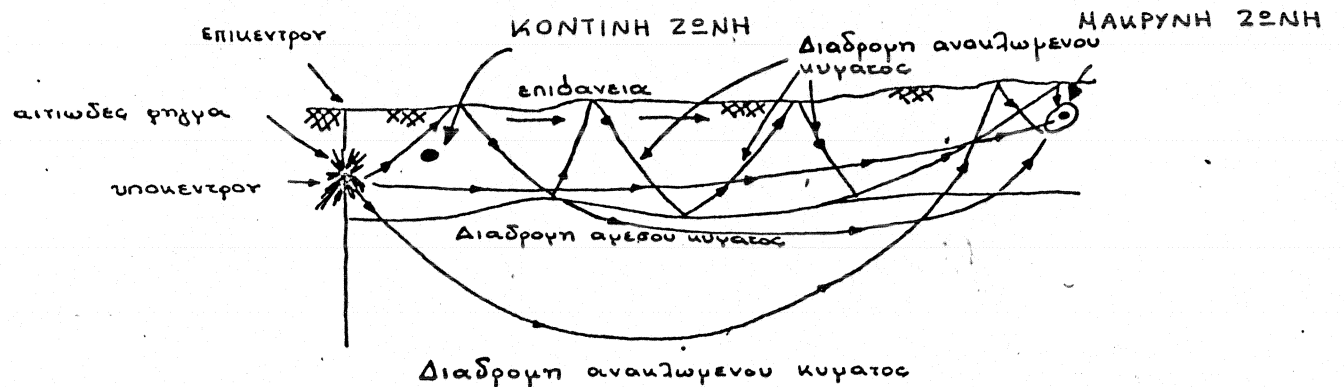
Ρηγμα ορθογώνιου μετατόπισης
 παράλληλα ή αντίθετα
 (Transcurrent fault)



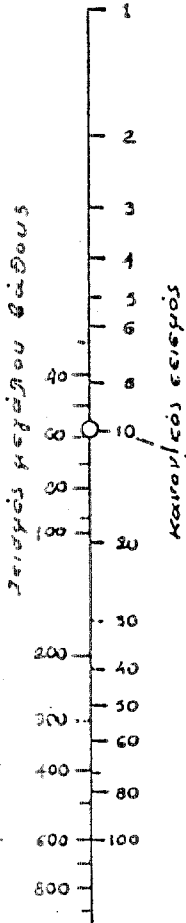
1. Καμπύλη βαρομετρικής πίεσης
2. Διορθωμένη βαρομετρική καμπύλη
3. Καμπύλη ελαθμης
4. Διορθωμένη καμπύλη ελαθμης.

Κατανόηση ρηγματων σε σχέση με απόσπαση από σεισμικό ρήγμα

Αριθ. εκ. 8



Βάθος σεισμικής
εστιαίας εστίας Km

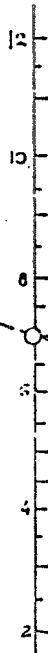


Καιρονικός σεισμός

Μεγέθος σεισμού
κατά Richter



Ευκλαση σεισμικού εστιαίου
επιπέδου ΓΕΟΓΡΑΦ



αριθ. σχ. 11

Αριθμ σχ. 11

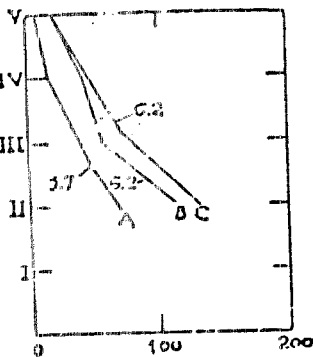
Νεγογράφημα που συνδέει εδάφεια
Μ Ι Κ Η οριζ. σεισμικού μεγάλου βάθους
κατά Sheba βίτη (1957)
Διηραμειζόμενον από την σχέση:

$$I_0 = 1.5M - 3.4 \log H + 5.14$$

$$H_a < H < 640 \text{ χλ.μ.}$$

$$\text{όπου } H_a = 80 \text{ χλ.μ.}$$

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΕΥΚΛΑΣΗ ΕΣΤΙΑΙΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ



Μικτή ισοσεισμική αξίνα
σε χιλ. Α, Β, Γ σεισμολογικών
μεγεθών 5.7, 6.2, 6.2
σχ. 12

ΤΥΠΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΥΤΑΣΗΣ ΣΕ ΒΑΘΜΟΥΣ ΜΙΚΡΗΣ ΓΕΩΦΙΑΝΗΣ ΑΠΟ ΡΟΡΘΩ (1959) ΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΔΙΑ ΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΣΥΣΘΗΚΕΣ. ΑΠΟ Α. ΜΠΑΡΟΥΔΗ ΩΣ ΠΕΤΡΩΜΑ ΑΙΔΑΦΟΡΑ. ΛΕΜΒΑΡΩΕΤΑΙ Ο ΓΡΑΦΙΤΗΣ ΜΕ ΑΥΞΗΣΗ Ο

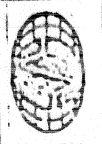
Α/Α ΜΟΝΤΕΛΟΥ	Ενδεικτική γεωλογική γεωγραφογραφία	Γεωλογική περιγραφή	Βαθμός - Γεωγραφικού Κινδύνου		
			Γενική Κατάταξη	Αύξηση της Γεωλογικής Έντασης	Διακυμαίνουσα Σημ. Μ.Μ. Σεισμ. Έντασης
1		Γρανίτες ή γρανιτικό ισοδύναμα χωρίς αποσάθρωση και χωρίς διάρρηξη.	Η ασφαλέστερη σε γεωλογία Δέν υπολείπεται σε μόνιμη παραμόρφωση παρά μόνον σε ένταση 10-11	0	Μείωση 1-2
2		Μεγάλου πάχους Ιζηματογενή πετρώματα: αβεστολιθοί, γρανίτες, κροκαλοπαγή, βραχώδους υφής ή μεταμορφωμένα τύπου γαλαξίτης ή γυψώσιου.	Ασφαλή ως σε γεωλογία αλλά λιγότερο από την περίπτωση 1. Υπόκειται σε γόνιμον παραμόρφωση ή επημέτωπη από σεισμό	02-08	-
3		Ιζηματογενή πετρώματα ηρώτερο συνηρητή σερωμασειδή ή εκτετατή (ή/και) συληρητή ή ημίσυληρη πορώδη μεγάλου πάχους πετρώματα γυψώδη υφής ή ελαφρώς πευκωμένα, Ηφαιστειακοί τοφφοί, Τορφοί, γαγγίτες αρχιλιθιοί και μαρμαρυγίακοί, σκιετόλιθοι, μεσοζώϊκοι μαργες ή ψαμμίτες της ζώνης του ολιγώμερου διαδισού, γύψος.	Ασφαλή ως σε γεωλογία αλλά λιγότερο από την περίπτωση 2. Ενδεικτικά μόνιμου παραμόρφωση από σεισμό	07-1.1	Μείωση 1

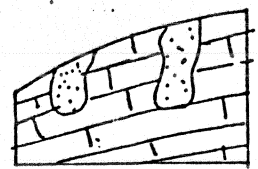
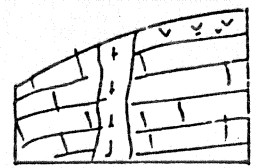
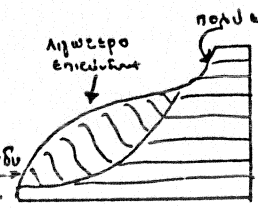
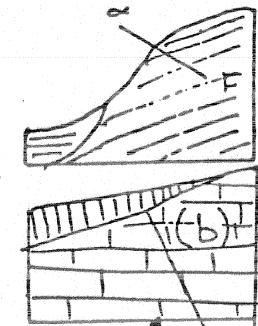
ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ

ΕΠΙΧΡΟΝΙΑ


ΕΡΓΟΝ
Νο

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ Ε.Ε.
ΕΡΕΥΝΑΙ-ΜΕΛΕΤΑΙ
ΥΠΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑΙ-ΕΞΑΦΟΤΕΧΝΙΚΑΙ
ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΑΙ



12		<p>Ανθρακικά πετρώματα σε εξέλιξη μαρμαίωση διαβρωσης χωρίς απολίθωση και ζεγύρισμα</p>	<p>Λίαν επικύνδυνα σε ενεργό καρτώ. λόγω άνωστη καώληση. Σε παλιό καρτώ. γίνονται ρητίδια σε ενεργό καρτώ.</p>	2.0.4.0	<p>Αμεταβλήτη η αύξηση κατά 1-2 μόν.</p>
13		<p>Ελαφρά πυριγενών διεσώσεων με ίση καταπόνηση ή μεταμορφωμένη πετρώματα</p>	<p>Λίαν επικύνδυνα ειδικά όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μηχανικών ιδιοτήτων</p>	1.0-4.0	<p>Αμεταβλήτη η αύξηση κατά 1 μόν.</p>
14		<p>Παράγει καταλιθώσεις και ερηυκοί διαφόρων πετρωμάτων α) ξηρός - β) υγρός</p>	<p>Ι χημικοί της περιπτώσεως (α) κροτί να είναι καταλληλοί δια διακρίση 2ών περιπτώσεων (β) κίνδυνος μετακινήσεων (ακατάλληλοι)</p>	1.0-4.0	<p>Εντατικά ή κτώ βλάβη επί καταρτήσεων β πιθανή αύξηση κατά 1-2 μόν αβτ</p>
15		<p>2 μόν κτενυρα ή κατάσβε διεκνήτα σε βρωμα ρητίδια κτακνήτα (β) ή ορατά ή πιθανώς σε ενεργία</p>	<p>εξαιρετικά επικύνδυνα λόγω βίβρισης δυνάμει δια του ούρατος είδη πού τέρτες δηλ τδ οσοί έχουνται σε βίβριση εύρατα</p>	3-4.0	<p>Αύξηση κατά 1-2 μόν αβτ</p>

ΣΕΛΙΣ 36/36
 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
 ΕΡΓΟΝ No
 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ Ε.Ε.
 ΕΡΕΥΝΑΙ-ΜΕΛΕΤΑΙ
 ΥΑΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑΙ-ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΑΙ
 ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΑΙ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σεισμολογικού Ινστιτούτου Αθήνας και Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών υπέδαφους Σεισμοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας κλίμακα 1:1.000.000 Αθήνα 1971 Μπορνοβα, Γαλιανοπούλου, Δελιμπάσης
2. Α. ΜΠΑΡΟΥΝΗ Μεθοδολογία γεωσεισμικής χαρτογράφησης για γεωτεχνικές εφαρμογές. Ανακοίνωση στο ΒΓΓεωλογικό διήμερο Γεωλογία Σεισμοί Αθήνα Μάης 1984.
3. J. M. LORT the Tectonics of the Eastern Mediteranean Reviws of Geophysics and Space Physics Vol 9 No 2 p189 May 1971
4. P. R. VOGT R.H Higgs, G. L. JOHNSON Hypotheses on the origin of the mediteranean Basin: Magnetic data Journal of Geophysical Research Vol 76 N 14 P 3207 May 1971
5. M. CARUTO G.F.RANZA D.POSTISCH REEP STRUCTURE of the mediteranean Basin Joyrnal of Geophysical Research Vol 75 No 26 P4919 September 1970
6. J.C. SAVAGE A theory of Greep waves Propagation along a transform fault Journal of Geophysical research Vol 76 No8 March 1971
7. A. JOHNSON, R.KOVACH, A.MOR J.Booker Pore presure changes during creep events on the San Andrea fault journal of Geophysical Research vol. 76 N 5 , P. 851 , February 1973 .
8. A.Mc Gart , L.ALSOP Transmission and Reflection of Rayleigh waves at vertical boundaries .Journal of Geophysical Research Vol. 72 N 8 , p.2169 April 1967 .
9. T.HANKS,W.THATCHER A graphical representation of seismic source parameters .Journal of Geophysical Research Vol. 77 N 23 August 1972 .
10. W.J.MORGAN J STEINHART Rises trenches Great faults and Crustal blocks . Journal of Geophysical research .Vol. 73 N 6 p.1959

ΓΕΩΦΥΣΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Δρ. Γεώργιος Α. Παπαδόπουλος

Διεύθυνση Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών,

Γ.Γ.Χ.Ο.Π., Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.,

Λουίζης Ριανκούρ 71, 11523 Αθήνα

Περίληψη

Δίνονται πληροφορίες για τα γεωφυσικά δίκτυα στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας, ανασκοπούνται οι παρατηρήσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν για την πρόγνωση σεισμών στην περιοχή και παρουσιάζονται μερικά νέα, προκαταρκτικά αποτελέσματα που αφορούν την πρόγνωση.

Εισαγωγή

Στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας (Σχήμα 1) έγιναν πολύ ισχυροί σεισμοί στα τελευταία 33 χρόνια περίπου και προκάλεσαν εκτεταμένες καταστροφές και ανθρώπινα θύματα κυρίως στις Σοφάδες (1954), το Βελεστίνο (1957) και τον Αλμυρό (1980).

Συνεπώς, φαίνεται ότι το σεισμικό πρόβλημα της περιοχής είναι έντονο. Γι' αυτό επιβάλλεται η μακροπρόθεσμη αντιμετώπισή του με τη συνδυασμένη εφαρμογή όλων των τρόπων με τους οποίους μπορούν να μειωθούν οι συνέπειες των σεισμών.

Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι ένας από τους τρόπους αυτούς είναι η πρόγνωση, δηλαδή ο προκαθορισμός του χρόνου, του χώρου και του μεγέθους συγκεκριμένου σεισμού. Ανάλογα με την ακρίβεια προκαθορισμού του χρόνου, t , η πρόγνωση διακρίνεται σε μακράς (t = μερικά έτη), μέσης (t = από μερικούς μήνες μέχρι 1-2 χρόνια) ή βραχείας (t = μερικές βδομάδες μέχρι μερικούς μήνες) διάρκειας και σε άμεση πρόγνωση (t = μερικά λεπτά, ώρες ή μέρες).

Στην αρχή της εισήγησης δίνονται πληροφορίες για τα δίκτυα γεωφυσικών οργάνων στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας, στη συνέχεια ανασκοπούνται οι μέχρι σήμερα παρατηρήσεις που μπορούν να συμβάλλουν στην πρόγνωση σεισμών στην περιοχή, και τέλος, παρουσιάζονται μερικές νέες παρατηρήσεις με ενδιαφέρον για την πρόγνωση.

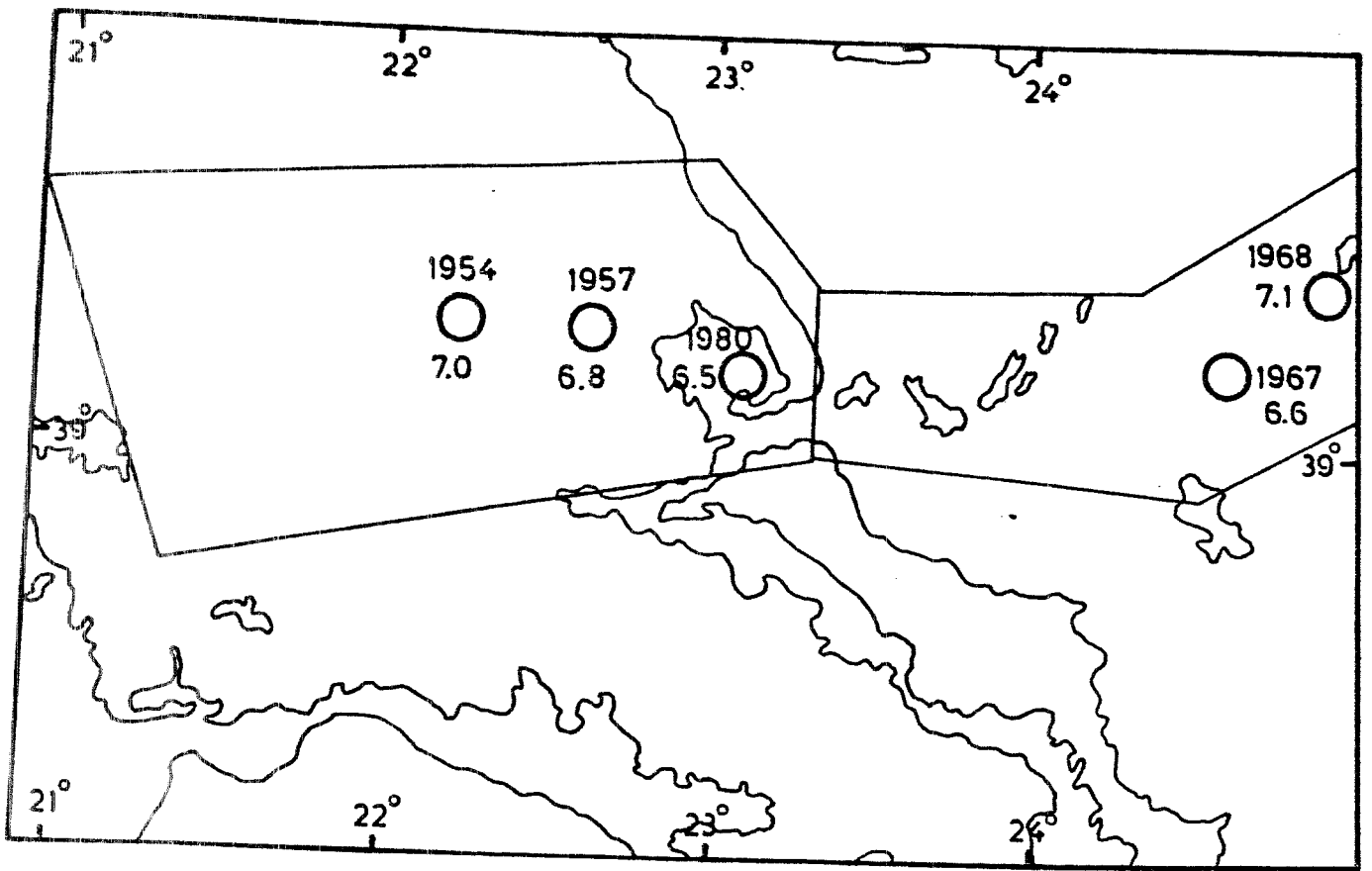
Σεισμολογικά και άλλα Γεωφυσικά Δίκτυα

Η σεισμική δράση στη χώρα παρακολουθείται κυρίως από το Εθνικό δίκτυο σειсмоγράφων του Αστεροσκοπείου της Αθήνας και το τηλεμετρικό δίκτυο

πρόδρομων φαινομένων με την ενίσχυση όλων των σχετικών ερευνητικών προσπαθειών και την πολυκλαδική συνεργασία των επιστημόνων. Αυτές οι γενικές αρχές ισχύουν και για την περιοχή της Μαγνησίας στην οποία έχουν γίνει σεισμικές κυρίως παρατηρήσεις αξιοποιήσιμες στην πρόγνωση.

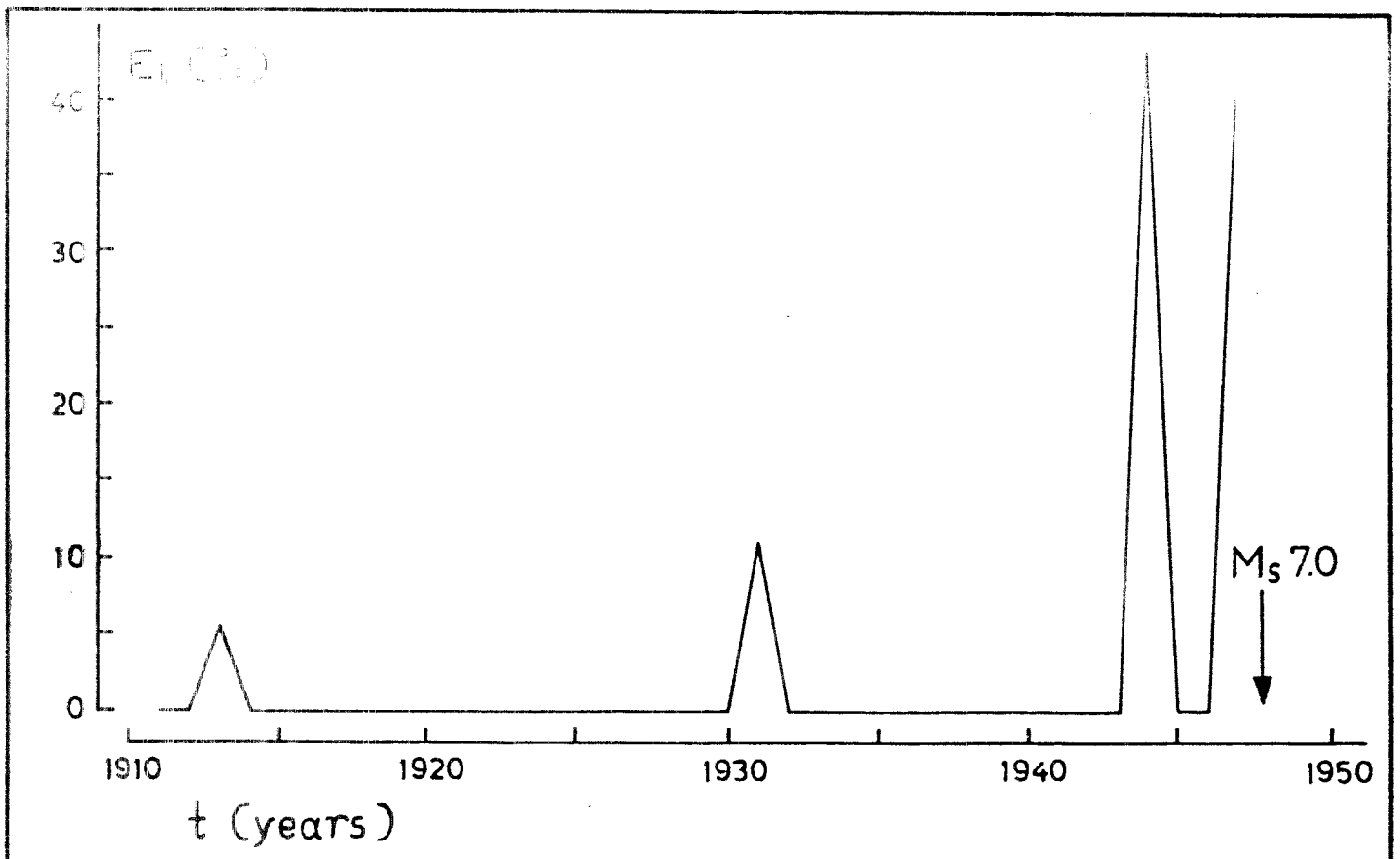
Βιβλιογραφία

- Lane, F.W., 1965. The elements rage. Philadelphia, U.S.A., pp.364.
- Papadopoulos, G.A., 1986. Foreshock activity as an indicator of the expected large shock in the western Hellenic Arc. Joint Meeting of the European Geophysical Society and the European Seismological Commission, Kiel, 21-30 August, 1986.
- Papadopoulos, G.A. and Voidomatis, Ph., 1987. Evidence for periodic seismicity in the inner Aegean seismic zone. Pure and Applied Geophysics, in press.
- Papazachos, B.C., 1976. Seismotectonics of the Northern Aegean area. Tectonophysics, 33, 199-209.
- Papazachos, B.C., 1980. Seismicity rates and long-term earthquake prediction in the Aegean area. Quaterniones Geodaesiae, 9, 171-190.
- Papazachos, B.C., Panagiotopoulos, D.G., Tsapanos, T.M., Mountrakis, D.M. and Dimopoulos, G.Ch., 1983. A study of the 1980 summer seismic sequence in the Magnesia region of Central Greece. Geophys. J.R. astr. Soc., 75, 155-168.
- Varotsos, P. and Alexopoulos, K., 1984. Physical properties of the variations of the electric field of the earth preceding earthquakes, I. Tectonophysics, 110, 73-86.

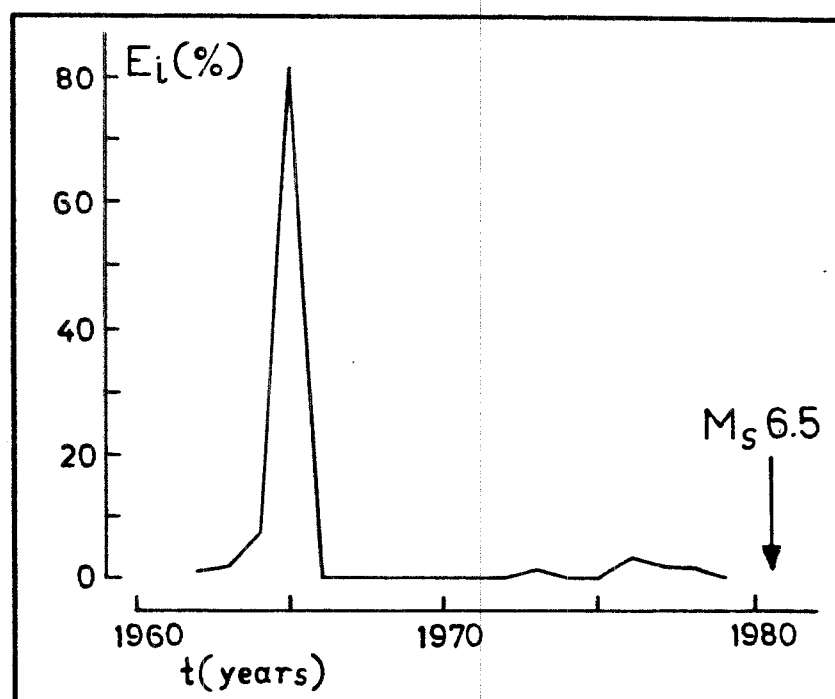
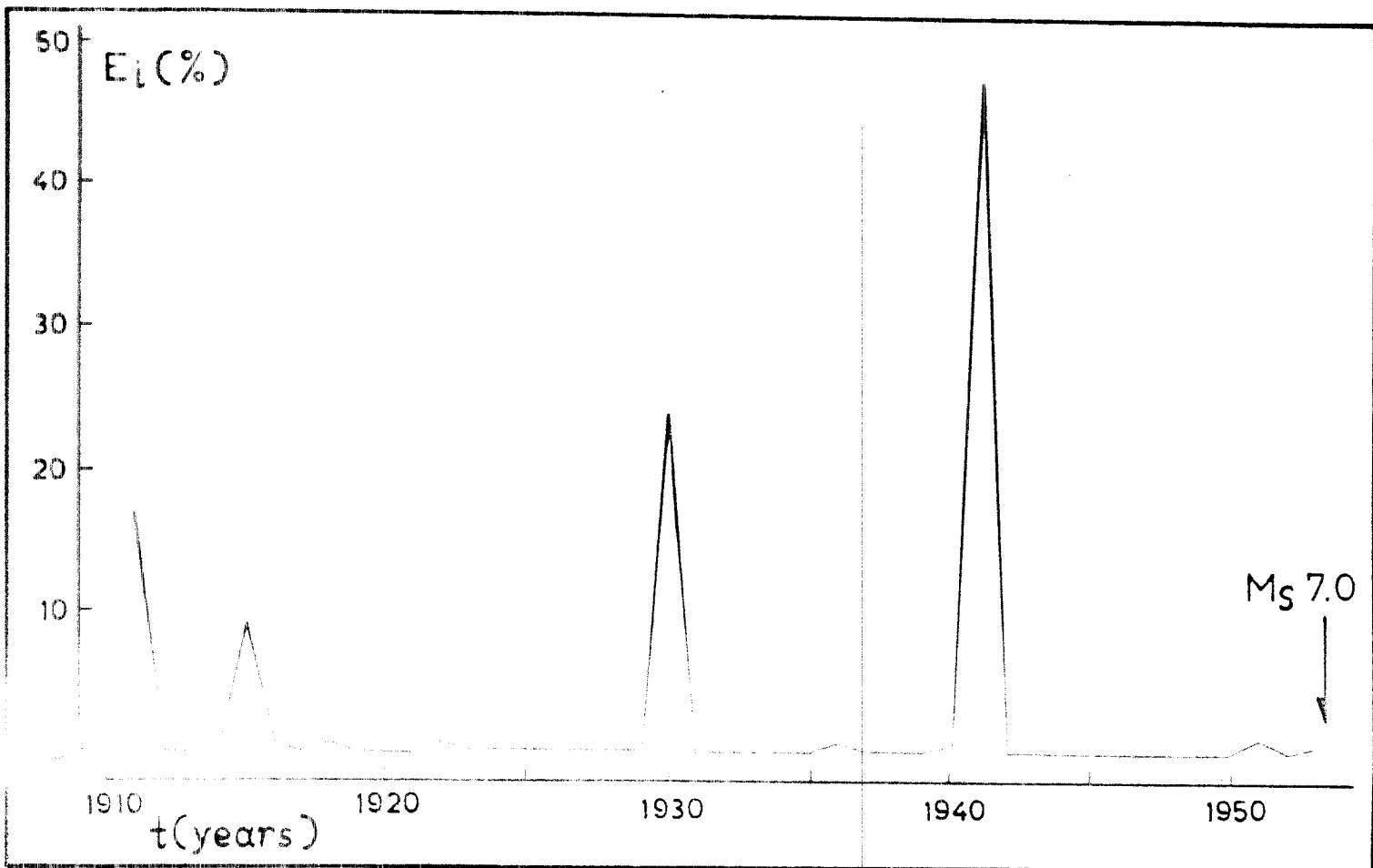


Εχθήμα 1. Η ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας.

Διακρίνονται το σεισμοτεκτονικό τεμάχος της Θεσσαλίας (αριστερά) και το δυτικό μέρος του τεμάχους των Β. Σποράδων (δεξιά) (από Παπαζαχός 1980), τα επίκεντρα, τα μεγέθη και τα έτη γένεσης των πολύ ισχυρών σεισμών που έγιναν στα τεμάχη αυτά στον παρόντα αιώνα.



Εχθήμα 2. Μεταβολή της ποσοστιαίας σεισμικής ενέργειας, E_s , στην περιοχή



Σχήμα 3. Μεταβολή της ποσοστιαίας σεισμικής ενέργειας, E_i , στην περιοχή του σεισμού των Σοφάδων το 1954 (πάνω) και του σεισμού του Βόλου το 1980 (κάτω).

Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΣΤΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ,

ΚΑΙ ΟΙ ΣΧΕΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Μιχαήλ Ν. Φαρδής

Καθηγητή Πανεπιστημίου Πατρών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σεισμοί του Σεπτεμβρίου 1986 στη Καλαμάτα είχαν ορισμένες ιδιομορφίες, επειδή η πόλη της Καλαμάτας βρισκόταν στην επικεντρική περιοχή. Κατά τις εκτιμήσεις του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (1), ο κύριος σεισμός είχε επίκεντρο 10 περίπου χλμ. από το κέντρο της πόλης, και ο μεγαλύτερος μετασεισμός κάτω ακριβώς από την πόλη. Το εστιακό βάθος και των 2 αυτών σεισμών ήταν 8 χλμ. περίπου. Το γεωλογικό ρήγμα στο οποίο έγινε η διάρρηξη, είχε επιφανειακή εμφάνιση στις ανατολικές παρυφές σχεδόν της πόλης, το δε ανώτερο τμήμα του περνούσε ελάχιστα χιλιόμετρα κάτω από την πόλη. Επειδή η Καλαμάτα ήταν στην επικεντρική περιοχή, η εδαφική κίνηση στη πόλη εμφάνισε χαρακτηριστικά "near field", όπως μεγάλη ένταση, σε σύγκριση με το μέγεθος των σεισμών, σημαντική διαφορά σε ένταση μεταξύ της πόλης ανάλογα με τη θέση σε σχέση με το ρήγμα, και τις τοπικές γεωλογικές και εδαφικές συνθήκες), κατακόρυφη συνιστώσα μεγαλύτερη από συνήθως, και ελαστικό περιεχόμενο πλούσιο σε ψηλές συχνότητες.

Οι κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος που υπέστησαν τις σοβαρότερες βλάβες ήταν, αφενός μεν τα 3-όροφα έως 6-όροφα κτίρια της νεώτερης Καλαμάτας, μεταξύ παραλίας και κέντρου, ηλικίας γενικά 5 έως 10 χρόνων, αφετέρου δε οι ακόμα νεώτερες διόροφες ή τριόροφες κατασκευές των ανατολικών συνοικιών της πόλης, που ήταν και πλησιέστερα στην επιφανειακή εμφάνιση του ρήματος. Στην πρώτη περιοχή οι βλάβες ήταν συγκεντρωμένες σχεδόν αποκλειστικά σε κατασκευές χωρίς (ή με ελάχιστες) τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο (Pilotis), ενώ στη δεύτερη, τα κτίρια στα οποία έλλειπαν οι τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο (συνήθως λόγω σταδιακής κατασκευής του οργανισμού πλήρωσης), είχαν, όχι βέβαια την αποκλειστικότητα, αλλά πάντως τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σοβαρών βλαβών.

Στην έκθεση αυτή περιγράφονται οι βλάβες των κατασκευών από οπλισμέ-

νο σκυρόδεμα στους σεισμούς της Καλαμάτας, σε συσχετισμό με τις νεώτερες διατάξεις των Κανονισμών, και συγκεκριμένα των αναθεωρημένων άρθρων του Αντισεισμικού Κανονισμού (1984), και του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα (2). Κατ'αρχάς περιγράφονται οι γενικού τύπου βλάβες ανά δομικό στοιχείο, κατόπιν γίνεται συσχετισμός των βλαβών με τη λειτουργία του δομικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων που συνήθως θεωρούνται μη-φέροντα (τοιχοπληρώσεις, σκάλες), και τέλος αναφέρονται ειδικές περιπτώσεις βλαβών.

ΓΕΝΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΛΑΒΩΝ ΑΝΑ ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ

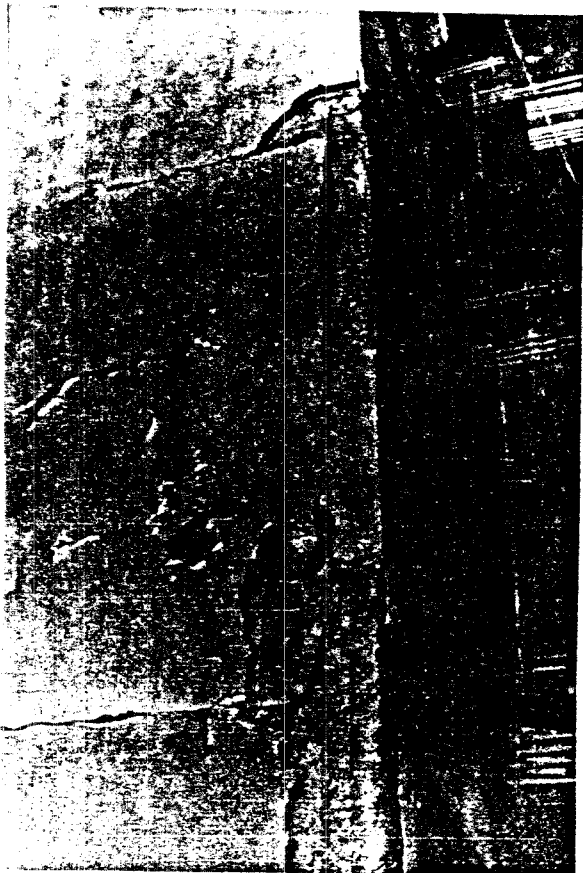
1. Δοκοί:

Οι βλάβες σε δοκούς δεν ήταν συχνές και ήταν περιορισμένες σε βαθμό. Συνίσταντο κυρίως σε κατακόρυφες ρωγμές στη παρειά στήριξης στα υποστυλώματα, κατά κανόνα καθ'όλο το ύψος της δοκού. Το άνοιγμα και η θέση αυτών των ρωγμών (συνήθως στις στηρίξεις στα ακραία υποστυλώματα) δείχνει ότι προκλήθηκαν όχι από διαρροή του χάλυβα και σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης στη δοκό, αλλά από ολίσθηση των διαμήκων ράβδων της δοκού, λόγω της ουσιαστικά ανύπαρκτης αγκύρωσης του άκρου τους μέσα στο πλάτος του υποστυλώματος (Φωτ. 1).

Συχνά οι ρωγμές στις παρειές στήριξης των δοκών επεκτείνοντο στην πλάκα, σε μεγάλη απόσταση από τη δοκό, π.χ., σε ακραίες δοκούς έφθασαν μέχρι το άκρο παράλληλο με το άκρο παρειάς της πλάκας, σε απόσταση μέχρι 1,5 μέτρων από την παρειά στήριξης της δοκού (Φωτ. 2). Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η πλάκα συσφραγίζεται σημαντικά με τη δοκό σε κάμψη, ακόμα και σε εφελκυσμό, και δικαιολογεί το συνοπολογισμό στον οπλισμό στήριξης της δοκού, των ράβδων που βρίσκονται στη πλάκα μέχρι μία σημαντική απόσταση από την παρειά της δοκού ή του υποστυλώματος, που ορίζεται από το άρθρ. 18.3.2. του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα.

Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν στο κάτω πέλμα, σε κάποια απόσταση από την παρειά στήριξης στο υποστυλώμα, λεπτές λοξές ρωγμές, ενδεικτικές έντονης διατμητικής καταπόνησης της δοκού, ή και λεπτές καμπτικές ρωγμές, πιθανόν στο σημείο κάμψης προς τα πάνω των λοξών ράβδων του ανοίγματος. Η θέση και η κλίση αυτών των ρωγμών δείχνουν ότι πιθανότατα οφείλονται στην κατακόρυφη συνιστώσα της δεισμικής δράσης.

Με εξαίρεση τις ελάχιστες περιπτώσεις που η απώλεια αγκύρωσης στη στήριξη στο ακραίο υποστυλώμα οδήγησε σε πρακτικά πλήρη αποκόλληση της δοκού από το υποστυλώμα, οι βλάβες δοκών δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν



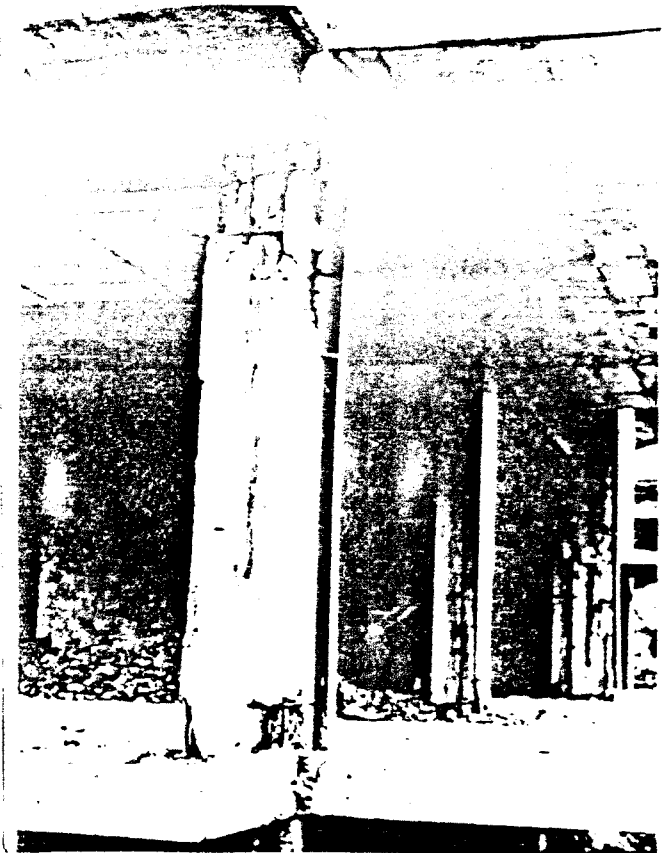
Φωτ. 1



Φωτ. 2



Φωτ. 3



Φωτ. 4

σαν αστοχίες.

2. Υποστυλώματα.

Στη συντριπτική πλειοψηφία των κατασκευών με βλάβες στο φέροντα οργανισμό, οι βλάβες ήταν συγκεντρωμένες στα κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα, και τοιχώματα, αν υπήρχαν). Οι σπάνιες περιπτώσεις βλαβών στις δοκούς και όχι στα υποστυλώματα ήταν όλες σε πολυόροφες οικοδομές με τοιχοποιίες πλήρωσης στο ισόγειο, και αφορούσαν ρωγμές στην παρειά ακραίων στηρίξεων δοκών, λόγω απώλειας αγκύρωσης των ράβδων της δοκού μέσα στο υποστύλωμα. Υπήρχαν περιπτώσεις που ενώ η συνολική υπολογιστική ροπή αντοχής των δοκών που συνέτρεχαν σ'ένα κόμβο ήταν καταφανώς μικρότερη από τη συνολική υπολογιστική ροπή αντοχής των υποστυλωμάτων (ικανοποιείτο δηλ. ο ικανοτικός έλεγχος του Άρθρ. 8.8. του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα, και της παραγρ. 6.3.1γ (δδ) του αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού), το μὲν υποστύλωμα είχε αστοχήσει στον κόμβο, οι δε δοκοί δεν είχαν βλάβη (π.χ. Φωτ. 3). Περιπτώσεις σαν αυτές μπορούν να αποδοθούν στο συνδυασμό των εξής παραγόντων:

- 1) Στο ότι ο ικανοτικός έλεγχος στους κόμβους αφορά το άθροισμα των αντοχών των υποστυλωμάτων πάνω και κάτω από τον κόμβο, $M_d^u + M_d^o$, και όχι κάθε μία από τις αντοχές αυτές χωριστά·
- 2) Στο ότι η αντοχή μιάς διατομής υποστυλώματος σε διαξονική κάμψη είναι, κατά κανόνα, διανυσματικά πολύ μικρότερη από το διανυσματικό άθροισμα των αντοχών των δύο ορθογωνικών διευθύνσεων αναπτύξουν (ή πλησιάζουν) ταυτόχρονα τις αντοχές τους, λόγω λοξής, προς τις διευθύνσεις αυτών των δοκών, διεύθυνσης της σεισμικής απόκρισης·
- 3) Στο ότι η πραγματική αντοχή της δοκού για εφελκυσμό στο πάνω πέλαμα μπορεί, λόγω της συνεργασίας μεγάλου τμήματος της πλάκας με τους οπλισμούς του, να είναι πολύ μεγαλύτερη από τη τιμή της M_d^{-r} ή M_d^{-1} που υπολογίζεται με βάση τον οπλισμό στήριξης της δοκού, έστω προσυζητημένο με τον οπλισμό της πλάκας μέσα στα τμήματα της τελευταίας που ορίζονται στο άρθρο 18.3.2. του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα. Έτσι η ικανοποίηση του ικανοτικού ελέγχου αντοχών δοκών-υποστυλωμάτων στους κόμβους, απλώς μειώνει την πιθανότητα αστοχίας των υποστυλωμάτων πριν από τις δοκούς. Για να μηδενιστεί, πρακτικά, η πιθανότητα αυτή, ο ικανοτικός αυτός έλεγχος πρέπει να ικανοποιείται με μεγάλο περιθώριο.

Τα υποστυλώματα των κτιρίων στην Καλαμάτα είχαν, γενικά, σημαντική (σε σχέση με το αξονικό φορτίο τους) διατομή, και, συνήθως, τον ελάχιστο απαιτούμενο από τον Κανονισμό κατακόρυφο οπλισμό (που επαρκούσε, όμως, για την ανάληψη των μεγεθών ορθής έντασης που προέκυπταν από τον αντισεισμικό έλεγχο των κατακορύφων στοιχείων). Οι συνδετήρες ήταν, κατά κανόνα, ανεπαρκώς κλειστοί, σε αποστάσεις πολύ μεγαλύτερες από τις μέγιστες επιτρεπόμενες από την παραγρ. 6.3.1γ (αα) του αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού, ή το Άρθρο 18.4.5 του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα, και μικρής αντοχής (Φ6 ή Φ8, από St I, ανά 0,3-0,4 m). Οι συνδετήρες αυτοί ούτε το σκυρόδεμα εγκιβώτιζαν, ούτε τις κατακόρυφες ράβδους συγκρατούσαν στην εγκάρσια διεύθυνση, ούτε ικανοποιητική διατμητική αντοχή εξασφάλιζαν. Τέλος, υπήρχαν, γενικά, 2 αρμοί διακοπής σκυροδέτησης στο μεταξύ ορόφων ύψος κάθε υποστυλώματος, ο ένας στον πόδα και ο δεύτερος, συνήθως, στην παρειά σύνδεσης με τη δοκό στην κορυφή. Οι ενώσεις των κατακορύφων ράβδων, κατά κανόνα στη βάση του υποστυλώματος, συνήθως δεν ξεπερνούσαν σε μήκος τα 0,5-0,6 m.

Οι αστοχίες των υποστυλωμάτων ήταν καμπτικές, ή διατμητικές, ή καμπτοδιατμητικές. Οι καμπτικές αστοχίες χαρακτηρίζοντο είτε από οριζόντια διαμπερή ρηγμάτωση στην ακραία διατομή (βάσης, ή συνηθέστερα, κορυφής), που πολλές φορές συνέπιπτε με αρμό διακοπής σκυροδέτησης (Φωτ. 3), σε συνδυασμό με αμφίπλευρη αποσύνθεση του σκυροδέματος (θραύση από θλίψη) και λυγισμό του υποστυλώματος (Φωτ. 4). Σε υποστυλώματα ισογείου πακτωμένων κτιρίων, στα οποία η αξονική δύναμη ήταν σημαντική λόγω του συνδυασμού των κατακορύφων φορτίων με τη μεγάλη ορθή ανατοοπή, η αστοχία κατελάμβανε συχνά σημαντικό τμήμα του ύψους του υποστυλώματος στο άκρο, και επεκτείνετο ομοιόμορφα σ' όλη την επιφάνεια της διατομής (καθολική θραύση του σκυροδέματος, λυγισμός όλων των ράβδων) (Φωτ. 5). Αστοχίες αυτού του τύπου είναι θλιπτοκαμπτικές, με προεξάρχουσα την αξονική θλίψη, και είναι ιδιαίτερα ψαθυρές (αξονική θλίψη πάνω από το 40% του φορτίου θραύσης της διατομής σκυροδέματος σε καθαρή θλίψη). Ιδιαίτερα εμφανής στις περιπτώσεις αυτές, ήταν η απουσία περισφυγξης του σκυροδέματος και εγκάρσιας συγκράτησης των κατακορύφων ράβδων από τους συνδετήρες. Όταν, μάλιστα, η περιοχή αστοχίας συνέπιπτε με περιοχή ένωσης των κατακορύφων ράβδων με μάτισμα μικρού μήκους, ή αποσύνθεση και η απώλεια αντοχής ήταν ολική (Φωτ. 6). Οι καμπτικές αστοχίες των υποστυλωμάτων ήταν πολύ συχνότερες στην κεφαλή, παρά στον πόδα τους, ακόμα και σε υποστυλώματα ισογείου πακτωμένα στη βάση τους σε περιμετρικό



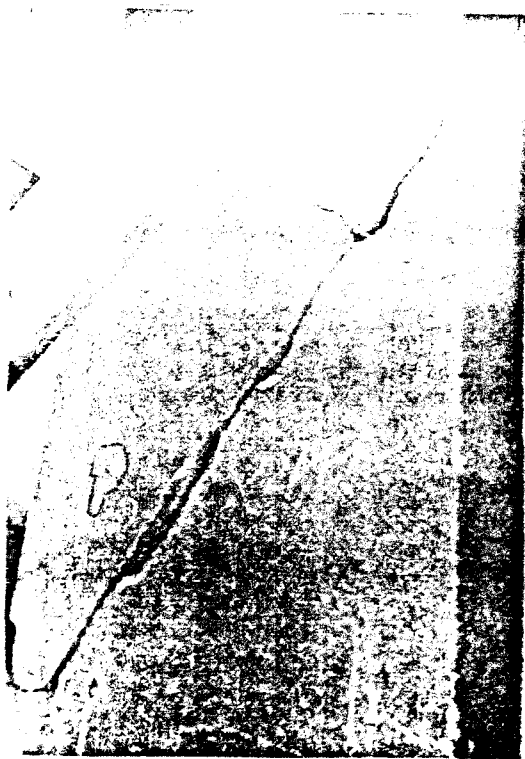
Φωτ. 5



Φωτ. 6



Φωτ. 7



Φωτ. 8

τοιχείο του υπογείου. Αυτό μπορεί να αποδοθεί αφενός μεν στην καλλίτερη ποιότητα του σκυροδέματος στη βάση των υποστυλωμάτων (λόγω καλλίτερης συμπύκνωσης, κ.λ.π.), αφετέρου δε στην, υπό μορφή αναμονών, επέκταση των οπλισμών του υποκείμενου υποστυλώματος στη βάση του υπερκείμενου.

Σε σχετικά σπάνιες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν λεπτές διαμπερείς ρωγμές στο ενδιάμεσο του ύψους ακραίων υποστυλωμάτων, (ιδιαίτερα γωνιακών), που αποδίδονται στην ανάπτυξη καθαρού εφελκυσμού στην αντίστοιχη διατομή, από το συνδυασμό της ροπής ανατροπής με την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής δράσης.

Παρατηρήθηκαν καμπτοδιατμητικές αστοχίες υποστυλωμάτων, με τη μορφή λοξής ρωγμής και λοξής επιφάνειας αστοχίας κοντά στην ακραία διατομή (φωτ. 7). Υπήρξαν και θλιπτο-διατμητικές αστοχίες, στο ενδιάμεσο του ύψους υποστυλωμάτων, υπό τη μορφή πλατειάς λοξής ρωγμής, πολλές φορές διαμπερούς, με ολίσθηση κατά μήκος της ρωγμής (Φωτ. 8). Οι αστοχίες αυτές παρατηρήθηκαν κυρίως σε υποστυλώματα με μεγάλη αξονική θλίψη (ισόγειο πολυορόφων οικοδομών), εξαιτίας της οποίας η κλίση της λοξής ρωγμής προς την κατακόρυφο (γωνία θ της θλιβομένης διαγωνίου σκυροδέματος, κατά την "Ακριβή μέθοδο" υπολογισμού αντοχής σε τέμνουσα, της παραγρ. Π.11.1 του Βοηθήματος του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα) ήταν περίπου 30° ή και μικρότερη. Ως γνωστόν, στο παρελθόν σπάνια γινόταν έλεγχος των υποστυλωμάτων σε τέμνουσα και αντίστοιχη διαστασιολόγηση

στην αντοχή σε τέμνουσα. Η έλλειψη έλεγχου στην αντοχή σε τέμνουσα ήταν σημαντική, τόσο μεγαλύτερη μάλιστα από τη συμβολή των αραιών και ανεπαρκώς κλειστών συνδετήρων (βλ. όρο V_{csd} της εξ. 11.16, για στοιχεία σε κάμψη με θλιπτική δύναμη, στην παρ. 11.2.3.2 β του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα). Αυτή ακριβώς η συμβολή του σκυροδέματος στη διατμητική αντοχή ήταν που απέτρεψε, σε μεγάλο αριθμό περιπτώσεων, την αστοχία των υποστυλωμάτων από τέμνουσα. Αντίθετα παρατηρήθηκαν θεαματικές διατμητικές αστοχίες υποστυλωμάτων με μικρό αξονικό φορτίο (σε μονόροφα, π.χ., κτίρια), λόγω της μικρής συμβολής του σκυροδέματος στην αντοχή σε τέμνουσα (Φωτ. 9).

3. Τοιχώματα.

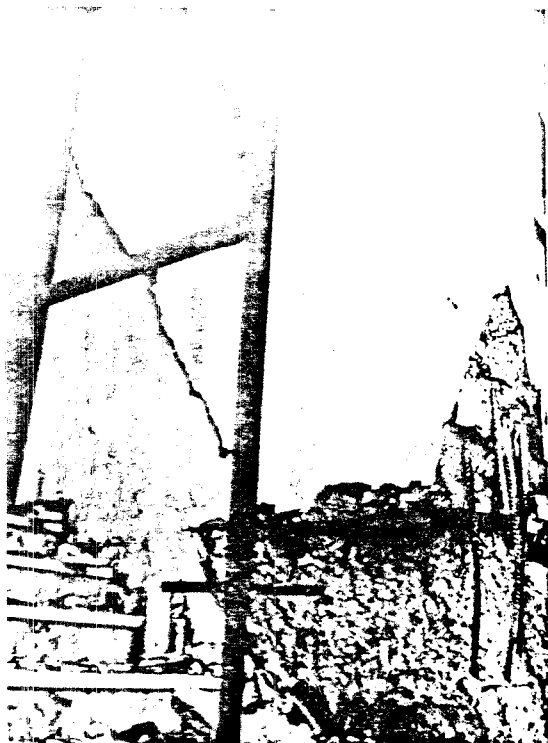
Η εφαρμογή τοιχωμάτων δυσκαμψίας στις κατασκευές της Καλαμάτας δεν ήταν πολύ συχνή. Τα τοιχώματα δυσκαμψίας που υπήρχαν, πάντως, δεν έδειξαν αρκετά ικανοποιητική συμπεριφορά. Ήταν αρκετά συχνή η αστοχία τοιχωμάτων σε διάτμηση, με τη μορφή ρωγμών κατά 45° (Φωτ. 10, 11). Παρόμοιες αστο-



Φωτ. 9



Φωτ. 10



Φωτ. 11



Φωτ. 12

χίες παρουσιάσθηκαν και σε πολλά τοιχώματα κουβουκλίων ανελκυστήρων, τα οποία συμπεριφέρονται σαν τοιχώματα μεγάλης δυσκαμψίας, και αναλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό της οριζόντιας σεισμικής δράσης. Οι διατμητικές αστοχίες ήταν ιδιαίτερα συχνές σε τοιχώματα με μικρή αξονική θλίψη (περίπτωση που λόγω της σχετικά μεγάλης διατομής του τοιχώματος, συναντάται, όχι μόνο σε τοιχώματα κτιρίων με μικρό αριθμό ορόφων, αλλά και σε τοιχώματα στην περίμετρο ή σε γωνία της κάτοψης πολυορόφων κτιρίων), επειδή σ' αυτή η συμβολή του σκυροδέματος στην αντοχή σε τέμνουσα ήταν ασήμαντη. Επισημαίνεται ότι κατά την παραγρ. 11.2.3.2β. Ι του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα, η συμβολή του σκυροδέματος στη διατμητική αντοχή τοιχωμάτων (όρος V_{cd}) αγνοείται, αν η αξονική θλίψη του τοιχώματος είναι κατ' απόλυτη τιμή μικρότερη του $0,1 A_c f_{cd}$. Αντίθετα, το άρθρο 6 παρ. 3 (ιβ) δδ. του Αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού, δεν κάνει διάκριση μεταξύ τοιχωμάτων με μεγάλη ή μικρή αξονική θλίψη, όσο αφορά τη διαστασιολόγηση των οριζοντίων οπλισμών του τοιχώματος.

Λόγω της μεγάλης πλευρικής δυσκαμψίας τους, τα τοιχώματα καταπονούνται ιδιαίτερα στους κατώτερους, και κρίσιμους, ορόφους, με μεγάλο ποσοστό της συνολικής τέμνουσας ορόφου: Σε πρώτη προσέγγιση, το τμήμα της τέμνουσας ορόφου που ανατίθεται σε ένα κατακόρυφο στοιχείο, είναι ανάλογο του bh^3 , όπου b και h η διάσταση της διατομής των στοιχείων κάθετα και παράλληλα αντίστοιχα της τέμνουσας ορόφου ("ύψος" και "πλάτος" της διατομής). Επειδή τα τοιχώματα έχουν πολύ μεγαλύτερο πλάτος από ύψος, η αντοχή τους σε τέμνουσα είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντοχή τους σε κάμψη. Τα τοιχώματα των από τη γεωμετρία καθοριζόμενο ρολο τους, πρέπει να οπλίζονται, και στην κατακόρυφη και στην οριζόντια διεύθυνση, συγκριτικά βαρύτερα από τα άλλα κατακόρυφα στοιχεία. Ειδικότερα, ο ελάχιστος οριζόντιος οπλισμός τοιχωμάτων, δηλ. το ελάχιστο ποσοστό του 0,25% (ανεξάρτητα κατηγορίας χάλυβα) των νεωτέρων Κανονισμών (Σχέδιο Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα, Αναθεωρημένος Αντισεισμικός Κανονισμός), ή το 08/25 του προ του 1984 Αντισεισμικού Κανονισμού, με κανένα τρόπο δεν επαρκεί για τη διατμητική αντοχή του τοιχώματος. Απαιτείται διεξοδικός έλεγχος της αντοχής σε τέμνουσα (κατά την παραγρ. 6.3.ιβ. (δδ) του αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού ή την παρ. 11.2.3.2β του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα), και ειδική φροντίδα για την αγκύρωση των οριζοντίων οπλισμών στα άκρα της διατομής του τοιχώματος (π.χ., με τη διαμόρφωσή τους σε κλειστούς συνδετήρες). Διαφορετικά, είναι πολύ πιθανή η αστοχία

των τοιχωμάτων σε διάτμηση, με ενδεχόμενη συνέπεια (λόγω της εγγενούς ψαθυρότητας της διατμητικής αστοχίας, και της σοβαρότητας της απώλειας ενός βασικού στοιχείου αντοχής, όπως το τοίχωμα) την αλυσωτή αστοχία και άλλων κατακορύφων στοιχείων της κατασκευής, όπως συνέβη σε ορισμένες περιπτώσεις στην Καλαμάτα.

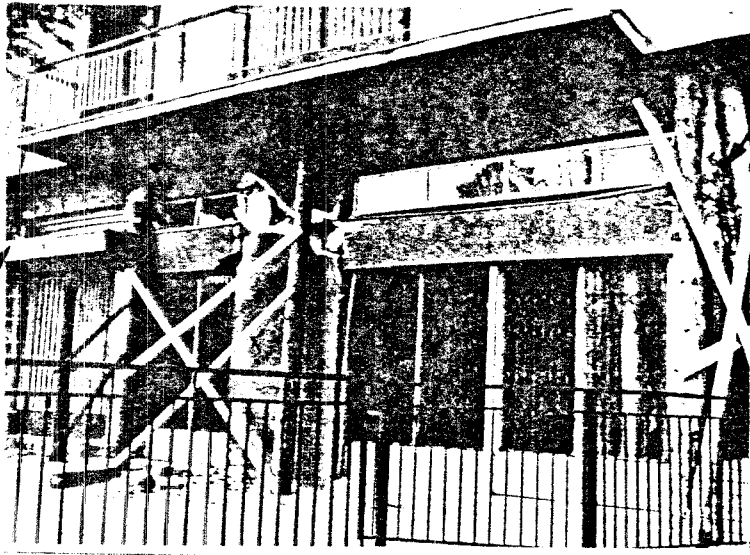
Σε τοιχώματα με μεγάλη δυσκαμψία και μικρή αξονική θλίψη παρατηρήθηκε, πολλές φορές, ολίσθηση κατά μήκος του αρμού διακοπής εργασίας στη στάθμη του δαπέδου του ισογείου (Φωτ. 11). Τέτοια ενδεχόμενα σκοπεύει να αποτρέψει ο ειδικός κατακόρυφος οπλισμός που απαιτείται κατά το Άρθρο 18.5.8. του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα, και κατά τα Σχόλια της παρ. 6.3. (η) του Αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού, να διαπερνά τους αρμούς διακοπής εργασίας στα τοιχώματα.

4. "Κοντά Υποστυλώματα".

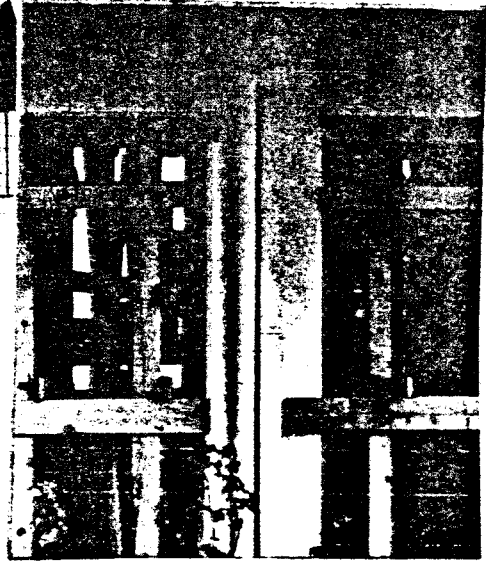
Ογκώδη υποστυλώματα, με λόγο l/h (ύψους προς οριζόντια διάσταση) περίπου 3,0-4,0 και σχετικά μικρό αξονικό φορτίο (π.χ. περιμετρικά), συνδεδεμένα στην κορυφή και τη βάση τους με εξίσου δύσκαμπτα οριζόντια στοιχεία, βρέθηκαν συχνά σε συνθήκες που ευνοούσαν τη διάρρηξη του σκυροδέματος κατά τη διαγώνια περίπου, αστόχησαν, δηλ., σαν "κοντά υποστυλώματα" (Φωτ. 12).

Υποστυλώματα με κανονικές διαστάσεις διατομής, αλλά και με μικρό ελεύθερο ύψος, αστόχησαν σαν "κοντά υποστυλώματα", με χιαστί ρηγμάτωση ή διάτμηση κατά τις διαγώνιες, ή και με πλήρη αποσύνθεση, που τα πλάγια στοιχεία (π.χ. οριζόντια στοιχεία στα πλαίσια, ή στοιχεία που συνδέονται με τα κατακόρυφα στοιχεία του υπογείου, σε ισόγεια ή άλλους ορόφους, μεταξύ αφενός δοκού οροφής και αφετέρου ποδιάς φεγγίτη πάνω από τοιχοποιία, ή τυχόν διακοσμητικού προεκτιού ή μαρκίζας ή ακόμα και διαζώματος (σενάζ) τοιχοποιίας (Φωτ. 13, 14, 15). Ιδιαίτερα αξιοσημείωτη ήταν η δυσμενής δράση των σενάζ, για γωνιακά κυρίως υποστυλώματα. Στηρίξεις κλιμάκων στο ενδιάμεσο του ύψους υποστυλωμάτων, δημιούργησαν επίσης κοντά υποστυλώματα, και προκάλεσαν τις αντίστοιχες βλάβες (Φωτ. 18).

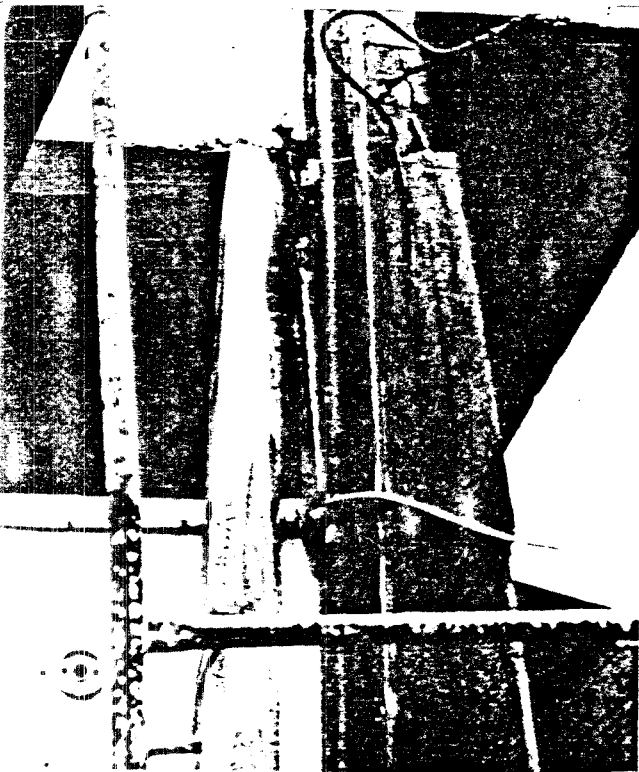
Κατά την Παρ. 6.3.ιγ (γγ) του Αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού, και την Παρ. 18.4.4. του Σχεδίου Κ.νονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα, όλο το ύψος των παραπάνω "κοντών υποστυλωμάτων" θεωρείται κρίσιμο, και χρειάζεται να οπλισθεί με τους πυκνούς σύνδετήρες της παρ. 6.3.ιγ (αα) ή της παρ. 18.4.5., αντίστοιχα. Επιπλέον, κατά την Παρ. 6.3.ιγ (γγ) του Αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού, απαιτείται και προσαύξηση των κατακορύφων οπλισμών κατά 20%, σε στοιχεία με λόγο διάτμη-



Φωτ. 13



Φωτ. 14



Φωτ. 15



Φωτ. 16

σης M/Vh, μικρότερο του 3,5 (που για υποστυλώματα αντιστοιχεί περίπου σε 1/h μικρότερο του 6,0-7,0). Οι αυξημένοι αυτοί οπλισμοί, εγκάρσιοι και διαμήκεις, θα είχαν πιθανότατα αποτρέψει μεγάλο ποσοστό των θεαματικών αστοχιών "κοντών υποστυλωμάτων" στην Καλαμάτα. Εν τούτοις, οι παραπάνω εμπειρικοί κανόνες όπλισης, μπορεί να μη καλύπτουν πλήρως την πολύ περίπλοκη, και εν τούτοις ακόμη άγνωστη, σεισμική συμπεριφορά των θλιβομένων στοιχείων με μικρό λόγο διάτμησης. Γι' αυτό, μέχρι να αναπτυχθούν και να ελεγχθούν στην πράξη ακριβέστεροι τρόποι διαστασιολόγησής τους (π.χ. (3)), συνιστάται να αποφεύγονται, κατά το δυνατόν, τα στοιχεία αυτά.

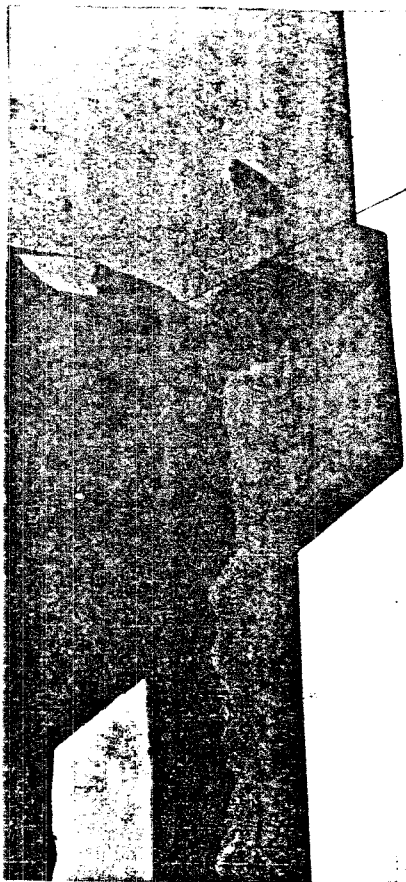
5. Κόμβοι Δοκών - Υποστυλωμάτων.

Μία συνηθισμένη περίπτωση μη-ικανοποιητικής συμπεριφοράς λόγω αδόκιμης κατασκευαστικής διαμόρφωσης οπλισμών, ήταν αυτή των κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων, κυρίως μάλιστα των γωνιακών. Λόγω της ανεπαρκούς αγκύρωσης των ράβδων της δοκού στον κόμβο, της απουσίας οριζοντίων συνδετήρων μέσα στον κόμβο, και κατακορύφων ράβδων δια μέσου του κόμβου στο ενδιάμεσο των πλευρών των υποστυλωμάτων, παρουσιάσθηκαν διατμητικές αστοχίες κόμβων με τη μορφή ρωγμής κατά τη διαγώνιο, η οποία, σε γωνιακά υποστυλώματα, επεκτάθηκε και στις δύο ελεύθερες (εξωτερικές) πλευρές του κόμβου, και οδήγησε σε πλήρη αποκόλληση της δοκού από το υποστυλώμα (Φωτ. 16, 17).

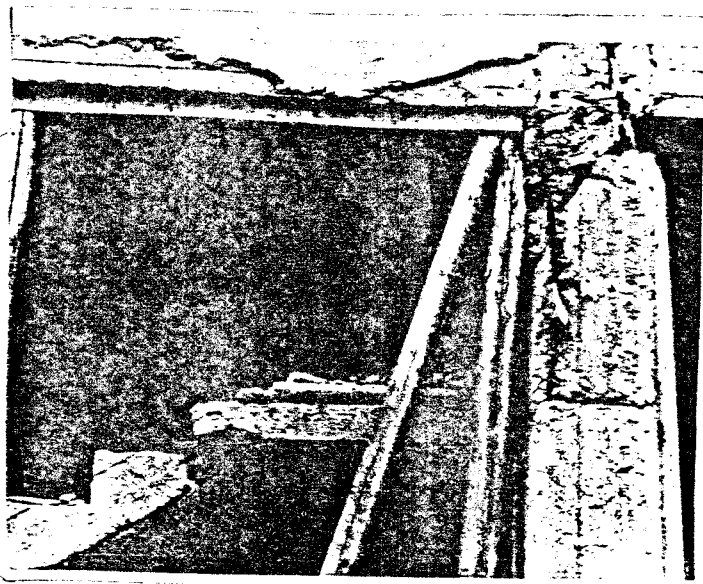
Υπενθυμίζεται ότι η παράγρ. 6.3.1ε της Αναθεώρησης του Αντισεισμικού Κανονισμού εισάγει την απαίτηση διάταξης σχετικά πυκνών οριζοντίων συνδετήρων στον κόμβο, και αναφέρεται και στις αγκυρώσεις των διαμήκων ράβδων της δοκού σ' αυτούς, ενώ το άρθρο Π.18.1. του Βοηθήματος του Σχεδίου Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα περιέχει πλήρη διαδικασία ελέγχου της αντοχής των κόμβων και διαστασιολόγησής των οπλισμών τους.

6. Σκάλες.

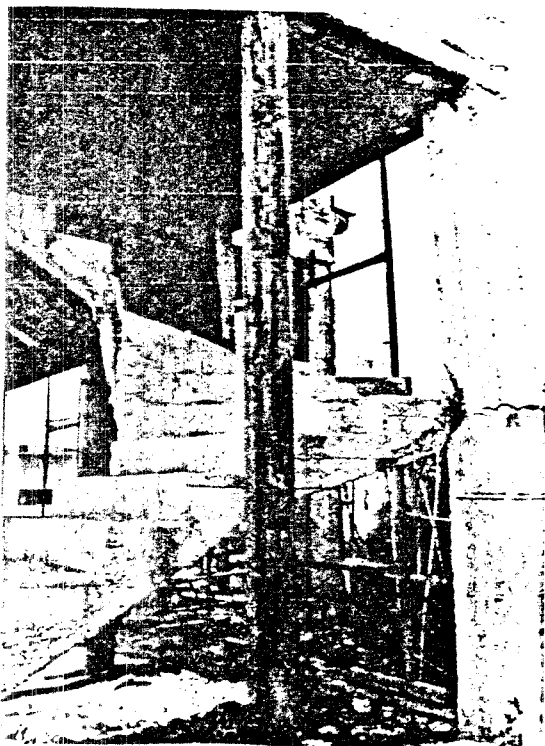
Όπως αναφέρει η αναθεωρημένη Παρ. 1, του Άρθρου 5 του Αντισεισμικού Κανονισμού, οι σκάλες επιβάλλουν μία πρόσθετη δέσμευση των πλακών των ορόφων που συνδέουν, η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, και ως προς την επιρροή της στην πλευρική δυσκαμψία του κτιρίου, και ως προς την ενδεχόμενη πρόσθετη εκκεντρότητα μεταξύ κέντρου μάζας και κέντρου Ελαστικής στροφής που μπορεί να προκαλέσει, και ως προς την σεισμική ένταση της ίδιας της σκάλας και των γειτονικών της στοιχείων. Μέχρι την εφαρμογή του Αναθεωρημένου Αντισεισμικού Κανονισμού, η λόγω των κλιμάκων πρόσθετη δέσμευση των πλακών ορόφων αγνοείτο, κατά κανόνα, στον αντισεισμικό υπολογισμό κοινών οικοδομικών έργων, και, κατ' επέκταση, στη μόρφωση του δομικού συστήματος.



Φωτ. 17



Φωτ. 18



Φωτ. 19



Φωτ. 20

Η συμμετοχή των κλιμάκων στη σεισμική απόκριση της κατασκευής, με όλα τα παραπάνω αποτελέσματα, επιβεβαιώθηκε πλήρως στην Καλαμάτα. Ιδιαίτερα εντυπωσιακή ήταν η επιρροή κλιμάκων με έντονα έκκεντρα τοποθέτηση σε κάτοψη, σε ολιγόροφα κτίρια μικρής σχετικά κάτοψης, χωρίς (ή με ελάχιστες) τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο, και με σχετικά εύκαμπτα κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα συνήθους διατομής). Στις περιπτώσεις αυτές, λόγω της συγκριτικά μεγάλης πλευρικής δυσκαμψίας και της έκκεντρης τοποθέτησης της σκάλας, το Κέντρο Ελαστικής στροφής του ορόφου, ήταν απομακρυσμένο σημαντικά σε κάτοψη από το κέντρο μάζας των υπερκειμένων ορόφων, προς την κατεύθυνση της σκάλας. Σαν αποτέλεσμα, αναπτύχθηκε σημαντική στρεπτική ένταση (ροπή προς κατακόρυφο άξονα) στον όροφο, η οποία επεβάρυνε με πρόσθετες τέμνουσες δυνάμεις (και αντίστοιχες ροπές κάμψης) τα υποστυλώματα με τη μεγαλύτερη απόσταση από το κέντρο Ελαστικής στροφής, δηλ. τα αντιδιαμετρικά ως προς τη σκάλα σε κάτοψη. Η πρόσθετη αυτή επιβάρυνση προκάλεσε, σε πολλές περιπτώσεις, την αστοχία των υποστυλωμάτων αυτών. Οι ίδιες οι σκάλες υπέστησαν και τις συνέπειες της συμμετοχής τους στο σύστημα ανάληψης της σεισμικής δράσης. Οι συνέπειες αυτές ήταν η έντονη ρηγμάτωση ή και αστοχία σε εφελκυσμό (Φωτ. 18), στρέψη, κ.λ.π., ή μερική ή ολική αποκόλλησή τους από τις στηρίξεις τους στις πλάκες των ορόφων, ή σε ενδιάμεσα σημεία του ύψους υποστυλωμάτων, (Φωτ. 19), κ.ά. Τέλος, πολλά υποστυλώματα στο ενδιάμεσο του ύψους των οποίων υπήρχε μονολιθική σύνδεση με σκάλα, αστόχησαν σε κάμψη (Φωτ. 19) ή σε διάτμηση (Φωτ. 18), εξ' αιτίας της σύνδεσης αυτής.

Μία χαρακτηριστική περίπτωση επιρροής μίας έκκεντρα τοποθετημένης σκάλας στη συμπεριφορά του συστήματος, παρουσιάζεται στις Φωτ. 19-21. Η σκάλα της Φωτ. 19, τοποθετημένη στη γωνία της κάτοψης μίας διόροφης οικοδομής χωρίς τοιχοπληρώσεις ή τοιχώματα στο ισόγειο, προκάλεσε τις αστοχίες στις κορυφές 4 υποστυλωμάτων, κοντά στην διαγώνια, ως προς τη σκάλα, γωνία της κάτοψης.

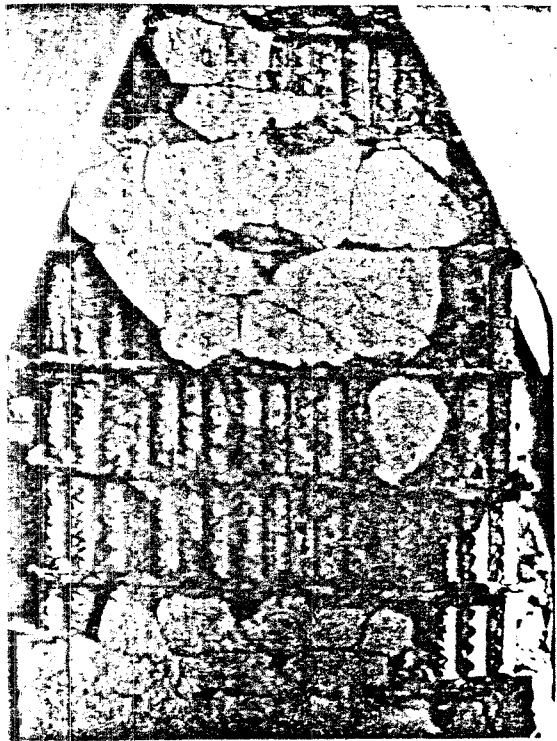
Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ,

ΚΑΙ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ PILOTIS

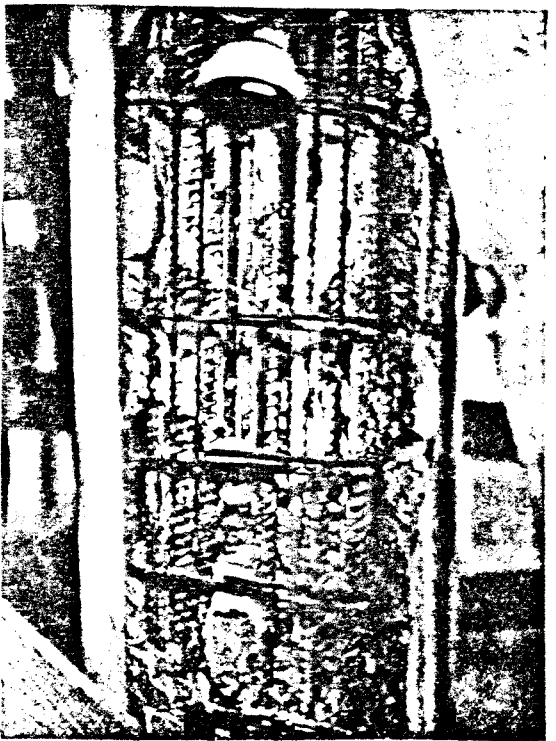
Σε κατασκευές με σχετικά εύκαμπτους φέροντες οργανισμούς, όπως αυτές της Καλαμάτας, οι τοιχοποιίες πλήρωσης έχουν αρκετή δυσκαμψία και αντοχή ώστε να αναλαμβάνουν το μισό περίπου της λόγω σεισμού τέμνουσας ορόφου. Η συμμετοχή των τοιχοποιιών πλήρωσης στο σύστημα ανάληψης της σεισμικής δράσης, αυξάνει τη δυσκαμψία της κατασκευής, (άρα και την ιδιοσυχνότητά της), και μετατρέπει τη συμπεριφορά πολυορόφων κατασκευών, από συμπεριφορά διατμητικού προβόλου σε συμπεριφορά καμπτικού προβόλου, με ανάπτυξη σημαντικών πρόσθετων αξονικών δυνάμεων στα υποστυλώματα λόγω ροπών ανατροπής.



Φωτ. 21



Φωτ. 22



Φωτ. 23

Για μικρές σχετικά οριζόντιες μεταθέσεις ορόφων, οι χωρίς ανοίγματα τοιχοπληρώσεις πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος συμπεριφέρονται σαν διατημητικά διαφράγματα στα φαινόμενα των πλαισίων, ενώ για μεγαλύτερες σχετικές μεταθέσεις, οι τοιχοπληρώσεις αυτές αποκολλώνται μερικά από το περιβάλλον πλαίσιο, και δρουν ουσιαστικά σαν θλιπτήρες, κατά τη μία διαγώνιο του φαινομένου του πλαισίου, πλάτους περίπου ίσου με το $1/3$ του μήκους της διαγωνίου αυτής. Η μέγιστη τιμή λοξής θλιπτικής δύναμης που μπορεί να αναπτυχθεί σ' αυτό το θλιπτήρα, καθορίζεται συνήθως από την αντοχή της τοιχοποιίας σε λοξή (ως προς τους αρμούς) επαναλαμβανόμενη θλίψη, είναι δε σημαντική σε μέγεθος. Η οριζόντια προβολή της λοξής αυτής δύναμης είναι η συμβολή της τοιχοπλήρωσης στην τέμνουσα ορόφου, ενώ η λίγο μικρότερη από την οριζόντια, κατακόρυφη προβολή της, χρειάζεται να εξισορροπηθεί από συνολικά ίση εφελκυστική δύναμη, στα υποστυλώματα του πλαισίου. Έτσι οι τοιχοπληρώσεις, με το να λειτουργούν σαν θλιβόμενες διαγώνιοι των φαινομένων των πλαισίων, όχι μόνο αναλαμβάνουν ένα σημαντικό τμήμα της τέμνουσας ορόφου, αλλά και μειώνουν, περίπου ισόποσα, τη συνολική αξονική θλιπτική δύναμη στα υποστυλώματα του ορόφου, αυξάνοντας την πλαστιμότητά τους σε κάμψη.

Η ύπαρξη ανοιγμάτων στις τοιχοπληρώσεις μειώνει τη συμβολή τους στην πλευρική δυσκαμψία του κτιρίου και τη συνεισφορά τους στην αντοχή τους σε σεισμικές δράσεις, χωρίς όμως να τις μηδενίζει. Όπως φάνηκε μάλιστα από τις ρηγματώσεις και τις άλλες βλάβες τους στους σεισμούς της Καλαμάτας, ακόμα και τοιχοποιίες χωρίς επαφή με τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, όπως "πεσσοί" ανάμεσα σε πόρτες, σε επαφή με την πλάκα του δαπέδου και την δοκό της οροφής, και εσωτερικές τοιχοποιίες, σε επαφή μόνο με τις πλάκες δαπέδου και οροφής, συμμετέσχαν ουσιαστικά στο σύστημα ανάλυσης της οριζόντιας σεισμικής δράσης.

Ο κύριος σεισμός της 13-9-86 είχε πολύ μεγαλύτερη ένταση από το σεισμό σχεδιασμού των κατασκευών της Καλαμάτας. Οι τοιχοπληρώσεις ήταν η εφεδρεία αντοχής που σε σημαντικό ποσοστό κατασκευών απέτρεψε τις βλάβες στο φέροντα οργανισμό, σ' ένα άλλο περιόρισε την έκταση και τη σοβαρότητα των βλαβών, και, τέλος, σε αρκετές κατασκευές απέτρεψε την κατάρρευση. Στις κατασκευές τύπου Pilotis, η σχεδόν πλήρης απουσία τοιχοποιιών πλήρωσης από το ισόγειο εξαφάνισε αυτή την εφεδρεία αντοχής από τον πιο κρίσιμο όροφο της κατασκευής. Το γεγονός ότι στους πάνω από το ισόγειο ορόφους κατασκευών τύπου Pilotis, οι βλάβες στον φέροντα οργανισμό και τον οργανισμό πλήρωσης ήταν, κατά κανόνα, περιορισμένες, ακόμα και σε περιπτώσεις στις οποίες τα κατακόρυφα στοιχεία του ισόγειου είχαν πολύ σοβαρές βλά-

17

βες, έδειξε ότι το πάνω από το ισόγειο τμήμα της κατασκευής συμπεριφέρθηκε σαν σχεδόν άκαμπτο, με αποτέλεσμα την ταλάντωση της κατασκευής σαν ανεστραμμένο εκκρεμές, και την απορρόφηση της ενέργειας ταλάντωσης από τα στοιχεία του ισογείου. Έτσι όλες σχεδόν οι καταστροφικές αστοχίες και οι βαριές βλάβες συνέβησαν σε κατασκευές χωρίς τοιχοποιίες πλήρωσης στο ισόγειο και εξαιτίας ακριβώς αυτής της έλλειψης.

Υπενθυμίζεται ότι η αναθεωρημένη παρ. 2 του Άρθρ. 5 του Αντισεισμικού Κανονισμού απαιτεί την ενίσχυση των κατακορύφων στοιχείων κατώτερων ορόφων, στους οποίους διακόπτεται σημαντικό ποσοστό των τοιχοπληρώσεων ανωτέρων ορόφων. Σαν ένα τρόπο υλοποίησης αυτής της απαίτησης ενίσχυσης, τα Σχόλια της παραπάνω παραγράφου προτείνουν την αύξηση των λόγω σεισμού εντατικών μεγεθών των κατακορύφων στοιχείων κατά το ποσοστό μείωσης των τοιχοπληρώσεων στον υπ'όψη όροφο. (Έτσι, αν, π.χ., στο ισόγειο υπάρχει μόνο το 10%, σε επιφάνεια κάτοψης, των τοιχοπληρώσεων του Α' ή των ανωτέρων ορόφων, το ποσοστό μείωσης είναι 90%, και οι τέμνουσες και οι ροπές σχεδιασμού των κατακορύφων στοιχείων του ισογείου θα πρέπει να ληφθούν ίσες με το 1,9 αυτών που προκύπτουν από την ανάλυση για τις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού). Η σύσταση αυτή ισοδυναμεί με τη σιωπηρή παραδοχή ότι οι τοιχοποιίες πλήρωσης αυξάνουν κατά 100% την αντίστοιχη τέμνουσα αντοχής ορόφου, ποσοστό υπεραντοχής που έρχεται να αποκαταστήσει και στον όροφο με τις μειωμένες τοιχοπληρώσεις, η επαύξηση της αντοχής των κατακορύφων στοιχείων κατά το ποσοστό μείωσης των τοιχοπληρώσεων.

Σε κτίρια με μικρή επιφάνεια κάτοψης, λίγες έκκεντρα τοποθετημένες τοιχοπληρώσεις επηρέασαν την απόκριση της κατασκευής όπως οι έκκεντρες σκάλες που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Το γεγονός, μάλιστα, ότι οι έκκεντρες τοιχοποιίες και η έκκεντρη σκάλα ήταν, συνήθως, κοντά στην κάτοψη, επέτεινε το πρόβλημα της εκκεντρότητας. Για παράδειγμα, το υποστύλωμα της Ξυτ. 6 (και 3 γειτονικά, με παρόμοιες βλάβες) καθώς και η τοιχοποιία και η σκάλα της Φωτ. 18 ανήκουν σε παράλληλες όψεις της ίδιας διόροφης οικοδομής. Επίσης, στην (4) αναλύεται μία άλλη διόροφη κατασκευή στην οποία η έκκεντρη σε κάτοψη σκάλα και τοιχοποιία προκάλεσαν την αστοχία των υποστυλωμάτων στο απέναντι τμήμα της κάτοψης.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΤΟΥ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ

Στις κατασκευές της Καλαμάτας, ο υπολογισμός των λόγω σεισμού εντατικών μεγεθών στα κατακόρυφα στοιχεία, είχε γίνει με εφαρμογή του λεγομένου "μοντέλλου του μονορόφου", θεωρώντας δηλ. τα κατακόρυφα στοιχεία πακτωμένα στις στάθμες των πλακών των ορόφων, και το σημείο μηδενισμού των ροπών στο μέσο του ύψους τους. Όταν οι αξονικές παραμορφώσεις των υπο-

στυλωμάτων είναι μικρές (δηλ. όταν ο λόγος ύψους προς οριζόντια διάσταση της κατασκευής δεν είναι μεγάλος, προϋπόθεση που γενικά ίσχυε στην Καλαμάτα), η σχετική ανακρίβεια των αποτελεσμάτων του "μοντέλου του μονορόφου" προκύπτει από το ότι αγνοεί την πλαισιακή λειτουργία κατακορύφων και οριζοντίων στοιχείων του φέροντος οργανισμού, και τη διαφορετική συμπεριφορά πλαισίων και πολύ δύσκαμπτων τοιχωμάτων σε οριζόντια φορτία (συμπεριφορά διατμητικού ή καμπτικού προβόλου, αντίστοιχα).

Στον εξαιρετικά κρίσιμο, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα των σεισμών στην Καλαμάτα, ισόγειο όροφο κατασκευών τύπου Pilotis, οι διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων του "μοντέλου του μονορόφου", και αυτών ακριβεστερών προσομοιωμάτων (με θεώρηση της πλαισιακής λειτουργίας δοκών-υποστυλωμάτων και της ειδικής συμπεριφοράς των τοιχωμάτων, όπως ορίζουν οι αναθεωρημένες διατάξεις του Άρθρ. 6, παρ. 1 και παρ. 3, ιβ (ii) του Αντισεισμικού Κανονισμού) εντοπίζεται στα εξής κυρίως σημεία: α) Το "μοντέλο του μονορόφου" θεωρεί όλα τα υποστυλώματα ισογείου πακτωμένα στη βάση τους, δηλ. συνήθως στη στάθμη δαπέδου ισογείου. Σε περίπτωση ύπαρξης υπογείου, το υπόγειο τμήμα ορισμένων υποστυλωμάτων συνδέεται μονολιθικά με τα περιμετρικά τοιχώματα του υπογείου, ενώ στα υπόλοιπα συνεχίζεται ελεύθερα μέχρι τη στάθμη των στοιχείων θεμελίωσης. Σαν αποτέλεσμα, ο βαθμός πάκτωσης των πρώτων στη στάθμη δαπέδου ισογείου είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτό των υπολοίπων, με αποτέλεσμα αυτά να αναλαμβάνουν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό της τέμνουσας ορόφου από αυτό που προκύπτει από το "μοντέλο του μονορόφου". Επιπλέον, στα πακτωμένα στη βάση τους υποστυλώματα του ισογείου, το σημείο μηδενισμού των ροπών κάμψης είναι αρκετά ψηλότερα από το μέσο του ύψους, με αποτέλεσμα την αύξηση της ροπής κάμψης στη βάση και τη μείωσή της στην κορυφή. Και η μεν αύξηση των ροπών στη βάση δεν προκάλεσε, γενικά, καμπτικές αστοχίες υποστυλωμάτων στη θέση αυτή, λόγω της αρκετά αυξημένης αντοχής του κατώτερου τμήματος των υποστυλωμάτων από την υπερκάλυψη των κατακορύφων ράβδων του υπόγειου και του υπέργειου τμήματος του υποστυλώματος, και από τη γενικά καλλίτερη συμπύκνωση του σκυροδέματος εκεί. Αντίθετα, η αυξημένη επιβάρυνση των υποστυλωμάτων αυτών σε τέμνουσα οδήγησε πολλές φορές σε καμπτικές ή καμπτοδιατμητικές αστοχίες στην κορυφή τους. Ιδιαίτερα εμφανές ήταν το αποτέλεσμα αυτό σε κτίρια με υπόγειο σε ένα μικρό τμήμα της κάτοψης, στο οποίο και παρατηρήθηκε συγκέντρωση των αστοχιών υποστυλωμάτων. β) Στις κατασκευές της Καλαμάτας, κατά κανόνα, δεν συνέτρεχαν στις κεφαλές υποστυλωμάτων ισογείου δοκοί και στις 2 κύριες διευθύνσεις. (Αντίθετα, οι έμμεσες στηρίξεις δοκών ήταν πολύ συνηθισμένες). Δεδομένου ότι τα υποστυλώματα στη κεφαλή των οποίων συν-

τρέχουν, στη διεύθυνση που εξετάζεται, δοκοί, έχουν πολύ μεγαλύτερο βαθμό πάκτωσης στη κορυφή τους από τα υπόλοιπα, συγκεντρώνουν και αντίστοιχα μεγαλύτερο ποσοστό της τέμνουσας ορόφου, γεγονός που είχε αγνοηθεί στη διαστασιολόγηση με βάση το "μοντέλο του μονόροφου", που θεωρεί όλα τα υποστυλώματα πακτωμένα στη κορυφή τους. Έτσι και οι αστοχίες στις κεφαλές υποστυλωμάτων ισογείου εμφανίσθηκαν σ' εκείνα τα υποστυλώματα στις κορυφές των οποίων συνέτρεχαν στην αντίστοιχη διεύθυνση δοκοί. γ) Σε δυαδικά συστήματα πλαίσίων-τοιχωμάτων (συμπεριλαμβανομένων και αυτών του ασσανσέρ), το "μοντέλο του μονόροφου" υποτιμά σημαντικά τις ροπές κάμψης στον πόδα πακτωμένων στη βάση τους τοιχωμάτων δυσκαμψίας, καθώς και τις τέμνουσες σ' αυτά (αλλά σε μικρότερο βαθμό). Οι διαφορές στην τέμνουσα συνετέλεσαν, πιθανόν, στις διατμητικές αστοχίες των ούτως ή άλλως, υπο-οπλισμένων σε διάτμηση τοιχωμάτων, ενώ καμπτικές αστοχίες στη βάση τοιχωμάτων δεν παρατηρήθηκαν, πιθανόν λόγω της τοπικής ενίσχυσης από την υπερκάλυψη των κατακόρυφων ράβδων με αυτές από τη θεμελίωση, αλλά πιθανότερο επειδή προηγήθηκε η διατμητική αστοχία.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΒΛΑΒΩΝ

Ορισμένες ειδικές περιπτώσεις βλαβών από το σεισμό της 13-9-86 κρίνονται σαν ιδιαίτερα αξιοσημείωτες. Μία από αυτές εμφανίσθηκε σε 6-οροφη πολυκατοικία υπό κατασκευή (στο στάδιο πριν τους χρωματισμούς), με διαστάσεις κάτοψης 43,5 m στη διεύθυνση Β-Ν, και 8,0 στη διεύθυνση Α-Δ. Τα κατακόρυφα στοιχεία ήταν κυρίως 28 τοιχώματα διατομής 1,4 m X 0,25 m, κατά μέσο όρο, 15 από τα οποία είχαν τη μεγάλη τους πλευρά στη διεύθυνση Β-Ν, καθώς και 2 κουβούκλια ανελκυστήρων. Ο σεισμός προκάλεσε μία διαμπερή ρωγή από την οροφή ισογείου μέχρι την οροφή του τελευταίου ορόφου, και από τη μία όψη στην απέναντι, σε κατακόρυφο επίπεδο στη διεύθυνση Α-Δ, που άφηνε το ένα κουβούκλιο ανελκυστήρα και τα μισά περίπου τοιχώματα από τη μία πλευρά, και τα άλλα μισά υποστυλώματα με το δεύτερο κουβούκλιο από την άλλη. Η ρωγή αυτή, που διαπερνούσε όχι μόνο τις πλάκες και τις δοκούς, αλλά και τις τοιχοποιίες και τις επιστρώσεις δαπέδων, προκλήθηκε από την επαλληλία της σεισμικής έντασης με τις εφελκυστικές τάσεις που είχαν αναπτυχθεί στα οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού από την παρεμπόδιση της συστολής ξήρανσής τους από τα πολύ δύσκαμπτα κατακόρυφα στοιχεία. Έτσι ο σεισμός δημιούργησε τον αρμό διαστολής που χρειαζόταν το κτίριο, στην κατάλληλη θέση και διεύθυνση.

Μία δεύτερη αξιοσημείωτη μορφή βλάβης εμφανίσθηκε στις βάσεις όλων σχεδόν των υποστυλωμάτων των υποστέγων της νέας Δημοτικής Αγοράς. Η βλάβη

αυτή ήταν ουσιαστικά απλώς αποκόλληση και πτώση της σημαντικής σε πάχος (30-35 ππ) επικάλυψης των κατακορύφων ράβδων με σκυρόδεμα, στο τμήμα της ένωσης των ράβδων αυτών με τις αντίστοιχες του υπόγειου τμήματος των υποστυλωμάτων, με υπερκάλυψη των άκρων του (Φωτ. 22). Η αποκόλληση οφείλετο στην πολύ μεγάλη πυκνότητα οπλισμού στις θέσεις των ενώσεων (αναφέρονται χαρακτηριστικά ότι υπήρχαν 10-12 Φ20 σε μία στρώση, σε πλευρά υποστυλώματος 0,3 m, και 15-16 Φ20, σε πλευρά 0,5 m). Οι πολύ μικρές αποστάσεις των κατακορύφων ράβδων (ελάχιστα ππ, κατά μέσο όρο, αντί τα 20 ππ που απαιτεί ο Κανονισμός), δεν επέτρεπαν τη σύνδεση του εσωτερικού πυρήνα σκυροδέματος του υποστυλώματος με τον εξωτερικό φλοιό, με αποτέλεσμα την αποκόλληση του τελευταίου λόγω των αυξημένων τάσεων συνάφειας κατά το σεισμό. Η βασική βλάβη που προκλήθηκε από την αποκόλληση της επικάλυψης ήταν η μείωση της αντοχής σε συνάφεια στην περιοχή της ένωσης των ράβδων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα της Καλαμάτας, μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές των παρόμοιας ηλικίας κατασκευών σ' όλη τη χώρα, ως προς τη μορφολογία του δομικού συστήματος και του οργανισμού πλήρωσης, τον τρόπο και την ποιότητα μελέτης και κατασκευής, και τον τρόπο και τις λεπτομέρειες όπλισης των στοιχείων. Η συμπεριφορά τους σ' εκείνες τις περιοχές της πόλης όπου η ένταση του σεισμού της 13-9-86 ξεπέρασε κατά πολύ αυτήν του σεισμού σχεδιασμού τους, επιτρέπει τα εξής βασικά συμπεράσματα:

α) Εξαιτίας της μη-εφαρμογής των κανόνων κατασκευαστικής διαμόρφωσης των μελών και λεπτομερειών όπλισης, που υπαγορεύουν οι σύγχρονες αντιληψεις αντισεισμικού σχεδιασμού και οι σύγχρονοι Κανονισμοί, η συμπεριφορά των κατασκευών της Καλαμάτας δεν ήταν πλάστιμη. Έτσι οι κατασκευές αυτές δεν ήταν σε θέση να αναπτύξουν τις συχνά μεγάλες τιμές δείκτη πλαστιμότητας που απήτησε ο σεισμός της 13-9-86, με αποτέλεσμα το σημαντικό αριθμό αστοχιών και μερικών ή ολικών καταρρεύσεων.

β) Οι τοιχοπληρώσεις κάλυψαν, γενικά, τη διαφορά μεταξύ διαθέσιμης αντοχής και ικανότητας απορρόφησης ενέργειας του φέροντος οργανισμού, και των αντίστοιχων απαιτήσεων από το σεισμό της 13-9-86. Η απουσία των τοιχοπληρώσεων από το ισόγειο των κατασκευών τύπου Pilotis, απεδείχθη καθοριστική, καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των σοβαρών βλαβών και αστοχιών στην Καλαμάτα εμφανίσθηκε εκεί.

γ) Σε κτίρια με μικρό αριθμό ορόφων, υποστυλώματα μεγάλης σχετικά διατομής και τοιχώματα δυσκαμψίας, εμφάνισαν εντυπωσιακά ψηλό ποσοστό διατμητικών αστοχιών, επειδή σ' αυτά η μικρή (λόγω μικρής αξονικής θλίψης) συμβολή

του σκυροδέματος στη διατμητική αντοχή, δεν ήταν δυνατόν να καλύψει την ανεπάρκεια των οριζοντίων οπλισμών.

δ) Οι σοβαρές βλάβες και οι αστοχίες περιορίστηκαν στα υποστυλώματα, ακόμα και όταν αυτά συνδέονταν με δοκούς καταφανώς μικρότερης αντοχής. Η παρατήρηση αυτή καταδεικνύει τη σημασία ενός περιθωρίου ασφαλείας στην ικανοποίηση του ικανοτικού ελέγχου αντοχών δοκών-υποστυλωμάτων στους κόμβους, για να καλυφθούν οι δυσμενείς για την αντοχή των υποστυλωμάτων παράγοντες (π.χ., η λοξή, ως προς τη διεύθυνση των δοκών, ένταση).

ε) Ως συνήθως η συμπεριφορά των "κοντών υποστυλωμάτων" δεν ήταν ικανοποιητική, ακόμα και σε κατασκευές με ασήμαντες βλάβες σε άλλα στοιχεία. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα ερωτηματικά που ακόμα καλύπτουν τη διαστασιολόγηση και την κατασκευαστική τους διαμόρφωση, δείχνει ότι τα στοιχεία αυτά πρέπει να αποφεύγονται, κατά το δυνατόν, στις κατασκευές.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία έχει προκύψει από ερευνητικό πρόγραμμα για τη μελέτη και αξιολόγηση βλαβών των κατασκευών στην Καλαμάτα, που χρηματοδοτείται από τον Ο.Α.Σ.Π.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Papazachos, et al., "Surface Fault Traces, Fault Plane Solution and Spatial Distribution of the Aftershocks of the September 13, 1986, Earthquake of Kalamata", publ. No. 7, 1986, Geophysical Laboratory, Un. of Thessaloniki.
- 2) Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., "Σχέδιο Κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα," Διευθ. Προδιαγραφών και Κανονισμών ΒΜ5, Οκτ. 1985.
- 3) Τέγος, Ι., "Διαστασιολόγηση Κοντών Υποστυλωμάτων," 7ο ΕΛΛ. Συνέδριο Σκυροδέματος, Πάτρα, Οκτ. 1985.
- 4) Σφακιανάκης, Μ., και Φαρδής, Μ., "Μη-γραμμική Δυναμική Ανάλυση Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα στο Χώρο, με Μικρούπολογιστή," 8ο ΕΛΛ. Συνέδριο Σκυροδέματος, Καβάλα, Μάιος 1987.

ΗΜΕΡΙΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Α.ΜΠΑΡΟΥΝΗ
ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ
ΒΟΛΟΥ.

ΑΘΗΝΑ ΜΑΗΣ 1987

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

1. Εισαγωγή .
2. Η Μαγνησία σε σχέση με την βόρεια παρυφή της Αιγαιακής πλάκας και το ρήγμα της Ανατολίας .
3. Επίδραση της ασυνέχειας του Πηλίου στον σχηματισμό κυμάτων τύπου RAYLEIGH .
4. Επίδραση της απόστασης από την σεισμική εστία .

II. ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ.

5. Προτεινόμενα μέτρα αντισεισμικής προστασίας .
6. Παρακολούθηση του σεισμικού μηχανισμού για πρόβλεψη πιθανής επαναλειτουργίας του .
 - 6.1. Θεωρητική ανάλυση της μεθόδου .
 - 6.2. Εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή του Βόλου .
7. Μικροζωνικές ή μικροπεριφερειακές γεωσεισμικές χαρτογραφήσεις .

III. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ .

8. Αντισεισμικοί συντελεστές .
9. Γεωσεισμική εδαφοτεχνική μελέτη των θεμελιώσεων .
10. Συμπεράσματα , προτάσεις .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ .

- | | | |
|------------|----|--|
| Αριθμ. σχ. | 1. | Σεισμολογικό σκιαρίφημα της περιοχής του Βόλου . |
| " | " | 2. Χάρτης των πλακών της Ευρωασιατικής ζώνης . |
| " | " | 3. Χάρτης της Αιγαιακής πλάκας Αιγαίου . |
| " | " | 4. Διάγραμμα ρήγματος ορθοπλευρικής επαπτόμενης μετατόπισης . |
| " | " | 5. Χάρτης του ρήγματος της Ανατολίας . |
| " | " | 6. Διάγραμμα ταχύτητας κινούμενου σεισμικού μηχανισμού ρήγματος Ανατολίας . |
| " | " | 7. Κατηγορίες κυμάτων . |
| " | " | 8. Επίδραση της απόστασης από το σεισμογόνο ρήγμα . |
| " | " | 9. Διακυμάνσεις υδροστατικής στάθμης φρέατος σε σχέση με βαρομετρικές διακυμάνσεις . |
| " | " | 10. Επίδραση της παλιροιακής ευαισθησίας του φρέατος . |
| " | " | 11. Νομογράφημα SHEBALIN . |
| " | " | 12. Γεωσεισμικά μοντέλλα κατά ΡΟΡΟΒ -ΜΠΑΡΟΥΝΗ . |

ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ
ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ .

Υπό Αριστεΐδη Μπαρούνη
Γεωτεχνικού Μηχανικού της ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΠΕ
τ. Επιμελητή της Εφηροσμένης Γεωλογίας στο Ε.Μ.Π.

Ι. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ .

1. Εισαγωγή .

Η Μαγνησία μια περιοχή που βρίσκεται κοντά στη βόρεια παρυφή της τεκτονικής πλάκας του Αιγαίου, μπορεί να θεωρηθεί μια από τις περισσότερο σεισμικά επικίνδυνες περιοχές του ελληνικού χώρου , εφόσον η τεκτονική πλάκα του Αιγαίου, χαρακτηρίζεται από την μεγαλύτερη σεισμική κινητικότητα σε όλη την ανατολική Μεσόγειο .

Η σεισμική αυτή κινητικότητα της τεκτονικής πλάκας του Αιγαίου οφείλεται ως γνωστό, στην ώθηση που δέχεται στα νότια από την κάτωθεν αυτής διεισδύουσας Αφρικανική πλάκα και στα ανατολικά από την Τουρκική πλάκα και ειδικά από το νότιο τμήμα του ρήγματος της Ανατολίας .

Και ενώ η Μαγνησία στο μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από πετρώματα του σταθερού γεωλογικού υπόβαθρου, η πόλη του Βόλου είναι κτισμένη πάνω σε μια γεωλογικά ασταθή νεαρή υδροφόρα πρόσκωση που αποτελεί το προς ανατολάς όριο μιας επιμήκους ρηξιγενούς τάφρου γεμισμένης με μετατεκτονικά (μεταπλειστοκαινικά) ιζήματα και εφαπτομένης προς βορρά στην σταθερή πτυχωμένη γεωλογική μάζα του Πηλίου . (σχ1.)

Αυτή η γεωλογική ετερογένεια στην σύσταση του υπεδάφους της πόλης και της περιβάλλουσας σταθερής γεωλογικής μάζας δημιουργεί μια διαφορετική σεισμική αντίδραση , μια συνέπεια της οποίας σε μια πιθανή μελλοντική ενεργοποίηση του υπόγειου σεισμικού μηχανισμού μπορεί να είναι η ανάπτυξη καθέτων, ελλειπτικής τροχιάς κυμάτων τύπου RAYLEIGH ή άλλου τύπου κυμάτων δι' επιφάνειας με επικίνδυνες συνέπειες για τις θεμελιώσεις των κτιρίων, τα οποία υπολογισμένα σύμφωνα με την μέθοδο του Ρουσσόπουλου με αυξημένο αντισεισμικό συντελεστή έχουν μελετηθεί για να αντέχουν σε ένα μοντέλλο σεισμικού κύματος που προκαλεί οριζόντια δύναμη στις κατασκευές .

Για να προχωρήσουμε σε μια παραπέρα σε βάθος ανάλυση της σεισμικότητας της περιοχής Μαγνησίας Βόλου, θα πρέπει να την εξετάσουμε υπό το πρίσμα της ισχύουσας θεωρίας των τεκτονικών πλακών , αλλά θα περιορισθούμε ελλείψει χρόνου σε δύο σημεία :

- α) στην σχέση της σεισμικότητας της περιοχής του Βόλου με την κινητικότητα της πλησίον ευρισκομένης βόρειας παρυφής της τεκτονικής πλάκας του Αιγαίου η οποία παρυφή σύμφωνα με ισχύουσες απόψεις αποτελεί δυτική υποθαλάσσια προέκταση του ρήγματος της Ανατολίας .
- β) στην επίδραση της περίπου κάθετης ασυνέχειας της κρυσταλλοσχιστώδους στερεάς μάζας του Πηλίου στην ανάπτυξη κυμάτων τύπου RAYLEIGH (R) από σεισμικά κύματα διαμήκη (P) ή εγκάρσια (S) που αναπτύσσονται από μία υποθαλάσ-

σια σεισμική εστία στην διάρκεια ενός σεισμού .

Έτσι η ανάλυση της σεισμικότητας της περιοχής του Βόλου περνάει μέσα από την θεωρία των τεκτονικών πλακών .

2. Η Μαγνησία σε σχέση με την βόρεια παρυφή της Αιγαιακής πλάκας και το ρήγμα της Ανατολίας .

Σύμφωνα με την θεωρία των τεκτονικών πλακών, ο πλανήτης Γή, καλύπτεται από ένα αριθμό στερεών πλακών (περίπου 20), κάθε μία από τις οποίες συμπεριφέρεται σαν ενιαίο στέρεο άκαμπτο σώμα που βρίσκεται σε κίνηση, σε σχέση με τις γειτονικές . Η επιφάνεια της πλάκας σχηματίζεται στις εξάρσεις του θαλάσσιου πυθμένα και σταματά στις υποθαλάσσιες αύλακες . Σε άλλες περιπτώσεις στη χέρσο οι πλάκες οριοθετούνται από μεγάλα ρήγματα, όπως το ρήγμα της Ανατολίας (σχ.2) .

Οι παρυφές των πλακών οριοθετούνται οριζοντιογραφικά και υψομετρικά από σεισμικά υπόκεντρα, τα εστιακά χαρακτηριστικά των οποίων υποδεικνύουν την αλληλεπίδραση των πλακών μεταξύ τους . Οπου μεταξύ δύο πλακών υπάρχει συμπίεση δηλαδή τάση προσέγγισης, έχουμε σεισμούς . Οπου οι πλάκες απομακρύνονται μπορεί να έχουμε ηφαίστεια .

Για τον ελλαδικό χώρο έχει αποδειχθεί ότι η Αφρικανική πλάκα διεισδύει κάτω από την Ευρωπαϊκή, εν προκειμένω κάτω από την υποπλάκα του Αιγαίου, νότια της Κρήτης με γωνία 35° . Η επαφή και ώθηση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα του Αιγαίου γίνεται κατά μήκος ενός τόξου που αρχίζει από την Ρόδο, περνάει νότια της Κρήτης και από εκεί κάμπτεται στα δυτικά παράλια της Πελοποννήσου προς τα Ιόνια νησιά (σχ.3.) .

Ας δούμε τώρα τι γίνεται στη βόρεια παρυφή της πλάκας του Αιγαίου που περνάει από την Μαγνησία . Οι βασικές τεκτονικές μεταβολές που προκαλούν τους σεισμούς, συντελούνται στα κοινά όρια μεταξύ των πλακών, όπου οι κινήσεις διευκολύνονται . Όταν η σχετική κίνηση είναι κάθετη, ο κατάλληλος μηχανισμός ενεργοποίησης είναι η επώθηση ή υπώθηση της μιας πλάκας πάνω ή κάτω από την άλλη . Όταν όμως η σχετική κίνηση είναι εφαπτόμενη προς το κοινό όριο των πλακών, ο μηχανισμός ενεργοποίησης είναι μια οριζόντια ολίσθηση, κατά την διεύθυνση του ρήγματος . Έχουμε δηλαδή μια οριζόντια μετάπτωση που στην γεωφυσική ορολογία ονομάζεται TRASCURRENT FAULT . Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειώσουμε ότι η έννοια της μετάπτωσης (του ρήγματος), έχει διαφορετική θεώρηση από τους Γεωλόγους σε σχέση με τους Γεωφυσικούς και αποτελεί υπαρκτή διαφορά μεταξύ των δύο επιστημών εδώ και χρόνια (σχ.4) .

Το φαινόμενο των μεταπτώσεων οριζόντιας μετακίνησης ή ολίσθησης εμφανίζεται συχνότερα στην περίπτωση σύγκλισης ωκεανικής πλάκας με στέρεη ηπειρωτική μάζα και έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία κινούμενου σεισμικού μηχανισμού ή άλλως μεταναστεύοντος σεισμού .

Τα συμπεράσματα των ερευνών του Ιάπωνα σεισμολόγου MOGGI πάνω στο θέμα της πλάγιας διευθυντήριας μετακίνησης κατά μήκος των μεταπτώσεων επέτρεψαν την θεμελίωση της θεωρίας της μεταναστεύουσας σεισμικής εστίας .

Ο MOGGI πράγματι απέδειξε ότι η εμφάνιση μεγάλων σεισμών σε ορισμένες κατηγορίες πλάγιας μετακίνησης ρηγμάτων ακολουθεί συστηματικά μια διεύθυνση κατά μήκος του ρήγματος με σχετικά σταθερή ταχύτητα .

Η πλέον ένδεικτική περίπτωση εφαρμογής αυτής της θεωρίας είναι το ρήγμα της Ανατολίας που αρχίζει από την Περσία διασχίζει την βόρεια Τουρκία & καταλήγει υποθαλασσίως στο Αιγαίο , όπου αποτελεί την βόρεια παρυφή της Αιγαιακής τεκτονικής πλάκας . (Σχ.5.)

Οι σεισμοί που προκλήθηκαν σε διάφορες περιοχές του ρήγματος αυτού και σε διάφορες χρονολογίες από το 1939 έως το 1957 ,έως και σήμερα ακολουθούν πιστά αυτή την θεωρία της μεταναστεύουσας σεισμικής εστίας με μία ταχύτητα που υπολογίσθηκε σε 80 χιλμ. / χρόνο . Πρόκειται για τους σεισμούς της Τουρκίας των ετών 1939(7,9 R) , 1942(7,3 R) , 1943 (7,6 R) , 1944(7,4 R) , 1953 (7,2 R) και 1957(7,1 R) .

Με τους σεισμούς αυτούς αν δεχθούμε την θεωρία της συνέχειας του ρήγματος της Ανατολίας κάτω από το Αιγαίο κατά μήκος της βόρειας παρυφής της Αιγαιακής πλάκας μπορούμε ίσως να συσχετίσουμε ένα σεισμό στο νότιο Αιγαίο του 1956 (7,8R) και τους σεισμούς της Μαγνησίας 1955(6.2 R) και Βελεστίνου 1957 (6,8 R) . (σχ.6.) .

Το ρήγμα της Ανατολίας είναι ένα μεγάλο εφαπτομενικής ώθησης ρήγμα το οποίο παρουσιάζει πολλές ενδείξεις ορθοπλευρικής ολίσθησης , που ενεργεί ακριβώς όπως μια πλάγια μετάπτωση . Ο MC KENZIE απόδειξε ότι το όριο μεταξύ Αιγαιακής και Τουρκικής πλάκας κινείται προς δυσμάς , έτσι ώστε η μετατόπιση απορροφάται στην επέκταση του ορίου προς τα δυτικά . Η κίνηση τελικά παραλαμβάνεται από την Αιγαιακή πλάκα η οποία επωθείται πάνω στην Αφρικανική , δηλαδή πάνω στην πλάκα του πυθμένα της Μεσογείου .

Η ίδια θεωρία απόδειξε ότι οι μετατοπίσεις μεταναστεύουν προς τα δυτικά κατά μήκος της νότιας πλευράς του ρήγματος της Ανατολίας με διεύθυνση μετατόπιση που φαίνεται στο σχ. 5 .

Με βάση αυτές τις ισχύουσες απόψεις είναι πιθανό ότι οι προσπάθειες πρόβλεψης ή πρόγνωσης σεισμών για την περιοχή της Μαγνησίας να πρέπει να συνδεθούν με την δραστηριότητα του ρήγματος της Ανατολίας .

3. Επίδραση της ασυνέχειας του Πηλίου στον σχηματισμό κυμάτων τύπου

RAYLEIGH.

Στην διάρκεια ενός σεισμού μπορεί να αναπτυχθούν μέχρι έξι κατηγορίες κυμάτων . Από αυτές οι δύο είναι τα λεγόμενα κύματα μάζας και οι άλλες τέσσερις τα λεγόμενα κύματα δι' επιφάνειας .

Κύματα μάζας είναι τα πρωτογενή, θλιπτικά ή διαμήκη κύματα P και τα δευτερογενή ή διατμητικά κύματα . Κύματα δι' επιφάνειας είναι τα κύματα RAYLEIGH (R) ,

(R), τα κύματα LOVE (L), τα σύνθετα κύματα (C) και τα υδροδυναμικά κύματα Η. Από αυτές τις 4 κατηγορίες κυμάτων δι' επιφανείας, τα συχνότερης εμφάνισης είναι τα κύματα (R), τα οποία μαζί με τα κύματα μάζας P και S είναι αυτά που προκαλούν τις μεγαλύτερες ζημιές στις κατασκευές. Τα βασικά χαρακτηριστικά είναι (σχ.7.) :

Πρωτεύοντα ή θλιπτικά κύματα (P).

Μεταδίδονται μέσα από υγρή, στέρεη και αέρια φάση και έχουν την μεγαλύτερη ταχύτητα από κάθε άλλη κατηγορία κυμάτων, γι' αυτό και φθάνουν πρώτα μετά από τον σεισμό. Η ταχύτητά τους δίνεται από την σχέση

$$V_P = \frac{B + (4/3) G}{D} \quad \text{όπου} \quad \begin{array}{ll} G = \text{μέτρο διάτμησης} & \text{του γεω-} \\ B = \text{μέτρο συμπίεστικότητας} & \text{λογικού} \\ D = \text{πυκνότητα} & \text{μέσου.} \end{array}$$

Δευτερογενή ή κύματα διάτμησης (S).

Τα οποία γεννώνται όταν το πρωτεύον κύμα κτυπήσει ελεύθερη επιφάνεια ή περάσει από αλλαγή γεωλογικού μέσου. Κινούνται μόνο στην στέρεη φάση με ταχύτητα $V_S = \frac{G}{D}$

Κύματα RAYLEIGH. Ανακαλύφθηκαν το 1931 από τον ομόνυμο Άγγλο φυσικό. Τα κύματα R κινούν τα μόρια του στερεού μέσου σε ελλειπτικές τροχιές, με σειρά ώθησης άνω, υποχώρηση κάτω με τον μεγάλο άξονα της έλλειψης κάθετο προς την επιφάνεια του εδάφους και κάθετο προς την διεύθυνση του κύριου σεισμικού κύματος. Η ταχύτητά τους είναι $V_R = 0.9 V_S$. Είναι τα σπουδαιότερα από τα ελαστικά κύματα δι' επιφανείας και αναπτύσσονται στην διάρκεια σεισμών, σε γεωλογικά ετερογενείς ζώνες και σε παράλιες περιοχές.

Το πρόβλημα της μετάδοσης κυμάτων τύπου R, κατά μήκος των Ηπειρωτικών παρυφών που βρίσκονται σε επαφή με θαλάσσιο πυθμένα, είναι καλώς γνωστό στους σεισμολόγους και βρίσκεται υπό συνεχή έρευνα, αφού η τεχνολογία έχει επιτρέψει κατ' ευθείαν μετρήσεις με τον μακράς περιόδου σειсмоγράφο ωκέανιου πυθμένα. Το πρόβλημα αυτό εντάσσεται στα πλαίσια ενός ευρύτερου προβλήματος που αφορά την επίδραση των δομών εκτροπής των σεισμικών κυμάτων μάζας, υπό σχηματισμό κυμάτων δι' επιφανείας τύπου R ή L.

Η διαφορά δομής μεταξύ θαλάσσιου πυθμένα και παρακείμενης ηπειρωτικής χέρσου, είναι το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας αλλαγής, στην υφή της επιφανείας εκτροπής ή ανάκλασης των κυρίων σεισμικών κυμάτων.

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών διάσημων σεισμολόγων πάνω σε αυτό το θέμα που βασίστηκαν σε μοντέλλα ή άλλες θεωρητικές μεθόδους ωδήγησαν την λύση του προβλήματος στην προσπάθεια υπολογισμού συντελεστών εκτροπής των κυμάτων μάζας (τύπου R ή S) σε κύματα δι' επιφανείας (τύπου R ή L). Με βάση την αρχή της σεισμικής αντιστροφής, ο συντελεστής εκτροπής κυμάτων τύπου P σε R, ισχύει και για εκτροπή κυμάτων τύπου R σε P. Μια από τις πολλές προσεγγίσεις στη λύση του προβλήματος εφαρμόζει ανάλυση με σειρές FOURIER και καταλήγει στον υπολογισμό ενός συντελεστή ανάκλασης και διέλευσης κυμάτων τύπου P σε κύματα τύπου R.

(R), τα κύματα LOVE (L), τα σύνθετα κύματα (C) και τα υδροδυναμικά κύματα H. Από αυτές τις 4 κατηγορίες κυμάτων δι' επιφάνειας, τα συχνότερης εμφάνισης είναι τα κύματα (R), τα οποία μαζί με τα κύματα μάζας P και S είναι αυτά που προκαλούν τις μεγαλύτερες ζημιές στις κατασκευές. Τα βασικά χαρακτηριστικά είναι (σχ.7.) :

Πρωτεύοντα ή θλιπτικά κύματα (P).

Μεταδίδονται μέσα από υγρή, στέρεη και αέρια φάση και έχουν την μεγαλύτερη ταχύτητα από κάθε άλλη κατηγορία κυμάτων, γι' αυτό και φθάνουν πρώτα μετά από τον σεισμό. Η ταχύτητά τους δίνεται από την σχέση

$$V_p = \frac{B + (4/3) G}{D} \quad \text{όπου} \quad \begin{array}{ll} G = \text{μέτρο διάτμησης} & \text{του γεω-} \\ B = \text{μέτρο συμπίεστικότητας} & \text{λογικού} \\ D = \text{πυκνότητα} & \text{μέσου.} \end{array}$$

Δευτερογενή ή κύματα διάτμησης (S).

Τα οποία γεννώνται όταν το πρωτεύον κύμα κτυπήσει ελεύθερη επιφάνεια ή περάσει από αλλαγή γεωλογικού μέσου. Κινούνται μόνο στην στέρεη φάση με ταχύτητα $V_S = \frac{G}{D}$

Κύματα RAYLEIGH. Ανακαλύφθηκαν το 1931 από τον ομόνυμο Άγγλο φυσικό.

Τα κύματα R κινούν τα μόρια του στερεού μέσου σε ελλειπτικές τροχιές, με σειρά ώθησης άνω, υποχώρηση κάτω με τον μεγάλο άξονα της έλλειψης κάθετο προς την επιφάνεια του εδάφους και κάθετο προς την διεύθυνση του κύριου σεισμικού κύματος. Η ταχύτητά τους είναι $V_R = 0.9 V_S$. Είναι τα σπουδαιότερα από τα ελαστικά κύματα δι' επιφάνειας και αναπτύσσονται στην διάρκεια σεισμών, σε γεωλογικά ετερογενείς ζώνες και σε παράλιες περιοχές.

Το πρόβλημα της μετάδοσης κυμάτων τύπου R, κατά μήκος των Ηπειρωτικών παρυφών που βρίσκονται σε επαφή με θαλάσσιο πυθμένα, είναι καλώς γνωστό στους σεισμολόγους και βρίσκεται υπό συνεχή έρευνα, αφοτίου η τεχνολογία έχει επιτρέψει κατ' ευθείαν μετρήσεις με τον μακράς περιόδου σειсмоγράφο ωκέανιου πυθμένα. Το πρόβλημα αυτό εντάσσεται στα πλαίσια ενός ευρύτερου προβλήματος που αφορά την επίδραση των δομών εκτροπής των σεισμικών κυμάτων μάζας, υπό σχηματισμό κυμάτων δι' επιφάνειας τύπου R ή L.

Η διαφορά δομής μεταξύ θαλάσσιου πυθμένα και παρακείμενης ηπειρωτικής χέρσου, είναι το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας αλλαγής, στην υφή της επιφάνειας εκτροπής ή ανάκλασης των κυρίων σεισμικών κυμάτων.

Ενας μεγάλος αριθμός ερευνών διάσημων σεισμολόγων πάνω σε αυτό το θέμα που βασίσθηκαν σε μοντέλλα ή άλλες θεωρητικές μεθόδους ωδήγησαν την λύση του προβλήματος στην προσπάθεια υπολογισμού συντελεστών εκτροπής των κυμάτων μάζας (τύπου R ή S) σε κύματα δι' επιφάνειας (τύπου R ή L). Με βάση την αρχή της σεισμικής αντιστροφής, ο συντελεστής εκτροπής κυμάτων τύπου P σε R, ισχύει και για εκτροπή κυμάτων τύπου R σε P. Μια από τις πολλές προσεγγίσεις στη λύση του προβλήματος εφαρμόζει ανάλυση με σειρές FOURIER και καταλήγει στον υπολογισμό ενός συντελεστή ανάκλασης και διέλευσης κυμάτων τύπου P σε κύματα τύπου R.

Οι συντελεστές αυτοί εκφράζονται σαν αδιάστατες κυμαινόμενες μεταβλητές, του τύπου $\omega H/\beta$, όπου ω = γωνιακή συχνότητα των κυμάτων, H = το ύψος της ασυνέχειας και β το μέτρο διάτμησης.

Από την σχέση αυτή βλέπουμε ότι, ο συντελεστής εκτροπής είναι ανάλογος με το ύψος της γεωλογικής ασυνέχειας, που αποτελεί την δομή εκτροπής του κύριου σεισμικού κύματος και αντιστρόφως ανάλογα με το μέτρο διάτμησης του μέσου. Σαν συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι για δοσμένο μέγεθος σεισμού και δοσμένη απόσταση από την σεισμική εστία, μια παραλιακή πόλη λόγω υψηλού συντελεστή εκτροπής κυμάτων μάζας προς κύματα δι' επιφάνειας, υπόκειται σε μεγαλύτερο σεισμικό κίνδυνο από μία που βρίσκεται σε βάθος στην ήπειρο και ειδικά όταν υπάρχει γεωλογική ετερογένεια μεταξύ θαλάσσιου πυθμένα και ηπειρωτικής παρυφής. Η Καλαμάτα είναι μια πρόσφατη επιβεβαίωση αυτής της θεωρίας.

4. Επίδραση της απόστασης από την σεισμική εστία.

Όπως φαίνεται στο σχ. 8 διακρίνουμε ως προς μια σεισμική εστία μια κοντινή και μια μακρινή ζώνη (σχ. 8). Στην κοντινή ζώνη έχουμε άμεσες μεταδόσεις εδαφικών κινήσεων, ενώ στην μακρινή η εδαφική κίνηση παράγεται μετά από πολλές ανακλάσεις. Έτσι η μεν κοντινή περιοχή μπορεί να χαρακτηρίζεται από άμεση μετάδοση κυμάτων θλίψης ή διάτμησης ενώ η μακρινή από επαγόμενα κύματα δι' επιφάνειας R ή $LOVE$.

Οι σεισμικές παραμορφώσεις της κοντινής ζώνης εκδηλώνονται συνήθως όχι μόνο με εδαφικές κινήσεις, αλλά με μόνιμη παραμόρφωση γεωλογικών μαζών. Από πλευράς τέτοιων παραμορφώσεων διακρίνουμε τρεις ζώνες ανάλογα με την απόσταση από τον άξονα του σεισμογόνου ρήγματος.

Η ζώνη I για μεγάλους σεισμούς βασικής ρηξιγενούς ζώνης εκτείνεται σε 1 χιλμ. από το σεισμογόνο ρήγμα.

Η ζώνη II περιλαμβάνει ακίνδυνες δευτερεύουσες μεταπτώσεις που μπορεί να δείξουν μετατοπίσεις μέχρι το 20% της κύριας μετάπτωσης και μπορεί να επεκτείνονται σε απόσταση έως 13 χιλμ. από τον άξονα του ρήγματος.

Τέλος η III ζώνη χαρακτηρίζεται από μικρές, σταδιακά μειωνόμενες καταπονήσεις. Έτσι η απόσταση του σεισμογόνου ρήγματος στο Αιγαίο από την Μαγνησία επηρεάζει το είδος των κυμάτων.

II. ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ.

5. Προτεινόμενα μέτρα αντισεισμικής προστασίας.

Μετά τους σεισμούς του 1955 και του 1975 η πόλη του Βόλου ανοικοδομήθηκε με βάση αντισεισμικές μελέτες που έπαιρναν αυξημένους αντισεισμικούς συντελεστές της τάξης του 8-10% και με άλλες πιθανές αντισεισμικές προφυλάξεις όπως διασύνδεση πεδίων κλπ.

Αυτά τα μέτρα αντισεισμικής προστασίας μέχρι τώρα (ευτυχώς) δεν δοκιμάσθηκαν στην πράξη. Μπορεί να είναι επαρκή ή όχι αυτό εξαρτάται και από τις χαρακτηριστικές παραμέτρους του σεισμού, στην επίδραση του οποίου τυχόν θα χρειασθεί να αντιδράσουν.

Οπωσδήποτε με την σημερινή αντισεισμική και γεωσεισμική τεχνολογία και με την εμπειρία σεισμών της τελευταίας 30ετίας και ειδικά του σεισμού της Καλαμάτας , αν ανακατασκευαζότανε σήμερα η πόλη ίσως θα είχαν παρθεί πρόσθετα μέτρα αντισεισμικής ασφάλειας .

Έτσι τα μέτρα αντισεισμικής προστασίας της πόλης , που εμείς προτείνουμε, θα αφορούν το μέλλον και θα κατευθύνονται σε τρεις κυρίως άξονες .

α) Προσπάθεια πρόβλεψης σεισμών ή παρακολούθησης της κινητικότητας, του υπάρχοντος σεισμικού μηχανισμού , πρὸς διαπίστωση ενδείξεων πιθανής επαναλειτουργίας του, σε συνδυασμό με σεισμολογική παρακολούθηση της δραστηριότητας του ρήγματος της Ανατολίας . Σειсмоγράφοι, μαγνητόμετρα και συσκευές Β.Α.Ν. οπωσδήποτε θα πρέπει να εφαρμόζονται .

β) Αναθεώρηση τυχόν υπάρχόντων σχεδίων οικιστικής ή βιομηχανικής επέκτασης της πόλης με βάση στοιχεία μιας μικροζωνικής γεωσεισμικής χαρτογράφησης που οπωσδήποτε πρέπει να γίνει .

γ) Αναθεώρηση των μεθόδων αντισεισμικής μελέτης των κατασκευών με τροποποιημένους αντισεισμικούς συντελεστές , υποχρεωτικές εδαφοτεχνικές έρευνες & γεωσεισμικές αναλύσεις και υπολογισμούς εξασφάλισης έναντι κυμάτων δι' επιφάνειας τύπου RAYLEIGH , ειδικά στα λυτά εδάφη θεμελίωσης .

β. Παρακολούθηση του σεισμικού μηχανισμού για πρόβλεψη πιθανής επαναλειτουργίας του .

Όπως και απο τον τίτλο προκύπτει άλλο είναι η παρακολούθηση των ενδείξεων επαναδραστηριοποίησης ενός σεισμικού μηχανισμού και άλλο η πρόβλεψη ενός νέου σεισμού με προεκτίμηση χρόνου, μεγέθους και υπόκεντρου . Οι υπάρχουσες επιστημονικές δυνατότητες για την σημερινή περίοδο δεν επιτρέπουν προβλέψεις ακρίβειας αυτού του είδους . Υπάρχουν όμως διάφοροι γεωφυσικές μέθοδοι (μαγνητικές, βαροτομετρικές, ηλεκτρικές κ.λ.π.) που εφαρμόζονται διεθνώς και μπορεί να δώσουν μακροπρόθεσμες ή μεσοπρόθεσμες προβλέψεις επικείμενων σεισμών . Η περιγραφή ή και απλή αναφορά αυτών των μεθόδων είναι εκτός των πλαισίων αυτής της ανακοίνωσης . Σημειώνουμε μόνο ότι μια κατηγορία απο αυτές τις μεθόδους μετρά γεωηλεκτρικά ρεύματα και ότι σε αυτή εντάσσεται και η γνωστή ελληνική μέθοδος Β.Α.Ν. , η οποία εφαρμόζεται σε διάφορες πόλεις , πιθανόν και στο Βόλο .

Για την θέση υπο παρακολούθηση ενός υποτιθέμενου αδρανούντος σεισμικού μηχανισμού με σκοπό την έγκαιρη επισήμανση ενδείξεων πιθανής επαναλειτουργίας του στο σύντομο μέλλον, υπάρχουν και έχουν εφαρμοσθεί διεθνώς διάφοροι μέθοδοι .

Μια απο αυτές τις μεθόδους^{σου} εφαρμόζεται στην παρακολούθηση του ρήγματος του SAINT ANDREA στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, τροποποιημένη και προσαρμοσμένη για την περιοχή του Βόλου, θα παρουσιάσουμε στην συνέχεια .

Η μέθοδος αυτή που είναι χαμηλού κόστους , μεγάλης ακρίβειας και δεν απαιτεί τεχνολογία μη υπαρκτή στην Ελλάδα νομίζουμε ότι θα ήταν χρήσιμο και αναγκαίο να εφαρμοσθεί στην παρακολούθηση της δραστηριότητας, του υπόγειου σεισμικού μηχανισμού της περιοχής του Βόλου .

6.1. Θεωρητική ανάλυση της μεθόδου .

Σεισμικές ολισθήσεις κατά το επίπεδο ασυνεχείας σεισμικά ενεργών ρηγμάτων που εκφράζονται με μετακινήσεις της τάξεως μερικών χιλιοστών ή και εκατοστών το έτος δημιουργούν σεισμικά κύματα που μεταδίδονται σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων χωρίς όμως να παράγουν καταγράψιμες σεισμικές δονήσεις . Εν τούτοις ο ρόλος αυτών των σεισμικών ολισθήσεων στο σύστημα των συσσωρευόμενων τεκτονικών τάσεων και στη πιθανή απελευθέρωση αυτών μπορεί να είναι μεγάλης σπουδαιότητας . Εξάλλου οι μεταβολές στην πίεση πόρων των πετρωμάτων αναγνωρίζονται σαν αιτίες διαφόρων γεωλογικών και γεωφυσικών φαινομένων . Έτσι έχουν καταγραφεί καθιζήσεις εδάφους απο υπεράντληση υδροφορέων, σεισμικές δονήσεις απο εισπίεση νερού , έκπλυσης πετρελαιοφόρων στρωμάτων , σεισμικές δονήσεις απο εισπίεση λυμάτων στο υπέδαφος κ.λ.π Με βάση αυτή την εμπειρία , θεωρητικές μελέτες και πολλά επί τόπου πειράματα στο εξωτερικό, έχει εξαχθεί το βάσιμο συμπέρασμα, ότι μια πιθανή μέθοδος μέτρησης μεταβολών τεκτονικών τάσεων, σαν ενδείξεων επικείμενων σεισμών , είναι να καταγραφούν επί τόπου διακυμάνσεις της πίεσης πόρων μέσα σε βαθειά σωληνωτά φρέατα που θα διανοίγονται πάνω στον άξονα σεισμικών ρηγμάτων .

Μετά απο επιτυχείς πειραματικές εφαρμογές της μεθόδου στις ΗΠΑ αποδείχθηκε ότι μετά απο σεισμικά επεισόδια αυτού του τύπου, ακολουθούν με καθυστέρηση ολίγων ωρών μεταβολές της στάθμης των υπογείων υδάτων οφειλόμενες σε μεταβολές της πίεσης των πόρων σε δεσμευμένα υδροφόρα στρώματα μεγάλου βάθους .

Έτσι η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί στην παρακολούθηση της κινητικής κατάστασης ενός υπόγειου σεισμικού μηχανισμού και σε ορισμένες περιπτώσεις και στην πρόβλεψη ενός σεισμού, αν προ της κύριας σεισμικής δόνησης προηγηθεί μακρά ή βραχεία σειρά προσεισμικών δονήσεων .

Σε κάθε περίπτωση μια εντεινόμενη εξέλιξη του φαινομένου των μεταβολών τάσεων, όπως αυτές μετρούνται απο διακυμάνσεις στάθμης αρτεσιανού υδροφόρου δείχνει οπωσδήποτε , αν όχι επικείμενο σεισμό , τουλάχιστον σεισμικές εξελίξεις που ίσως θα οδηγήσουν σε σεισμό .

6.2. Εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή του Βόλου .

Για την περιοχή του Βόλου είναι γνωστό ότι σημειώνονται μικροολισθήσεις πάνω στα σεισμικά ρήγματα. Το φαινόμενο αυτό σημειώνεται στην Κεφαλονιά και σε άλλες σεισμόπληκτες περιοχές, και κατά περιόδους συνοδεύεται απο αισθητές δονήσεις .

Για να ερευνηθεί η πιθανότητα μεταβολής της πίεσης πόρων υγρών σε μια ζώνη ενεργού τεκτονικής ολίσθησης, χρειάζεται σε μια κατάλληλη θέση ευρισκόμενη στο ίχνος επι της επιφανείας κάποιου σεισμικού ρήγματος να γίνει κατασκευή ενός βαθέος φρέατος της τάξεως των 200-250 μ.

Η ακριβής θέση του φρέατος θα επιλεγεί μετά απο μία ακριβή γεωσεισμική μικροζωνική χαρτογράφηση .

Το βάθος του φρέατος πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να συναντηθεί δεσμευμένο υδροφόρο στρώμα, δηλαδή αρτεσιανό υπό πίεση. Το βάθος των 200-250μ. θεωρείται κατάλληλο για τον σκοπό αυτό. Το φρέαρ θα σωληνωθεί με καλύβδινη σωλήνα η οποία θα τσιμενταρισθεί εξωτερικά σε αρκετό βάθος ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα επικοινωνίας με επιφανειακά νερά.

Τα μικρού βάθους ελεύθερα υδροφόρα στρώματα θα απομονωθούν και ένας φιλτροσωλήνας μήκους 6μ. περίπου, θα έχει διαμορφωθεί στο χαμηλότερο τμήμα της επένδυσης, που θα φέρει σε επαφή το φρέαρ με τον υδροφόρο ορίζοντα σε αυτό το βάθος.

Στην συνέχεια θα τσιμενταρισθεί και το εσωτερικό του φρέατος σε κάποιο βάθος. Η στάθμη του νερού θα μέτράται με ηλεκτρικό σταθμήμετρο μεγάλης ακρίβειας, που θα αποτελείται από καταγραφικό τύμπανο και πλωτήρα τύπου STEVENS. Η περιστροφή του τυμπάνου θα είναι κατ'ευθείαν ανάλογος στην μεταβολή της στάθμης του νερού και η ακρίβεια μετρήσεως της στάθμης θα πρέπει να φθάνει τα ± 2 μ.μ.

Με ένα καταγραφέα χρόνου που θα υπάρχει στο τύμπανο θα καταγράφεται ο χρόνος της μεταβολής της στάθμης με ακρίβεια ± 5 λεπτά.

Στην κεφαλή του φρέατος θα πρέπει να λειτουργεί μικροβαρογράφος και θερμογράφος μεγάλης ακρίβειας.

Στην πρώτη φάση λειτουργίας του φρέατος για μερικές ημέρες η ανύψωση στάθμης θα αφορά την πλήρωση του φρέατος μέχρι να επέλθει ισοροπία με την υδροστατική πίεση του υδροφορέα. Η σταθερά χρόνου πλήρωσης θα καταγραφεί. Η καμπύλη που θα προκύψει για τις διακυμάνσεις στάθμης, συγκρινόμενη με την καμπύλη βαρομετρικών πιέσεων θα δείχνει μια έντονη σχέση κατιούσας βαρομετρικής πίεσης και ανιούσας υδροστατικής στάθμης.

Αυτή η σχέση οφείλεται στην βαρομετρική ευαισθησία του υδροφορέα. Υπάρχει μια μεγάλη κλίμακα συχνοτήτων στις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης αλλά οι υψηλότερες συχνότητες δεν καταγράφονται στις διακυμάνσεις της στάθμης. Για να γίνεται καλύτερη σύγκριση των καμπύλων θα χρειασθεί να προσαρμοσθεί ένα ηλεκτρονικό φίλτρο στον καταγραφέα, το οποίο να εξομαλύνει την καμπύλη των βαρομετρικών πιέσεων (σχ. 9).

Η καμπύλη της βαρομετρικής πίεσης (καμπύλη 1 στο σχ. 9) θα φιλτραρισθεί ή θα διορθωθεί για να δώσει την καμπύλη 2, που θα εφαρμοσθεί στην καμπύλη 3 της διακύμανσης στάθμης και τελικά θα παρθεί η διορθωμένη υδροστατική στάθμη καμπύλη 4.

Εάν ο καταγραφέας του φρέατος δεν θα έχει ηλεκτρονικό φίλτρο η διόρθωση ως προς την βαρομετρική ευαισθησία του υδροφορέα, θα γίνεται με μαθηματική ανάλυση βάσει του τύπου $B = \frac{\alpha E_S}{\alpha E_S + E_\omega}$ που είναι η λύση της διαφορι-

κής εξίσωσης $B = \frac{\gamma D H}{\Delta P \alpha}$ όπου $E_S =$ μέτρο ελαστικότητας του υδροφορέα,

$E_\omega =$ μέτρο συμπιεστότητας του νερού και α το πορώδες.

Επειδή η παρουσία του φρέατος διαταράσσει την τοπική πίεση πόρων του υδροφορέα οι αλλαγές στην στάθμη δεν είναι ισοδύναμες με τις μεταβολές στην πίεση πόρων . Εν τούτοις η πίεση πόρων μπορεί να εκτιμηθεί απο την μεταβολή της στάθμης στο φρέαρ, θεωρώντας την εξαρτημένη απο τον χρόνο αντίδραση του φρέατος σε βαρομετρικές αλλαγές πιέσεως . Κατά βάση θα υπο-
 τεθεί ότι το φρέαρ ανταποκρίνεται σε μεταβολές στην πίεση πόρων που πα-
 ράγονται απο τεκτονικές καταπονήσεις με τον ίδιο τρόπο που αντιδρά στις
 βαρομετρικές αλλαγές πιέσεως .

Οι ανωμαλίες της τελικά διορθωμένης καμπύλης της υδροστατικής στάθμης
 θα είναι της τάξεως των χιλιοστών, εκτός εάν υπάρχουν σεισμικά επεισόδια
 του τύπου των μικροολισθήσεων οπότε θα υπάρξουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις.
 Εάν αυτές οι διακυμάνσεις αποκλεισθεί ότι οφείλονται σε βροχές ή θερμικές
 επιδράσεις τότε θα οφείλονται σε σεισμικά συμβάντα .

Ο υπολογισμός της τεκτονικής πίεσης πόρων μπορεί να γίνει απο την σχέση

$$Y(T) = Z(T) - (1-E) Z (T-1) / E$$

όπου $Y(T)$ = τεκτονική πίεση πόρων

$Z(T)$ και $Z(T-1)$ διορθωμένες καμπύλες στάθμης

E = σταθερά χρόνου

Η υπολογιζόμενη με τον τύπο αυτό τεκτονική πίεση πόρων θα είναι μόνο προ-
 σεγγιστική λόγω της αβεβαιότητας στη σχέση μεταξύ βαρομετρικής ευαισθησί-
 ας και τεκτονικής ευαισθησίας του φρέατος . Η βαρομετρική ευαισθησία E_B
 καθορίζεται σαν ο λόγος της πίεσης στο φρέαρ προς την ατμοσφαιρική πίεση.
 Ο λόγος της πίεσης στο φρέαρ προς την τεκτονική υδροστατική τάση είναι η
 τεκτονική ευαισθησία E_T .

Η στατική επίλυση για επαρκώς μεγάλες περιόδους δίδει $E_B + E_T = 1$.

Η εξίσωση του JACOB αναφέρεται σε σταθερή κατάσταση και έτσι το άθροισμα
 $E_B + E_T$, πιθανώς να είναι μικρότερο απο την μονάδα για υψηλότερες συ-
 χνότητες . Αν για απλοποίηση θεωρηθεί ότι $E_B = E_T$ μπορούμε να υπολογίσου-
 με την μεταβολή στην πίεση πόρων που έλαβε χώρα κατά την διάρκεια σεισμι-
 κών ολισθήσεων .

Αν στο ρήγμα που θα εφαρμοσθεί η μέθοδος, δεν καταγράφονται μικροολισθή-
 σεις , τότε η μεταβολή στην πίεση πόρων που θα μετρηθεί , θα είναι η ενδει-
 κτική περί της υπάρξεως τους .

Αν το φρέαρ πρόκειται να κατασκευασθεί μέσα στην πόλη του Βόλου, δηλαδή
 σε παραθαλάσσια περιοχή θα πρέπει εκτός απο τις διορθώσεις λόγω βαρομε-
 τρικών διακυμάνσεων , να γίνονται και διορθώσεις λόγω παλιροιακής ευαι-
 σθησίας του υδροφορέα (σχ. 10) .

Η μαθηματική ανάλυση μπορεί να γίνει με την σχέση

$$H_x = h_{oe} - x \sqrt{\pi S / 4 \phi T} \cdot \text{Si} \left(\frac{x \sqrt{\pi S / 4 \phi T}}{L_0} \right)$$

που αποτελεί τη λύση για οριακές συνθήκες της διαφορικής εξίσωσης

$$\frac{\partial^2 x}{\partial z^2} = \frac{S \phi L}{S \phi^2}$$

απο την οποία προκύπτει ότι η διακύμανση στάθμης H_x λόγω παλίρροιας σε μία απόσταση x απο την ακτή είναι

όπου $S =$ συντελεστής αποθήκευσης

$T =$ " μεταβίβασης

$H =$ ύψος παλίρροιας

$\Pi =$ περίοδος παλίρροιας

Η παλιροιακή ευαισθησία του υδροφόρα C δίνεται απο την σχέση $C = \frac{E_\omega}{\alpha E_S + E_\omega}$

και συνδέεται με την βαρομετρική ευαισθησία B με την σχέση του JACOB $C+B = 1$.

Επειδή η επίδραση της παλίρροιας στις ενδείξεις του φρέατος είναι ανάλογη της απόστασης απο την ακτή συνάγεται ότι το φρέαρ δεν πρέπει να κατασκευασθεί στην παραλιακή περιοχή της πόλης του Βόλου, αλλά στο εσωτερικό προς την πλευρά του Βελεστίνου όπου υπάρχει και κάποιο σεισμικό ρήγμα.

7. Μικροζωνικές ή μικροπεριφερειακές γεωσεισμικές καρτογραφήσεις .

Για την χώρα μας οι μικροζωνικές γεωσεισμικές καρτογραφήσεις αρχίζουν να μπαίνουν σε προτεραιότητα εφαρμογών μετά απο τους καταστρεπτικούς σεισμούς της Καλαμάτας, όταν διαπιστώθηκε πόσο μεγάλη ήταν η σχέση μεταξύ γεωσεισμικής συμπεριφοράς του εδάφους και των προκληθεισών ζημιών .

Εμείς σε ανύποπτο χρόνο τον Μάη του 1984 στο συνέδριο Γεωλογία-Σεισμοί που έγινε στην Αθήνα, παρουσιάσαμε μια ανακοίνωση με θέμα Μεθοδολογία Γεωσεισμικής Χαρτογράφησης για γεωτεχνικές εφαρμογές . Στο ίδιο διάστημα είχαμε κάνει στα πλαίσια της ΕΠΑ μικροζωνικές καρτογραφήσεις , για τις περιοχές Καρδίτσα, Τρικάλων, Περαχώρας Λουτρακίου, Ερέτριας Βασιλικών. Η μέθοδος που προτείναμε και αναλύσαμε είναι ανάλογη με εκείνη που εφαρμόσε ο διάσημος σεισμολόγος RICHTER το έτος 1959, για την πόλη του LOS ANGELES των ΗΠΑ, όπου έγινε και η πρώτη εφαρμογή μικροπεριφερειακής γεωσεισμικής καρτογράφησης . Στην ίδια περίπου περίοδο οι Ρώσοι γεωσεισμολόγοι MEDVEDEV, PUCKHOFF κ.α. , έκαναν ανάλογες καρτογραφήσεις για περιοχές της Σοβιετικής Ένωσης στην Καμτσάκα και αλλού .

Σήμερα στην περιοχή της Καλαμάτας γίνεται μικροζωνική καρτογράφηση με συνεργασία διαφόρων φορέων (Υπουργ. Δ.Ε. ΙΓΜΕ κ.λ.π.) . Δεν γνωρίζουμε αν χρησιμοποιούν την παραπάνω μέθοδο ή κάποια άλλη , που ενδεχόμενα κάνει και χρήση σειсмоγράφου για την μέτρηση σεισμικών ταχυτήτων στις διάφορες εδαφικές ζώνες-. Κάτι τέτοιο δεν είναι αναγκαίο και δεν προβλέπεται στις μεθόδους των RICHTER , MEDVEDEV κ.ά. , αφού δεν υπάρχει συγκεκριμένη εξάρτηση της σεισμικής ταχύτητας μέσω ενός γεωλογικού μέσου και της σεισμικής επικινδυνότητας κατασκευών πάνω σε αυτό το μέσον . Επί πλέον η χρήση σειсмоγράφου ανεβάζει δυσανάλογα το κόστος της έρευνας σε χρόνο και χρήμα . Οι μικροζωνικοί γεωσεισμικοί χάρτες είναι χάρτες ισοσεισμικών καμπύλων , δηλαδή χάρτες που δείχνουν ζώνες ίσης σεισμικής επικινδυνότητας εκφραζόμενης σε αναμενόμενη σεισμική ένταση σε βαθμούς MERCALLI (M.M) .

Για κάθε γεωσεισμικά διακεκριμένη ζώνη του χάρτη δίνεται η αναμενόμενη σεισμική ένταση σε βαθμούς Μ.Μ. η αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση και συμπληρωματικά μπορεί να δίνεται και ο ενδεδειγμένος αντισεισμικός συντελεστής μαζί με υπόμνημα καταλληλότητας των διαφόρων ζωνών του χάρτη για θεμελίωση συγκεκριμένων κατασκευών .

Ξεκινώντας μια γεωσεισμική μικροζωνική καρτογράφηση πρέπει να διαθέτουμε στοιχεία για την γεωσεισμική ιστορία της περιοχής ως προς τις θέσεις των υπάρχουσών γειτονικών σεισμικών εστιών, τα βάθη τους, τα μέγιστα μεγέθη σεισμών σε βαθμούς RICHTER που έδωσαν στο παρελθόν και τον χρονικό μηχανισμό σεισμικής παλινδρόμησης που παρουσιάζουν . Έτσι η καρτογράφηση θα είναι μια σχετική έρευνα που θα αποσκοπεί στο να περιγράψει και να διακρίνει την κατά ζώνες σεισμική αντίδραση του εδάφους έναντι ενός μέγιστου σεισμού που μπορεί να προέρχεται από δοσμένη υπαρκτή σεισμική εστία την πιό κοντινή προς την εξεταζόμενη θέση . Αυτό σημαίνει ότι η ίδια περιοχή καρτογραφούμενη γεωσεισμικά σε σχέση με άλλη σεισμική εστία θα δώσει διαφορετικές ισοσεισμικές καμπύλες .

Κατ' αρχήν θα πρέπει να υπολογισθεί ή εκτιμηθεί η μέγιστη επικεντρική ένταση σεισμού για δοσμένη σεισμική εστία, συναρτήσει αναμενόμενου μεγέθους σεισμού και του βάθους της . Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπάρχουσα εμπειρία ή το νομογράφημα του SHEBALIN (σχ. 11) .

Η ένταση που παίρνεται από το νομογράφημα αφορά την επικεντρική περιοχή, αλλά από αυτή μπορούμε με εφαρμογή του τύπου $I_0 - I_1 = K \text{ LOG } 1 + \left(\frac{\Delta}{H} \right)^2$

όπου $I_0 - I_1$ διαφορά επικεντρικής έντασης και έντασης σε απόσταση Δ από το επίκεντρο $H =$ βάθος σεισμικής εστίας

$\Delta =$ απόσταση από το επίκεντρο του σεισμού

να πάρουμε την ένταση για την περιοχή που μας ενδιαφέρει απέχουσα Δ χιλμ. από την σεισμική εστία. Κατά την μέθοδο του ΡΟΡΟΝ η ένταση αυτή αφορά γρανίτη ή κάποια βραχώδη πετρώματα προτριτογενούς ηλικίας για την Ελλάδα. Όλες οι άλλες εδαφικές ζώνες θα χαρακτηρίζονται με αναμενόμενες εντάσεις σεισμού αυξημένες κατά 1/2 έως 3 1/2 μονάδες Μ.Μ. ανάλογα με το γεωσεισμικό μοντέλλο της θέσης . Στις ζώνες κατά μήκος ρηγμάτων μπορεί να προστίθενται από 2 έως 3 1/2 μονάδες ανάλογα με τις γεωλογικές και σεισμολογικές εκτιμήσεις που υπάρχουν σχετικά με την κινητικότητα του ρήγματος . Ο ΡΟΡΟΝ διακρίνει 12 γεωσεισμικά μοντέλλα , τα οποία εμείς τροποποιήσαμε για τις ελληνικές συνθήκες σε 15 . Τα μοντέλλα αυτά μαζί με τις ενδεικνυόμενες αυξήσεις αναμενόμενης έντασης σε σχέση με έδαφος γρανίτη και άλλα στοιχεία δίνουμε στο σχ. αριθμ. 12 .

III. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ .

Η ασφάλεια των θεμελιώσεων των οικοδομών μπορεί να επιτευχθεί με

α) κατάλληλους αντισεισμικούς συντελεστές

β) εξασφάλιση έναντι κάθετων κυμάτων δι' επιφάνειας τύπου RAYLEIGH ή LOVE .

8. Αντισεισμικοί συντελεστές .

Το πρόβλημα των αντισεισμικών συντελεστών είναι πολυσυζητημένο. Με το παλιό αντισεισμικό κανονισμό αυτός ο συντελεστής επιλεγόταν με βάση τις μελέτες του Ρουσσόπουλου που διακρίνουν γεωσεισμικά τα εδάφη σε 4 κατηγορίες και τις σεισμικές ζώνες της Ελλάδας σε 3 τάξεις , σε σειρά αυξανόμενης σεισμικής επικινδυνότητας (I,II,III). Με την τελευταία τροποποίηση η φιλοσοφία του συντελεστή δεν άλλαξε , δηλαδή δεν αλλάζουν οι κατηγορίες εδαφών ούτε οι ζώνες επικινδυνότητας , αλλάζουν μόνο οι συντελεστές που αυξάνουν, έτσι ώστε να κυμαίνονται από 6 έως και 20% .

Μια εναλλακτική προσέγγιση στη λύση του προβλήματος σχέση εδάφους προς εφαρμοστέον αντισεισμικό συντελεστή , δίνει ο διάσημος Ρώσος Γεωσεισμολόγος ΡΟΡΟΒ , με μια μέθοδο που εφαρμόζει και η Αμερικάνικη Γεωλογική Υπηρεσία . Ο ΡΟΡΟΒ θεωρεί ότι η σχέση κατηγορίας εδάφους αντισεισμικού συντελεστή δεν εξαρτιέται μόνο από την φύση του εδάφους (όπως τα διακρίνει ο Ρουσσόπουλος) αλλά από ένα αριθμό συντελεστών που είναι η γεωμορφολογική κλίση, η στρωματογραφία , η μηχανική ασυνέχεια, η λιθολογία , η υδροφορία του εδάφους κ.ά. παράμετροι που όλες μαζί δίνουν το γεωσεισμικό μοντέλλο της εξεταζόμενης θέσης .

Διακρίνει 12 γεωσεισμικά μοντέλλα τα οποία εμείς τροποποιήσαμε σε 15 για τις ελληνικές συνθήκες σε ανακοίνωση που κάναμε στο διήμερο Γεωλογία -Σεισμοί τον Μάη του 1984. Η πιθανή ένταση και η αντίστοιχη επιτάχυνση που θα ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του αντισεισμικού συντελεστή , εξαρτάται βασικά από την απόσταση της θέσης , από την πλησιέστερη επικίνδυνη σεισμική εστία και μπορεί να υπολογισθεί γραφικά ή αναλυτικά όπως εξηγήσαμε ήδη . Αυτή η ένταση αφορά έδαφος θεμελίωσης από γρανίτη . Ο ΡΟΡΟΒ για κάθε γεωσεισμικό μοντέλλο δίνει τιμές σε μονάδες Μ.Μ. από 1/2 έως 3 που πρέπει να προστεθούν στην αναμενόμενη επικεντρική ένταση για κάθε γεωσεισμικό μοντέλλο .

Έτσι αν μέσα στην ίδια πόλη έχουμε μια θέση από λυτές υδροφόρες προσχώσεις και μια άλλη από βράχο μπορεί η αναμενόμενη επικεντρική ένταση να διαφέρει κατά 3 μονάδες ΜΜ. Έρα ο αντισεισμικός συντελεστής για τις δύο αυτές θέσεις θα διαφέρει αντίστοιχα και έτσι δεν μπορούμε να τυποποιήσουμε τους αντισεισμικούς συντελεστές κατά περιοχές ή κατά πόλεις αλλά να τους προσδιορίζουμε μετά από εδαφοτεχνική έρευνα που θα δώσουν στοιχεία για την σχεδίαση του γεωσεισμικού μοντέλλου και από γεωσεισμική ανάλυση που θα δώσει στοιχεία για την αναμενόμενη ένταση σεισμού .

Έτσι θα έχουμε μια αποτυποποίηση του αντισεισμικού συντελεστή που οδηγεί σε μεγάλη οικονομία χρήματος .

Ενας υπολογισμός του αντισεισμικού συντελεστή με αυτή την μέθοδο στα πλαίσια του ισχύοντος αντισεισμικού κανονισμού σε συνδυασμό με την ανάλυση για ασφάλεια έναντι κάθετων κυμάτων δι' επιφάνειας τύπου R, είναι μια ασφαλής προσέγγιση στη λύση της γεωσεισμικής μελέτης μιας θεμελίωσης η οποία πρέπει να προσανατολίζεται στο να προστατεύσει την κατασκευή από μια συγκεκριμένη υπαρκτή σεισμική εστία την πλησιέστερη και πλέον επικίνδυνη προς το υπό μελέτη έργο. Είναι ευνόητο ότι μια τέτοια προστασία είναι επαρκής και για οποιεσδήποτε άλλες πιο απομακρυσμένες σεισμικές εστίες.

9. Γεωσεισμική εδαφοτεχνική μελέτη των θεμελίώσεων .

Ο παραδοσιακός τρόπος αντισεισμικής προστασίας μιας κατασκευής ειδικά στην Ελλάδα, είναι η παραδοχή ενός σεισμικού μοντέλλου που περιλαμβάνει ένας είδος κύματος, κυρίως οριζόντιο κύμα θλίψεως, που καταπονεί την κατασκευή σαν μια οριζόντια δύναμη. Αυτή η απλοποιημένη μορφή σεισμικού μοντέλλου στην οποία βασίζεται η αντισεισμική μέθοδος υπολογισμού των κατασκευών του Ρουσόπουλου δεν ισχύει στην πράξη. Αλλά και με άλλες μεθόδους που το υποτιθέμενο σεισμικό κύμα που θα επιβαρύνει μια κατασκευή δεν είναι υποχρεωτικά το κύμα P αλλά οποιοδήποτε άλλο κύμα ακόμη και κύμα RAYLEIGH πάλι η απλοποιημένη μορφή μοντέλλου με ένα είδος κύματος δεν δίδει επαρκή ακρίβεια. Το πρόβλημα του αντισεισμικού υπολογισμού μιας κατασκευής με παραδοχή του πραγματικού σεισμικού μοντέλλου που αποτελείται από συνδυασμένη επίδραση διαφόρων τύπων κυμάτων, είναι οπωσδήποτε δύσκολο και είναι πολύ αμφίβολο αν έχει επιτευχθεί ικανοποιητική προσέγγιση στην λύση του.

Ετσι σαν μια ελάχιστη προσπάθεια εξασφάλισης από διάφορες κατηγορίες κυμάτων για τις ελληνικές συνθήκες, είναι να επεκτείνεται η εξασφάλιση της οικοδομής, εκτός από την εφαρμογή ενός κατάλληλου αντισεισμικού συντελεστή και με εξασφάλιση έναντι κυμάτων δι' επιφάνειας, κυρίως έναντι κυμάτων τύπου R, αν η γεωσεισμική και γεωλογική ανάλυση της περιοχής δείχνει ότι υπάρχει πιθανότητα ανάπτυξης κυμάτων τύπου R στην διάρκεια ενός πιθανού σεισμού. Μια τέτοια γεωσεισμική μελέτη πρέπει να βασίζεται απαραίτητα σε μια επαρκούς βάθους, εδαφοτεχνική έρευνα της θέσης (τουλάχιστον 30μ.) με γεώτρηση. Τα στοιχεία αυτής της γεώτρησης που θα προκύψουν από τις επί τόπου δοκιμές και από τις εδαφομηχανικές μελέτες θα χρησιμοποιηθούν

α) στον υπολογισμό του γεωσεισμικού μοντέλλου της θέσης που θα ληφθεί υπόψη στην επιλογή του αντισεισμικού συντελεστή .

β) θα μελετηθεί η δυνατότητα ανάπτυξης κυμάτων τύπου R σύμφωνα με τις νέες θεωρίες .

Η ισοδύναμη διατμητική τάση που μπορεί να αναπτυχθεί από κύματα τύπου R για μια υποτιθέμενη μέγιστη επιτάχυνση σεισμού a_{MAX} δίδεται από τον τύ-

$$\text{πο } T_{EQ(MAX)} = 0.65 \frac{\gamma \cdot H}{6} a_{MAX} FR$$

όπου F διορθωτικός συντελεστής < 1

G = επιτάχυνση της βαρύτητας

H = βάθος του εδαφικού στρώματος που ελέγχεται

γ = το φαινόμενο βάρος του εδάφους υπό άνωση

Η κρίσιμη διατμητική τάση που μπορεί να προκαλέσει ρευστοποίηση του εδάφους, δηλαδή μηδενισμό της αντοχής του και το εδαφικό στρώμα στο οποίο μπορεί να εκδηλωθεί εξαρτάται από την συχνότητα του σεισμού N και δίνεται από την σχέση, κατά τους SEED, IDRIS

$$T_{DR} = \sigma_0' \left(\frac{\sigma_{DC}}{2\sigma_a} \right) L_{50} C_R \frac{DR}{50}$$

όπου σ_0' = ενεργός κατακόρυφος ώθηση σε βάθος H

$\left(\frac{\sigma_{DC}}{2\sigma_a} \right) L_{50}$ = ποσοστό κρίσιμης φόρτισης για τριαξονική φόρτιση για κορεσμένες άμμους

DR = 50% CR = διορθωτικός συντελεστής για μετάβαση από τριαξονική σε φόρτωση απλής διάτμησης

10. Συμπεράσματα προτάσεις .

1. Μαγνησία βρίσκεται κοντά στην βόρεια παρυφή της πλάκας του Αιγαίου η οποία παρουσιάζει την πλέον έντονη σεισμική κινητικότητα στην Ανατολική Μεσόγειο . Η πλάκα του Αιγαίου στο νότιο τόξο υπωθείται από την Αφρικανική ενώ στα δυτικά ωθείται από την Τουρκική πλάκα . Το όριο μεταξύ Τουρκικής και Αιγιακής πλάκας μετατοπίζεται αργά προς δυσμάς .
2. Σύμφωνα με ισχύουσες απόψεις η βόρεια παρυφή της τεκτονικής πλάκας του Αιγαίου αποτελεί προέκταση του ρήγματος της Ανατολίας .
3. Κατά την επαρκώς θεμελιωμένη θεωρία του Ιάπωνα Σεισμολόγου MOGGI στο ρήγμα της ανατολίας λόγω πλάγιας ώθησης σημειώνεται ορθοπευρική διευθυντήρια ολίσθηση η σεισμική δραστηριότητα της οποίας ακολουθεί την θεωρία του μεταναστεύοντος σεισμού με ταχύτητα που προσδιορίσθηκε σε 80 χλμ./έτος .
4. Είναι ίσως σκόπιμο, για σκοπούς πρόβλεψης να συνδεθεί η σεισμική δραστηριότητα στην Μαγνησία με εκείνη του ρήγματος της Ανατολίας .
5. Για την παρακολούθηση της σεισμικής κινητικότητας του ρήγματος της Μαγνησίας είναι απαραίτητο να εφαρμοσθεί η προτεινόμενη χαμηλού κόστους και υπαρκτής στην Ελλάδα τεχνολογίας μέτρησης των μεταβολών της πίεσης των πόρων μέσα σε ένα σωληνωτό φρέαρ βάθους 200-250μ. που θα κατασκευασθεί σε μία κατάλληλη θέση .
6. Επιβάλλεται να γίνει μικροζωνική γεωσεισμική χαρτογράφηση της οικιστικής περιοχής του Βόλου καθώς και παρακολούθηση της σεισμικής δραστηριότητας με σειсмоγράφους , μαγνητόμετρα και συσκευές BAN .
7. Οι μελέτες των θεμελιώσεων στο μέλλον πρέπει να γίνονται με βάση κατάλληλους αντισεισμικούς συντελεστές βασιζόμενους στα γεωσεισμικά μοντέλλα των θέσεων και με ανάλυση της ευστάθειας σε σεισμικά κύματα δι' επιφάνειες σύμφωνα με την θεωρία των SEED , IDRIS .

Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 9ης ΙΟΥΛΙΟΥ 1980 ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ

Δρ. ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΣΑΤΣΑΝΙΦΟΣ

Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., Μ.Sc., D.I.C., M.ASCE

Λεωφ. Κηφισίας 131, 11524 ΑΘΗΝΑ, τηλ. 6915926

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις 9 Ιουλίου 1980 και ώρα 02:11:57 GMT ισχυρός σεισμός έπληξε τη Μαγνησία και τους γειτονικούς νομούς Λάρισας και Φθιώτιδας. Ο σεισμός συνίστατο από δύο διακεκριμένες δονήσεις μεγέθους $M_S=6.5$ και $M_S=6.0$ αντίστοιχα, που συνέβησαν σε διάστημα 24 λεπτών. Κατά τη διάρκεια των πέντε τελευταίων ημερών πριν από το σεισμό σημειώθηκε σειρά από πρόδρομες σεισμικές δονήσεις, με μέγιστη δόνηση μεγέθους $M_S=5.6$, 1.6 λεπτά πριν από την πρώτη κύρια δόνηση. Το σεισμό ακολούθησε μακρά σειρά μετασεισμικών δονήσεων, η μεγαλύτερη των οποίων συνέβη 41 ώρες περίπου μετά τον κύριο σεισμό και είχε μέγεθος $M_S=5.4$.

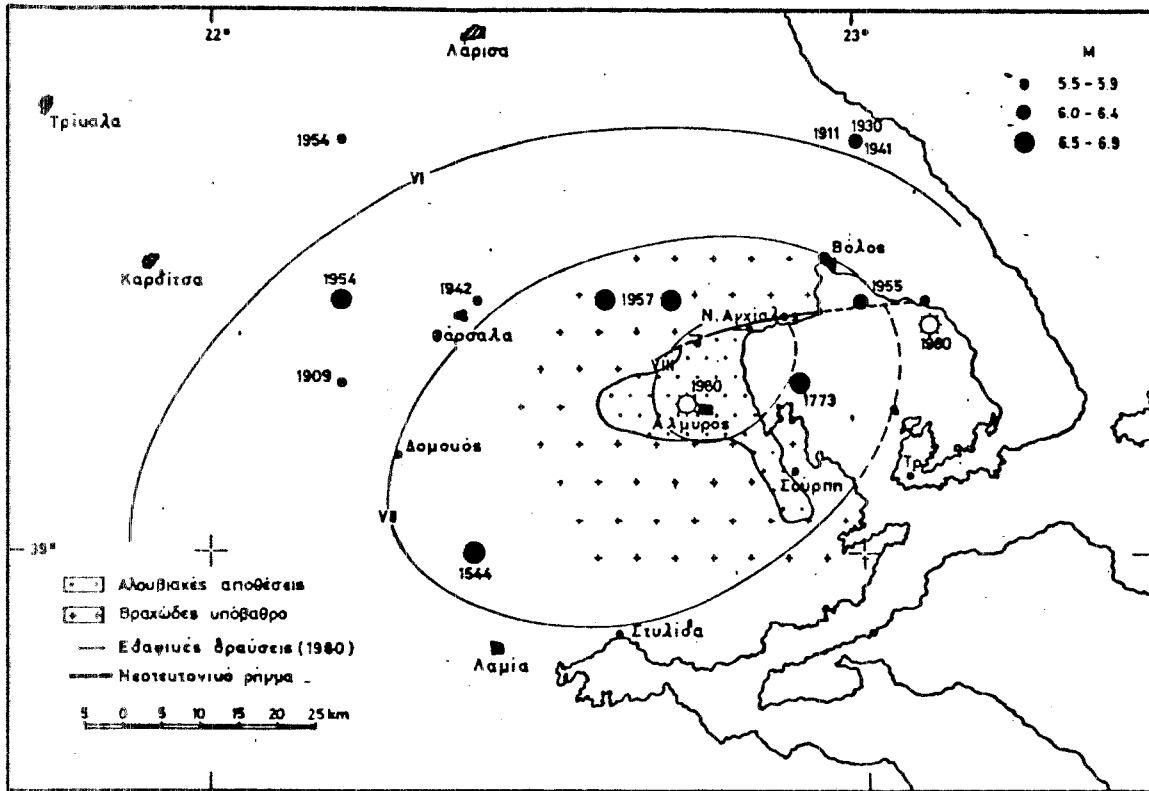
Ο σεισμός προκάλεσε σοβαρές καταστροφές στην επικεντρική περιοχή, κατά κύριο όμως λόγο σε παλαιά κτίσματα, σημαντικός αριθμός των οποίων είχε ήδη καταπονηθεί από τρεις ισχυρούς σεισμούς στη δεκαετία του 1950. Οι σοβαρότερες ζημιές παρατηρήθηκαν στον Αλμυρό και στη Νέα Αγχίαλο. Εξ άλλου, εδαφικές θραύσεις παρατηρήθηκαν στις Μικροθήβες και στη Νέα Αγχίαλο, καθώς και φαινόμενα ρευστοποίησης στη Νέα Αγχίαλο.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την εκδηλωθείσα σεισμική δραστηριότητα, καθώς και στοιχεία σχετικά με τις παρατηρηθείσες εδαφικές παραμορφώσεις και τις καταστροφές, που υπέστησαν κατά τη διάρκεια επισκέψεων στις πληγείσες περιοχές.

2. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ασθενής και σχεδόν αβλαβής σεισμική δραστηριότητα της κατά τα άλλα έντονα τεκτονισμένης περιοχής της Μαγνησίας και της λοιπής νότιας Θεσσαλίας είχε θεωρηθεί σαν χαρακτηριστικό γνώρισμά της (6). Για αρκετές εκατοντάδες χρόνια πριν από το 1954 δεν είχε αναφερθεί σεισμός στην περιοχή με μέγεθος μεγαλύτερο του 6.5 (1,4,8,9,12). Παρ' όλα αυτά, η περιοχή δοκιμάστηκε από τρεις ισχυρότατους σεισμούς, καθώς και από έντονη και μακρά σεισμική δραστηριότητα (1954-1957), που προξένησαν σημαντικότερες καταστροφές. Στον Πίνακα 1 δίδονται όλοι οι σεισμοί του

20ου αιώνα με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο του 5.5 (10,12) καθώς και οι αναφερθέντες προ του 1900 σεισμοί με ένταση ίση ή μεγαλύτερη της VII της τροποποιημένης κλίμακας Mercalli (1,4,8,9, 12). Τα επίκεντρα των σεισμών αυτών φαίνονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1

Ο σεισμός της 30ης Απριλίου 1954 ήταν ο πλέον καταστρεπτικός. Στο νομό Καρδίτσας, όπου και η πλειόσειστη περιοχή, το 35.2% των οικοδομών κατέρρευσε ολοσχερώς ή υπέστησαν σοβαρότατες ζημιές, το 23.4% των οικοδομών υπέστησαν σοβαρές ζημιές και το 41.4% των οικοδομών υπέστησαν ελαφρές ζημιές (3).

Ο σεισμός της 19ης Απριλίου 1955 συνοδεύτηκε από ισχυρότατο μετασεισμό ή δεύτερο κύριο σεισμό δύο ημέρες αργότερα. Στο νομό Μαγνησίας, όπου η πλειόσειστη περιοχή, κατέρρευσαν ολοσχερώς το 3.3% των οικοδομών, το 50.8% των οικοδομών υπέστησαν λίγο ή πολύ σοβαρές ζημιές, το 22.9% των οικοδομών υπέστη-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΕΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΕΤΗ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ (GMT)	ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ (N° E°)	ΒΑΘΟΣ (km)	M	ΕΝΤΑΣΗ	ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
23. 4.1544		39.0-22.4		6.6	X	Πλειόσειστη περιοχή στη Λαμία (1)
10. 2.1743		39 ¹ / ₄ -22 ¹ / ₄			VII-VIII	
16. 3.1773	07	39.2-22.9		6.5	VIII	Πλειόσειστη περιοχή στον Αλυρό (1)
1.1880		39 ¹ / ₄ -23			VI-VII	
31. 1.1882	04:30	39 ¹ / ₄ -23			VII	Πολύ ισχυρός σεισμός στο Βόλο ιδιαίτερα στα παραθαλάσσια χωριά (9)
18. 9.1891	04	39 ¹ / ₄ -23			VII	
15. 6.1909	23:30:30	39.1-22.2	14	5.7	VII	Πλειόσειστη περιοχή στο Δομικό (10)
22.10.1911	22:31:45	39.5-23.0	15	6.0	VII	Πλειόσειστη περιοχή στο Κεραμίδι (10)
9. 2.1918	12:28:42	39.0-23.7	30	5.6	V	Πλειόσειστη περιοχή στο Βόλο (10)
23. 2.1930	18:19:12	39.5-23.0	14	6.0	VII-VIII	
31. 3.1930	12:33:48	39.5-23.0	11	6.0	VIII	Καταστρεπτικός σεισμός στο Βόλο. Μερικά σπίτια κατέρρευσαν και το θέατρο και μια εκκλησία υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Ρωγμές παρατηρήθηκαν στο έδαφος κοντά στο λιμάνι (4). Πλειόσειστη στο Κεραμίδι (10)
14. 5.1941	08:36:21	39.5-22.6	(15)	5.5		Πλειόσειστη περιοχή στη Λάρισα (10)
1. 6.1942	09:17:40	39.3-22.4	(30)	5.6		Πλειόσειστη περιοχή στη Λάρισα (10)
30. 4.1954	13:02:36	39.3-22.2	7	7.0	IX-X	Καταστρεπτικός σεισμός κατά τον οποίο 25 άτομα σκοτώθηκαν και 157 τραυματίστηκαν. Στο χωριό Σοφάδες, κοντά στο επίκεντρο, 71% των κτιρίων κατέρρευσαν, 22% υπέστησαν σοβαρές ζημιές και 7% ελαφρές Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία στους Νομούς Καρδίτσας, Λάρισας, Τρικάλων, Φθιώτιδας και Μαγνησίας 6,599 κτίρια κατέρρευσαν, 9,154 υπέστησαν σοβαρές ζημιές και 12,920 ελαφρές (3).
19. 4.1955	16:47:19	39.3-23.0	6	6.2	VIII-IX	Καταστρεπτικός σεισμός στην περιοχή του Βόλου. 1 άτομο σκοτώθηκε και 41 τραυματίστηκαν. Οι εκτεταμένες ζημιές που προκλήθηκαν, επαξίως και από δεύτερη ισχυρή σεισμική δόνηση (μετασεισμό;) δύο ημέρες αργότερα (βλέπε στη συνέχεια). Η πλειόσειστη περιοχή (I=VIII-IX) περιελάμβανε τα χωριά Αγριά, Δράκεια, Λεχώνια, Άλλη Μεριά, Πορταριά και το Βόλο (5).
21. 4.1955	07:18:19	39.3-23.1	5	5.8	VIII-IX	6 ακόμα άτομα σκοτώθηκαν και 67 τραυματίστηκαν. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία οι συνολικές ζημιές και από τους δύο σεισμούς στο Νομό Μαγνησίας ανήλθαν σε: 910 καταρρεύσεις κτιρίων, 13,795 κτίρια υπέστησαν ζημιές σοβαρές ως επί το πλείστον και 6,233 ελαφρές, ενώ 6,251 κτίρια παρέμειναν ανέπαφα (5).
8. 3.1957	12:14:14	39.3-22.7	16	6.5	VIII	
8. 3.1957	12:21:13	39.3-22.6	6	6.8	IX-X	Καταστρεπτικός διπλός σεισμός με μακροσεισμικό επίκεντρο κοντά στο Βελεστίνο. Η μέγιστη ένταση, IX-X, παρατηρήθηκε στα χωριά Βελεστίνο, Κόκκινα, Βασιλικά και Πολυδάμειο. Ένταση VII-VIII παρατηρήθηκε στα Φάρσαλα, Λάρισα, Βόλο, Καρδίτσα και Τρίκαλα. Σκοτώθηκαν 2 άτομα και 71 τραυματίστηκαν, από τα οποία 6 σοβαρά. Στους Νομούς Μαγνησίας, Λάρισας και Τρικάλων κατέρρευσαν 6,934 κτίρια, 10,847 υπέστησαν σοβαρές ζημιές και 14,920 ελαφρές (6).

σαν ελαφρές ζημιές και το 23.0% των οικοδομών δεν έπαθαν τίποτα. Πρέπει να αναφερθεί ότι πολλές από τις οικοδομές που είτε κατέρρευσαν είτε υπέστησαν σοβαρές ζημιές είχαν ήδη καταπονηθεί και βλαφθεί από τους σεισμούς της 30ης Απριλίου 1954 και της 21ης Φεβρουαρίου 1955 ($39.4^{\circ}\text{N}-23.1^{\circ}\text{E}$, $M=4.5$, $h=4\text{km}$). Οι ζημιές στην πόλη του Βόλου επικεντρώθηκαν σε περιοχές ασταθών εδαφών και σε περιοχές συγκέντρωσης παλαιών κτιρίων. Σε τέτοιες περιοχές το 65% των κτιρίων είτε κατέρρευσαν είτε υπέστησαν σοβαρές ζημιές, ενώ σε πιο σταθερές περιοχές το ποσοστό αυτό ήταν μόνο 5%. Στην ορεινή περιοχή του Πηλίου ο σεισμός ενεργοποίησε σημαντικό αριθμό κατολισθήσεων με σοβαρές ζημιές. Τέλος, παλιρροιακό κύμα εκδηλώθηκε στον Παγασητικό Κόλπο (5).

Ο σεισμός της 2ας Νοεμβρίου 1956 ($39.3^{\circ}\text{N}-23.1^{\circ}\text{E}$, $M=5.2$, $h=6\text{km}$) συνοδεύτηκε από προσωρινή ανύψωση της στάθμης της θάλασσας στο λιμάνι του Βόλου, που ξεπέρασε το 1 m (7).

Ο σεισμός της 8ης Μαρτίου 1957 συνίστατο από δύο διακεκριμένες εδαφικές δονήσεις, με το επίκεντρο της δεύτερης κύριας δόνησης δυτικότερα αυτού της πρώτης. Το γεγονός αυτό εξηγεί την επιμήκυνση των καμπυλών ίσης έντασης προς τα δυτικά. Εξ άλλου, υπάρχουν στοιχεία επιφανειακής εδαφικής ρηγμάτωσης, με διεύθυνση Α-Δ, κατά μήκος της επαρχιακής οδού Μικροθηβών-Φαρσάλων. Λόγω του σεισμού το 21.2% των κτισμάτων στην πλειόσειστη περιοχή (Βελεστίνο) κατέρρευσαν, το 33.2% υπέστησαν σοβαρές ζημιές και το 45.6% ελαφρές ή καθόλου ζημιές (6). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι παρατηρηθείσες ζημιές πρέπει να χαρακτηριστούν σαν αθροιστικό αποτέλεσμα του σεισμού αυτού αλλά και των σεισμών του 1954 και του 1955.

3. Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ 9ης ΙΟΥΛΙΟΥ 1980

Ο σεισμός της 9ης Ιουλίου 1980 στη Μαγνησία εκδηλώθηκε στις 2:11:52.8 GMT (5:11:52.8 τοπική ώρα). Σειρά από πρόδρομες σεισμικές δονήσεις σημειώθηκε το τελευταίο πενθήμερο πριν από το σεισμό, με μέγιστη δόνηση μεγέθους $M_s=5.6$, 1.6 λεπτά πριν από τον κύριο σεισμό. Όπως και οι σεισμοί του 1930, 1955 και 1957, ο σεισμός της 9ης Ιουλίου 1980 ήταν ένα πολλαπλό φαινόμενο - δυά-

δα (2), γεγονός, που, απ' ό,τι φαίνεται, αποτελεί χαρακτηριστικό της περιοχής. Ο σεισμός συνίστατο από δύο διακεκριμένες δονήσεις με μικρό εστιακό βάθος μεγέθους $M_S=6.4$. Το επίκεντρο της δεύτερης δόνησης ευρίσκειτο σε απόσταση 34 km περίπου Δ-ΝΔ του επίκεντρου της πρώτης δόνησης, με αποτέλεσμα την επέκταση των ζημιών προς Δ-ΝΔ κατεύθυνση μάλλον παρά προς τα Α. Στον Πίνακα 2 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των ισχυροτέρων δονήσεων της ακολουθίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΤΟΥ 1980 ΣΤΗ ΜΑΓΝΗΣΙΑ
($M \geq 5.0$ ⁽¹⁾)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ (GMT)	ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ N°-E°	ΒΑΘΟΣ (km)	M	$M_{sv}^{(2)}$	$m^{(3)}$
6 Ιουλίου	05:34:43	39.27-22.97	7	5.1	4.5	4.8
7 Ιουλίου	16:04:41	39.27-22.99	10	5.1	4.7	4.5
9 Ιουλίου	02:10:19	39.25-23.01	13	5.6		5.1
9 Ιουλίου	02:11:57	39.28-23.11	9	6.5	6.4	5.8
9 Ιουλίου	02:35:52	39.19-22.73	12	6.0	6.4	5.8
9 Ιουλίου	06:01:48	39.33-23.02	8	5.2		4.8
10 Ιουλίου	19:39:03	39.28-23.01	11	5.4	5.3	5.2
29 Ιουλίου	20:41:30	39.27-23.12	10	5.0		4.7
11 Αυγούστου	09:15:59	39.31-22.86	2	5.1	4.8	5.1

- (1) Εργαστήριο Γεωφυσικής Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
(2) Vertical surface wave magnitude, U.S. National Earthquake Information Service
(3) Body wave magnitude, U.S. National Earthquake Information Service

Λίγα λεπτά πριν από τον κύριο σεισμό παρατηρήθηκε ανώμαλη συμπεριφορά σκύλων και αλόγων στο Τρίκερι. Επίσης, υπάρχουν ανεπιβεβαίωτες πληροφορίες ότι λίγα λεπτά πριν από τον κύριο σεισμό πολλά βρέφη, στην πλειόσειστη περιοχή, ξύπνησαν και παρουσίασαν ανήσυχη συμπεριφορά.

Η πλειόσειστη περιοχή του σεισμού τοποθετείται μεταξύ Αλμυρού

και Νέας Αγχιάλου συμπεριλαμβανομένων. Ο αριθμός των κτιρίων που κατέρρευσαν ή υπέστησαν σοβαρές ζημιές μη επισκευάσιμες ανήλθε σε 7,216, ενώ 9,591 κτίρια υπέστησα, λίγο ή πολύ σοβαρές ζημιές.

Δύο θάνατοι συνδέονται έμμεσα με το σεισμό, όχι όμως στην επικεντρική περιοχή. Συγκεκριμένα στη Λαμία ένα άτομο πέθανε από καρδιακή προσβολή, ενώ στο Βόλο ένα άτομο σκοτώθηκε πηδώντας από το δεύτερο όροφο οικοδομής. 23 άτομα τραυματίστηκαν, από τα οποία το ένα σοβαρά.

Στο σχήμα 1 φαίνονται οι καμπύλες ίσης έντασης του σεισμού. Η πλειόσειστη περιοχή συμπίπτει με τη δυτική πλευρά της τεκτονικής λεκάνης του Παγασητικού Κόλπου, που συνίσταται από χαλαρές διλουβιακές και αλλουβιακές αποθέσεις. Τούτο σημαίνει ότι οι εδαφικές συνθήκες της περιοχής αποτελούν ένα από τους κυριώτερους λόγους για τις ζημιές που προκλήθηκαν από το σεισμό. Η μέγιστη ένταση του σεισμού εκτιμήθηκε σε VIII-VIII+ της τροποποιημένης κλίμακας Mercalli. Το μακροσεισμικό επίκεντρο, από την άποψη των ζημιών σε κτιριακές εγκαταστάσεις, τοποθετείται στον Αλμυρό, ενώ από την άποψη των φαινομένων εδαφικών παραμορφώσεων τοποθετείται στη Νέα Αγχιάλο και στις Μικροθήβες. Οι καμπύλες ίσης έντασης σεισμού δείχνουν καθαρά μια επιμήκυνση προς τα Δ-ΝΔ. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει παρόμοια κατεύθυνση της μεταθέσης της σεισμικής θόρυβου, που με τη σειρά της συμφωνεί με την προς τα Δ-ΝΔ μετακίνηση του επίκεντρου της δεύτερης κύριας δόνησης σε σχέση με το επίκεντρο της πρώτης. Φαίνεται ότι ο μηχανισμός αυτός αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα επίσης της σεισμικής δράσης της περιοχής.

Όσον αφορά στις επιταχύνσεις των εδαφικών κινήσεων λόγω του σεισμού δεν υπάρχουν καταγραφές ισχυρών εδαφικών κινήσεων στην πλειόσειστη περιοχή. Επιταχυνσιογράφος (SMA-1), που ήταν εγκατεστημένος στη Λάρισα, σε απόσταση 70 km και 55km περίπου από τα επίκεντρα των δύο κύριων δονήσεων, κατέγραψε επιταχύνσεις 0.05g και 0.04g περίπου αντίστοιχα.

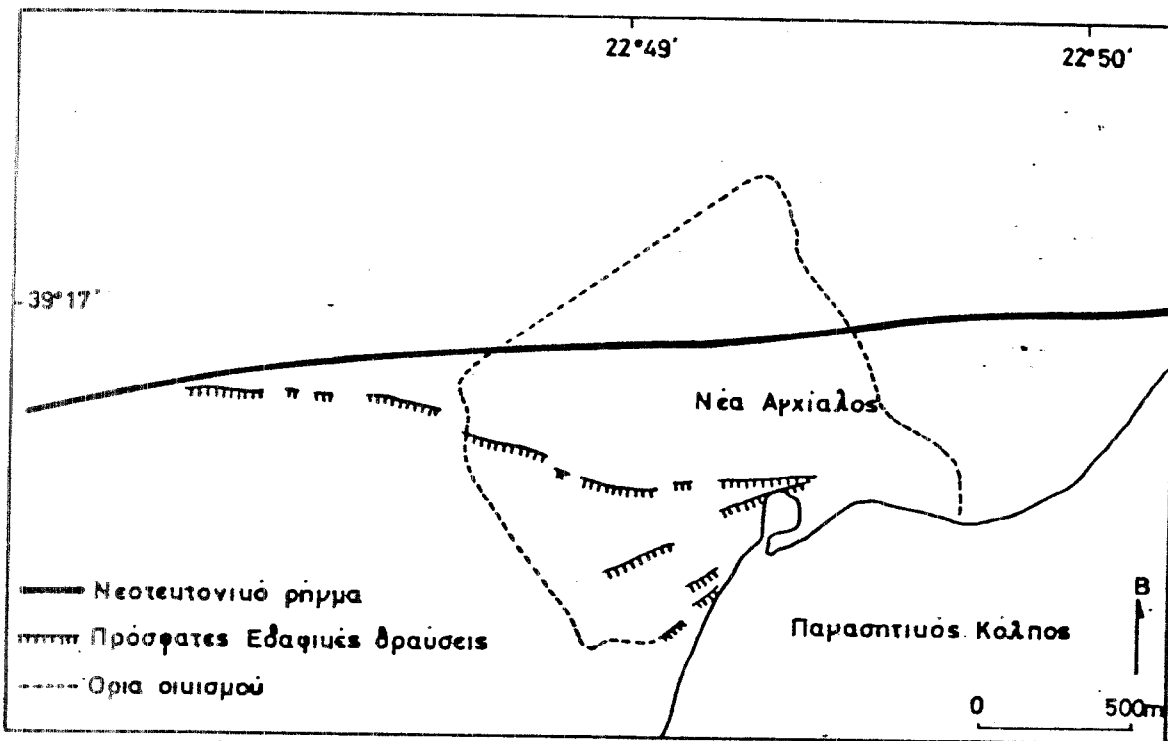
4. ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΘΡΑΥΣΕΙΣ

Ο σεισμός της 9ης Ιουλίου 1980 συνοδεύτηκε από εδαφικές παραμορφώσεις στη Νέα Αγχιάλο και δυτικά αυτής καθώς και στις Μικροθήβες, 200 m περίπου βόρεια του οικισμού.

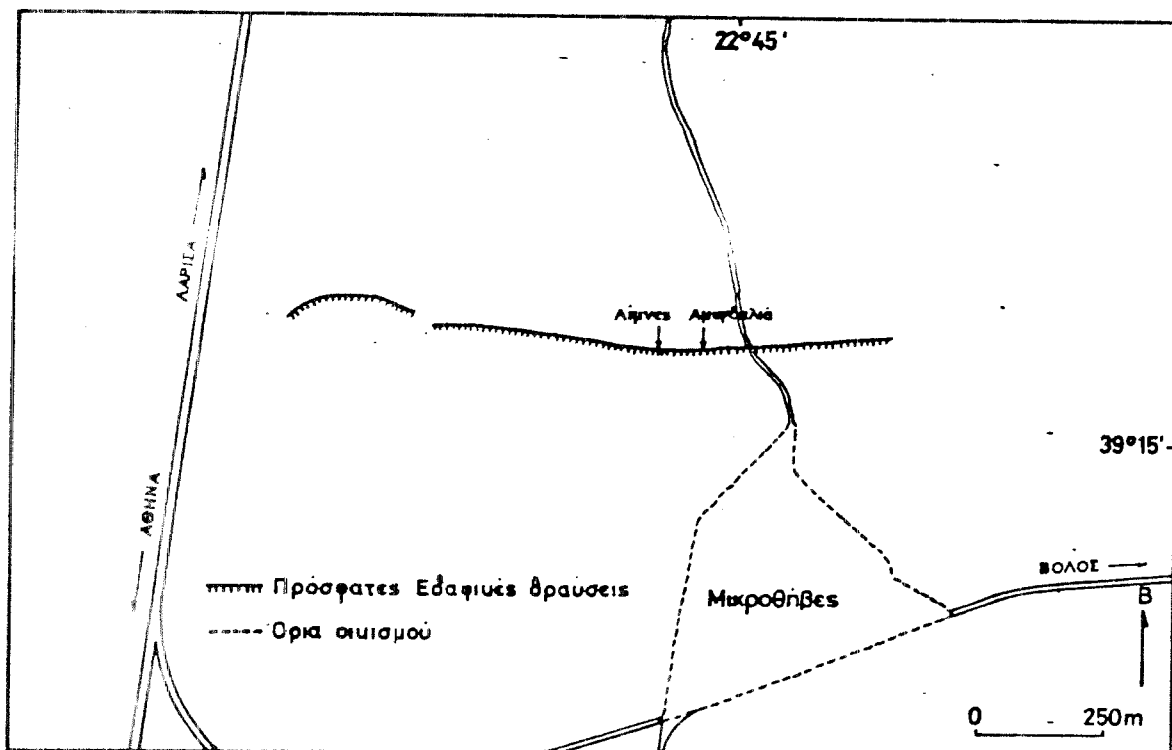
Στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου, όπως αναφέρεται από τους Parazachos et al. (12), παρουσιάστηκαν δύο οικογένειες εδαφικών θραύσεων στις χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις της περιοχής (σχήμα 2), με ανυψώσεις μέχρι 20 cm και μέγιστη βύθιση 10 cm, προκαλώντας σοβαρές ζημιές στο δίκτυο ύδρευσης του οικισμού. Η πρώτη οικογένεια των θραύσεων σχηματίζει γραμμή ολικού μήκους 2 km περίπου με διεύθυνση προς τις Μικροθήβες και παράλληλη προς το όριο των αλλουβιακών αποθέσεων και του βραχώδους υποβάθρου. Οι εδαφικές αυτές θραύσεις είναι κατά πάσα πιθανότητα ίχνη του νεοτεκτονικού ρήγματος της περιοχής, που ενεργοποιήθηκε και προκάλεσε το σεισμό. Η δεύτερη οικογένεια των εδαφικών θραύσεων αποτελείται από μια κύρια θραύση, μέσα στον οικισμό, συνολικού μήκους 600 m περίπου, και με διεύθυνση Β60Α, με ανυψώσεις από 1-20 cm και μέγιστη βύθιση 6 cm. Νότια και παράλληλα αυτής και κοντά στην ακτή παρατηρήθηκαν μικρότερες εδαφικές θραύσεις με μήκη από 10 μέχρι 80 m. Οι θραύσεις της οικογένειας αυτής μάλλον δεν έχουν σχέση με το ρήγμα, αλλά οφείλονται είτε σε υποθαλάσσιες κατολισθήσεις είτε σε ρευστοποίηση του εδάφους. Σε κατεύθυνση προς τα ανατολικά, κατά μήκος του ακριβούς άκρου του λιμανιού της Νέας Αγχιάλου που προκάλεσε καθίζηση της επιφάνειας του εδάφους της τάξης του 0.5 m, καθώς επίσης και αυτή σε λιμενοβραχίονα στο λιμάνι του Βόλου.

Στην περιοχή των Μικροθηβών, 200 m περίπου βόρεια του οικισμού (σχήμα 3), παρατηρήθηκε εδαφική θραύση, με διεύθυνση Α-Δ, μήκος 1,200 m περίπου και άνοιγμα χειλέων 3-4 cm (φωτ. 1 και 2). Διτικώτερα αυτής παρατηρήθηκε μικρότερη θραύση, καμπύλη, μήκος 250 m περίπου. Ούτε στη μία ούτε στην άλλη θραύση παρατηρήθηκαν ίχνη κατακόρυφης κίνησης. Οι θραύσεις αυτές, όπως και η κύρια θραύση της Νέας Αγχιάλου, αποτελούν κατά πάσα πιθανότητα ίχνη του νεοτεκτονικού ρήγματος της περιοχής.

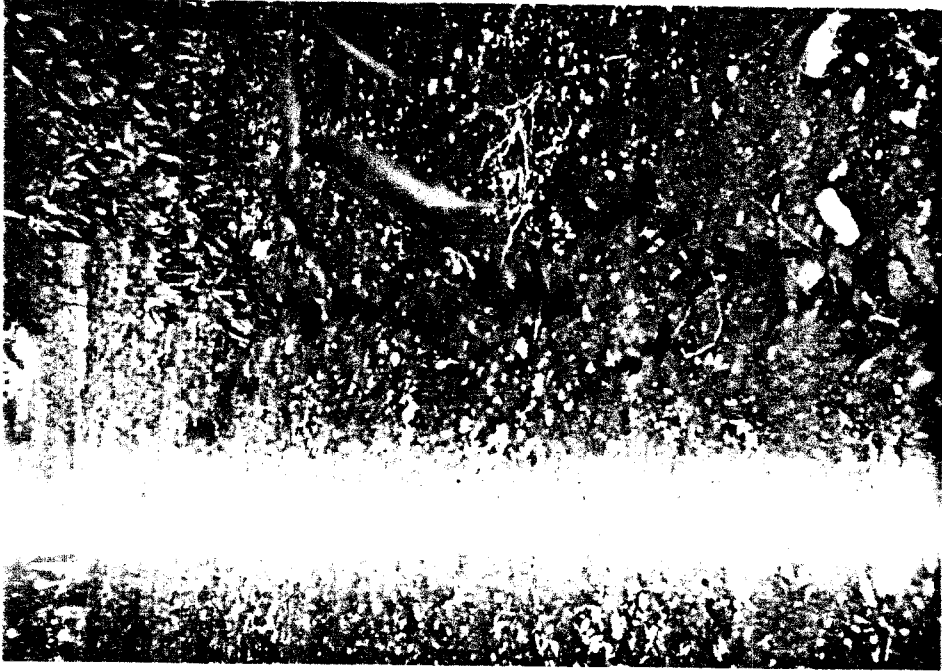
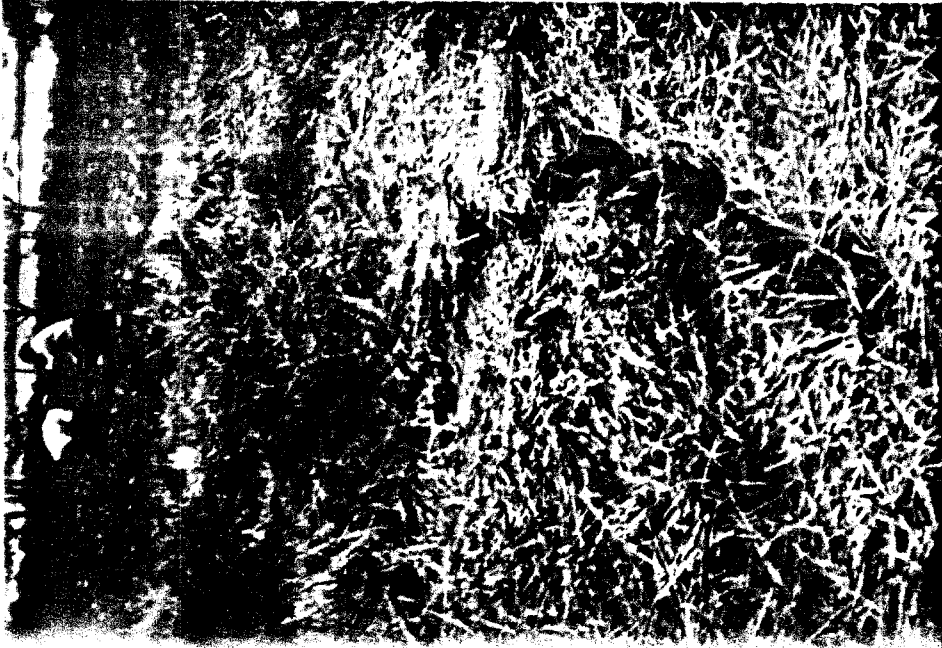
Κατά μήκος της κύριας θραύσης των Μικροθηβών, που έσκισε τον



ΣΧΗΜΑ 2. Εδαφινές δραύσεις στη Νέα Αρχαίολο (11)



ΣΧΗΜΑ 3. Εδαφινές δραύσεις στις Μικροθήβες



Φωτογραφίες 1, 2 και 3

κορμό αμυγδαλιάς στα δύο (φωτ. 3), παρατηρήθηκαν μικρά grabens. Περαιτέρω, κατά την επί τόπου επίσκεψη στις 28 Σεπτεμβρίου 1980 παρατηρήθηκαν δύο μικρές λίμνες με νερό που προήρχετο από θραυσμένο υπόγειο αγωγό ύδρευσης, στο μέσο της κύριας θραύσης. Σύμφωνα με πληροφορίες των εντοπίων οι λίμνες πρωτοσχηματίστηκαν στις 26 Σεπτεμβρίου 1980, δηλαδή δυόμισυ μήνες μετά το σεισμό. Το γεγονός αυτό δηλώνει είτε ερπυστική κίνηση κατά μήκος του ρήγματος μετά το σεισμό, είτε ότι η θραύση του αγωγού ήταν αποτέλεσμα μετασεισμικής δόνησης το πρωί της 26ης Σεπτεμβρίου 1980 (M=4.9).

Φαινόμενα ρευστοποίησης παρατηρήθηκαν κυρίως στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου. Κατά τη διάρκεια του σεισμού εκτοξεύετο νερό και πράσινη άμμος από εδαφικές ρωγμές κοντά στην ακτή και παρατηρήθηκαν κρατήρες άμμου κοντά στο λιμάνι. Σύμφωνα με πληροφορίες από τον Πρόεδρο της Κοινότητας, κατά τη διάρκεια του σεισμού και για μισή ώρα μετά από αυτόν, εκτοξεύετο νερό με οσμή θείου από γεώτρηση στην έξοδο του οικισμού προς Μικροθήβες, σχηματίζοντας πίδακα 5 m (;) περίπου. Τρεις ώρες μετά το σεισμό ο πίδακας έφτανε το ύψος του 1 m (;). Παρόμοιοι πίδακες νερού παρατηρήθηκαν σε πολλές γεωτρήσεις στην πεδιάδα της Νέας Αγχιάλου, ιδιαίτερα κοντά στη θάλασσα. Τέλος, σε πολλά πηγάδια της Νέας Αγχιάλου και του Αλμυρού ανέβηκε η στάθμη του νερού, σε μερικά δε σημειώθηκε υπογεύλιση.

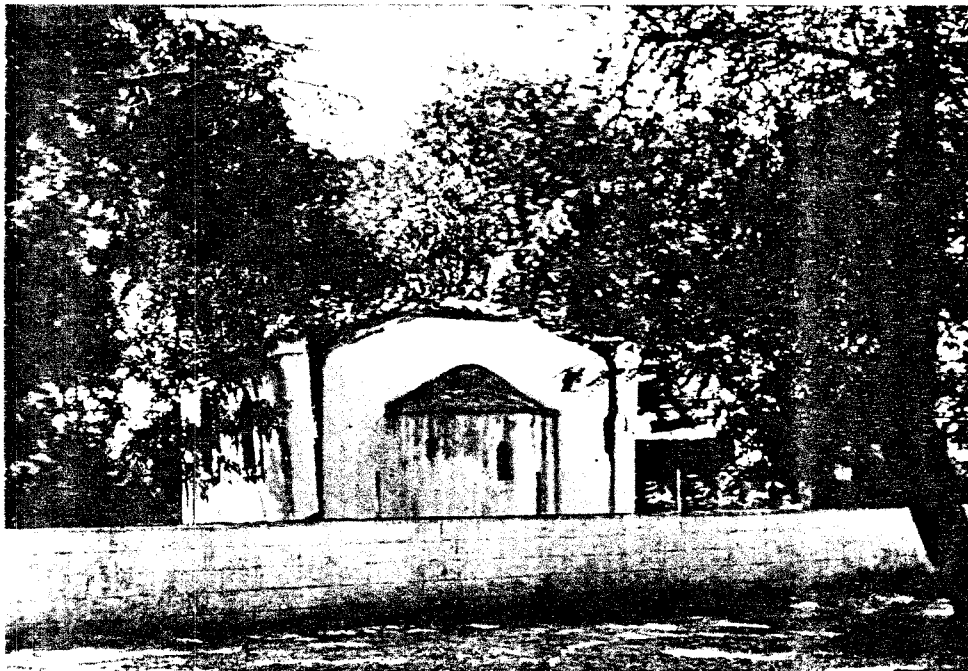
5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΖΗΜΙΩΝ ΣΕΙΣΜΟΥ

Στις μικρές πόλεις και στα χωριά της πληγείσας περιοχής τα κτίρια αποτελούνται από ένα, δύο και τρεις ορόφους. Στη Λαμία υπάρχουν και 5όροφα κτίρια ενώ στο Βόλο μέχρι και 7όροφα. Στην περιοχή υπήρχε μεγάλος αριθμός παλαιών μονοορόφων ή διωρόφων κτιρίων που είχαν δοκιμαστεί από τους τρεις σεισμούς της δεκαετίας του 1950. Η τοιχοποιία των κτιρίων αυτών είναι πέτρινη αποτελούμενη ως επί το πλείστον από στρογγυλευμένους ποτάμιους λίθους και μάλλον ισχνό ασβεστοκονίαμα. Στις περισσότερες των περιπτώσεων τα δάπεδα είναι κατασκευασμένα από χασλύβδινες ή ξύλινες δοκούς, ενώ κυριαρχούν οι στέγες από κεραμίδια. Υπήρχαν επίσης μερικά πλινθόκτιστα κτίσματα, χρησιμοποιούμενα κυρίως

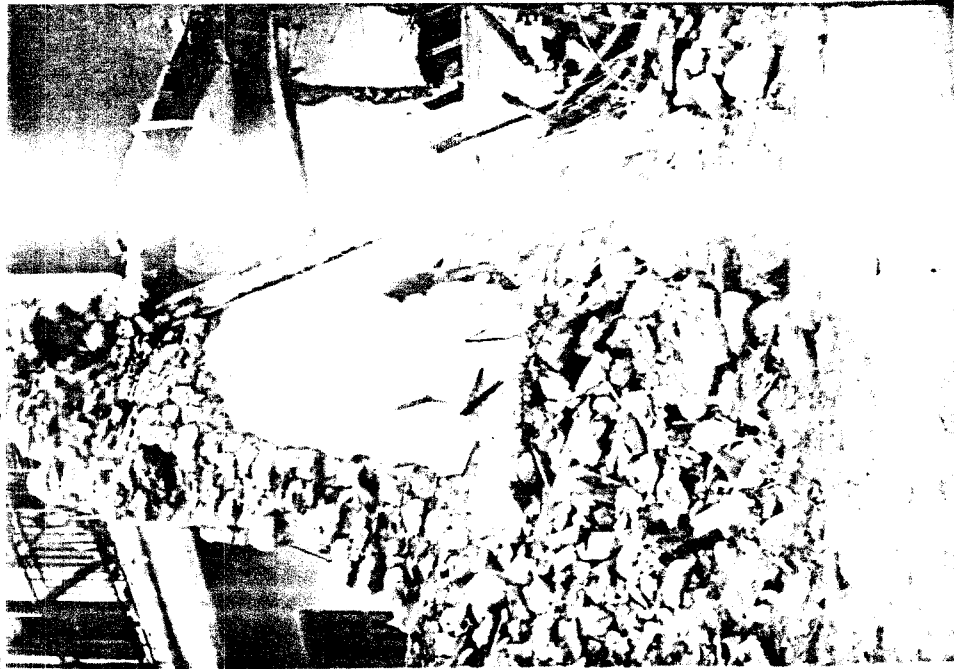
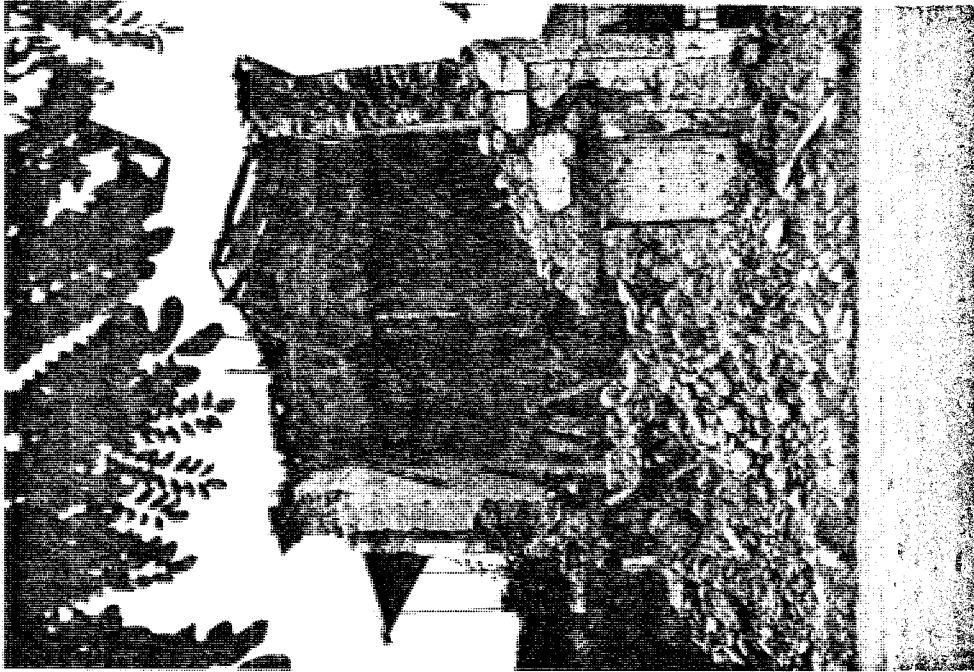
σαν αποθήκες. Μια άλλη κατηγορία κτιρίων της περιοχής, που κτίσθηκαν μετά τους ισχυρούς σεισμούς της δεκαετίας του 1950, γνωστές σαν κατασκευές "Παρασκευοπούλου", αποτελούνται από ένα ή δύο ορόφους. Οι τοιχοποιίες τους συνίστανται από δύο δρομικές οπτοπλινθοδομές με ενδιάμεσο τοιχείο ελαφρά ωπλισμένου σκυροδέματος πάχους 10 cm, φέρουν δε πλάκες από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Τέλος, οι σύγχρονες κατασκευές αποτελούνται από σκελετό από ωπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες πλήρωσης από οπτόπλινθους ή τσιμεντόλιθους.

Οι ζημιές στην επικεντρική περιοχή ήταν πολύ εξαπλωμένες αλλά κατά κάποιο τρόπο παραπλανητικές, δεδομένου ότι το μέγεθός τους ποίκιλλε από ολοκληρωτική κατάρρευση μέχρι σοβαρές ή ελαφρές ζημιές ή και απουσία ζημιών για πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων. Εξήγηση για την ποικιλία των ζημιών στην ίδια περιοχή αποτελεί το γεγονός της γειτνίασης παλαιών και σύγχρονων κατασκευών. Οι παλαιές κατασκευές υπέστησαν τις σοβαρότερες ζημιές, ενώ οι σύγχρονες κατασκευές, πλην ελαχίστων περιπτώσεων που παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου, παρέμειναν πρακτικά αλώβητες.

Στις φωτ. 4 μέχρι 7 φαίνονται ζημιές που προκλήθηκαν σε παλαιές κατασκευές και που ποικίλλουν από μεγάλες ρωγμές στις τοιχοποιίες μέχρι ολοκληρωτικής καταστροφής. Επίσης εκθέσεις των παλαιών κτιρίων, όπως αυτές της φωτομ. 8, 9 και 10, είναι μη επιδεχόμενες επισκευών και κατεδαφιστέες. Η συμπεριφορά των κατασκευών "Παρασκευοπούλου" υπήρξε πολύ καλή και μόνο μία από αυτές, στον Αλμυρό, υπέστη ελαφρές ζημιές. Σε σύγχρονες κατασκευές της περιοχής του Αλμυρού δεν παρατηρήθηκαν σοβαρές ζημιές. Σε μερικά υπό κατασκευή κτίρια παρατηρήθηκαν ρωγμές σε στοιχεία του από ωπλισμένο σκυρόδεμα σκελετού τους. Ενδεχομένως, η αιτία των ρηγματώσεων ήταν ότι το σκυρόδεμα δεν είχε αποκτήσει ακόμα αρκετή από την αντοχή του όταν εκδηλώθηκε ο σεισμός. Επίσης, σημειώθηκαν καταρρεύσεις καμινάδων από οπτοπλινθοδομή χαμηλού ύψους. Εν τούτοις, στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου μερικά σύγχρονα κτίρια υπέστησαν σοβαρές ζημιές, τόσο στο σκελετό τους όσο και στις τοιχοποιίες πλήρωσης. Μερικοί



Φωτογραφίες 4 και 5.



Φωτογραφίες 6 και 7

από τους λόγους για τις ζημιές αυτές είναι:

α. Ολίσθηση κατά μήκος αρμών εργασίας σε στοιχεία από ωπλισμένο σκυρόδεμα (φωτ. 8 και 9).

β. Κακή διάστρωση σκυροδέματος, σε περιοχές πυκνού οπλισμού ιδιαίτερα, και κακή διάταξη ράβδων οπλισμού (φωτ. 10).

γ. Απουσία συνδετήρων (φωτ. 9).

δ. Μικρό μήκος ματίσματος οπλισμού και μικρά μήκη αγκύρωσης.

Η ποιότητα του σκυροδέματος στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν πολύ καλή. Εξ άλλου μερικές ζημιές οφείλοντο σε διαφορικές καθιζήσεις και πρόσκρουση από γειτονικά χαμηλότερα κτίρια (hammering). Τα περισσότερα από τα πληγέντα σύγχρονα κτίρια ευρίσκοντο στις παραθαλάσσιες περιοχές της Νέας Αγχιάλου, όπου οι εδαφικές συνθήκες είναι κακές και ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας είναι υψηλά, και όπου παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης. Έτσι, η επίδραση των κακών εδαφικών συνθηκών θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ένας ακόμη λόγος για τις ζημιές στην περιοχή. Αρχαίες κολώνες στον αρχαιολογικό χώρο στο κέντρο της Νέας Αγχιάλου παρέμειναν στη θέση τους κατά τη διάρκεια του σεισμού, ενώ μικρά παλαιά κτίσματα λίγα μέτρα πιο μακριά κατέρρευσαν.

Μεγάλες κατασκευές στην πλειόσειστη περιοχή, όπως αλευρόμυλος στον Αλμυρό, υδατόπυργος από σκυρόδεμα μεταξύ Νέας Αγχιάλου και Βόλου και δεξαμενές καυσίμων στην ίδια περιοχή, δεν υπέστησαν ζημιές. Πολλές μικρότερες κατασκευές σε ανισόπεδες διαβάσεις της Εθνικής Οδού κοντά στον Αλμυρό και στη Σούρπη.

Στο νομό Μαγνησίας επί συνόλου 14,471 εξετασθέντων κτιρίων τα 5,895 υπέστησαν ελαφρές ή καθόλου ζημιές, τα 3,852 υπέστησαν σοβαρές ζημιές και τα 4,476 υπέστησαν ζημιές μη επισκευάσιμες ή κατέρρευσαν πλήρως. Στους νομούς Φθιώτιδας και Λάρισας εξετάστηκαν μόνο βλαφθέντα κτίρια από τα οποία 5,773 ήταν επισκευάσιμα και 2,805 ήταν μη επισκευάσιμα ή κατέρρευσαν.

Στον Πίνακα 3 φαίνονται οι ζημιές σε κτίρια στις περιοχές Νέας Αγχιάλου, Αλμυρού και Σούρπης του νομού Μαγνησίας. Καμμία σύγχρονη κατασκευή δεν χαρακτηρίστηκε σαν μη επισκευάσιμη. Στον

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΖΗΜΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ (1)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ			ΑΠΟΘΗΚΕΣ			ΣΧΟΛΕΙΑ			ΔΗΜΟΣΙΑ ΚΤΙΡΙΑ			ΣΥΝΟΛΟ			ΠΟΣΟΣΤΟ (%)		
	ελαφρές ή καθόλου ζημιές	επισκευάσιμες ζημιές	καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές	ελαφρές ή καθόλου ζημιές	επισκευάσιμες ζημιές	καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές	ελαφρές ή καθόλου ζημιές	επισκευάσιμες ζημιές	καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές	ελαφρές ή καθόλου ζημιές	επισκευάσιμες ζημιές	καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές	ελαφρές ή καθόλου ζημιές	επισκευάσιμες ζημιές	καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές	ελαφρές ή καθόλου ζημιές	επισκευάσιμες ζημιές	καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές
Νέα Αγχίαλος	684	328	326	146	83	240		2				1	830	413	567	45.9	22.8	31.3
Αλμυρός	1000	701	881	278	187	437	4	9	1	1	2	2	1283	899	1321	36.7	25.7	37.7
Σούρπη	506	268	44	385	132	54		3		3	1		894	404	98	64.0	28.9	7.1
Υπόλοιπο Μαγνησίας	1794	1519	1313	1010	548	1085	6	14	2	8	21	25	2813	2088	2406	38.5	28.6	32.9
Σ Υ Ν Ο Λ Ο	3984	2816	2564	1819	950	1816	10	28	3	12	24	28	5825	3818	4411			
Ποσοστό (%)	42.5	30.1	27.4	39.7	20.7	39.6	24.4	68.3	73	18.8	37.5	43.7	41.4	27.2	31.4			

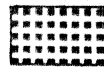
(1) Υπουργείο Δημοσίων Εργων, 11.8.1980. Εξετάστηκαν όλα τα κτίρια του νομού Μαγνησίας δυτικά του Βόλου ανεξαρτήτως των ζημιών που υπέστησαν από το σεισμό.



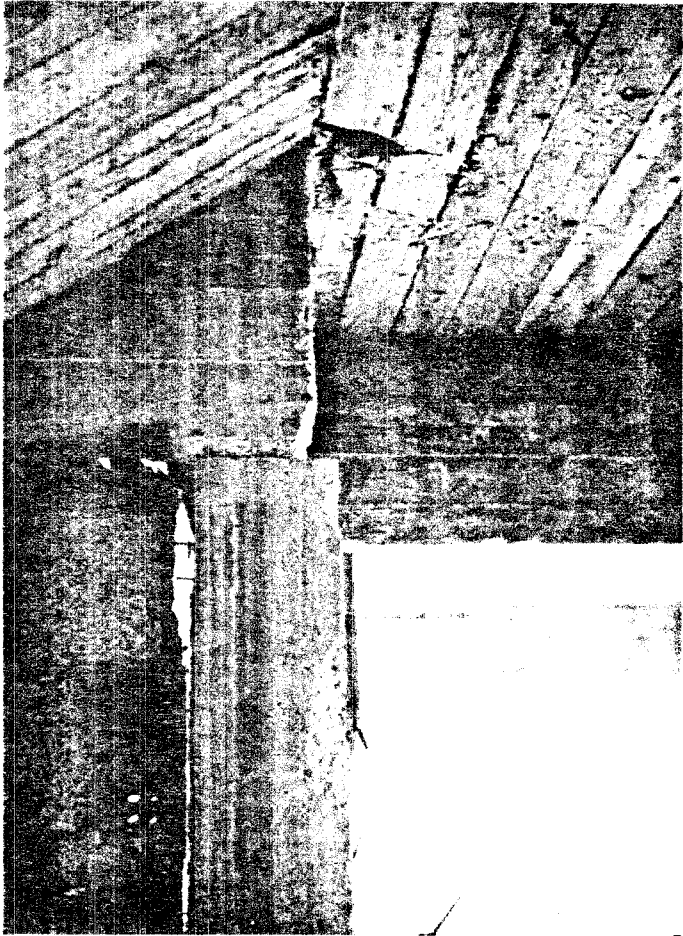
ελαφρές ή καθόλου ζημιές



επισκευάσιμες ζημιές



καταρρεύσεις ή μη επισκευάσιμες βαρείες ζημιές



Φωτογραφίες 8 και 9.



Φωτογραφία 10.

Πίνακα 4 φαίνονται οι ζημιές κτιρίων σε περιοχές του νομού Φθιώτιδας (Λαμία) καθώς και σε περιοχές του νομού Λάρισας (Λάρισσα, Φάρσαλα).

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εδαφικές θραύσεις, φαινόμενα ρευστοποίησης και υποθαλάσσιες κατολισθήσεις προκάλεσαν βλάβες στο δίκτυο ύδρευσης της Νέας Αγχιάλου και ρηγματώσεις στον κυματοθραύστη του λιμανιού της Νέας Αγχιάλου και σε λιμενοβραχίονα του λιμανιού του Βόλου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4
ΖΗΜΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΝΟΜΟΥΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ ΚΑΙ ΛΑΡΙΣΣΑΣ (1)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΙΜΑ	ΜΗ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΙΜΑ		ΣΥΝΟΛΟ
		ΟΙΚΙΕΣ	ΑΠΟΘΗΚΕΣ	
Λαμία	1,274	288	18	1,580
Επαρχία Λαμίας	760	541	91	1,392
Δομοκός	131	85	10	226
Επαρχία Δομοκού	1,035	544	236	1,815
Στυλίδα	261	47	1	309
Επαρχία Στυλίδας	512	217	27	756
Επαρχία Φαρσάλων	1,800	700		2,500
ΣΥΝΟΛΟ	5,773	2,422	383	8,578

(1) Υπουργείο Δημοσίων Έργων/ΥΑΣ (εξετάστηκαν μόνο κτίρια για τα οποία αναφέρθηκαν ζημιές).

6. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΤΟΙΚΩΝ

Η σεισμική δραστηριότητα, που προηγήθηκε του κυρίως σεισμού, προκάλεσε μεγάλη αναστάτωση στους κατοίκους του νομού Μαγνησίας. Μετά την πρώτη μέρα προσεισμών οι κάτοικοι διανυκτέρευαν έξω από τις οικίες τους είτε στην ανοιχτή ύπαιθρο, είτε μέσα σε σκηνές και αυτοκίνητα. Εν τούτοις δεν παρατηρήθηκαν σημεία πανικού.

Κατά τη διάρκεια των ημερών εκείνων ο τοπικός τύπος κάλυπτε

συνεχώς τα γεγονότα, αναφέροντας οτιδήποτε νεώτερο σχετικά με τη σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή, σχετικά με τις ζημιές που προκάλεσαν οι προσεισμικές δονήσεις και επίσης παραθέτοντας συνεντεύξεις ειδικών ως προς τις πιθανότητες πραγματοποίησης μεγάλου σεισμού καθώς και ως προς τη συμπεριφορά των κατασκευών της περιοχής σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο. Επί πλέον, τοπικοί παράγοντες και βουλευτές ζητούσαν από την κυβέρνηση να στείλει επιστήμονες εξοπλισμένους με όργανα για τη μελέτη της εξέλιξης της σεισμικής δραστηριότητας και για παροχή συμβουλών στο κοινό. Παρά ταύτα δεν υπήρξε επίσημη ανταπόκριση και οι αρμόδιοι επιστημονικοί φορείς ήταν πολύ επιφυλακτικοί στην παροχή πληροφοριών προς το κοινό.

Η έλλειψη επίσημης πληροφόρησης και η εμπειρία από τους προηγούμενους καταστρεπτικούς σεισμούς στην περιοχή συντηρούσαν την ανησυχία του κοινού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, εν τούτοις, η ανησυχία αυτή είχε ευεργετικά αποτελέσματα. Οι κάτοικοι εξακολούθουσαν να διανυκτερεύουν έξω από τις οικίες τους όταν συνέβη ο κυρίως σεισμός και κατά συνέπεια τα θύματα ελαχιστοποιήθηκαν. Αυτό δεν θα πρέπει να εκληφθή σαν επιχείρημα υπέρ της μη πληροφόρησης του κοινού σχετικά με την πιθανότητα πραγματοποίησης ενός ισχυρού σεισμού. Κάτι τέτοιο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, που θα πρέπει να συνεκτιμηθούν προσεκτικά πριν ληφθή κατάλληλη απόφαση.

Η αντίδραση του κοινού στη διάρκεια του κυρίως σεισμού και στην περίοδο των μετασεισμών ήταν μάλλον ψύχραιμη και, εκτός λίγων εξαιρέσεων, δεν σημειώθηκαν εκδηλώσεις πανικού. Οι κάτοικοι εξακολούθησαν να διανυκτερεύουν σε σκηνές επί ένα μήνα σχεδόν και διατηρούσαν τις σκηνές στους κήπους τους και σε ελεύθερους χώρους τέσσερις μήνες μετά το σεισμό.

Οι αρχές, έχοντας ήδη την εμπειρία του σεισμού της Θεσσαλονίκης (20 Ιουνίου 1978) και έχοντας καταστρώσει σχέδια για την αντιμετώπιση των καταστρεπτικών αποτελεσμάτων ενός σεισμού αντέδρασαν κατάλληλα, μη αποφεύγοντας εν τούτοις σε μερικές περιπτώσεις βεβιασμένες ενέργειες και σε μερικές άλλες εντυπω-

σιακές γραφειοκρατικές καθυστερήσεις.

Ένα σημείο, που θα πρέπει να τονιστεί, είναι η ευεργετική επίδραση της διαμονής των κατοίκων σε σκηνές κοντά στα σπίτια τους, πάνω στην οικονομία της περιοχής. Το γεγονός ότι οι κάτοικοι δεν εγκατέλειψαν τις πόλεις και τα χωριά τους και, ως εκ τούτου, δεν διαταράχθηκαν σημαντικά οι οικονομικές και οι κοινωνικές τους δραστηριότητες, περιόρισε τις οικονομικές απώλειες από το σεισμό μόνο σ' αυτές που σχετίζοντο άμεσα με τις σεισμικές καταστροφές. Τούτο είναι κάτι που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό πόλεων σε σεισμικές περιοχές.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έλλειψη ισχυρών σεισμών πριν από τα μέσα του εικοστού αιώνα είχε δημιουργήσει την εντύπωση ότι η ασθενής και σχεδόν αβλαβής σεισμική δραστηριότητα ήταν ένα χαρακτηριστικό της κατά τα άλλα έντονα τεκτονισμένης περιοχής της Μαγνησίας και της νότιας Θεσσαλίας (6). Παρ' όλα αυτά, η έντονη και μακρά σεισμική δραστηριότητα της δεκαετίας του 1950 καθώς και η πρόσφατη απέδειξαν ότι θα πρέπει να αναμένονται ισχυροί σεισμοί στην περιοχή.

Ο σεισμός της 9ης Ιουλίου 1980 ήταν ένα πολλαπλό φαινόμενο-διδάδα, γεγονός, που απ' ό,τι φαίνεται, αποτελεί χαρακτηριστικό της περιοχής. Το επίκεντρο της δόνησης και της επιφανειακής δόνησης ευρίσκετο σε απόσταση 34 km περίπου Δ-ΝΔ αυτού της πρώτης δόνησης. Τούτο είχε σαν αποτέλεσμα την εξάπλωση των ζημιών προς τα Δ-ΝΔ προς τη Λαμία, παρά προς τα Α, όπως και στο σεισμό του 1957.

Επιφανειακές εδαφικές θραύσεις παρατηρήθηκαν στη Νέα Αγχιάλο και στις Μικροθήβες. Οι εδαφικές αυτές θραύσεις είναι κατά πάσα πιθανότητα ίχνη του νεοτεκτονικού ρήγματος της περιοχής που ενεργοποιήθηκε και προκάλεσε το σεισμό. Επί πλέον παρατηρήθηκαν ενδείξεις είτε ερπυστικής κίνησης κατά μήκος των παραμορφώσεων στην περιοχή των Μικροθηβών είτε κίνησης κατά μήκος αυτών κατά τη διάρκεια μετασεισμικής δόνησης, αρκετό χρόνο μετά τον κύριο σεισμό. Φαινόμενα ρευστοποίησης παρατηρήθηκαν στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου και στον Αλμυρό.

Όπως ανεμένετο, η πλειόσειστη περιοχή βρίσκεται στη δυτική πλευρά της τεκτονικής λεκάνης του Παγασητικού Πελάγους, τα εδάφη της οποίας συνίστανται κυρίως από διλουβιακές και αλλουβιακές αποθέσεις. Οι ζημιές περιορίστηκαν κυρίως σε παλαιά κτίρια, τα οποία είχαν ήδη δοκιμαστεί κατά τη διάρκεια των σεισμών της δεκαετίας του 1950.- Κτίρια σχεδιασμένα σύμφωνα με τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό συμπεριφέρθηκαν ικανοποιητικά εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων. Σαν κύριο αίτιο των ζημιών στις κατασκευές αυτές θα πρέπει να θεωρηθούν οι κακοτεχνίες. Εξ άλλου το γεγονός ότι στην περιοχή της Νέας Αγχαικού παρατηρήθηκαν ζημιές σε οικοδομές, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σε άλλες οικοδομές της αυτής ποιότητας δείχνει την επίδραση των εδαφικών συνθηκών στη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών και την αναγκαιότητα της εκπόνησης μικροζωνικών μελετών.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Comninakis, P.E. and Papazachos, B.C. (1981) "A catalogue of historical earthquakes in Greece and surrounding area 479 B.C. - 1900 A.D.", Publ. No 5, Geophysical Laboratory, University of Thessaloniki.
2. Das, S. and Scholtz, C.H. (1980) "Theory of time dependent rupture in the earth", Jrnl. of Geophysical Research, Vol. 86, No. B7, pp. 6039-6051, July 10.
3. Galanopoulos, A.G. (1955a) Seismological Institute Bulletin No.5, National Observatory of Athens.
4. Γαλανόπουλος, Α.Γ. (1955b) "Σεισμική Γεωγραφία της Ελλάδος", Annales Géologique des Pays Hellénique, Vol. VI, pp. 83-121.
5. Galanopoulos, A.G. (1956) Seismological Institute Bulletin No. 6, National Observatory of Athens.
6. Galanopoulos, A.G. (1958) Seismological Institute Bulletin No. 8, National Observatory of Athens.
7. Galanopoulos, A.G. (1960) "Tsunamis observed on the coasts of Greece from antiquity to present time", Annali di Geofisica, Vol. XIII, n. 3-4, pp. 369-386.

8. Kalanopoulos, A.G. (1963) "On mapping of seismic activity in Greece", *Annali di Geofisica*, Vol. XVI, n. 1, pp. 37-100.
9. Karnik, V. (1969) "Seismicity of the European Area", Parts I, II. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.
10. Papazachos, B.C. and Comninakis, P.E. (1982) "A catalogue of earthquakes in Greece and the surrounding area for the period 1901-1980", Publ. No. 5, Geophysical Laboratory, University of Thessaloniki.
11. Papazachos, B.C., Mountrakis, D.M., Dimopoulos, G.Ch., Panastiotopoulos, D.G. and Tsapanos, T.M. (1983) "A study of the summer 1980 seismic sequence in the Magnesia Region of Central Greece", *Geophysical Jnl. Royal Astronomical Society*, Vol. 75, pp. 155-168, October.
12. Chebalin, N.U., Karnik, V. and Hadzievski, P. (1974) "UNDP/UNESCO survey of the seismicity of the Balkan region - catalogue of earthquakes", Parts I, II and III, UNESCO, Skopje, Yugoslavia.
13. United States Geological Survey (1980) Preliminary Determination of Epicentres.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Εισήγησης του διπλ. πολιτ. μηχανικού Μιχάλη Δ. Παπαθεοδώρου
στην ημερίδα της 25-5-87 στο ΤΕΕ Μαγνησίας με θέμα την,
'Επίδραση των σεισμών στα κτίρια-προστασία -υπολογισμοί

Κάθε φέρον Όργανισμός (Φ.Ο) κτιρίου που θεμελιώνεται στο έδαφος
ελαστικά ή πακτωμένα, αποτελεί ταλαντωτικό μηχανισμό, μονόρροφο
ή πολυρροφο, που σε κάποια σεισμική διέγερση εκτελεί έξηναγκασμένη
ταλάντωση, με αποτέλεσμα παραγωγής σεισμικών φορτίων (άδρανειακών δυνά-
μεων).

Τα φορτία αυτά ΔΕΝ μπορούν να καθορισθούν από ένα σεισ. συντελεστή
ε που ισχύει σήμερα, και μάλιστα για όλοκληρες περιοχές του τόπου
με σταθερή τιμή, για όλα τα κτίρια, χαμηλά - πολυρροφα, δύσκαμπτα-
εύκαμπτα κλπ. Τα φορτία παράγονται κατά την διάρκεια της σεισ. ταλά-
ντωσης, και διαφέρουν από φορέα σε φορέα, αναλόγως των ιδιαίτερων χα-
ρακτηριστικών αυτών, ήτοι ιδιοσυχνότητες, ιδιομορφές κλπ.

Απόδειξις ο καταστρεπτικός σεισμός της καλαμάτας που "έδωσε" συντελε-
στές ε από 0,05 έως 0,39 $\frac{g}{g}$, έτσι ώστε κτίρια που υπελογιστήκαν βέβαια
με ε = 0,06 να μην πάθουν ζημιές, αυτά όμως που καταπονήθηκαν με ε = 0,39
δηλαδή με φορτία έπταπλάσια να καταστραφούν.

Συμπερασματικά ο Ιφιστάμενος Α.Κ και η φιλοσοφία του δεν μπορεί να
συλλάβει θέματα συντονισμού σεισ. ταλάντωσης και κτιρίου, με αποτέλεσμα
να μη δύναται να καθορίσει την συμπεριφορά ενός συγκεκριμένου Φ.Ο από
έπιλεγμένο σκυρόδεμα σε σεισμική ταλαντωτική έπιρροή, που θα συντονίζεται την
Ιδιοταλάντωση του Φ.Ο.-

Η σχεδίαση του φορέα (Φ.Ο) ενός κτιρίου κατά το στάδιο της μελέτης
" Αντισεισμικά", ή μόρφωση άπλών και συνθέτων πλαισίων πολ/πλής άοριστίας
ο καθορισμός των μητρώων άκαμψιας των στοιχείων του Φ.Ο, ή έξ' αρχής έκλογή
των θέσεων παραγωγής πλαστικών άρθρώσεων κατά την ταλάντωση και άποσυντο-
νισμός σεισ. ταλάντωσης και ιδιοταλάντωσης Φ.Ο, αποτελούν την ΔΥΝΑΜΙΚΗ
θεώρηση του αντισεισμικού προβλήματος, που κατά την γνώμη μου, ή έφαρμογή
της στην πράξη, θα άπαλλάξει τους άνθρώπους από τον κίνδυνο να βρεθούν
ένάνμεσα σε έρείπια και την Πολιτεία από οικονομική καταστροφή!

Μιχάλης Δ. Παπαθεοδώρου

Πολιτ. Μηχανικός

ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΣΤΗΝ ΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ 25-5-1987

ΤΟΥ ΒΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΜΙΧΑΗΛ Δ. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, ΣΤΟ ΤΕΒ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

ΜΕ ΘΕΜΑ:

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ; ΚΤΙΡΙΑ, ΑΠΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΩΣΜΑ

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Ἡ ἐπιδράση τῶν σεισμικῶν κραδασμῶν σὲ κτίρια, παλαιὰ καὶ νέα, ποὺ κατασκευάστηκαν μὲ τοὺς κανόνες τοῦ Α.Κ τοῦ 1959, ἔγινε πλέον συνήθεια καθὼς καὶ συνήθιση τῆς καταστροφικότητος αὐτῶν, μὲ τίς δραματικὲς καταρροὲς πολυορόφων κτιρίων ποὺ σὲν χάρτινοι πύργοι ἰσοπεδόθησαν, σπέρνοντας τὸν θάνατο σὲ ἀνοιποφραστούς ἐνοίκους, καὶ τὴν οἰκονομικὴ καταστροφὴ ἀκόμα καὶ σὲ ἐπίπεδο Πολιτείας.

Δὲν πρόκειται ἐπομένως δι' ἓνα φαινόμενο περαστικὸ καὶ ἀκύνδυνο. Ἄλλὰ διὰ μιὰ ἀπειλή σοβαροτάτη γιὰ τὴν ζωὴ, φυσικὴ καὶ οἰκονομικὴ ἐνδὲς τόπου καὶ τῶν ἀνθρώπων του, κυρίως γιὰ χώρες ὅπως ἡ δική μας, μὲ συνεχή καὶ ἔντονη σεισμικὴ δράση.

Ἐπειδὴ τὸ νῦν σταματήσουμε τὸ φαινόμενο τοῦ σειμοῦ εἶναι ἀδύνατο σὲν φυσικὴ διαδικασία, ἡ προστασία ἀπὸ αὐτούς θά πρέπει νὰ ἀναζητηθῆ σὲ δύο βασικὲς ἐπιδιώξεις:

α) Στὴν πρόγνωση τοῦ σειμοῦ τουλάχιστον πρὶν ἀρκετῶν ὥρῶν ὥστε νὰ ἀπομακρυνθῆ ὁ πληθυσμὸς σὲ ἀσφαλέστερο μέρος καὶ

β) στὴν κατασκευὴ ἀντισεισμικῶν κατασκευῶν, κτιρίων, ἔτσι ὥστε οἱ Φ.Ο αὐτῶν, νὰ δύνανται νὰ παραλαμβάνουν ἐπιτυχῶς τὰ σεισμικὰ φορτία κατὰ τὴν ταλάντωση, χωρὶς κίνδυνο καταρροῦσεως τοῦ σκελετοῦ (Φ.Ο), περιορισομένων τῶν ζημιῶν σὲ δευτερευόντα στοιχεῖα πλήρωσης, τοιχοποιτείας κλπ ποὺ καὶ εὐκολα διορθώνονται καὶ μεγάλη οἰκονομικὴ ἐπιβάρυνση δὲν ἀπειτοῦν.

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ πρόγνωση τῶν σεισμῶν, τουλάχιστον πρὸς τὸ παρῶν, παραμένει ἓνα ἀπὸ τὰ ὄνειρα τῶν ἀνθρώπων, ἡ κατασκευὴ ἀντισεισμικῶν κτιρίων ἀποτελεῖ τὴν μόνη λογικὴ καὶ ἐφικτὴ ἐπιδίωξη, ποὺ ἄλλωστε δὲν θά χάσει τὴν ἀξία της οὐδέποτε, ἀκόμη καὶ μὲ τὴν πρόβλεψη τῶν σεισμῶν, ποὺ θά προειδοποιῆ μὲν γιὰ τὸν ἔρχομό μιᾶς σεισμικῆς ἔξαρσης, δὲν σημαίνει δὲ ὅτι μετὰ τὸ πέρας αὐτῆς, πρέπει νὰ ἀντικρῦσουμε μιὰ κατεστραμμένη πόλη ἔρειπλων.

Τὶ ἐννοοῦμε ὅταν λέμε ἀντισεισμικὲς κατασκευές καὶ μάλιστα κτιριακῶν Φ.Ο πολυορόφων ἢ καὶ μονοορόφων συστημάτων;

Προφανώς έννοοϋμε τες κατασκευές εκείνες που δ φέρουν οργανισμός τους (Φ.Ο) υπελογισθή και σε όριζόντια καταπόνηση με φορτία τέτοια, που μπορούν να - παραχθούν κατά τήν διάρκεια τής σεισμικής ταλάντωσης, φορτία άδρανειας.

Ο καθαρισμός τών φορτίων αυτών με τόν ύφιστάμενο Α.Κ , γίνεται ως γνωστόν με τόν τύπο $H=e.B$ όπου Β τό όλικό βάρος τής τοϋ κτιρίου και ε ένας συντελεστής, όνομαζόμενος άντισεισ. συντελεστής.

Η συνολική αυτή όριζόντια δύναμη κατανέμεται σήμερα τριγωνικά κατά τό ύψος τοϋ φορέως, (παλαιότερα όμοιομορφα) ΣΤΑΤΙΚΑ, επιφέροντας παραμορφώσεις και έντατική κατάσταση πέραν τής ήδη ύπαρχούσης από τήν στατική έκκλιση τών κατακορύφων φορτίων.

Έτσι μπορούμε να διακρίνουμε μια άντίθεση μεταξύ τοϋ φαινομένου δηλαδή τοϋ σεισμικού κραδασμοϋ, και τοϋ ύφισταμένου Α.Κ που θέλει τά σεισμικά φορτία σταθερά και όρωνα ΣΤΑΤΙΚΑ, ένω είναι μεταβαλλόμενα σε μέγεθος και όροϋν ΔΥΝΑΜΙΚΑ, διότι είναι φορτία άδρανειας.

Τίθεται έπομένως τό έρώτημα εάν ό ύφιστάμενος Α.Κ καλύπτει με τόν συντελεστή ε που θεσπίζει για κάθε διαμέρισμα τής χώρας, τήν σεισμική φόρτηση τών Φ.Ο τών κτιρίων, και μάλιστα σταθερά και άνεξάρτητα από ύψος όροφων εύκαμπτα ή όδοσκμπτα Φ.Ο, μονόροφα, διόροφα ή πολυόροφα συστήματα κλπ.

Η άνπάντηση είναι άρνητική , επιβεβαιώνεται δε και από τήν γενομένη πρόσφατα άνάλυση τών έπιταχυσιολογραφημάτων τοϋ σεισμοϋ τής Καλαμάτας, που δημοσιεύθησαν στο Δελτίο τοϋ ΤΕΕ ύπ' αριθμόν Ι44Ι, όπου διαπιστώθηκαν σεισ. συντελεστές ε, που κυμάνθηκαν από $e=0,05$ μέχρι $e=0,39$. Τοϋτο σημαίνει ότι τά φορτία που παρήχθησαν και επιβάρυναν τά κτίρια τής Καλαμάτας, σε πολλές περιπτώσεις ήσαν όη και έπτά φορές μεγαλύτερα από αυτά που προέβλεπε ό Α.Κ με τόν σεισ. συντ. $e=0,06$.-

Τά αποτελέσματα δε από τήν διαπίστωση αυτή είναι γνωστά, τό 70% τών κτιρίων τής πόλης καταστράφηκε, άνεξάρτητα τής ηλικίας τους, άκδη και κεινουργή οικοδομήματα, .

Η άνάλυση αυτή τής Καλαμάτας, μάς επιβεβαιώνει τήν διαπίστωση, ότι ό συντελεστής ε είναι ένας ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ συντελεστής, που παράγεται κατά τήν διάρκεια τής σεισμικής όδνησης, διαφορετικός διαά κάθε κτίριο, αλλά και διαφορετικός άκδη και για τό ίδιο κτίριο που θα ταλαντωθή από σεισμό διαφορετικής ποιότητας, δηλαδή διαφορετικών χαρακτηριστικών, περιόδου-ταχύτητος-εύρους μετακίνησης και λοιπά.

Γεννάει το έρώτημα τώρα του προσδιορισμού του δυναμικού συντελεστού ϵ , θα γίνεται μετά τον σεισμικό κραδασμό και των καταστροφών του επί των κτιρίων, επί έναλυσως των επιταχυνσιογραφημάτων, όπως στην περίπτωση της Καλαμάτας, για να διαπιστώσουμε την τιμή του ϵ , ή θα πρέπει εξ' αρχής κατά την μελέτη ενός Φ.Ο κτιρίου να προσδιορισθῆ ἡ μέγιστη τιμή του ϵ που μπορεί να αναπτυχθῆ στον συγκεκριμένο φορέα κατά την διάρκεια ενός πιθανού σεισμού,

Ἀσφαλῶς ἡ πρώτη περίπτωση (ὄρα Καλαμάτας) ἀποτελεῖ ὄμο-ἄμορο ὁ κατόπιν ἔορτης προσδιορισμός του ϵ .

Ἡ δυναμική ἐπομένως ἀνάλυση καὶ ὑπολογισμός τῆς σεισμικῆς δράσης ἐπὶ τῶν Φ.Ο τῶν κτιρίων εἶναι ἡ μόνη διέξοδος στό πρόβλημα, καὶ ἡ μόνη ἀξιοπιστὴ ἀπεικόνιση τῆς ἐπίδρασης τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ ἐπὶ ἑνὸς συγκεκριμένου Φ.Ο κτιρίου.

Πλὴν τοῦ σεισμικοῦ συντελεστού ϵ γιὰ τὸν ὁποῖο ἀμφισβητήσαμε τὸν καθορισμό τῆς στατικῆς του ὑπόστασης ἀλλὰ καὶ τιμῆς, ὅπως λαμβάνεται σὸν ὑφιστάμενο καὶ ἰσχύοντα Α.Κ τῆς χώρας, καὶ οἱ μέθοδοι στατικῆς ἀνάλυσης τῶν Φ.Ο τῶν κτιρίων καθὼς καὶ ἡ κατανομή τοῦ σεισμικοῦ φορτίου σὶά ἐπὶ μέρους στοιχεῖα ἀκαμψίας αὐτῶν, δὲν ἐπιτυγχάνεται ἱκανοποιητικὰ μὲ τὲς προσσεγγιστικὲς μεθόδους ποὺ ἐνστερνίζεται ὁ ἰσχύον ἀντισεισμικὸς Κανονισμός.

Ὁ καθορισμός τῶν ἀκαμψιῶν τῶν στύλων τῶν πλαισίων ἑνὸς Φ.Ο π.χ μὲ τὰ

$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{2 \cdot K_0} \quad \text{καὶ} \quad \alpha = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}} \quad \text{καὶ} \quad \text{τελικὰ} \quad D = \alpha \cdot \frac{I_2 E J}{H^3} \quad \text{ἀνεξάρτητα}$$

ἐπὶ τὴν θέση τοῦ στύλου σὶά πλαίσιο, μὲ τιμὴ σταθερὰ καὶ ἀναλλοιώτη, δὲν ἀνταποκρίνεται πρὸς τὴν πραγματικότητα, παρ' ὅλο ποὺ πλησιάζει τὴν μεταβολὴ τῆς ἀκαμψίας τοῦ μὴ πεπακτωμένου στύλου, ἀλλὰ ἘΛΑΣΤΙΚΑ στήριζομένου σὶήν κεφαλὴ καὶ σὶόν πόδα αὐτοῦ. Βέβαια οἱ ὑποδείξεις τοῦ Μεγάλου δασκάλου κ. ΚΥΤΟΥ γιὰ τὴν ἐποχὴ του, τὴν ἐποχὴ τοῦ 50 ἢ τοῦ 1960 ἦτ' ἀναμφισβήτητα ἐπιτυχῆς, σήμερα ὄμως περισσότερο ἀκριβῆς μέθοδοι, προσδιορίζουν τὴν ἀκαμψία συνδέσεων φορέων, πλαισίων, τοιχείων, συζευγμένων τοιχείων κλπ μὲ Μητροῦα ἀκαμψίας καὶ εὐκαμψίας, ἔτσι ὥστε ὁ καταμερισμός τοῦ σεισμικοῦ φορτίου σὶά ἐπὶ μέρους στοιχεῖα ἀκαμψίας, καὶ εὐχερῆς νὰ εἶναι ἀλλὰ καὶ ἀκριβῆς. Δεδομένου δὲ ὅτι τὰ σεισμικὰ φορτία δὲν εἶναι φορτία στατικὰ καὶ σταθεροῦ προσανατολισμοῦ, ἀλλὰ φορτία ἀδράνειας μεταβαλλομένης ἔντασης καὶ διεύθυνσης, ἡ Μητροική σύνδεση φόρτισης καὶ παραμόρφωσης εἶναι ἐπιβεβλημένη.

Handwritten signature

Η ανάλυση δε συνθέτων φορέων, όπως πλαισίου - τοιχείου και ή καταμερισμός του οριζοντιού φορτίου (έξωτερικής φόρτισης) στο πλαίσιο και στο τοιχείο χωριστά, είναι ένα πρόβλημα που δεν αντιμετωπίζεται με σαφήνεια, βέβαια ή λύση του είναι πολύπλοκος, αλλά απαραίτητη για τον υπολογισμό της σεισμικής καταπόνησης στις σύγχρονες οικόδομους.

Με τα αναφερθέντα παρά πάνω στοιχεία που καθορίζουν το πρόβλημα της επίδρασης των σεισμών στις κτιριακές κατασκευές, σε πραγματική και αντικειμενική βάση, γίνεται φανερό ότι ο Ισχύον Α.Κ με τις διατάξεις του, παλαιές αλλά και πρόσφατες συμπληρωματικές, δεν λύουν το πρόβλημα επαρκώς και διεξοδικά, αλλά υποτυποδώς θεσπίζει κανόνες προσεγγιστικούς, που πολλές φορές είναι δυνατόν να προξενήσουν και παραπληροφόρηση και παραπλάνηση στην συνοχή των επιστημονικών γνώσεων των πολ. Μηχανικών της πράξης, όπως π.χ ακούγονται περί "άρνητικών άκαμφτων του τάδε τοιχώματος, στον τάδε όροφο" κλπ ή υπολογισμός των άκαμφτων των πλαισίων με τα K και a , οδηγεί στην αντικατάσταση του πραγματικού πλαισίου με κάποιο άλλο, με δοκούς άπειρου ροπής άδρανελας και στύλους με ροπή άδρανελας όχι J αλλά $a.J$, δηλαδή σε διατηρητικά καθαρώς πλαίσιο.

Κατόπιν των άνωτέρω διαπιστώσεων, γίνεται φανερό, ότι ο Ισχύον Αντισεισμικός κανονισμός πρέπει να αντικατασταθί με νέον, ο οποίας θα προκύψει σαν άποτέλεσμα της συνεργασίας Πθλ. Μηχανικών, σεισμολόγων, ειδικών έδαφομηχανικής κ.ά ειδικών επιστημόνων, με επιστημονική μεθοδολογία και έκμετάλευση της γνώσης που άποκτήθηκε τα τελευταία χρόνια, σε όλους τους κλάδους της επιστήμης, που έχουν σχέση με τον σεισμό, έδαφος, κατασκευή.

Από πλευράς πολ. Μηχανικού, και σύμφωνα με σχετική έργασία που έκπόνησα, προτείνω:

1) Τοποθέτηση των υποστυλωμάτων κατά τρόπον τέτοιο, που να δημιουργούνται πλαισιακοί φορείς, παράλληλοι μεταξύ τους, με συζευμένα τοιχώματα στην περίμετρο του κτιρίου.

2) Μέριμνα ώστε τα περιμετρικά σύνθετα πλαίσια, να τοποθετούνται συμμετρικά κατά το δυνατόν, ως προς το Κ.Ε.Σ της πλάκας, αλλά και με την αυτήν αντισεισμική ικανότητα-συμπεριφορά, ώστε κατά το στάδιο της ταλίντωσης του κτιρίου και σε περίπτωση υπερβάσεως των επιτρεπομένων τάσεων και έρχή δημιουργίας πλαστικών άρθρώσεων, να γίνεται κατά το δυνατόν συμμετρική μεταβολή των

How

ἀκαμφτιῶν τῶν στοιχείων ἀκαμφτίας (ΠΑΛΙΣΙΩΝ) , καὶ ὄχι ἀκανόνιστη, διότι τότε μεταβάλλεται ἡ θέση τοῦ Κ.Ε.Σ ἔκκεντρα τοῦ Κ.Β, μὲ συνέπεια παραγωγή μεγάλης ροπῆς στρέψεως ΜΣ, καὶ μεγάλη ἐπιβάρυνση ἀκράτων ὑποστυλωμάτων.

3) Μετὰ τὸν σχεδιασμό τοῦ Φ.Ο τοῦ κτιρίου καὶ τὸν καθορισμὸ τῶν στοιχείων ἀκαμφτίας, πλαισίων ἀπλῶν ἢ συζευγμένων μὲ τοίχελο, ὑπολογισμὸς τῶν Μητρώων εὐκαμφτίας καὶ ἀκαμφτίας τῶν πλαισίων, τῶν τοιχείων, μεμονομένων στύλων κλπ
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Διὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῶν Μητρώων αὐτῶν, ὑπάρχει σχετικὴ ἐργασία τοῦ γράφοντος, παρατίθεται στὸ τέλος δὲ τῆς παρούσης, πίνακας μὲ τοὺς τύπους, ὑπολογισμοῦ μητρώου τοίχειου.)

4) Μετὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῶν μητρώων, κατὰστρωση τοῦ προβλήματος Ἰδιοτιμῆς τοῦ συγκεκριμένου Φ.Ο διὰ τὸν ὑπολογισμὸ τῶν Ἰδιοσυχνότητων $\omega_1 \omega_2 \omega_3 \dots$ ων καὶ τὸν Ἰδιομορφῶν ταλάντωσης τοῦ σχηματισμοῦ.

5) Ἐκ τῶν στοιχείων σεισμικότητας τῆς περιοχῆς, λαμβάνουμε τὸ μέγεθος τῆς ἔντασης ἑνὸς μελλοντικοῦ σεισμοῦ, ἀλλὰ ὄχι τὰ ποιοτικὰ χαρακτηριστικὰ του. Αὐτὰ θὰ ἐκλεγοῦν ἀπὸ τὸν μελετητὴ ἔτσι, ποῦ θὰ δίδουν τὴν μέγιστη καταπόνηση στὸν Φ.Ο, δηλαδή θὰ συντονίσουν αὐτὸν κατὰ τὴν ταλάντωση. Τοῦτο θὰ γίνῃ βέβαια ὅταν ἡ συχνότης τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ συμπέσει μὲ τὴν συχνότητα ἢ ἰδιοσυχνότητα τοῦ Φ.Ο καὶ μάλιστα τὴν πρώτη ἢ θεμελιώδη ω_1 .
(Σχετικὴ μελέτη ὑπολογισμοῦ ἰδιοταλάντωσης καὶ ἐξηναγκασμένης ταλάντωσης) διαγραμμάτων ἐπιταχύνσεων κλπ, ὑπάρχει στὸν γράφοντα ()

6) Μὲ τὴν κατὰστρωση τῶν ἐξισώσεων τῆς ἐξηναγκασμένης ταλάντωσης τοῦ συγκεκριμένου Φ.Ο ἑνὸς κτιρίου, ὅσονδήποτε ὀρόφων n , ὑπολογίζονται οἱ δυνάμεις ἀδρανειακῆς συναρτήσεως τοῦ χρόνου T , οἱ ὁποῖες μποροῦν νὰ παρασταθοῦν καὶ σὲ συνεχῆ διαγράμματα μεταβολῆς τους, ἢ οἱ μεταβολές τῶν μετατοπίσεων ἐπὶ ὄροφο σὲ ὄροφο τοῦ Φ.Ο, ἢ οἱ ἐπιταχύνσεις τῶν ὀρόφων, δηλαδή τελικὰ τὰ σεισμικὰ φορτία.

7) Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ταλάντωση αὐτὴ μπορεῖ νὰ δώσει μεγάλα φορτία, λόγω ἐκλογῆς συντονισμοῦ, στὸ διάγραμμα τῶν σεισμικῶν δυνάμεων, καθορίζεται ἡ θέση ἢ ἡ χρονικὴ στιγμή T ποῦ τὰ φορτία ἔχουν γίνῃ τόσα, ὥστε ὁ φορέας νὰ εὐλοσκαεταὶ στὴν ἐλαστικὴ ἀκόμη περιοχὴ, ὀριακῶς. Ἀπὸ κεῖ καὶ ἔπειτα ἡ αὐξηση τῶν φορτίων θὰ μετραπεπεὶ θέσεις δοκῶν σὲ πλαστικὲς ἀρθρώσεις, ποῦ μποροῦν νὰ καθορισθοῦν ἐκ τῶν προτέρων, καὶ συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὸ Κ.Ε.Σ. Ἡ παραγωγή ὅμως τῶν πλαστικῶν ἀρθρώσεων, σημαίνει μεταβολὴ καὶ τῶν ἀκαμφτιῶν τῶν πλαισίων ἢ τοιχείων, πτόσει δὲ τῶν ἀδρανειακῶν δυνάμεων, λόγω ἀποσυντονισμοῦ τῆς ταλάντωσης.

Handwritten signature

Όθεν ή τιμή τοῦ ε γίνεται πλέον φανερό θί εξαρτηθῆ από τήν ικανότητα τοῦ Φ.Ο τοῦ συγκεκριμένου κτιρίου,νά ἀναλαμβάνει φορτία τέτοια ποῦ οἱ παραγόμενες τάσεις οὔδαμοῦ νά ἔχουν ὑπερβεῖ τά ἐλαστικά ὅρια, νά ὑπάρχει δέ από κεῖ καί πέρα περιθώριο συνεχύσεως μέν τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ μέ μεταβολή τῶν ἀκαμφτιῶν τοῦ φορέως καί ἀποσυντονισμό ταλάντωσης.

ΜΕ τά ὀλίγα ἐκτεθέντα προσπάθεισα νά δώσω μία συνοπτική εἰκόνα τῆς φιλοσοφίας τῆς πρότασης, ποῦ ή βασική της ἐπιδειξη εἶναι, νά δύναται νά μελετᾷ πλήρως ἕνα Φ.Ο ἀντισεισμικά, ὄχι μετά τόν σεισμό, ἀλλά εὐθύς ἐξ ἀρχῆς, κατά τήν γέννεσή του, δυναμικά .

ΜΙΧΑΛΗΣ Δ ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ
ΔΙΠΛ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΙΩΑΚΟΥ Ι4-26 τηλ. 24-9Ι4
ΒΟΛΟΣ

ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Δρ. Σπ. Παυλίδη, Λέκτορα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

Η ανθρώπινη συμπεριφορά και αντίδραση κατά τους μεγάλους σεισμούς και οι κοινωνικοοικονομικές αλλαγές που επιφέρει ένας καταστροφικός σεισμός, μας είναι γνωστά σε πολύ γενικές μόνο γραμμές, είτε από τις προσωπικές μας εμπειρίες, είτε από τις πληροφορίες από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Η συστηματική όμως επιστημονική έρευνα, τόσο η διεθνής^{1,2}, όσο και η πολύ φτωχή ελληνική^{3,4}, μας αποκαλύπτουν σε βάθος διάφορες ενδιαφέρουσες πτυχές του προβλήματος: ψυχολογική συμπεριφορά ατόμων και ομάδων κατά τη διάρκεια της σεισμικής δόνησης και τις μακροχρόνιες συνέπειες της σεισμικής καταστροφής.

Το θέμα, από πρώτη ματιά, δεν φαίνεται να είναι της ειδικότητας του Σεισμολόγου, Γεωλόγου ή Μηχανικού, αλλά μάλλον Ψυχολόγου και Κοινωνιολόγου, στους οποίους αναμφίβολα ανήκει ένα μεγάλο κομμάτι της αντίστοιχης έρευνας. Στα πανεπιστήμια και πολυτεχνεία της Ιαπωνίας και ΗΠΑ για παράδειγμα, η έρευνα αυτού του είδους καλύπτεται από τους κλάδους της Τεχνικής Σεισμολογίας και Σεισμικής Μηχανικής και γίνεται από ερευνητές που καθημερινά έρχονται σ' επαφή με το σεισμικό φαινόμενο.

Ένα από τα πρώτα σημαντικά βήματα για την πρόληψη και ελαχιστοποίηση των σεισμικών ζημιών και συνεπειών είναι η βαθιά γνώση του τρόπου συμπεριφοράς ατόμων και ομάδων κατά τη σεισμική δόνηση και τα κοινωνικά προβλήματα που ξεπηδούν. Η ανάγκη στροφής της έρευνας και σ' αυτόν τον τομέα είναι ιδιαίτερα εμφανής και για τον τόπο μας, κυρίως μετά τους τελευταίους σεισμούς - Θεσσαλονίκη 1978, Βόλος 1980, Αθήνα-Κόρινθος 1981, Καλαμάτα 1986 - που σημάδεψαν τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα της χώρας μας, όπως αυτά αναπτύχθηκαν μεταπολεμικά και έδωσαν μια νέα διάσταση στο πρόβλημα. Η εμπειρία αυτή πρέπει να αξιοποιηθεί στην παραμικρή της λεπτομέρεια, γιατί ανάλογη απειλή εξακολουθεί να υπάρχει για τις ίδιες και πολλές άλλες πόλεις μας. Στις χώρες που πλήττονται συχνά από σεισμούς και διαθέτουν προχωρημένη έρευνα, όπως η Ιαπωνία, η ανάλογη έρευνα έχει προχωρήσει σημαντικά. Η προσπάθεια κεντρώνεται στην προσεχτική μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς, όπως αυτή εκδηλώνεται σε καταστροφικούς σεισμούς, με σκοπό να οριστεί ποσοτικά με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα σχέδια έκτακτης ανάγκης, στον πολεοδομικό σχεδιασμό και στη λήψη αποφάσεων (πριν ή μετά το σεισμό) για την αντιμετώπιση των σεισμικών καταστροφών.

Οι μέχρι τώρα μελέτες, στον τομέα αυτό, μας έδωσαν ορισμένα ενδιαφέροντα

πρώτα συμπεράσματα:

Κατά κανόνα στις μικρές σεισμικές εντάσεις οι άνθρωποι, παρά το φόβο τους, αντιδρούν συνειδητά. Όταν όμως η ένταση του σεισμού φτάσει και ξεπεράσει την τιμή 10 (της μακροσεισμικής κλίμακας Μερκάλι) συμβαίνει μια μεταβολή στην ανθρώπινη συμπεριφορά από συνειδητή σε ασυνείδητη. Το όριο αυτό κατεβαίνει ακόμη περισσότερο (8,5 βαθμοί έντασης περίπου) για άτομα που κατοικούν σε ψηλά κτίρια. Για ένα μικρό όμως ποσοστό του πληθυσμού (που ανέρχεται μόλις στο 10%), η ασυνείδητη αντίδραση αρχίζει ακόμη χαμηλότερα (7,5 περίπου). Αυτό όμως το ποσοστό είναι ικανό να πυροδοτήσει έναν γενικότερο πανικό του πλήθους. Η παρατήρηση αυτή θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στην κατάρτιση των σχεδίων έκτακτης ανάγκης και για τη χώρα μας, όπου όμως λείπουν οι αντίστοιχοι δείκτες. Επί πλέον η αντισεισμική εκπαίδευση, που άρχισε να υλοποιείται και στην Ελλάδα, πρέπει να πάρει υπόψη της τους οριακούς αυτούς δείκτες. Γιατί δεν αρκεί μόνο η ενημέρωση (φυλλάδια, διαλέξεις, απλή διδασκαλία) για τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης, αλλά είναι αναγκαία η συνεχής πρακτική εξάσκηση και εκπαίδευση για να είναι περισσότερο προετοιμασμένα τα άτομα που σε μια μεγάλη δόνηση δεν θα μπορέσουν να συμπεριφερθούν συνειδητά. Είναι το πρώτο βήμα για την πρόληψη του πανικού.

Ενδιαφέρουσες μελέτες έχουν δει το φως της δημοσιότητας, που αφορούν τους χώρους μαζικής συγκέντρωσης (σχολεία, εργοστάσια, υπηρεσίες, στρατώνες κ.λπ.), όπου ερευνήθηκε ο τρόπος κίνησης (κατεύθυνση, φορά, παρεμβαλλόμενα εμπόδια) των ατόμων κατά τη διάρκεια σεισμικών δονήσεων. Τα αποτελέσματα τέτοιων ερευνών πρέπει να συμβάλλουν στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων που προορίζονται να δεχτούν πολυπληθείς ομάδες.

Η εμπειρία της Θεσσαλονίκης του 1978, έδωσε επίσης αρκετά ενδιαφέροντα στοιχεία⁵. Η ιδιόμορφη ψυχολογική κατάσταση των Θεσσαλονικέων της περιόδου εκείνης εκφράζεται εντυπωσιακά από τα παρακάτω δύο στατιστικά στοιχεία: ποσοστό 81%, επί 2.500 ερωτηθέντων ένα μήνα μετά το μεγάλο σεισμό και όταν είχαν αντιμετωπιστεί μερικές βασικές ανάγκες, ζητούσε σαν πρώτη ενέργεια για τη βελτίωση των συνθηκών ζωής στους καταυλισμούς κάποια ψυχαγωγία. Ανάλογο ποσοστό (80%) αυτών που μετακινήθηκαν από καταυλισμό σε καταυλισμό πρόβαλλε μεταξύ των πρώτων λόγων της μετακίνησης την καλύτερα οργανωμένη ψυχαγωγία. Ας σημειωθεί ότι στη διάρκεια της έρευνας συνεχιζόταν μια έντονη καθημερινή μετασεισμική δράση. Η παραπάνω στατιστική εικόνα δείχνει το σημαντικότερο ρόλο των ψυχολογικών προβλημάτων στη συμπεριφορά των κατοίκων της Θεσσαλονίκης κατά τη διάρκεια της μετασεισμικής περιόδου, τα οποία έβαλαν σε δεύτερη μοίρα προβλήματα διατροφής, περίθαλψης κ.ά.

Η εικόνα της καταστροφής από μια σεισμική θεομηνία μας δίνεται σχεδόν

πάντα γενική και ενιαία για το σύνολο των πληγέντων. Στην πραγματικότητα όμως, ο βαθμός και η έκταση των συνεπειών διαφέρει από κοινωνική ομάδα σε ομάδα. Ίσως δε θα ήταν υπερβολή να γραφεί ότι μακροχρόνια οι συνέπειες μιας σεισμικής καταστροφής σφραγίζονται από ένα ταξικό χαρακτήρα. Γενικά είναι γνωστό, από τη διεθνή εμπειρία, ότι από τις καταστροφές πλήττονται περισσότερο οι ασθενέστερες οικονομικά τάξεις. Ήδη πρόσφατες επιστημονικές μελέτες δείχνουν και με ποσοτικούς δείκτες το παραπάνω συμπέρασμα⁴. Φυσικά η πιθανότητα να χτυπηθεί κανείς από τα καταρρέοντα κτίρια σ' ένα σεισμό είναι ίδια για τον καθένα. Γνωστό επίσης είναι ότι τα κτίρια κινδυνεύουν ανάλογα με την κατευθυντικότητα της σεισμικής ενέργειας, τη σεισμική επιτάχυνση, το έδαφος θεμελίωσης, το είδος της κατασκευής κ.ά. Κατά κανόνα όμως οι συνοικίες με τις λαϊκές πολυκατοικίες πλήττονται περισσότερο από ένα σεισμό. Υπάρχουν φυσικά και οι εξαιρέσεις, για παράδειγμα στο σεισμό του Μεξικού (1985), όπου κατέρευσαν μεγάλα κυβερνητικά κτίρια, πολυτελείς πολυκατοικίες στο κέντρο της πόλης, κ.ά. Εκεί όμως που φαίνεται ο ταξικός χαρακτήρας της καταστροφής είναι οι μακροχρόνιες συνέπειες του σεισμού. Πρώτη συνέπεια είναι η μείωση του εισοδήματος των εργατών' σταματούν συνήθως να λειτουργούν βιομηχανίες και βιοτεχνίες ή ελαττώνονται οι ώρες λειτουργίας τους. Οι πολυμελείς οικογένειες, τα παιδιά και οι γέροι είναι εκείνοι που ταλαιπωρούνται περισσότερο από την παρατεταμένη υπαίθρια διαβίωση. Η μακροχρόνια οικονομική αναστάτωση πλήττει εμπόρους και επαγγελματίες. Οι ασθενέστερες οικονομικά ομάδες καταφεύγουν συνήθως στη λύση των καταυλισμών, ενώ ευπορότερες ομάδες αναζητούν άλλες λύσεις. Και για την περίπτωση αυτή η στατιστική έρευνα της Θεσσαλονίκης⁵ έδειξε ότι:

α) Πολυμελείς οικογένειες καταυλισμένων ήταν εκείνες των εργατών και τεχνιτών που παρέμειναν στους καταυλισμούς με πληρη τη σύνθεσή τους (γονείς, παιδιά, γέροι) για μεγάλο χρονικό διάστημα.

β) Πολλοί υπερήλικες (με κοινωνική ασφάλιση ή όχι) ζούσαν μόνοι στους καταυλισμούς, μια εικόνα που έφερε, με την ευκαιρία των σεισμών, στην επιφάνεια το πρόβλημα των μεμονωμένων υπερηλικών των μεγαλουπόλεων.

γ) Το οικογενειακό εισόδημα των εργατοτεχνιτών, βιοτεχνών και εμπόρων μειώθηκε μετά το σεισμό και κύρια εκείνων των οικογενειών που αριθμούσαν στα μέλη τους περισσότερους από έναν εργατοτεχνίτες. Ολέθρια ήταν η κατάσταση των οικογενειών που είχαν ένα άτομο σποραδικά απασχολούμενο, το οποίο μετά το σεισμό έπαψε να απασχολείται. Ένα επιπρόσθετο στοιχείο είναι ότι πολλές από τις οικογένειες που παρουσίασαν μείωση του εισοδήματος έμειναν πριν από το σεισμό σε σπίτι με ενοίκιο.

δ) Αμετάβλητο, όπως ήταν φυσικό, έμεινε το εισόδημα των μισθωτών.

Ανάλογος ήταν και ο τρόπος αντίδρασης των διαφόρων κοινωνικών ομάδων στην πολιτική που έπρεπε να ακολουθηθεί για την αποκατάσταση κλίματος ομαλότητας. Έμποροι, επαγγελματίες και βιοτέχνες ζητούσαν γρήγορη αποκατάσταση των ζημιών και συγχρόνως βεβαίωση, τόσο από το κράτος, όσο και από τους ειδικούς επιστήμονες ότι ο μεγάλος κίνδυνος πέρασε. Αντικειμενικός σκοπός τους ήταν η γρήγορη εξομάλυνση του κλίματος της αγοράς. Αντίθετα άλλες ομάδες (υπάλληλοι, επιστήμονες) έβαζαν σαν απαραίτητη προϋπόθεση επιστροφής στις εστίες τους χρονικό διάστημα δύο μηνών τουλάχιστον ή μεγαλύτερο απαλλαγμένο εντελώς από σεισμούς.

Αυτό το είδος έρευνας, που φανερώνει μια άλλη πλευρά της σεισμικής καταστροφής, είναι σκόπιμο να συνεχιστεί πιο συστηματικά και στη χώρα μας, ώστε να αναγνωριστούν και να διευκρινιστούν οι παράγοντες που επιδρούν στην ανθρώπινη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια του σεισμού και στο χρονικό διάστημα που ακολουθεί (συνήθως μετασεισμική ακολουθία), να εκφραστούν ποσοτικά και ν' αναλυθούν ποιοτικά. Το σημαντικότερο θα είναι να βρουν γρήγορη πρακτική εφαρμογή για την αντιμετώπιση παρόμοιων καταστάσεων στο μέλλον. Ιδιαίτερη προσοχή και προγραμματισμός χρειάζεται στην αντισεισμική εκπαίδευση, η οποία πρέπει να αποκτήσει περισσότερο πρακτικό χαρακτήρα παρά θεωρητικό-ενημερωτικό.

Μια ανοιχτή πολιτική πληροφόρησης κωδικοποίησης των τρόπων ενέργειας των υπηρεσιών και του κοινού, καθώς και ο προγραμματισμός και η οργανωμένη κρατική παρέμβαση θα μας δρομολογούσε στη σωστή κατεύθυνση.

Τέλος, μια βασική αρχή για μια σωστή κρατική πολιτική είναι ότι η κρατική βοήθεια που θα προγραμματιστεί και θα δοθεί πριν από τον σεισμό, με σκοπό να μειώσει τις αναμενόμενες αρνητικές συνέπειές του, σίγουρα θα κοστίζει λιγότερο απ' ό,τι αν δοθεί μόνο μετά την καταστροφή.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Ohta & Omote 1977 "An investigation into human psychology and behavior during an earthquake".
2. Omote, 1979. "Study on the Seismic Intensity Distribution by Means of the Questionnaire Survey".
3. Μεταξά, Μπαλλή, Τριανταφύλλου, Καλευρά 1979. "Ψυχολογικές παρατηρήσεις στον πληθυσμό της Θεσσαλονίκης από το σεισμό της 20ης Ιουνίου 1978".
4. Karakos, Papadimitriou, Pavlides 1983. "A preliminary investigation of socio-economic problems following the 1978 Thessaloniki earthquake".
5. ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (από Παπαδημητρίου και Κανάκο) 1984. "Προβλήματα των σεισμοπαθών στους καταυλισμούς της Θεσσαλονίκης".

Γεωλογικές και Τεκτονικές συνθήκες της Μαγνησίας σε σχέση με τον ευρύτερο Βορειοελλαδικό χώρο

Δρ. Σπ. Παυλίδης, Λέκτορας Γεωλογίας Α.Π.Θ.

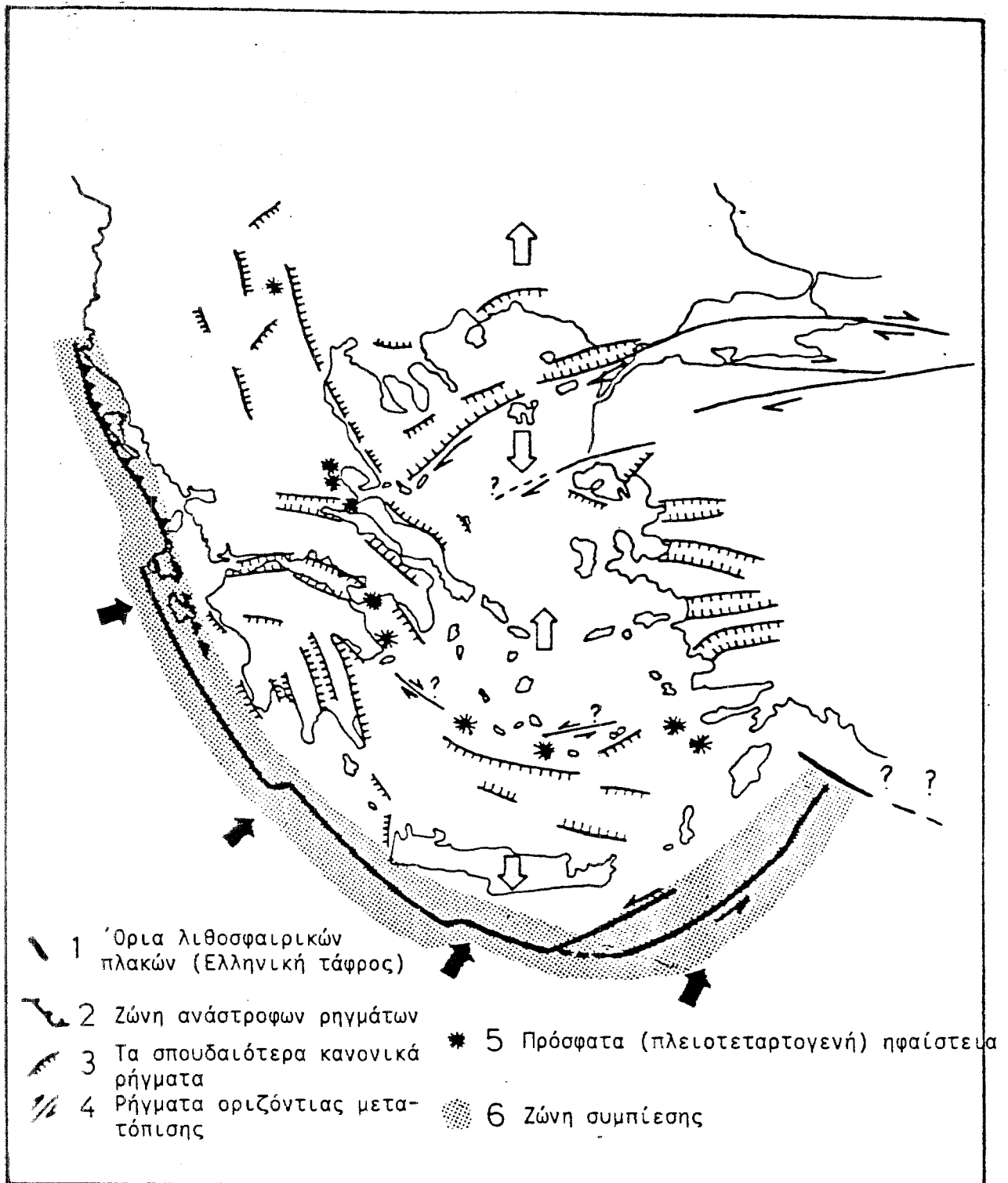
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά το τέλος των Αλπικών πτυχώσεων, που δημιούργησαν τις Ελληνίδες οροσειρές και κύρια μετά το μέσο Μειόκαινο (πριν 10-13 εκατομμύρια χρόνια) ακολούθησε σ' ολόκληρο σχεδόν τον Ελλαδικό χώρο ένα εκτεταμένο εφελκυστικό πεδίο τάσεων, που είχε σαν συνέπεια να δημιουργηθούν ή να επαναδραστηριοποιηθούν πολλά και μεγάλα κανονικά ρήγματα.

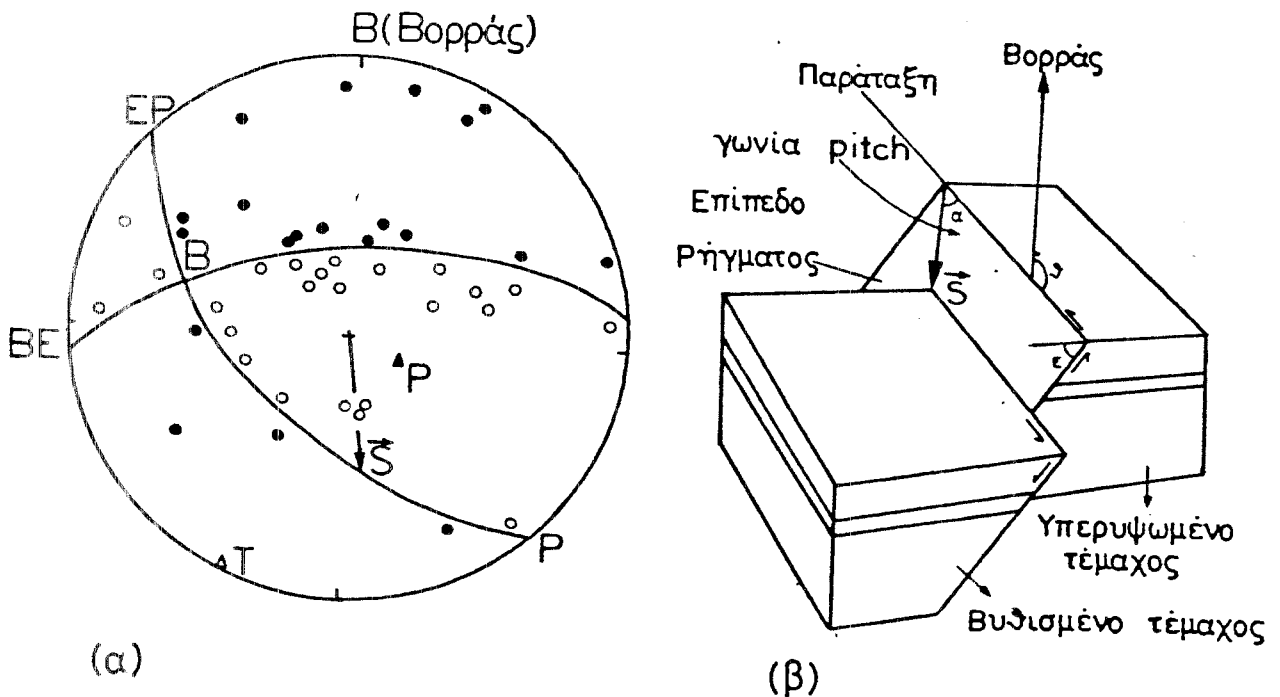
Η νέα τεκτονική κατάσταση της χώρας μας χαρακτηρίζεται από το Ελληνικό τόξο, που παρουσιάζει τις βασικές ιδιότητες των νησιώτικων τόξων. Αποτελείται από το εξωτερικό ιζηματογενές και το εσωτερικό ενεργό ηφαιστειακό τόξο. Το ιζηματογενές ουσιαστικά περιλαμβάνει τις Ελληνίδες οροσειρές, όπως αυτές αναπτύσσονται από την Ήπειρο και διαμέσου της Πελοποννήσου κάμπτονται προς την Κρήτη, τα Δωδεκάνησα και παραπέρα προς τις Ταυρίδες οροσειρές. Το ηφαιστειακό, που περιλαμβάνει τα πλειοτεταρτογενή ηφαίστεια του Νότιου Αιγαίου, βρίσκεται πάνω από τη ζώνη σεισμών ενδιάμεσου βάθους και συγκεκριμένα πάνω από την ισοβαθή καμπύλη των 150 Km. Όσον αφορά το Αιγαίο Πέλαγος, είναι μια κλειστή περιθωριακή θαλάσσια λεκάνη. Ο Ελλαδικός χώρος αποτελεί το νοτιότερο άκρο της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, κάτω από την οποία καταδύεται η Αφρικανική (σχ. 1).

ΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Από γεωδυναμική πλευρά για να οριστούν οι δυνάμεις που επενεργούν στα πετρώματα του φλοιού της γης και δημιουργούν τις τεκτονικές κινήσεις, προσδιορίζονται ποσοτικά οι τάσεις με τις οποίες αντιδρούν τα πετρώματα στις εξωτερικές (τεκτονικές) δυνάμεις. Για τον προσδιορισμό αυτών των τάσεων χρησιμοποιούνται κυρίως στοιχεία των μηχανισμών γένεσης των σεισμών, των ποσοτικών νεοτεκτονικών αναλύσεων και των απευθείας μετρήσεων των τάσεων στα πετρώματα με φυσικές μεθόδους. Στο σχήμα 2 παριστάνεται ένα απλό γεωμετρικό μοντέλο για την περίπτωση ενός κανονικού ρήγματος με τα μετρούμενα γραμμικά του στοιχεία και η λύση (σε στερεογραφική προβολή) ενός μηχανισμού γένεσης



Σχ. 1. Κύρια νεοτεκτονικά χαρακτηριστικά του Ελλαδικού χώρου (Αιγαίο και γύρω περιοχές). Τα άσπρα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση του κύριου εφελκυστικού πεδίου, ενώ τα μαύρα τη διεύθυνση κίνησης της Αφρικανικής λιθόσφαιρας. (Κατά Mountrakis et al. 1986).



Σχ. 2. α) Το αποτέλεσμα της λύσης ενός μηχανισμού γένεσης σεισμού σε στερεογραφική προβολή. Όπου ● συμπίεσεις (c) και ο αραιώσεις (D) των πρώτων αποκλίσεων των επιμήκων σεισμικών κυμάτων.
 β) Το αντίστοιχο τεκτονικό μοντέλο και τα μετρούμενα γεωμετρικά στοιχεία σ' ένα νεοτεκτονικό ρήγματα.

σεισμού που αντιστοιχεί στη δράση του παραπάνω ρήγματος. Με ανάλογο γεωμετρικό τρόπο από τα γραμμικά στοιχεία των γεωλογικών (νεοτεκτονικών) ρηγμάτων υπολογίζονται οι τάσεις των πετρωμάτων.

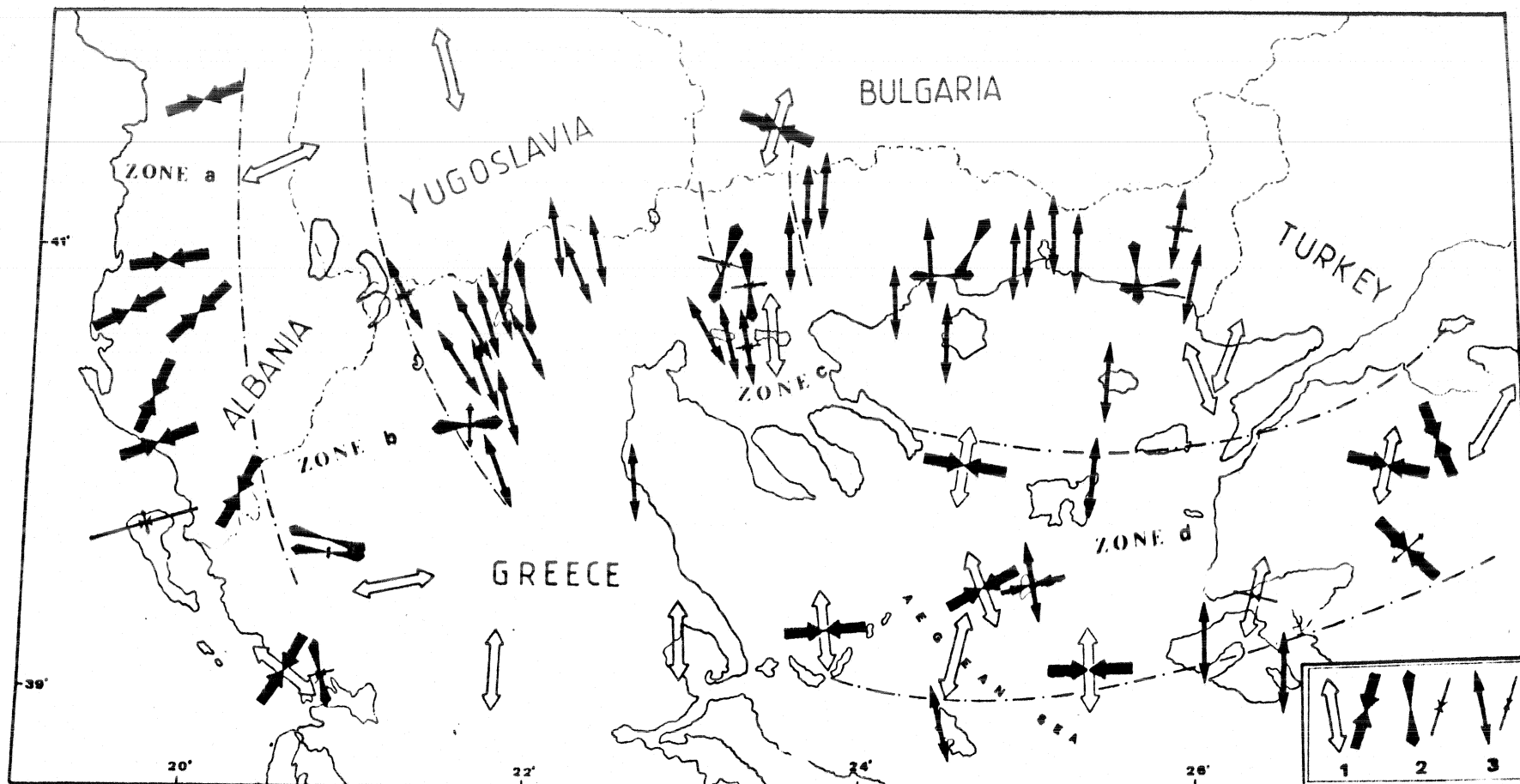
Όσον αφορά το βορειοελλαδικό χώρο (σχ. 3), όπου έχει προσδιοριστεί ικανοποιητικά το πεδίο των τάσεων διακρίνουμε τις εξής ζώνες:

α) Βορειοδυτικές ακτές της Ελλάδας, Ιόνια νησιά, Αλβανία, όπου επικρατεί συμπιεστικό πεδίο των τάσεων με κύρια διεύθυνση ABA-NNΔ, το οποίο δημιουργεί κατά κανόνα ανάστροφες τεκτονικές κινήσεις.

β) Ήπειρος, Αν. Αλβανία, όπου επικρατεί εφελκυστικό πεδίο τάσεων που διευθύνεται σχεδόν Α-Δ.

γ) Η κύρια ζώνη του βορειοελλαδικού χώρου (Μακεδονία-Θράκη-Θεσσαλία) όπου επικρατεί ένα σχεδόν Β-Ν κύριο εφελκυστικό πεδίο, που δημιουργεί ή επαναδραστηριοποιεί κανονικά ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης.

δ) Η ζώνη του χώρου του βόρειου Αιγαίου όπου ο χαρακτήρας του πεδίου των τάσεων είναι μικτός, τόσο εφελκυστικός με διεύθυνση Β-Ν, όσο και συμπιεστικός, έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργεί ρήγματα με οριζόντια κίνηση (διεύθυνσης ολισθήσεως) (σχ. 3).



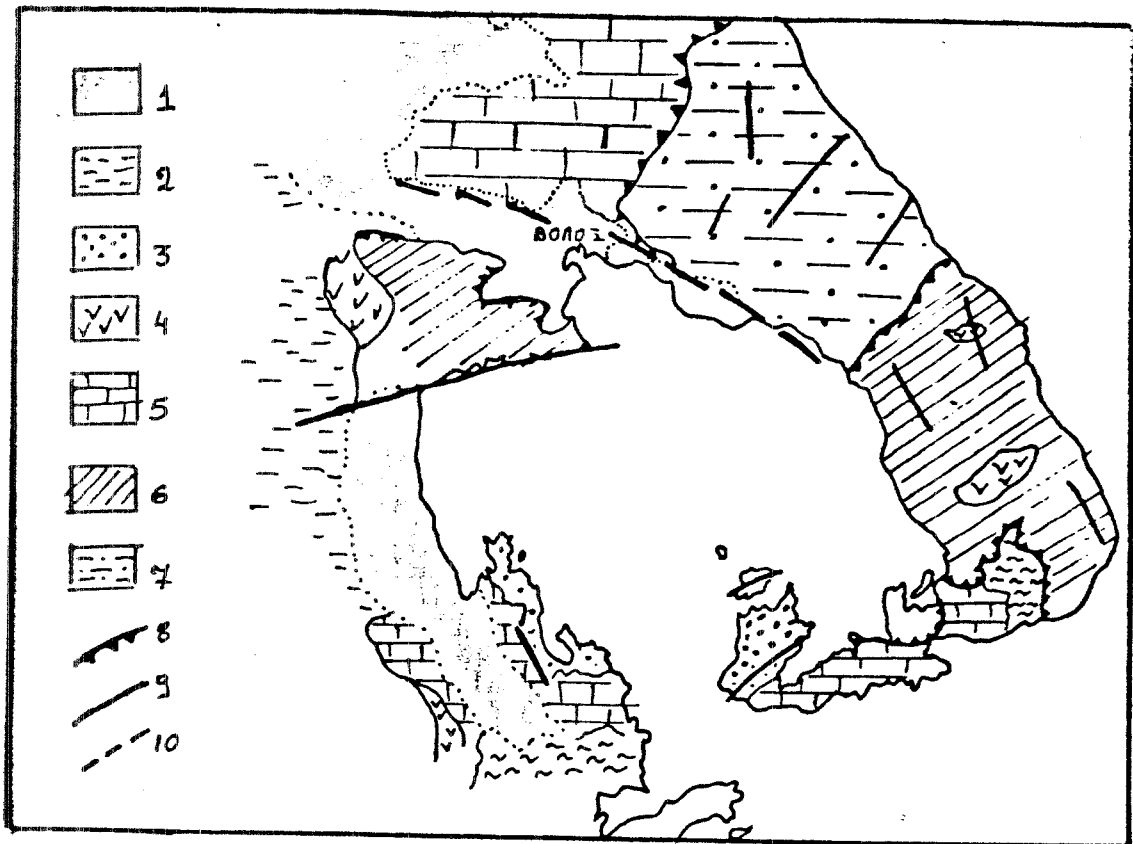
Σχ. 3. Το ενεργό πεδίο των τάσεων στο Βορειοελλαδικό χώρο, όπως προέκυψε από σεισμολογικά (μηχανισμοί γένεσης 1) γεωφυσικά (απευθείας στα πετρώματα μετρήσεις 2) και γεωλογικά (νεοτεκτονικά 3) δεδομένα. (Voidomatis et al. 1986).

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

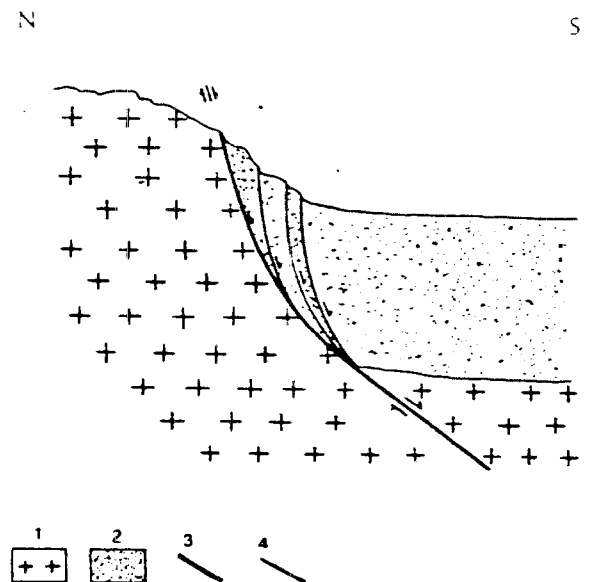
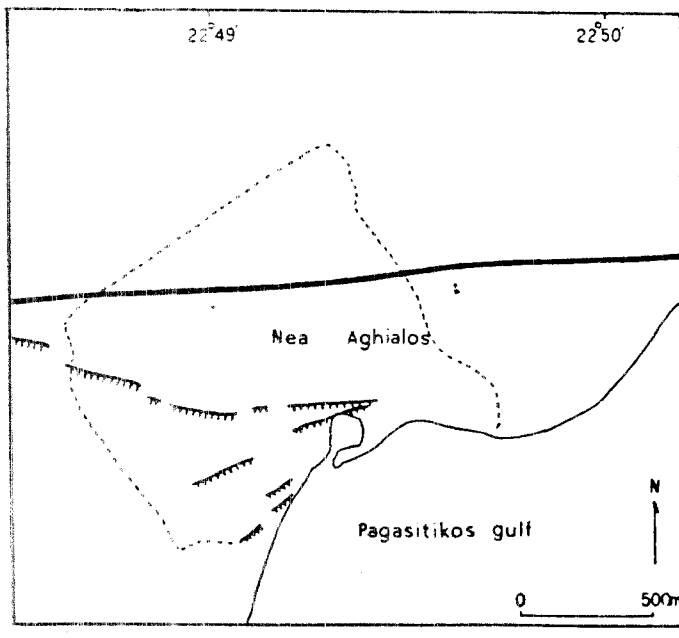
Η περιοχή της Μαγνησίας ανήκει γεωλογικά στην Πελαγονική ζώνη, η οποία εκτείνεται από τη Γιουγκοσλαβία σε ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση με τα βουνά Βόρα, Βέρνο, Βέρμιο, Πιέρια, Πήλιο, Βόρεια Εύβοια. Στη συνέχεια η ζώνη κάμπτεται προς τις Σποράδες, όπου περιλαμβάνει τα νησιά Σκιάθος, Σκόπελος και Σκύρος. Η Πελαγονική ζώνη αποτελείται σε γενικές γραμμές από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα που συγκροτούν το υπόβαθρο της, από γνευσιωμένους γρανίτες, ημιμεταμορφωμένα πετρώματα (σχιστόλιθοι, μεταψαμίτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι), τα ανακρυσταλλωμένα ασβεστολιθικά πετρώματα που συγκροτούν το "Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής", τις οφειολιθικές μάζες (γάβρροι, δουνίτες κ.ά.) και τέλος τα επικλυσιογενή ιζήματα (κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθοι, φλύσχης).

Συγκεκριμένα η περιοχή της Μαγνησίας αποτελείται από τους εξής πετρογραφικούς σχηματισμούς: 1) Νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα, 2) Πρόσφατα (πλειοτεταρτογενή) ηφαιστειακά πετρώματα (Αχιλλείο, Μικροθήβες), 3) Φλύσχης (τριτογενής) και ιζήματα (Κρητιδικού) π.χ. Τρίκερι, 4) Μικρές εμφανίσεις οφειολίθων κύρια στο Πήλιο. 5) Σχιστόλιθοι και μάρμαρα της Μακρινίτσας (της Πελαγονικής ζώνης), 6) Πρασινσχιστόλιθοι, σερπεντινίτες, φυλλίτες, 7) Τα κρυσταλλοσχιστώδη του υποβάθρου της Πελαγονικής (σχιστόλιθοι, μάρμαρα κ.ά.) και τέλος 9) Μάρμαρα, φλύσχης και βωξίτης του Διμινιού (σχ. 4).

Όσον αφορά την τεκτονική της περιοχής αυτή χαρακτηρίζεται από ρήγματα ΒΔ-ΝΑ, ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ διεύθυνσης. Τα ρήγματα που έχουν τον σπουδαιότερο νεοτεκτονικό ρόλο και φαίνεται να είναι ενεργά είναι εκείνα που έχουν Α-Δ διεύθυνση. Η λεπτομερής νεοτεκτονική μελέτη της περιοχής θα μπορούσε να δώσει περισσότερες και πιο συγκεκριμένες πληροφορίες για την δράση και κινηματική αυτών των ρηγμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενεργού δράσης ρήματος Α-Δ διεύθυνσης είναι εκείνο της Ν. Αγχιάλου που έδωσε το σεισμό του 1980 ($M_s=6.5$). Η γεωμετρία του και οι επιφανειακές του εμφανίσεις φαίνονται στο σχήμα 5.



Σχ. 4. Γενικευμένος γεωλογικός χάρτης της Μαγνησίας. 1) Τεταρτογενείς (πρόσφατες) αποθέσεις. 2) Νεογενή-Τεταρτογενή (λιμναίες αποθέσεις) ιζήματα. 3) Φλύσχης τριτογενούς. 4) Οφειόλιθοι. 5) Μάρμαρα. 6) Σχιστοκερατολιθική διάπλαση. 7) Υπόβαθρο Πελαγονικής. 8) Επώθηση. 9) Ρήγμα. 10) Πιθανό ρήγμα.



Σχ. 5. Το Νεοτεκτονικό ρήγμα της Αγκιάλου και οι επιφανειακές εκδηλώσεις του κατά την επαναδραστηριοποίηση του από το σεισμό του 1980 (M=6.5). 1, Υπόβαθρο. 2, Αλλουβιακές αποθέσεις. 3, Κανονικό ρήγμα. 4, Εδαφικές διαρρήξεις. (Κατά Παπαζαχός et al. 1983).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ferrière, J. 1977. Le secteur méridional du "massif métamorphique de Thessalie". Le massif du Pelion et ses environs. VI Colloq. Géol. Régions Egéennes, Athènes, 291-309.
- Mercier, J.-L. 1981. Extensional-compressional tectonics associated with the Aegean Arc: comparison with the Andean Cordillera of south Peru - north Bolivia. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A300, 337-355.
- Μουντράκης, Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδος. University Studio Press. 207 σελ.
- Mountrakis, D., Kiliyas, A., Pavlides, S., Patras, S. and Spyropoulos, N. 1986. The Internal Hellenides and their role to the geotectonic evolution of eastern Mediterranean. Ateneo Parnese. Univ. of Parma-Haly (in press).
- Papadopoulos, G.A., Kondopoulou, D.P., Leventakis, G.A. and Pavlides, S.B. 1986. Seismotectonics of the Aegean Region. Tectonophysics 124, 67-84.
- Papazachos, B.C. and Comninakis, P.E. 1971. Geophysical and Tectonic Features of the Aegean Arc. J. Geoph. Res. 76, 8517-8533.
- Papazachos, B.C., Panagiotopoulos, D.G., Tsapanos, T.M., Mountrakis, D.M. and Dimopoulos, G.C. 1983. A study of the 1980 summer seismic sequence in the Magnesia region of Central Greece. Geophys. J.R. Astron.Soc., 75, 155-168.
- Παυλίδης, Σ. 1985. Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας. Δ.δ. διατριβή Παν/μιο Θεσ/νίκης, 265 σ.
- Παυλίδης, Σ. και Μουντράκης, Δ. 1986. Νεοτεκτονική: Εισαγωγή στη μελέτη των πρόσφατων γεωλογικών δομών. University Studio Press, 135 σ.
- Voidomatis, P., Pavlides, S. and Kondopoulou, D. (1986). Late Cenozoic Geodynamics of Northern Greece. Ateneo Parnese, Univ. of Parma. Haly (in press).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΗΜΕΡΙΔΑΣ ΓΙΑ ΤΗ 'ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟ Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ'

Κατά τη διάρκεια της ημερίδας που οργάνωσε το ΤΕΕ Μαγνησίας για τη σεισμικότητα της περιοχής έγιναν ανακοινώσεις από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων και καλύφθηκε ένα πλατύ φάσμα θεμάτων.

Η σεισμολόγος Β. Κουσκουνά, του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου της Αθήνας, αναφέρθηκε στην παρακολούθηση της περιοχής από τα εθνικά δίκτυα σειсмоγράφων και τόνισε την ιδιαίτερη σημασία του τοπικού δικτύου σειсмоγράφων που λειτουργεί στην ευρύτερη περιοχή της Μαγνησίας με ευθύνη του προηγούμενου εργαστηρίου.

Το σεισμολογικό δίκτυο καλύπτει και παρακολουθεί την σεισμικότητα της περιοχής Βόλου-Αλμυρού-Αταλάντης και λέγεται VOLNET. Αποτελείται από 9 σταθμούς συνδεδεμένους τηλεμετρικά με ασύρματο που δίνουν τα αποτελέσματα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή πρόγνωσης σεισμών από τα δίκτυα μπορεί να γίνει για μακρά διάρκεια γεγονός που ενδιαφέρει τους μηχανικούς.

Τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής και την τεκτονική της παρουσίασε ο λέκτορας του Πανεπιστημίου Θεσ/νίκης Σ. Παυλίδης. Αναφέρθηκε στη δημιουργία των σεισμών που εξηγείται με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, η συνάρτηση των οποίων δημιουργεί έκκλιση ενέργειας και σεισμό. Στην περιοχή της Ανατολ. Μεσογείου όπου η σεισμικότητα είναι υψηλή συναντιέται η αφρικανική πλάκα με την ευρασιατική. Μικρότερες πλάκες δημιουργούν τις σεισμικές εστίες στον Ελλαδικό χώρο. Ένα τέτοιο ρήγμα διασχίζει το Πήλιο και Αγχίαλο, γεγονός που επιβάλλει παραπέρα μελέτη του υπεδάφους για την επέκταση των οικισμών και την κατασκευή σοβαρών τεχνικών έργων.

Ο διδάκτορας σεισμολογίας του Α.Π.Θ. Φ.Βοϊδομάτης μίλησε για τη σεισμική δράση της περιοχής και τόνισε ότι οι πολύ ισχυροί σεισμοί των Σοφάδων (1954), του Βελεστίνου (1957) και του Βόλου (1980) επιβάλλουν την αναθεώρηση της παλιότερης άποψης ότι η περιοχή είναι ασεισμική. Αντίθετα, η σεισμική επικινδυνότητα της Μαγνησίας πρέπει να θεωρείται μάλλον υψηλή, όπως επεσήμανε στην ομιλία του ο σεισμολόγος του ΟΑΣΠ Γ. Σταυρακάκης. Ο ίδιος ομιλητής σε συνεργασία με τον εδαφομηχανικό Π. Παπανικολόπουλο ανέπτυξαν τις μικροζωνικές μελέτες που γίνονται στην στον καταστροφικό σεισμό του 1986 και επεσήμαναν ότι παρόμοιες μελέτες θα είναι πολύ χρήσιμες σε άλλες πόλεις της χώρας, όπως ο Βόλος, για τη βελτίωση του αντισεισμικού συντελεστή που προβλέπεται για τις οικοδομές.

Μικροζωνική μελέτη είναι η έρευνα τμημάτων επιφανείας γεωλογικά, γεωτεχνικά, σεισμολογικά, γεωφυσικά και εδαφομηχανικά και καθορίζονται οι παράμετροι των σεισμικών δονήσεων και πως ανταποκρίνονται σεισμικά οι διάφορες επιφάνειες μιας πόλης. Απαιτείται η συνεργασία πολλών ειδικευμένων επιστημόνων. Από την μελέτη της μικροζωνικής της Καλαμάτας αποδείχθηκε ότι ο σεισμικός συντελεστής πρέπει να παίρνεται μεγαλύτερος από τον ισχύοντα σήμερα.

Ο εδαφομηχανικός Χ. Τσατσάνερος έκανε ανασκόπηση των αποτελεσμάτων του σεισμού της 9ης Ιουλίου του 1980 στο Βόλο, επεσήμανε ότι οι ζημιές δεν ήταν πολύ μεγάλες και τόνισε ότι οι προσεισμικοί που προηγήθησαν λίγες μέρες πριν τον κύριο σεισμό οδήγησαν πολλούς κατοίκους στην απόφαση να παραμείνουν στο ύπαιθρο και έτσι πιθανότητα διασώθηκαν ζωές όταν έγινε ο κύριος σεισμός.

Στο πρόβλημα της πρόγνωσης των σεισμών αναφέρθηκε ο

Πρόεδρος του Συλλόγου Γεωφυσικών Ελλάδας Γ. Παπαδόπουλος ο οποίος αφού τόνισε τις δυσκολίες του προβλήματος κατέληξε ότι η διεθνής εμπειρία, αλλά και η με αρκετή ακρίβεια πρόγνωση του σεισμού της Καλαμάτας από τον ίδιο, μας ενθαρρύνουν για μια συστηματική έρευνα για πρόγνωση ισχυρών σεισμών στην Ελλάδα με δυνατότητες πρακτικής εφαρμογής.

Τόνισε, όμως, ότι για το σκοπό αυτό απαιτείται η διαμόρφωση μακροχρονίου εθνικού προγράμματος με τη συνεργασία επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων. Σε ερώτηση για τις δυνατότητες πρόγνωσης σεισμού από την ομάδα BAN απάντησε ότι σύμφωνα με πόρισμα ειδικής επιτροπής του Συλλόγου Γεωφυσικών Ελλάδας, δεν έχουν προς το παρόν αποδειχθεί οι θετικές δυνατότητες της προσπάθειας αυτής της ομάδας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η ομιλία του καθηγητή Πολυτεχνικής Σχολής της Πάτρας Μ. Φαρδή ο οποίος προέβαλε μεγάλο αριθμό εικόνων από τις βλάβες στις οικοδομές της Καλαμάτας και εξήγησε τους λόγους στους οποίους οφείλονται οι βλάβες αυτές. Από τις παρατηρήσεις αποδείχθηκε η αστοχία των κατασκευών της Καλαμάτας όπως π.χ. η μη σωστή και πυκνή διάταξη υποστυλωμάτων η αφαίρεση συνδετήρων από τα υποστυλώματα και δοκούς αλλά πολλές βλάβες προκλήθηκαν από την υψηλή συχνότητα του σεισμού και τη ρευστοποίηση των εδαφών που είναι προσχώσεις. Απαγορευτική πρέπει να είναι η διπλή τοιχοποιία "σάντουιτς" με μονωτικό υλικό στη μέση γιατί καταστρέφονται από τους σεισμούς.

Ο λέκτορας του Α.Π.Θ. Παυλίδης ναφέρθηκε στις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις των σεισμών με μελέτη και αναφορά στους σεισμούς της Θεσσαλονίκης. Ένα μεγάλο ποσοστό των κατοίκων πανικοβάλλεται ασυνείδητα και γι' αυτό είναι απαραίτητος ο σχεδια-

σμός προγράμματος και η πρακτική εξάσκηση των κατοίκων για τη συμπεριφορά στους σεισμούς. Τόνισε ότι τα αποτελέσματα των σεισμών πλήττουν ιδιαίτερα τις ασθενέστερα οικονομικά τάξεις. Τέλος είπε ότι απαιτείται ο προγραμματισμός και οργανωμένη κρατική παρέμβαση πριν από τους σεισμούς γιατί αυτό τελικά θα κοστίσει λιγότερο απ'τις μετέπειτα συνέπειες.

Ο γεωτεχνικός Αρ. Μπαρούνης αναφέρθηκε στη σεισμικότητα της Μαγνησίας και στη σύσταση του υπεδάφους τονίζοντας τη σύσταση του υπεδάφους της περιοχής. Αναφέρθηκε στις παραμέτρους που επηρεάζουν τους σεισμούς..

Τέλος ο Πολιτικός Μηχανικός Μιχάλης Παπαθεοδώρου αναφέρθηκε σε μέθοδο υπολογισμού αντισεισμικού θεωρώντας κάθε κτίριο σαν ταλαντωτικό μηχανισμό που σε κάποια σεισμική διέγερση εκτελεί εξηναγκασμένη ταλάντωση. Επεσήμανε ότι η εφαρμογή αυτής της μεθόδου επιλύει σωστά τον φορέα. Ενώ ο σήμερα ισχύων αντισεισμικός κανονισμός δεν λύνει το πρόβλημα.

Μεγάλο αριθμός εικόνων από τις βλάβες στην Καλαμάτα παρουσίασε και ο κ. Σαρηγιάννης της ΥΑΣΒΕ ο οποίος ανέπτυξε τις εμπειρίες από το σεισμό της Καλαμάτας με ιδιαίτερη έμφαση στις ενέργειες των συνεργείων τεχνικής υποστήριξης τις χαρακτηριστικές βλάβες κτιρίων και τις επισκευές. Εντύπωση προκάλεσε η αναφορά του ομιλητή στην πολύ σημαντική συμβολή της Υπηρεσίας Δασών στις υποστυλώσεις των κτιρίων που είχαν βλάβες αλλά ήταν επισκευάσιμα. Για τις επισκευές χρειάζεται κανονική σεισμική μελέτη πριν την επέμβαση.

Αναφέρθηκε και στα αίτια των βλαβών και μεταξύ των άλλων επεσήμα-

νε την κατασκευή της σκάλας μέσα σε άκαμπτα τοιχώματα για τον πρόσθετο λόγο ότι είναι και η διαφυγή των ενοίκων στην περίπτωση σεισμού.

1.

.....

ΓΕΝΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΗΤΡΟΥ ΕΥΚΑΜΨΙΑΣ ΣΤΥΛΟΥ
ΤΟΙΧΕΙΟΥ Η ΟΡΟΦΩΝ ΜΕ ΑΡΘΡΩΤΗ ΣΤΗΡΙΞΗ ΔΟΚΩΝ ΕΠ' ΑΥΤΟΥ
ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΎΨΗ ΟΡΟΦΩΝ, ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ.

$$\begin{aligned}
 E\Delta\eta = & T_n \left[\frac{\sum_2^n h_i h_1 \left(\sum_2^n h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^n h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} + \frac{\sum_3^n h_i h_2 \left(\sum_3^n h_i + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{h_2^2}{2} \left(\sum_3^n h_i + \frac{2}{3} h_2 \right)}{J_2} + \frac{\sum_4^n h_i h_3 \left(\sum_4^n h_i + \frac{h_3}{2} \right) + \frac{h_3^2}{2} \left(\sum_4^n h_i + \frac{2}{3} h_3 \right)}{J_3} + \dots + \frac{h_{n-1}^2 \left(h_n + \frac{2}{3} h_{n-1} \right)}{J_{n-1}} \right] \\
 & + T_{n-1} \left[\frac{\sum_2^{n-1} h_i h_1 \left(\sum_2^{n-1} h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^{n-1} h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} + \frac{\sum_3^{n-1} h_i h_2 \left(\sum_3^{n-1} h_i + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{h_2^2}{2} \left(\sum_3^{n-1} h_i + \frac{2}{3} h_2 \right)}{J_2} + \frac{\sum_4^{n-1} h_i h_3 \left(\sum_4^{n-1} h_i + \frac{h_3}{2} \right) + \frac{h_3^2}{2} \left(\sum_4^{n-1} h_i + \frac{2}{3} h_3 \right)}{J_3} + \dots + \frac{h_{n-1}^2 \left(h_{n-1} + \frac{2}{3} h_{n-1} \right)}{J_{n-1}} \right] \\
 & + T_{n-2} \left[\frac{\sum_2^{n-2} h_i h_1 \left(\sum_2^{n-2} h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^{n-2} h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} + \frac{\sum_3^{n-2} h_i h_2 \left(\sum_3^{n-2} h_i + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{h_2^2}{2} \left(\sum_3^{n-2} h_i + \frac{2}{3} h_2 \right)}{J_2} + \frac{\sum_4^{n-2} h_i h_3 \left(\sum_4^{n-2} h_i + \frac{h_3}{2} \right) + \frac{h_3^2}{2} \left(\sum_4^{n-2} h_i + \frac{2}{3} h_3 \right)}{J_3} + \dots + \frac{h_{n-2}^2 \left(h_{n-2} + \frac{2}{3} h_{n-2} \right)}{J_{n-2}} \right] \\
 & + \dots \\
 & + T_1 \left[\frac{\sum_2^1 h_i h_1 \left(\sum_2^1 h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^1 h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E\Delta_{n-1} = & T_n \left[\frac{\sum_2^n h_i h_1 \left(\sum_2^{n-1} h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^{n-1} h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} + \frac{\sum_3^n h_i h_2 \left(\sum_3^{n-1} h_i + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{h_2^2}{2} \left(\sum_3^{n-1} h_i + \frac{2}{3} h_2 \right)}{J_2} + \frac{\sum_4^n h_i h_3 \left(\sum_4^{n-1} h_i + \frac{h_3}{2} \right) + \frac{h_3^2}{2} \left(\sum_4^{n-1} h_i + \frac{2}{3} h_3 \right)}{J_3} + \dots + \frac{h_{n-1}^2 \left(h_{n-1} + \frac{2}{3} h_{n-1} \right)}{J_{n-1}} \right] + \\
 & + T_{n-1} \left[\frac{\sum_2^{n-1} h_i h_1 \left(\sum_2^{n-2} h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^{n-2} h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} + \frac{\sum_3^{n-1} h_i h_2 \left(\sum_3^{n-2} h_i + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{h_2^2}{2} \left(\sum_3^{n-2} h_i + \frac{2}{3} h_2 \right)}{J_2} + \frac{\sum_4^{n-1} h_i h_3 \left(\sum_4^{n-2} h_i + \frac{h_3}{2} \right) + \frac{h_3^2}{2} \left(\sum_4^{n-2} h_i + \frac{2}{3} h_3 \right)}{J_3} + \dots + \frac{h_{n-1}^2 \left(h_{n-1} + \frac{2}{3} h_{n-1} \right)}{J_{n-1}} \right] \\
 & + T_{n-2} \left[\frac{\sum_2^{n-2} h_i h_1 \left(\sum_2^{n-3} h_i + \frac{h_1}{2} \right) + \frac{h_1^2}{2} \left(\sum_2^{n-3} h_i + \frac{2}{3} h_1 \right)}{J_1} + \frac{\sum_3^{n-2} h_i h_2 \left(\sum_3^{n-3} h_i + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{h_2^2}{2} \left(\sum_3^{n-3} h_i + \frac{2}{3} h_2 \right)}{J_2} + \frac{\sum_4^{n-2} h_i h_3 \left(\sum_4^{n-3} h_i + \frac{h_3}{2} \right) + \frac{h_3^2}{2} \left(\sum_4^{n-3} h_i + \frac{2}{3} h_3 \right)}{J_3} + \dots + \frac{h_{n-2}^2 \left(h_{n-2} + \frac{2}{3} h_{n-2} \right)}{J_{n-2}} \right]
 \end{aligned}$$

2.

ΠΙΝΑΞ

και

$$E\Delta_1 = T_n \left[\frac{\sum_{i=1}^n h_i h_1 \left(0 + \frac{h_1}{2}\right) + \frac{1}{2} h_1^2 \left(0 + \frac{2}{3} h_2\right)}{J_1} \right] + T_{n-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^{n-1} h_i h_2 \left(0 + \frac{h_2}{2}\right) + \frac{1}{2} h_2^2 \left(0 + \frac{2}{3} h_1\right)}{J_1} \right] + \dots + T_1 \left[\frac{h_1^3}{3} \right]$$

Μετατοπίσεις Δ_i λόγω διατμήσεως

$$E\Delta_n = T_n \left[0,4 \cdot \left(\frac{h_1}{F_1} + \frac{h_2}{F_2} + \dots + \frac{h_n}{F_n} \right) \right] + T_{n-1} \left[0,4 \cdot \left(\frac{h_1}{F_1} + \frac{h_2}{F_2} + \dots + \frac{h_{n-1}}{F_{n-1}} \right) \right] + T_{n-2} \left[0,4 \cdot \left(\frac{h_1}{F_1} + \frac{h_2}{F_2} + \dots + \frac{h_{n-2}}{F_{n-2}} \right) \right] + \dots + T_1 \left[0,4 \cdot \frac{h_1}{F_1} \right]$$

$$E\Delta_{n-1} = T_n \left[0,4 \cdot \left(\frac{h_1}{F_1} + \frac{h_2}{F_2} + \dots + \frac{h_{n-1}}{F_{n-1}} \right) \right] + T_{n-1} \left[0,4 \cdot \left(\frac{h_1}{F_1} + \frac{h_2}{F_2} + \dots + \frac{h_{n-1}}{F_{n-1}} \right) \right] + T_{n-2} \left[0,4 \cdot \left(\frac{h_1}{F_1} + \frac{h_2}{F_2} + \dots + \frac{h_{n-2}}{F_{n-2}} \right) \right] + \dots + T_1 \left[0,4 \cdot \frac{h_1}{F_1} \right]$$

$$E\Delta_1 = T_n \left[0,4 \cdot \frac{h_1}{F_1} \right] + T_{n-1} \left[0,4 \cdot \frac{h_1}{F_1} \right] + T_{n-2} \left[0,4 \cdot \frac{h_1}{F_1} \right] + \dots + T_1 \left[0,4 \cdot \frac{h_1}{F_1} \right]$$

Οι συντελεστές των Δ_i λόγω ποσών του πίνακα (1) είναι τα στοιχεία της Μητρίας Εξισώσεως του τοιχείου ή σώλου, και οι συντελεστές των Δ_i λόγω τμημάτων, προέρχονται το Μητρώο αίσθησης λόγω α. Τα Μητρώα είναι αλληλοανάλογα προς την διαμέτρηση. Το άθροισμα των στοιχείων των δύο Μητρώων, άρα και το Μητρώο Εξισώσεως του τοιχείου (τοιχείου) ως προς ενός συνδέτη ηλιασίου, δη' όσον οι δυνάμεις των εφόδων που συνδέονται μεταξύ είναι εφάρμογοι και όχι πεπαλασμένοι.

Τα T_n, T_{n-1}, T_{n-2}, ..., T₁ είναι τα φορτία που εφαρμόζονται στην αίσθηση του σώλου ή τοιχείου (όπως δυνάμεις συσπρεσσών δυνάμεων), h_i τα ύψη των εφόδων και η ο αριθμός των εφόδων.

$$EJ \Delta_{\eta} = \left[\frac{\eta^3 \alpha^3}{3} + \frac{\eta \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta} + \left[\frac{(\eta-1)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{1}{2}) + \frac{(\eta-1) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-1} + \left[\frac{(\eta-2)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{1}{2}) + \frac{(\eta-2) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-2} + \left[\frac{(\eta-3)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{3}{2}) + \frac{(\eta-3) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-3} + \dots + \left[\frac{\eta(\eta-1)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{\eta-1}{2}) + \frac{\eta(\eta-1) \alpha h^2}{4} \right] \cdot H_{\eta-(\eta-1)}$$

$$- \left[\frac{(\eta-1)^2}{2} (\eta - \frac{3}{2} + \dots + \eta - \frac{2\eta-1}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta} - \left[\frac{(\eta-1)(\eta-3)}{2} (\eta - \frac{5}{2} + \dots + \eta - \frac{2\eta-3}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta-1} + \left[\frac{(\eta-1)}{2} (\eta - \frac{7}{2} + \dots + \eta - \frac{2\eta-5}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta-2} - \dots - \left[\frac{(\eta-1)(\eta-3)}{2} (\eta - \frac{2\eta-1}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta-k}$$

$$EJ \Delta_{\eta-1} = \left[\frac{(\eta-1)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{1}{2}) + \frac{(\eta-1) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta} + \left[\frac{(\eta-1)^3 \alpha^3}{3} + \frac{(\eta-1) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-1} + \left[\frac{(\eta-2)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{1}{2}) + \frac{(\eta-2) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-2} + \dots + \left[\frac{(\eta-k)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{k-1}{2}) + \frac{(\eta-k) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-k} -$$

$$- \left[\frac{(\eta-2)}{2} (\eta - \frac{5}{2} + \dots + \frac{2\eta - (2k+1)}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta} - \left[\frac{(\eta-2)(\eta-4)}{2} (\eta - \frac{7}{2} + \dots + \frac{2\eta - (2k+1)}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta-1} - \dots - \left[\frac{(\eta-2)}{2} (\eta - \frac{5}{2} + \dots + \frac{2\eta - (2k+1)}{2}) \right] \alpha^2 M_{\eta-i} + \dots$$

$$EJ \Delta_{\eta-2} = \left[\frac{(\eta-2)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{1}{2}) + \frac{(\eta-2) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta} + \left[\frac{(\eta-2)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{1}{2}) + \frac{(\eta-2) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-1} + \left[\frac{(\eta-2)^3 \alpha^3}{3} + \frac{(\eta-2) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-2} + \dots + \left[\frac{(\eta-k)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{k-2}{2}) + \frac{(\eta-k) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-k} -$$

$$- \dots - \left[\frac{(\eta-2)}{2} (\eta - \frac{7}{2} + \eta - \frac{9}{2} + \eta - \frac{11}{2} + \dots) \right] \alpha^2 M_{\eta} - \left[\frac{(\eta-2)(\eta-4)}{2} (\eta - \frac{9}{2} + \dots) \right] \alpha^2 M_{\eta-1} + \dots - \left[\frac{(\eta-2)}{2} (\eta - \frac{7}{2} + \eta - \frac{9}{2} + \dots) \right] \alpha^2 M_{\eta-k}$$

$$EJ \Delta_{\eta-k} = \left[\frac{(\eta-k)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{k}{2}) + \frac{(\eta-k) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta} + \left[\frac{(\eta-k)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{k}{2}) + \frac{(\eta-k) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-1} + \dots + \left[\frac{(\eta-k)^2 \alpha^3}{3} (\eta + \frac{k-k}{2}) + \frac{(\eta-k) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-k} + \dots +$$

$$+ \left[\frac{(\eta-(k+1))^2 \alpha^3}{3} (\eta - \frac{k+1}{2}) + \frac{k-(k-1)}{2} + \frac{\eta-(k+1) \alpha h^2}{4} \right] H_{\eta-(k+1)} - \dots - \left[\frac{(\eta-2k+1)}{2} (\eta - \frac{2k+1}{2} + \eta - \frac{2k+3}{2} + \eta - \frac{2k+5}{2} + \dots) \right] \alpha^2 M_{\eta} - \left[\frac{(\eta-2k+1)(\eta-2k+3)}{2} (\eta - \frac{2k+3}{2} + \dots) \right] \alpha^2 M_{\eta-1} + \dots + \left[\frac{(\eta-2k+1)}{2} (\eta - \frac{2k+3}{2} + \dots) \right] \alpha^2 M_{\eta-i} - \dots$$