

# Σύντομη αναφορά στο σεισμό της 17ης Ιανουαρίου 1994

(Νόρθριτζ, Λος Άντζελες)

των Π.Γ. Καρύδη και Ε.Α. Βουγιούκα

Ο σεισμός του Νόρθριτζ, ήταν από τους ισχυρότερους που έπληξαν την περιοχή της Καλιφόρνιας. Εδώσε καταγραφές ισχυρών δονήσεων ασυνήθιστα υψηλές. Η παρουσίαση που ακολουθεί αποτελεί μία περίληψη της διάλεξης που έγινε στο Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π., στις 21 Φεβρουαρίου 1994, μετά την επιστροφή του Μανόλη Βουγιούκα από τη σεισμόπληκτη περιοχή. Την επίσκεψη αυτή είχε πραγματοποιήσει αμέσως μετά τον σεισμό, ως μέλος της διεθνούς ομάδας EEFIT που εδρεύει στην Αγγλία.

## Εισαγωγή

Ο σεισμός συνέβη στις 4:31 το πρωί (τοπική ώρα) της Δευτέρας, 17 Ιανουαρίου 1994. Το επίκεντρό του καθορί-

*Ο Π. Καρύδης είναι καθ. στο Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. και ο Ε. Βουγιούκας είναι Πολιτικός Μηχανικός, μέλος ΕΛΤΠ στο εργαστ. Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.*

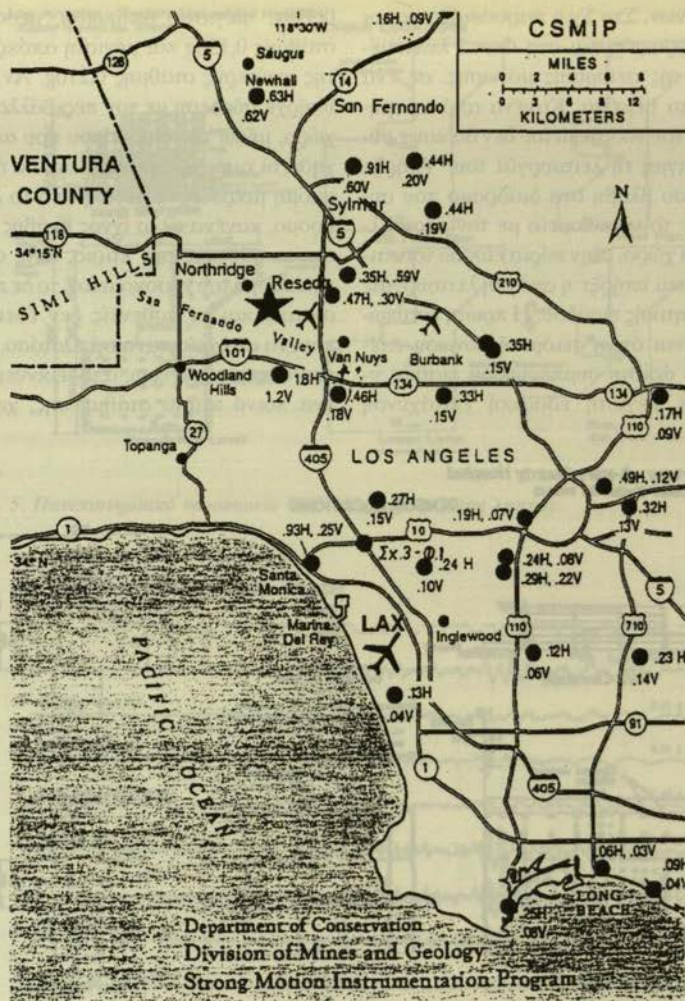
στηκε -τελικά- στο προάστιο Ριζίντα (Reseda), που βρίσκεται δίπλα στο Νόρθριτζ, προάστιο όπου είχε αρχικά τοποθετηθεί το επίκεντρο. Πρόκειται για πυκνοκατοικημένες περιοχές που ανήκουν στη βόρεια πλευρά του μέγιστου Λος Άντζελες (Σχ.1). Το μέγεθος του σεισμού ήταν 6,6. Υπενθυμίζεται, για σύγκριση, ότι το αντίστοιχο μέγεθος του σεισμού της Λόμα Πριέτα (1989) ήταν 7,1, του Σαν Φερνάντο (1971) ήταν 6,7 και της Κορίνθου (1981) επίσης 6,7. Ας σημειωθεί ότι το Σαν Φερνάντο βρίσκεται δίπλα σχεδόν στο Νόρθριτζ, έτσι πολλά δομήματα έχουν υποστεί και τους δύο σεισμούς, κάτι που δίνει πολλά συγκριτικά στοιχεία.

Ο σεισμός προήλθε από την διάσπαση ενός άγνωστου μέχρι τώρα ρήγματος. Από τις καταγραφές προκύπτει ότι υπήρξαν δύο διασπάσεις, με χρονική διαφορά 5 sec η μία από την άλλη. Η πρώτη ήταν κατά τη διεύθυνση Β-Ν και η δεύτερη κατά Α-Δ. Πρόκειται μάλλον για διαφορετικές διασπάσεις του ίδιου ρήγματος, του οποίου η ύπαρξη ήταν μέχρι τώρα άγνωστη. Στο Σχ.1 αναγράφονται οι τιμές των μέγι-

των εδαφικών επιταχύνσεων που καταγράφηκαν στην περιοχή από το δίκτυο CSMIP. Οι τιμές είναι ποσοστά του g, ενώ το H σημαίνει οριζόντια (Horizontal) και το V κατακόρυφη (Vertical). Επίσης, στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται τα τοπωνύμια, και χαρακτηριστικά σημεία, στα οποία γίνεται αναφορά παρακάτω στο κείμενο.

Οι τιμές των επιταχύνσεων είναι ασυνήθιστα μεγάλες. Πολλά από τα καταγραφικά όργανα στάλθηκαν για έλεγχο, ο οποίος επιβεβαίωσε την εγκυρότητα των τιμών αυτών. Οι τιμές αποδίδονται αφενός στο σχετικά μικρό εστιακό βάθος (γύρω στα 15 km), αφετέρου στο ιδιότυπο ανάγλυφο της περιοχής, εξαιτίας του οποίου απρόβλεπτες συμβολές σεισμικών κυμάτων έδωσαν ισχυρά τοπικά μέγιστα. Στην επικεντρική περιοχή αναπτύχθηκε ένταση μέχρι και X, της κλίμακας MM (Modified Mercalli).

Αν και οι ανθρώπινες απώλειες δεν ήταν μεγάλες (περίπου 60 νεκροί), ο σεισμός θεωρείται ο καταστροφικότερος στην ιστορία των Η.Π.Α., καθώς το κόστος αποκατάστασης των ζημιών που προξενήθηκαν, εκτιμάται ότι θα



Σχ. 1. Επικεντρική περιοχή με τιμές μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων από το δίκτυο CSMIP.

υπερβεί τα 30 δις δολάρια (έναντι 15 δις που απαιτήθηκαν ύστερα από το σεισμό της Λόμα Πριέτα (1989) και 1 δις ύστερα από τον σεισμό του Σαν Φερνάντο (1971)). Το μεγάλο αυτό κόστος, οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στις ζημιές που προξενήθηκαν στα δίκτυα, οι οποίες ήταν πρωτοφανείς, ενώ τα κτίρια, ιδίως τα σύγχρονα, επέδειξαν καλή συμπεριφορά, εκτός από μερικές χαρακτηριστικές εξαιρέσεις.

### Καταγραφές επιταχύνσεων

#### Ελεύθερο πεδίο (Σχ.2)

Στο Σχ.2α παρουσιάζονται οι εδαφικές επιταχύνσεις από το σταθμό Ταρζάνα (Tarzana), 7 km νότια από το επίκεντρο, όπου εναλλασσόμενες ε-

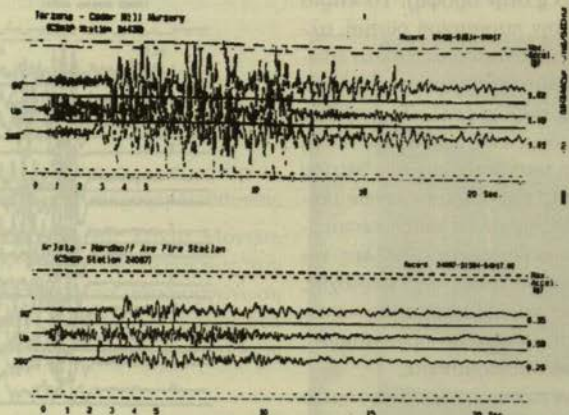
πιταχύνσεις πάνω από 1g διάρκεσαν 7-8 sec, με μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση 1,8g. Και οι τρεις συνιστώσες είχαν επιταχύνσεις πάνω από 1g.

Στο Σχ.2β παρουσιάζονται οι εδαφικές επιταχύνσεις από το σταθμό Αρλέτα (Arleta), 9km ανατολικά από το επίκεντρο, με μέγιστες τιμές 0,35g οριζόντια και 0,59g κατακόρυφη. Στο Σχ.2γ παρουσιάζονται οι εδαφικές επιταχύνσεις από το σταθμό Σιλμάρ (υπαίθριο πάρκιν), 15 km βόρεια από το επίκεντρο, με μέγιστες τιμές 0,91g οριζόντια και 0,60g κατακόρυφη.

Σταθμός, σε απόσταση 19 km βόρεια από το επίκεντρο, κατέγραψε επιταχύνσεις μεγαλύτερες από 0,6 g ανά συνιστώσα, ενώ σταθμός σε απόσταση 30 km, επίσης βόρεια από το επίκεντρο, κατέγραψε οριζόντια επιτάχυνση 0,59g και κατακόρυφη 0,25g, καταγραφές που είναι ασυνήθιστες για τέτοιες αποστάσεις.

#### Κατασκευές

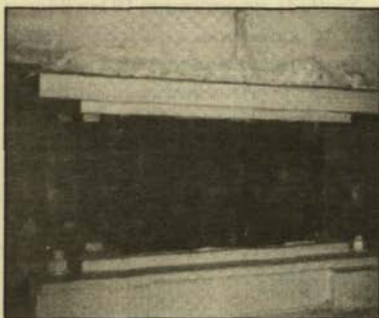
Το νέο νοσοκομείο «Ολιβ Βιού» στο Σιλμάρ, στην κοιλάδα του Σαν Φερνάντο, οικοδομήθηκε, ύστερα από τον ομόνυμο σεισμό του 1971, προς αντικατάσταση του γνωστού νοσοκομείου που είχε πάθει τότε σημαντικότερες ζημιές. Είναι ίσως το μοναδικό κτίριο στον κόσμο που έχει κατασκευασθεί με φέροντα οργανισμό από διατμητικά τοιχώματα κατασκευασμένα από μεταλλικές πλάκες και οπλισμένο σκυρόδεμα, που παρουσιάζει πρακτικά απεριόριστη σεισμική αντίσταση. Στη



Σχ. 2. Καταγραφές ελεύθερου πεδίου α) από το σταθμό Ταρζάνα β) από το σταθμό Αρλέτα.



Φωτ. 1. Το νέο νοσοκομείο «Ολιβ Βιου» στο Σιλμάρ κατά τη διάρκεια της κατασκευής του: Φέρων οργανισμός



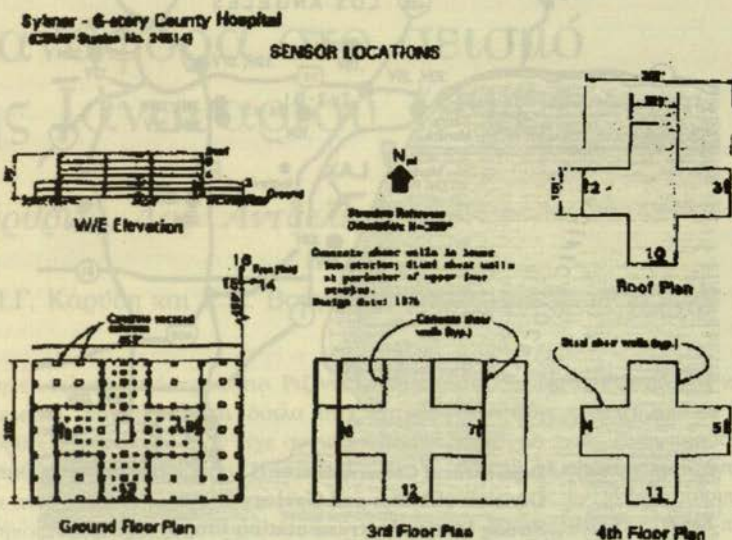
Φωτ. 2. Πανεπιστημιακό νοσοκομείο USC: Λεπτομέρεια της σεισμικής μόνωσης στο θεμέλιο.

Φωτ.1 φαίνεται ο φέρων οργανισμός του, (φωτογραφία από τη φάση κατασκευής του). Στο Σχ.3 παρουσιάζεται σαφώς το φορέα με τις θέσεις των καταγραφικών του οργάνων. Στο Σχ.4 παρουσιάζονται οι καταγραφές. Παρατηρείται ισχυρότατη διέγερση στη βάση (μέγιστο 0,9 g) και «εξωπραγματικές» καταγραφές της απόκρισής του (2,3 g στην οροφή). Το κτίριο δεν έπαθε την παραμικρή ρωγμή, αλλά, όπως ήταν αναμενόμενο, στο εσωτερικό του καταστράφηκαν τα πάντα, εξοπλισμοί, παροχές, κτλ. Το γεγονός αυτό και μόνο, εκτός από την οδική απομόνωση του νοσοκομείου, εξαιτίας κατάρρευσης των παρακείμενων οδικών κόμβων, το έθεσε εκτός λειτουργίας επί αρκετές ημέρες. Άλλες νοσοκομειακές μονάδες της περιοχής, παρόλο που δεν διέθεταν τόσο «αντισεισμικούς» φέρωντες οργανισμούς, λειτούργησαν συντομιάτα.

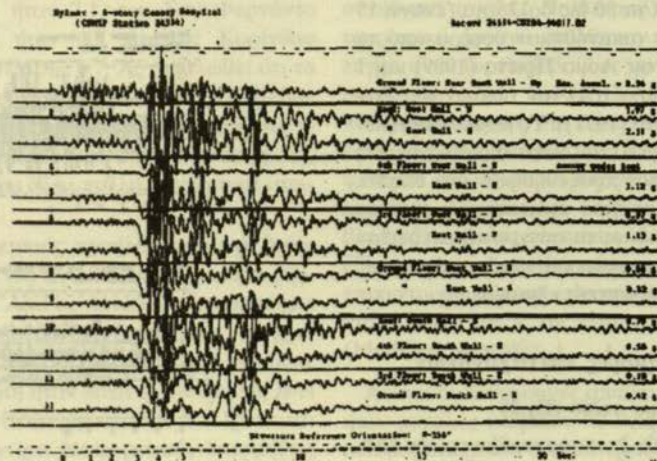
Το πανεπιστημιακό νοσοκομείο USC κατασκευάστηκε με τη σύγχρονη τεχνική της σεισμικής μόνωσης. Στο Σχ.5 παρουσιάζεται σαφώς το φορέα με τις θέσεις των καταγραφικών

οργάνων. Στο Σχ.6 παρουσιάζονται οι καταγραφές, και στη Φωτ.2 λεπτομέρεια της σεισμικής μόνωσης, σε ένα από τα θεμέλια. Κανένα από τα τμήματα του νοσοκομείου δεν διέκοψε ούτε στιγμή τη λειτουργία του. Υπήρξε ωστόσο βλάβη στο διάδρομο που συνδέει το νοσοκομείο με τον περιβάλλοντα χώρο, στην κύρια είσοδο του κτιρίου και υπήρξε η ανάγκη λειτουργίας βοηθητικής εισόδου. Η πρώτη εντύπωση είναι ότι η σεισμική μόνωση επέδειξε άριστη συμπεριφορά, καθώς υπήρξε μέγιστη εδαφική επιτάχυνση

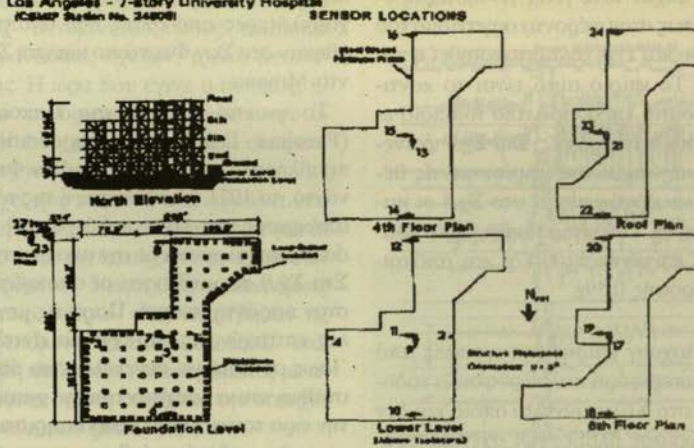
0,375g, μέγιστη απόκριση μεσαίας στάθμης 0,130g και μέγιστη απόκριση της ανώτερης στάθμης 0,210g. Αν δεν υπήρχε σύνδεση με τον περιβάλλοντα χώρο, μέσω του διαδρόμου που αστόχησε, οι τιμές των αποκρίσεων θα ήταν ακόμη μικρότερες. Εκτός από το διάδρομο, κανένα άλλο ίχνος βλάβης δεν παρουσιάστηκε στο κτίριο, ούτε στον εξοπλισμό του νοσοκομείου, το δε προσωπικό και οι ασθενείς δεν έδειξαν κανένα στοιχείο πανικού. Ωστόσο, μία επιθεώρηση τριγύρω, αποδεικνύει ότι ένα κοινό κτίριο στάθμευσης, χωρίς



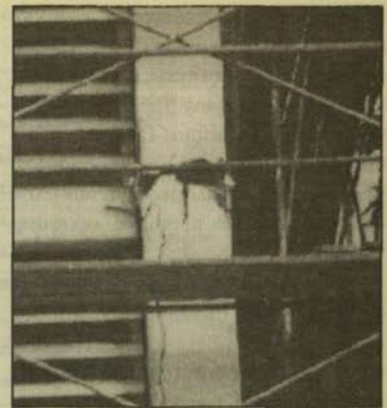
Σχ.3. Νοσοκομείο «Ολιβ Βιου» στο Σιλμάρ: Φορέας και θέση ληπτών.



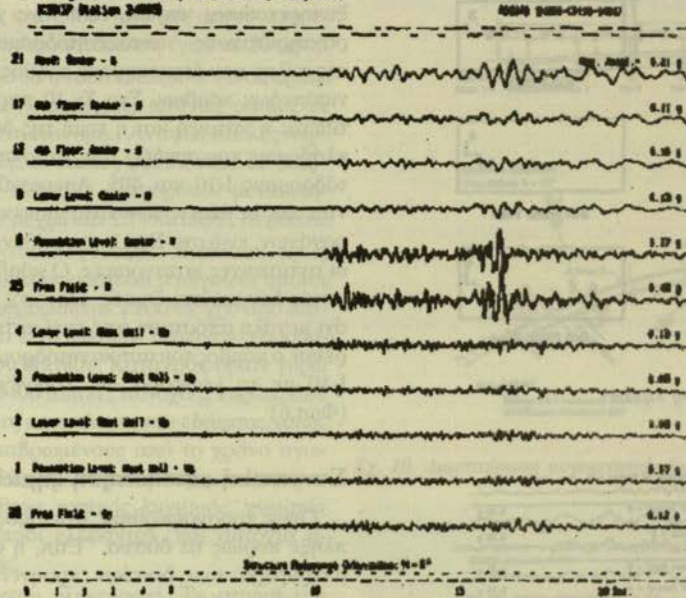
Σχ.4. Νοσοκομείο «Ολιβ Βιου» στο Σιλμάρ: Καταγραφές.



Σχ. 5. Πανεπιστημιακό νοσοκομείο USC: Φορέας και θέση ληπτών.



Φωτ. 3. Νοσοκομείο της Σάντα Μόνικα: Βλάβη σε γωνιακό στύλο μεσαίου ορόφου.



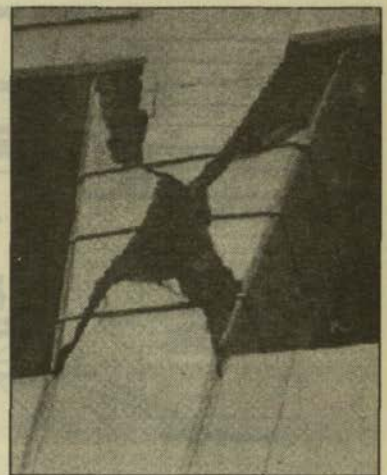
Σχ. 6. Πανεπιστημιακό νοσοκομείο USC: Καταγραφές.

σύστημα σεισμικής μόνωσης, σε απόσταση λίγων μέτρων από το νοσοκομείο, επίσης δεν παρουσίασε ούτε ρωγμή. Επίσης, η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, παρότι δεν ήταν μικρή, ήταν αισθητά μικρότερη από τις αντίστοιχες που διέγειραν άλλα κτίρια. Το γεγονός αυτό πρέπει να μας κάνει να διατηρήσουμε κάποια επιφύλαξη, ύστερα από τον ενδεχόμενο αρχικό ενθουσιασμό μας, όσον αφορά τη σεισμική μόνωση, περιμένοντας περισσότερα πειραματι-

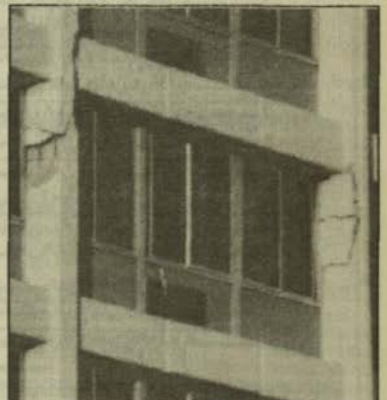
κά στοιχεία, ιδιαίτερα ως προς την απόκριση στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Το νοσοκομείο της Σάντα Μόνικα, κτίριο των αρχών της δεκαετίας του 1960, υπέστη κάποια αποδιοργάνωση στους τοίχους του ισογείου και σε ένα γωνιακό στύλο μεσαίου ορόφου (Φωτ.3).

Η λειτουργία του νοσοκομείου συνεχίστηκε κανονικά, παρά τις εργασίες αποκατάστασης που ξεκίνησαν αμέσως. Από το κτίριο αυτό δεν υπάρχουν



Φωτ. 4. Ξενοδοχείο στη Σάντα Μόνικα: Βλάβη σε «γονιά υποστύλωματα» μεσαίου ορόφου.



Φωτ. 5. Ξενοδοχείο στο Σαν Φερνάντο: Βλάβη σε υποστύλωματα μεσαίου ορόφου.

καταγραφές της απόκρισης, ωστόσο στην περιοχή της Σάντα Μόνικα καταγράφηκαν ισχυρότερες επιταχύνσεις και παρουσιάστηκαν βλάβες σε αρκετά πολυώροφα κτίρια. Πολυτελές ξενοδοχείο στην παραλία παρουσίασε χαρακτηριστικές βλάβες «κοντών υποστυλωμάτων» σε μεσαίους ορόφους (Φωτ.4)

Γνωστό ξενοδοχείο στο Σαν Φερνάντο, πολύ κοντά στο επίκεντρο, παρουσίασε επίσης βλάβες στα υποστυλώματα μεσαίου ορόφου (Φωτ.5). Στον ομώνυμο σεισμό του 1971, το ίδιο ξενοδοχείο είχε παρουσιάσει σημαντικές βλάβες στο ισόγειο που ήταν τότε πυ-

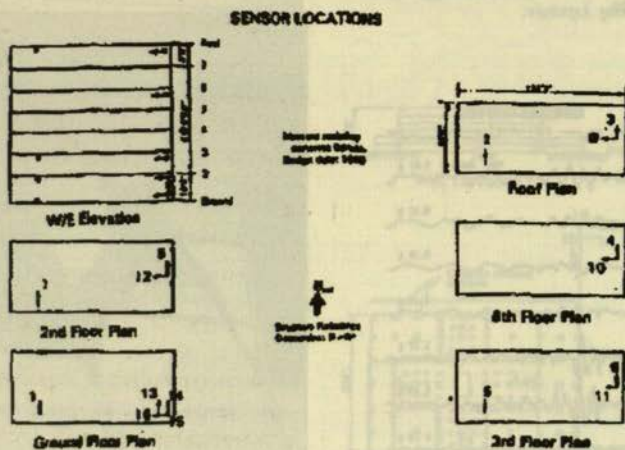
λωτή. Είχαν τότε γίνει γενικότερες ενισχύσεις στον φέροντα οργανισμό του κτιρίου και είχε ακαμπτοποιηθεί η πυλωτή. Το κτίριο αυτό είναι το κοντινότερο στο επίκεντρο από το οποίο υπάρχουν καταγραφές. Στο Σχ.7 φαίνεται σακαρίφημα του κτιρίου με τις θέσεις των οργάνων και στο Σχ.8 οι καταγραφές. Παρατηρούνται τιμές εδαφικής επιτάχυνσης 0,47g και απόκρισης οροφής 0,59g.

Υπάρχουν επίσης καταγραφές από τη συμπεριφορά πολυώροφου ξενοδοχείου στο Χόλγουντ, το οποίο και δεν παρουσίασε βλάβες. Οι σχετικά υψη-

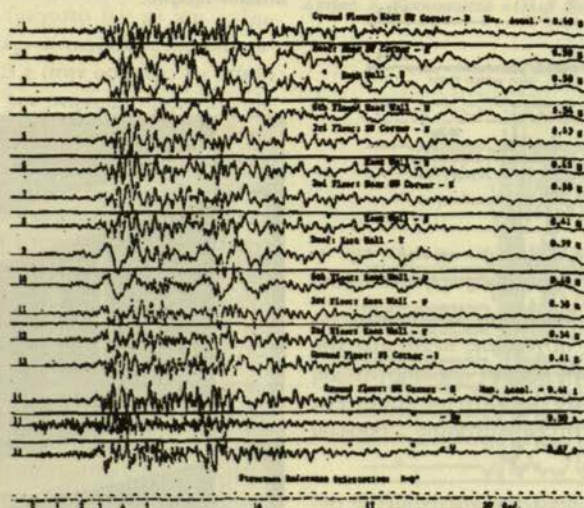
λές τιμές των επιταχύνσεων είναι πολύ χαμηλότερες από αυτές που αναπτύχθηκαν στο Σαν Φερνάντο και στη Σάντα Μόνικα.

Το γνωστό φράγμα στο Πακοίμα (Pacoima Dam), είχε παρουσιάσει προβλήματα στο σεισμό του Σαν Φερνάντο, το 1971. Η καταγραφή της τότε απόκρισής του, είναι πολύ γνωστή σε όσους ασχολούνται με σχετικά θέματα. Στο Σχ.9 παρατίθενται οι αποκρίσεις στον παρόντα σεισμό. Παρά τις μεγάλες επιταχύνσεις, το φράγμα άντεξε. Ίσως σε αυτό να συνετέλεσε το ότι η στάθμη του νερού ήταν αρκετά χαμηλή την ώρα του σεισμού. Χαρακτηριστικό είναι ότι η οδική πρόσβαση στο φράγμα διακόπηκε για αρκετές ημέρες, καθώς έγιναν μεγάλες κατολισθήσεις στον δρόμο που οδηγεί εκεί.

Οι μεταφορές στο Λος Άντζελες εξυπηρετούνται κυρίως, από τους χαρακτηριστικούς αυτοκινητόδρομους της πόλης που δημιουργούν πλήθος ανισόπεδων κόμβων. Στο Σχ.10 παρατίθεται η κάτοψη και η τομή της διακλάδωσης που συνδέει τους αυτοκινητόδρομους I-10 και 405. Απεικονίζονται και οι θέσεις των καταγραφικών οργάνων, ενώ στο Σχ.11 παρατίθενται οι αντίστοιχες καταγραφές. Ο κόμβος αυτός δεν υπέστη ζημιές. Ωστόσο, σε όχι μεγάλη απόσταση από εκεί κατέρρευσε ο κόμβος του αυτοκινητόδρομου I-10 με τη λεωφόρο Λα Τσιενέγκα (Φωτ.6)



Σχ. 7. Ξενοδοχείο στο Σαν Φερνάντο: Φορέας και θέση ληπτών.



Σχ. 8. Ξενοδοχείο στο Σαν Φερνάντο: Καταγραφές.

## Συνοπτική επισκόπηση ζημιών

Όπως προαναφέρθηκε, ο σεισμός έπληξε κυρίως τα δίκτυα. Έτσι, η συμπεριφορά των δικτύων προηγείται στην παρουσίαση.

### Ζημιές σε δίκτυα.

**Οδικό δίκτυο.** Κατέρρευσαν 18 γέφυρες σε κόμβους με μεγάλη κυκλοφορία. Μέσα σε τέσσερις ώρες, υπήρχαν παρακάμψεις με σηματοδότηση, έστω και πρόχειρη. Το πρωί του σεισμού δεν υπήρξε πρόβλημα, καθώς πολλοί δεν κυκλοφόρησαν στους δρόμους. Από την επομένη όμως άρχισαν να κυκλοφοριακά προβλήματα, τα οποία θα διαρκέσουν πολύ, καθώς η αποκατάσταση των ζημιών δεν θα έχει ολοκληρωθεί πριν περάσουν αρκετοί μήνες. Υπενθυμίζεται ότι το Λος Άντζελες πρακτικά δεν έχει σύστημα μέσων μα-

ζικής μεταφοράς και η κυκλοφορία στους αυτοκινητόδρομους αποτελεί τον μοναδικό, σχεδόν, τρόπο μετακίνησης. Η ώρα που έγινε ο σεισμός, ήταν ο καθοριστικός παράγων που υπήρξε ένας μόνο νεκρός από όλες αυτές τις καταρρεύσεις.

Έχει ήδη εκδοθεί, από αρμόδια επιτροπή της ASCE, και το πόρισμα για το κύριο αίτιο της κατάρρευσης ορισμένων γεφυρών: οι διαφορικές μετακινήσεις των ακροβάθρων τους υπερέβησαν τις επιτρεπόμενες κατασκευαστικά, έτσι συνέβη πτώση του καταστρώματος με αναπόφευκτη, στη συνέχεια, την αποχία των πυλώνων (Φωτ 7).

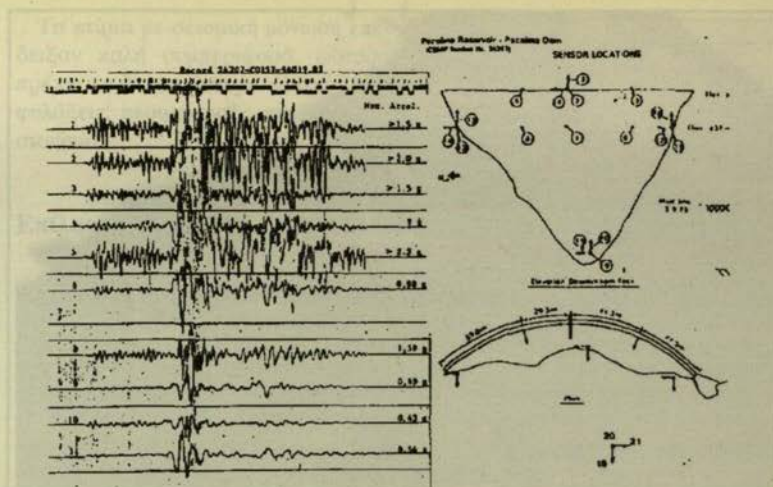
**Σιδηροδρομικό δίκτυο.** Αμαξοστοιχία με 16 βαγόνια που περνούσε από το Northridge την ώρα του σεισμού εκτροχιάστηκε, με αποτέλεσμα να διαρρεύσουν στο περιβάλλον 8000 γαλόνια οξέως και 2000 γαλόνια αργού πετρελαίου. Αποκατάσταση έγινε σε 20 ώρες.

**Δίκτυο φυσικού αερίου.** Αναφέρθηκαν 861 αστοχίες, από τις οποίες οι 817 στη διανομή. Άναψαν πολλές πυρκαγιές, οι οποίες οφειλονταν σε διαρροές αξιαιτίας διαφορικών μετακινήσεων μέχρι και 20 εκατοστά περίπου.

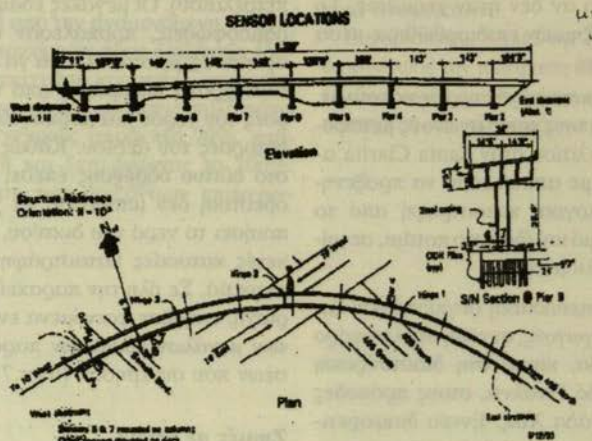
**Δίκτυο ύδρευσης.** Έσπασαν τρεις κύριοι τροφοδοτικοί αγωγοί, οι οποίοι επιδιορθώθηκαν μέσα σε χρονικό διάστημα 2-10 ημερών. Ξανάγινε χλωρίωση του δικτύου. Καταγράφηκαν γύρω στις 1400 τοπικές αστοχίες, κυρίως από μόνιμη μετακίνηση του εδάφους, ιδίως σε διαβρωμένους από το χρόνο αγωγούς. Σε κυλινδρικές δεξαμενές παρατηρήθηκε τοπικός λυγισμός, γνωστός ως «πόδι ελέφαντα», και αστοχία οροφής.

**Δίκτυο ηλεκτρικού.** Τη στιγμή του σεισμού 2.500.000 παροχές έμειναν χωρίς ρεύμα. Από αυτές, 1.500.000 είχαν επανέλθει σε λειτουργία μέσα σε 90 λεπτά, ενώ τρεις μέρες αργότερα έμειναν ακόμη χωρίς ρεύμα 7.500 παροχές. Οι βλάβες παρατηρήθηκαν κυρίως στη διανομή, ενώ το δίκτυο μεταφοράς (μετά την εμπειρία του σεισμού του San Fernando το 1971 και τις ενισχύσεις που έγιναν τότε) άντεξε.

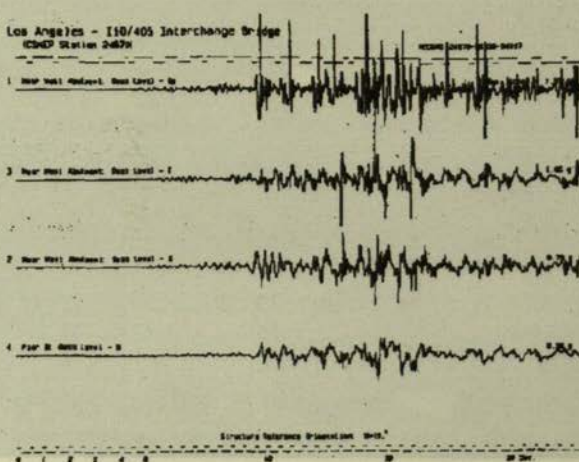
**Τηλεπικοινωνιακό δίκτυο.** Υπήρξε χάος τις πρώτες ώρες, λόγω της υπερφόρτισης των γραμμών (εκατονταπλάσια κίνηση από τη συνηθισμένη). Σημειώθηκαν σοβαρές βλάβες στο σύστημα ψύξης, οι οποίες θα έπαιζαν μοι-



Σχ. 9. Φράγμα στο Πακούμα: Καταγραφές και θέση ληπτών.



Σχ. 10. Διαστύρωση αυτοκινητοδρόμων 1-10 με 405. Φορέας και θέση ληπτών



Σχ. 11. Διακλάδωση αυτοκινητοδρόμων 1-10 με 405: Καταγραφές.



Φωτ. 6. Κατάρρευση αυτοκινητοδρόμου I-10 επί της λεωφόρου Λα Τσιενέγκα.

ραίο ρόλο αν δεν ήταν χειμώνας. Το 70% των ζημιών επιδιορθώθηκε μέσα σε 24 ώρες

**Δίκτυο μεταφοράς υγρών καυσίμων.**  
Ενας από τους τρεις αγωγούς μεταφοράς πετρελαίου στην Santa Clarita αστόχησε, με αποτέλεσμα να προξενηθεί οικολογική καταστροφή από το σχηματισμό κηλίδας στο ποτάμι, σε μήκος 20 χιλιομέτρων.

Μία εντυπωσιακή συγκέντρωση ζημιών σε αγωγούς, συνέβη στη λεωφόρο Μπαλμπόα, κοντά στη διασταύρωση με την οδό Ρινάλντι, στους πρόποδες των Γρανάδα Χίλς. Εννέα διαφορετικοί κύριοι αγωγοί βρίσκονται συγκεντρωμένοι εκεί (τρεις φυσικού αερίου, τρεις νερού, δύο αποχέτευσης και ένας

πετρελαίου). Οι μεγάλες εδαφικές παραμορφώσεις, προκάλεσαν αστοχίες σε αυτούς, με αποτέλεσμα να συμβούν ταυτόχρονα πλημμύρες από τις διαρροές του νερού και πυρκαγιές από τις διαρροές του αερίου. Καθώς η πίεση στο δίκτυο ύδρευσης έπεσε, η πυροσβεστική δεν μπορούσε να χρησιμοποιήσει το νερό του δικτύου, έτσι αρκετές κατοικίες καταστράφηκαν από πυρκαϊά. Σε όλη την παρακείμενη περιοχή, υπήρξαν φαινόμενα ενδεικτικά των μεγάλων εδαφικών παραμορφώσεων που συνέβησαν (Φωτ.7 και 8).

### Ζημιές σε κτίρια.

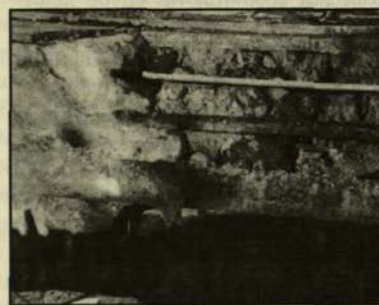
Ο σεισμός έπληξε μια ευρεία αστική περιοχή. Καταγράφηκαν 184 κτίρια



Φωτ. 7. Παραμένονσα σχετική μετακίνηση γέφυρας και ακροβάθρου περίπου 0,60 m σε απόσταση λίγων μέτρων από περιοχή μαζικής αστοχίας δικτύων υδρογίων αγωγών.

που, αν δεν κατέρρευσαν από το σεισμό, έπρεπε να κατεδαφισθούν. Άλλα 5564 παρουσίασαν ελαφρότερες βλάβες. Η τελική αποτίμηση των ζημιών θα ολοκληρωθεί μετά από εύλογο χρονικό διάστημα.

Τα κτίρια μπορούν να καταταχθούν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν οικοδομήθηκαν πριν ή μετά το 1971. Αυτό, γιατί μετά τον σεισμό του Σαν Φερνάντο, το 1971, έγινε δραστική αναθεώρηση του αντισεισμικού κανονισμού UBC. Οι ζημιές συνέβησαν κυρίως, στα πριν από το 1971 κτίρια, με εξαίρεση τα κτίρια πάρκιν. Υπέφεραν κατά σειρά τα ξύλινα κτίρια, αυτά με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία, και αυτά με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα ξύλινα επλήγησαν σε αρκετές περιπτώσεις και από πυρκαϊά, όπως προαναφέρθηκε. Δεν



Φωτ. 8. Εννέα διαφορετικά δίκτυα υπόγειων αγωγών παρουσίασαν αστοχίες εξαιτίας των μόνιμων μεγάλων εδαφικών παραμορφώσεων της περιοχής.

αναφέρθηκαν σοβαρές ζημιές σε κτίρια με μεταλλικό φέροντα οργανισμό.

Τα πολυώροφα πάρκιν, αποδείχτηκαν ως μία κατηγορία κτιρίων πολύ ευπαθής, ιδιαίτερα αυτά που ήταν προκατασκευασμένα, ακόμη και τα πλέον σύγχρονα. Αυτό φαίνεται να οφείλεται στην χαμηλής στάθμης διατιθέμενη πλαστικότητα των συνδέσεων μεταξύ των προκατασκευασμένων μελών, σε σύγκριση με την αυξημένη απαιτητή πλαστικότητας του συγκεκριμένου σεισμού. Χαρακτηριστικότερη περίπτωση ήταν αυτή του προκατασκευασμένου σπουδαστικού πάρκιν του Πανεπιστημίου του Νόρθριτζ, που κατέρρευσε σε έναν μετασεισμό, παρέχοντας το θέαμα των στύλων που ανέπτυξαν θαυμαστή αλλά άχρηστη πλαστικότητα σε κάμψη (Φωτ.9). Προβλήματα παρουσιάστηκαν σε όλα τα



Φωτ. 9. Πολυώροφο προκατασκευασμένο πάγκιν στο Νόρθριτζ. Κατάρρευση ύστερα από μετασεισμό.

προκατασκευασμένα πάγκιν της μείζονος επικεντρικής περιοχής. Στα πάγκιν συμβατικής κατασκευής παρουσιάστηκαν προβλήματα από το συνδυασμό εύκαμπτου ορόφου και κοντού υποστύλωματος (Φωτ.10).

Τα «κανονικά», σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς κτίρια, επέδειξαν σαφώς καλύτερη συμπεριφορά από τα υπόλοιπα.

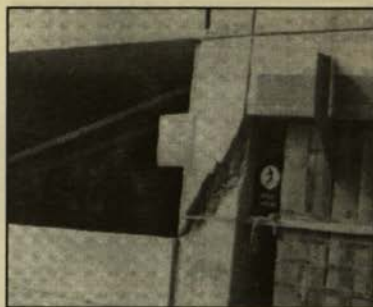
Η ύπαρξη οριζόντιων διαφραγμάτων έπαιξε παντού θετικό ρόλο.

Τα κτίρια με σεισμική μόνωση επέδειξαν καλή συμπεριφορά, ωστόσο πρέπει να δατηρήσουμε κάποιες επιφυλάξεις, περιμένοντας περισσότερα στοιχεία.

### Επίλογος

Ο σεισμός αυτός έδωσε πολυάριθμες και καλής ποιότητας καταγραφές, οι οποίες θα παράσχουν πολύτιμα επιστημονικά συμπεράσματα, τόσο στην περιοχή της Τεχνικής Σεισμολογίας, όσο και των Αντισεισμικών Κατασκευών, ιδιαίτερα για τη μελέτη της συμπεριφοράς κατασκευών με σεισμική μόνωση.

Η διάκριση της ισχυρής δόνησης του σεισμού (10 έως 15 sec) ήταν λίγο μικρότερη από την αναμενόμενη. Η σχέση: «κατακόρυφη προς οριζόντια εδαφική επιτάχυνση κορυφής», κυμάνθηκε σε αρκετές περιπτώσεις, πολύ πάνω από το γενικώς αποδεκτό 70%, φτάνοντας ή και ξεπερνώντας το 100%. Η μείωση των οριζόντιων επιταχύν-



Φωτ. 10. Βλάβες από λειτουργία «κοντού υποστύλωματος» σε κτίριο πάγκιν. Εκτός από την αποκατάσταση των βλαβών δημιουργήθηκαν αρμοί για να αποφευχθεί αντίστοιχο πρόβλημα σε μελλοντικό σεισμό.

σεων, όσο απομακρυνόμαστε από το επίκεντρο, είναι μικρότερη από ότι γενικά αναμενόταν.

Ευχαριστούμε θερμά την EEFIT που διοργάνωσε την μετάβαση και το EERI (Καλιφόρνια) που παρέσχε επιτόπου υποστήριξη και πληροφόρηση.

