



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ : ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΕ
ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΣΚΟΤΑΔΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ : ΚΑΤΣΙΜΠΙΝΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΠΑΤΡΑ 2024

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι σύμφωνα με το άρθρο 8 Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982 , η πτυχιακή εργασία για την λήψη του προπτυχιακού τίτλου σπουδών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών με τίτλο: Σεισμική απόκριση μεταλλικών κατασκευών σε πολλαπλούς σεισμούς είναι δικό μου προϊόν και είμαι εγώ ο συγγραφέας. Έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας σημαντική βοήθεια αποτέλεσε η συνεργασία από τα πρόσωπα του Ιδρύματος καθώς και της Γραμματείας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Κατσιμπίνη Παναγιώτα , για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς και για την στήριξη κι βοήθεια που μου έδωσε όλο αυτό το διάστημα ώστε να έχω σήμερα αυτό το αποτέλεσμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με το πως ένα κτήριο και μάλιστα μεταλλικό κτήριο δέχεται ένα σεισμό με την βοήθεια του προγράμματος SAP. Πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στην έννοια του σεισμού και δίνουμε έμφαση στο πως το συγκεκριμένο κτήριο ανταπεξέρχεται στους συνεχόμενους σεισμούς και ποιες βλάβες αντιμετωπίζει .Ακόμη παρουσιάζονται οι ιδιομορφές, οι βλάβες που δέχτηκαν εξαιτίας των σεισμών καθώς και τα διαγράμματα IDR (Interstorey Drift Ratio), RIDR (Residual Interstorey Drift Ratio), PFA (Peak Floor Acceleration). Πιο αναλυτικά :

Στο 1ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για το φαινόμενο του σεισμού.

Στο 2ο κεφάλαιο μελετάμε την μεθοδολογία που ακολουθήσαμε.

Στο 3ο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα και γίνεται σχολιασμός.

Στο 4ο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα.

ABSTRACT

This graduation thesis deals with how a building, especially a metal building, receives an earthquake with the help of the program SAP. More specifically, reference is made to the concept of earthquake and we emphasize how the specific building copes with the continuous earthquakes and what damages it faces. Also are presented the singularities, the damages received due to the earthquakes as well as the IDR (Interstorey Drift Ratio), RIDR (Residual Interstorey Drift Ratio), PFA (Peak Floor Acceleration) diagrams are presented. In more detail:

The 1st chapter deals with the earthquake phenomenon.

In the 2nd chapter we study the methodology we followed.

In the 3rd, the results are listed and a comment is made.

In the 4rd chapter we have the conclusions.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 : Το Φαινόμενο Του Σεισμού.....	7
1.1 Θεώρηση των Σεισμικών Δράσεων Στις Κατασκευές	11
1.2 Αντισεισμικοί Αρμοί.....	13
1.3 Σεισμικές Δράσεις.....	16
1.4 Αντισεισμικός Σχεδιασμος.....	18
1.5 Μεταλλικά Πλαίσια	20
1.6 Μηκίδες.....	22
1.7 Τεγίδες.....	24
1.8 Σύνδεσμοι Συσκαμψιας.....	25
1.9 Χαλυβδόφυλλα.....	27
1.10 Πάνελ Επικάλυψης.....	27
Κεφάλαιο 2 : Μεθοδολογία.....	30
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα και Σχολιασμοί.....	42
Κεφάλαιο 4 : Συμπεράσματα.....	62
Βιβλιογραφία.....	63

Κεφάλαιο 1 : Το φαινόμενο του σεισμού

Ο σεισμός είναι ένα φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται χωρίς προειδοποίηση δηλαδή δε μπορούμε ούτε να τον αποτρέψουμε να συμβεί αλλά ούτε μπορούμε να είμαστε και προετοιμασμένοι για αυτόν γιατί πολύ απλά δε γνωρίζουμε πότε μπορεί να συμβεί.

Γενικά έχει μικρή διάρκεια που αλλά μπορεί να επιφέρει υλικές ζημιές , σοβαρούς τραυματισμούς , ακόμη και απώλειες ανθρώπων και ζώων.

Με άλλα λόγια είναι η απότομη κίνηση του στερεού φλοιού της γης, όπου προέρχεται από μετατόπιση μαζών κάτω από την επιφάνεια της Γης. Αυτό συμβαίνει όταν απελευθερώνεται ενέργεια από το εσωτερικό της Γης λόγω των λιθοσφαιρικών πλακών [5]. Η Γη αποτελείται από διάφορα στρώματα, με τη λιθόσφαιρα να χωρίζεται σε 7 μεγάλες πλάκες (Αφρικανική, Ευρασιατική, Ινδο-Αυστραλιανή, Ανταρκτική, πλάκα του Ειρηνικού, Βορειο-Αμερικανική, Νοτιο-Αμερικανική) όπου οι πλάκες αυτές κινούνται πάνω στον μανδύα και έχουν την δυνατότητα είτε να συγκρούονται, είτε να απομακρύνονται είτε να γλιστρούν η μία πάνω στην άλλη (Εικόνα 1).



Εικόνα 1 Λιθοσφαιρικές πλάκες [5]

Η Ελλάδα κατέχει την 1^η θέση στην Ευρώπη από πλευράς σεισμικότητας και την 6^η παγκοσμίως. Η γεωγραφική της θέση συμπίπτει με περιοχή του πλανήτη όπου λαμβάνουν χώρα μεγάλα γεωτεκτονικά φαινόμενα όπως η σύγκλιση της Αφρικανικής με τη Ευρωασιατική λιθοσφαιρική πλάκα με αποτέλεσμα τη μεγάλη σεισμικότητα [6].

Τα χαρακτηριστικά ενός σεισμού είναι το μέγεθος, το σημείο (επίκεντρο), ο χρόνος εκδήλωσης, ο βαθμός που έγινε αισθητός σε τοπικό επίπεδο και το είδος του σεισμού

→ Το μέγεθος ενός σεισμού εκφράζεται σε βαθμούς της κλίμακας Richter και είναι η φυσική ποσότητα που χρησιμοποιείται από τους σεισμολόγους για την μέτρηση της σεισμικής ενέργειας που απελευθερώνεται στο σημείο που εκδηλώνεται ο σεισμός [6,7]. Ταξινομείται ως :

Πίνακας 1 Κλίμακα Ρίχτερ [6]

$0 < R$	Μικροσεισμός	Δε γίνεται αισθητός και καταγράφεται μόνο από τους σειсмоγράφους
0-0,9 R	Μικροσεισμός	Δε γίνεται αισθητός και καταγράφεται μόνο από τους σειсмоγράφους
1-1,9 R	Μικροσεισμός	Δε γίνεται αισθητός και καταγράφεται μόνο από τους σειсмоγράφους
2-2,9 R	Ασήμαντος	Σχεδόν μη αισθητός
3-3,9 R	Πολύ ασθενής	Αισθητός κόντά στο επίκεντρο δίχως ζημιές
4 -4,9 R	Ασθενής	Αισθητός στο μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού σε τοπικό επίπεδο με ίσως μέτριες ζημιές
5-5,9R	Μέτριος	Αισθητός στο σύνολο του πληθυσμού σε τοπικό επίπεδο με μέτριες ή και σημαντικές ζημιές
6-6,9R	Ισχυρός	Σοβαρές ζημιές σε ακτίνα 100 χιλιομέτρων απο το επίκεντρο με σοβαρές ζημιές στα κτίρια ανεπαρκούς σχεδίασης
7-7,9R	Καταστροφικός	Μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες , σοβαρές ζημιές ή μερική κατάρρευση κτιρίων . Αν το επίκεντρο είναι στην θάλασσα πιθανότητα δημιουργίας τσουνάμι
8-8,9R	Εξαιρετικά καταστροφικός	Εξαιρετικά μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινες απώλειες, ολική κατάρρευση κτιρίων. Αν το επίκεντρο είναι στην θάλασσα πιθανότητα δημιουργίας ισχυρών τσουνάμι
9-9,9R	Ασύλληπτα Καταστροφικός	Τεράστιες καταστροφές και τεράστιες ανθρώπινες απώλειες, πολλές χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από το επίκεντρο. Πιθανώς και ολοκληρωτική καταστροφή της ζωής σε τοπικό επίπεδο
>10 R	Παγκόσμιος	Δε υπάρχει τόσο μεγάλου μήκους ενιαίο σεισμογόνο ρήγμα στη Γη. Μόνο από συμβάν πρόσκρουσης με αστεροειδή ή κομήτη μπορεί να συμβεί.

Η κλίμακα Ρίχτερ αναπτύχθηκε το 1935 στη Νότια Καλιφόρνια από τον Αμερικάνο φυσικό και σεισμολόγο Τσαρλς Ρίχτερ και τον Γερμανό Μπένο Γκούτενμπεργκ [7]. Είναι λογαριθμική κλίμακα

→ Ο χώρος που πρωτοεκδηλώνεται η διάρρηξη πετρωμάτων ονομάζεται εστία ή υπόκεντρο του σεισμού ενώ το ίχνος της κατακόρυφης προβολής της εστίας πάνω στην επιφάνεια της γης είναι το επίκεντρο.

→ Η ένταση ενός σεισμού εκφράζεται με εμπειρικό τρόπο είτε σε βαθμούς της αναθεωρημένης κλίμακας Mercalli ή σε βαθμούς της κλίμακας Mercalli - Sieberg και είναι η φυσική ποσότητα που δίνει το μέτρο των αποτελεσμάτων ενός σεισμού στους ανθρώπους και στις ανθρώπινες κατασκευές.



Εικόνα 2 Η παραμόρφωση ενός κτηρίου που δέχτηκε σεισμό [7]

Υπάρχουν πολλές κλίμακες και σεισμικά μεγέθη όπου χρησιμοποιούνται για την μέτρηση ενός σεισμού [5,6,7]. Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής :

1) Magnitude Local (ML) : είναι το τοπικό μέγεθος όπου καθορίζεται από τον λογάριθμο του πλάτους των κυμάτων που καταγράφονται από τους σεισμολόγους. Ισχύει για μια μόνο συχνότητα σεισμικών κυμάτων και για ορισμένη απόσταση από το επίκεντρο. Παρουσιάστηκε το 1935 από τον Charle Richter.

2) Ms : είναι το μέγεθος που λαμβάνεται από την μέτρηση των κυμάτων επιφάνειας και ισχύει $M_s > M_l$.

3) Mb : είναι επέκταση την κλίμακας Richter και αξιόπιστο για μεγάλα βάθη και αποστάσεις από το επίκεντρο του σεισμού.

4) Mw : χρησιμοποιείται για την μέτρηση μεγάλων σεισμών με έναν πολύπλοκο τύπος ο οποίος μάλιστα είναι και αξιόπιστος.

5) Md : είναι η κλίμακα η οποία αναφέρεται στην διάρκεια.

6) Mo : είναι η κλίμακα σεισμικής ροπής.

7) Me: εκφράζει το δυναμικό της καταστροφικότητας ενός σεισμού.

Γενικά οι σεισμοί αποδεσμεύουν ποσοστά ενέργειας για αυτό κι συχνά μπορούν να θεωρηθούν καταστρεπτικοί. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια μεγέθη με τα κατά προσέγγιση ποσοστά ενέργειας αντίστοιχα.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΚΑΤΑ ΠΡΟΣΈΓΓΙΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (σε τόνους)
4	1010
5	31800
6	1010000
7	31800000
8	1010000000
9	31800000000

Πίνακας 2 Μεγέθη- κατά προσέγγιση ποσό ισοδύναμης ενέργειας [5,7]

Τα κύρια αιτία που προκαλούν σεισμούς είναι [5] :

- I. Κίνηση λιθοσφαιρικών πλακών (σύγκρουση , απόκλιση, μετατόπιση)
- II. Ηφαίστεια (κατά την έκρηξη)
- III. Τεκτονικά ρήγματα (σημεία όπου σπάει ή γλιστρά η λιθόσφαιρα)
- IV. Καταβύθιση πλακών

Οι άμεσες συνέπειες των σεισμών σχετίζονται με την :

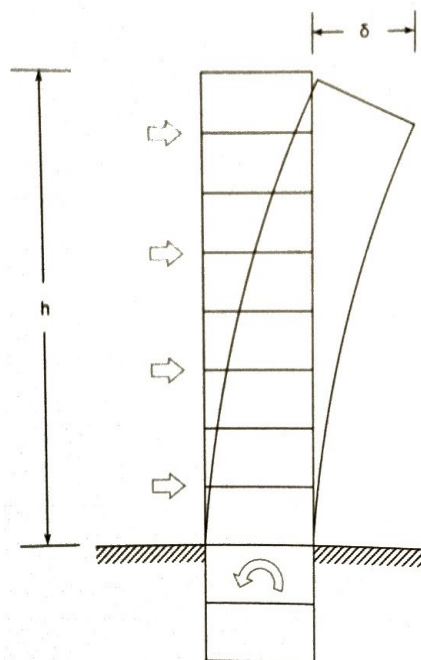
- Δόνηση εδάφους : Οι μεγάλες δονήσεις μπορούν να καταστρέψουν σημαντικά τα κτήρια ή να τα κατεδαφίσουν και οι μέτριοι σεισμοί μπορούν να επιφέρουν υγροποίηση χαλαρών πετρωμάτων.

- Μετατόπιση εδάφους : Όπου γίνονται καθιζήσεις ή οριζόντιες μετακινήσεις δημιουργούνται μεγάλες ζημιές σε δομές και υποδομές κατά μήκος του ρήγματος .

1.1 Θεώρηση των Σεισμικών Δράσεων Στις Κατασκευές

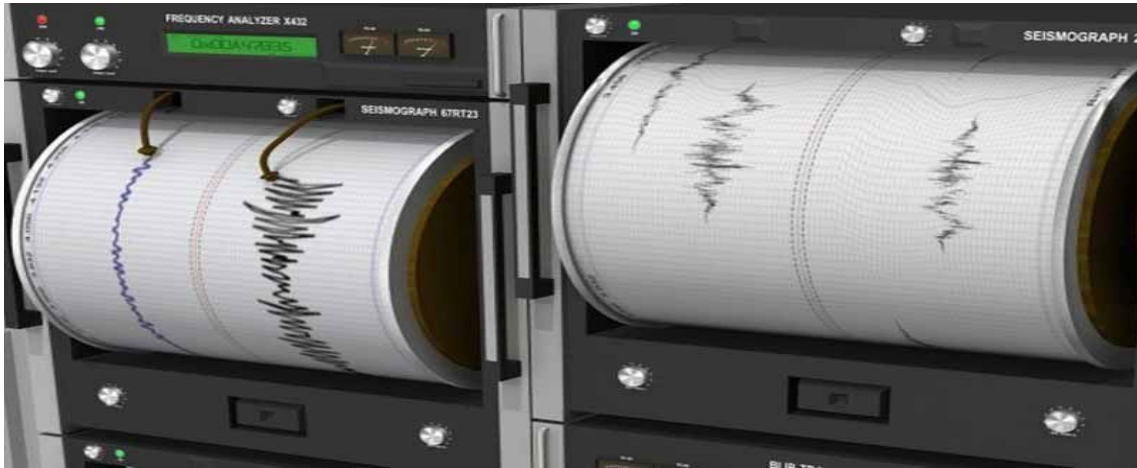
Ο σεισμός εμφανίζεται ως παλμική κίνηση του εδάφους και μεταφέρεται στο σύνολο μιας κατασκευής μέσω των θεμελίων της προκαλώντας ταλαντώσεις, των οποίων το εύρος είναι μεγαλύτερο στους υψηλότερους ορόφους [5,7]. Οι προκαλούμενες από τη σεισμική διέγερση μετακινήσεις στην κατασκευή, με διάρκεια συνήθως μερικών μόνο δευτερολέπτων, έχουν ως συνέπεια μια χρονικά εξελισσόμενη μεταβολή στην εντατική κατάσταση του φέροντος οργανισμού, του οποίου η συμπεριφορά εξαρτάται από τη διαμόρφωση του και την ένταση το του σεισμού.

Εικόνα 3 Μετακίνηση κτιρίου υπο σεισμική δράση. [4]



Ο σεισμός καταγράφεται μέσω ενός οργάνου που ονομάζεται σειсмоγράφος, ο οποίος αναπαριστά την σεισμική κίνηση πάνω στο σεισμόγραμμα. Ο σειсмоγράφος αποτελείται από το εκκρεμές, το σύστημα ενίσχυσης (ή μεγέθυνσης), το σύστημα αναγραφής, το σύστημα απόσβεσης της ελεύθερης ταλάντωσης του εκκρεμούς, το σύστημα ψηφιοποίησης των σειсмоγραμμάτων (οι ψηφιακοί σειсмоγράφοι).

Το σεισμόγραμμα (Εικόνα 3) γίνεται πάνω σε μια μαγνητική ταινία, με γραφίδα πάνω σε αιθαλωμένη (καπνισμένη) ταινία ή σε θερμογραφικό χαρτί, με φωτεινή κηλίδα πάνω σε φωτογραφική ταινία ή ψηφιακά στη μνήμη ηλεκτρονικού υπολογιστή. Πάνω στο σεισμόγραμμα αναγράφεται η ένταση και η διάρκεια των σεισμικών κυμάτων [5,7].



Εικόνα 4 Σειсмоγράφος καταγράφει 2 σεισμούς [5]

Η δράση του σεισμού είναι για τις κατασκευές δυναμική φόρτιση και ο υπολογισμός της εντατικής καταστάσεως που προκαλεί σε αυτές απαιτεί ακριβή γνώση τόσο των δυναμικών χαρακτηριστικών τους όσο και του σεισμικού φαινομένου.

Βασικές παράμετροι που σχετίζονται με τον υπολογισμό της σεισμικής δράσεως είναι [4] :

- η τοπογραφία
- το είδος - σεισμική επιτάχυνση του εδάφους όπου βρίσκεται το έργο
- ο συντελεστής σπουδαιότητας, ο οποίος ορίζεται ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται τόσο για τον άνθρωπο όσο Εικόνα 3(Μετακίνηση κτιρίου υπό σεισμική δράση) και για τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που έχει η ενδεχόμενη καταστροφή ή διακοπή της λειτουργίας της
- το υλικό δόμησης
- η διαμόρφωση του φέροντα οργανισμού του οικοδομήματος (με δυνατότητα παραμόρφωσης - πλαστιμότητα χωρίς να οδηγηθεί σε κατάρρευση.

Για τον έλεγχο της ανθεκτικότητας ενός κτιρίου σε σεισμό εισάγονται στον υπολογισμό οι μόνιμες και μεταβλητές φορτίσεις γίνεται επαλληλία αυτών με τις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού, ελέγχονται οι εντατικές καταστάσεις και παραμορφώσεις και ορίζονται τα επιβαλλόμενα μέτρα διαμόρφωσης των δομικών στοιχείων κατά Ευρωκώδικα 8. Σημαντικός

είναι κι ο έλεγχος των κρίσιμων διατομών των δομικών στοιχείων, που αποτελούν βάσει ανάλυσης τις πιθανές ζώνες αστοχίας και τις αποκλίσεις ορόφων απο την κατακόρυφο.

Μια κατασκευή θεωρείται ότι αντιμετωπίζει επαρκώς το σεισμικό κίνδυνο όταν κατά την επιβολή των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς [4] :

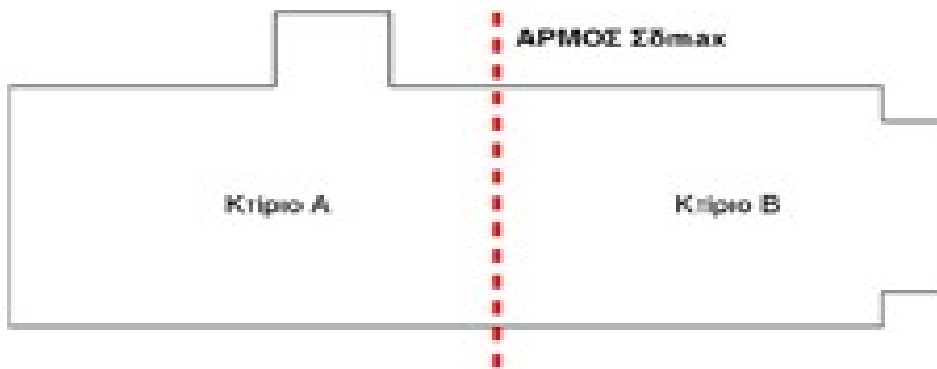
- Η πιθανότητα καταρρεύσεως της κατασκευής ή τμημάτων πρέπει να είναι επαρκώς μικρή και να συνδυάζεται με την διατήρηση της ακεραιότητας και της επαρκούς εναπομένουσας αντοχής μετά τη λήξη της σεισμικής ακολουθίας.
- Οι βλάβες σε στοιχεία του φέροντος οργανισμού πρέπει να είναι περιορισμένες αλλά και επιδιορθώσιμες ενώ για σεισμούς μικρότερης έντασης και με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης πρέπει να ελαχιστοποιούνται.
- Μια ελάχιστη στάθμη λειτουργιών της κατασκευής πρέπει να διασφαλίζεται ανάλογα με τη χρήση και τη σημασία της, όταν αυτή υποστεί σεισμό με τα χαρακτηριστικά του σεισμικού σχεδιασμού.

1.2 Αντισεισμικοί αρμοί

Κατά τη μόρφωση του στατικού συστήματος μιας κατασκευής πρέπει να επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων της σεισμικής συμπεριφοράς του, η οποία οδηγεί σε πρόταξη της απλότητας του φέροντα οργανισμού αλλά και της υπερστατικότητάς του, ώστε να υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι στήριξης και μεταβίβασης της έντασης σε περίπτωση τοπικής αστοχίας [4].

Έτσι έχουμε την εξασφάλιση της πλαισιακής λειτουργίας μεταξύ κατακόρυφων (υποστυλωμάτων) και οριζοντίων (δοκών) φερόντων στοιχείων ακαμψίας καθώς και τη διάταξη επαρκών τοιχωμάτων και στις 2 κύριες διευθύνσεις της κάτοψης του κτιρίου για την ελαχιστοποίηση της στρεπτικής παραμόρφωσης του.

Αντισεισμικός αρμός χρειάζεται πάντα μεταξύ 2 γειτονικών κτιρίων, επειδή αυτά έχουν διαφορετικές δυναμικές ιδιότητες και κατά τη διάρκεια της σεισμικής απόκρισης πρέπει να αποφευχθεί η πρόσκρουση του ενός επί του άλλου (Εικόνα 5).



Εικόνα 5 Αντισεισμικός αρμός μεταξύ 2 κτηρίων [4]

Το εύρος του αντισεισμικού αρμού πρέπει να είναι ίσο τουλάχιστον με το άθροισμα των μέγιστων σεισμικών μετακινήσεων των 2 γειτονικών κτηρίων στις θέσεις των απειλούμενων άμεσα από πιθανή πρόσκρουση υποστυλωμάτων, λαμβάνοντας την υπόψη και της ενδεχόμενης στροφής περί κατακόρυφου άξονα.

Κατά τον Ευρωκώδικα 8 [2], το εύρος του αρμού μεταξύ των κτηρίων ή στατικά ανεξάρτητων μονάδων, εάν γίνεται γραμμική ανάλυση, υπολογίζεται προσεγγιστικά από τις μετακινήσεις που προκαλούνται από τη σεισμική δράση σχεδιασμού, οι οποίες προκύπτουν βάσει των ελαστικών παραμορφώσεων του στατικού συστήματος.

Η ομαλή μεταβολή της ακαμψίας μιας πολυώροφης κατασκευής συντελεί στην ασφαλή παραλαβή της σεισμικής δράσης από το σύνολο του φορέα χωρίς πρόκληση ανάπτυξης υπέρμετρων εντάσεων σε μεμονωμένες θέσεις δοκιμών στοιχείων. Για αυτό και αποφεύγεται η διακοπή της συνέχειας κατακόρυφων στοιχείων ακαμψίας, π.χ. τοιχωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος στον κατώτερο όροφο ή σε ενδιάμεσο και η αντικατάστασή τους με φέροντα στοιχεία μικρότερης ακαμψίας π.χ. υποστυλώματα.

Τα κτίρια θα προστατεύονται έναντι πρόσκρουσης λόγω της σεισμικής διέγερσης της βάσης τους από γειτονικά κτίρια ή από άλλες στατικά ανεξάρτητες πτέρυγες του ίδιου κτιρίου.

Αυτό θεωρείται ότι ικανοποιείται όταν :

- 1) Για κτίρια ή στατικά ανεξάρτητες πτέρυγες, οι οποίες δεν ανήκουν στην ίδια ιδιοκτησία, η απόσταση από το όριο ιδιοκτησίας έως τα σημεία πρόσκρουσης δεν είναι μικρότερη από την μέγιστη μετατόπιση του κτιρίου πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή συμπεριφοράς
- 2) Για κτίρια ή στατικά ανεξάρτητες πτέρυγες, οι οποίες ανήκουν στην ίδια ιδιοκτησία, εάν η απόσταση μεταξύ τους δεν είναι μικρότερη από την τετραγωνική ρίζα του αθροίσματος των

τετραγώνων των μέγιστων οριζόντιων μετατοπίσεων των δύο κτιρίων στο θεωρούμενο ύψος ελέγχου, πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή συμπεριφοράς [2].

Οι αντισεισμικοί αρμοί χρησιμοποιούνται σε :

- 1) Σε μεγάλα κτήρια ή πολυώροφα ώστε να διασπαστεί το κτίριο σε μικρότερα τμήματα επιτρέποντας κινήσεις χωρίς την υπερφόρτωση δομικών στοιχείων.
- 2) Σε γέφυρες και σε μεγάλες κατασκευές υποδομών ώστε να διασφαλιστεί το ενδεχόμενο να αντέχουν τις μετακινήσεις εξαιτίας των σεισμικών δονήσεων.



Εικόνα 6 Αντισεισμικός αρμός σε κτήριο [8]

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού οι αντισεισμικοί αρμοί επιτρέπουν [5]:

- 1) Οριζόντια κίνηση, όπου τα τμήματα του κτιρίου μπορούν να μετακινηθούν προς διαφορετικές κατευθύνσεις χωρίς να προκαλέσουν ρήξεις ή κατάρρευση
- 2) Ελαχιστοποίηση ζημιών. Με την κατανομή των τάσεων και την απορρόφηση της ενέργειας του σεισμού, τα δομικά στοιχεία αντέχουν περισσότερο χωρίς μεγάλες ζημιές.
- 3) Ασφάλεια, η ευελιξία που προσφέρουν οι αρμοί μειώνει τον κίνδυνο τραυματισμών ή απωλειών ζωής αφού τα κτίρια μένουν σταθερά

Με λίγα λόγια οι αντισεισμικοί αρμοί είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια και την ανθεκτικότητα των κτιρίων κατά τον σεισμό. Επίσης επιτρέπουν την ελεγχόμενη κίνηση και μειώνουν τον κίνδυνο καταστροφικών ζημιών συμβάλλοντας στη διατήρηση της ακεραιότητας των κατασκευών και την προστασία των ανθρώπων.

1.3 Σεισμικές δράσεις

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού αναπτύσσονται στο έδαφος οριζόντιες και κατακόρυφες επιταχύνσεις που έχουν ως συνέπεια τη δημιουργία αδρανειακών δυνάμεων στις κατασκευές. Οι οριζόντιες σε σχέση με τις κατακόρυφες θεωρούνται σοβαρές χωρίς βέβαια να σημαίνει ότι δε μπορούν κι αυτές να θεωρηθούν καταστροφικές κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.[3] Η Ελλάδα βρίσκεται σε μια εξαιρετικά σεισμογενή περιοχή για αυτό κι οι σεισμικές δράσεις αποτελούν σπουδαίο ρόλο στο σχεδιασμό των κατασκευών. Ο Ελληνικός Αντισεισμικός Σχεδιασμός 2000 ως νόμος κράτος καλύπτει έργα των οποίων η ενδεχόμενη βλάβη περιορίζεται στο ίδιο έργο και περιέχει τις βασικές απαιτήσεις, τα κριτήρια σχεδιασμού, το μέγεθος των σεισμικών δράσεων και τους συνδυασμούς με άλλες δράσεις και τους κανόνες εφαρμογής για κτιριακά έργα [3]

Ως σεισμικές δράσεις σχεδιασμού θεωρούνται οι ταλαντώσεις του κτιρίου λόγω του σεισμού, οι οποίες ονομάζονται και σεισμικές διεγέρσεις ή σεισμικές δονήσεις. Ανήκουν στις τυχηματικές δράσεις. Ο όρος τυχηματικές δράσεις αφορά συνθήκες οι οποίες μπορεί να εμφανιστούν σε μια κατασκευή ή όχι οι οποίες είναι μη αναμενόμενες.

Η ένταση των σεισμικών διεγέρσεων σχεδιασμού καθορίζεται συμβατικά με μια παράμετρο τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού A ή οποία εξαρτάται ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας της χώρας στην οποία βρίσκεται το έργο.

Η Ελλάδα με βάση τον ΕΑΚ 2000 [2], χωρίζεται σε 3 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας (I, II, III,) τα όρια των οποίων καθορίζονται στο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας. Σε κάθε ζώνη αντιστοιχεί μια τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους η οποία δίνεται από την σχέση $A = \alpha * g$, όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Πίνακας 3 Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας [3]

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III
α	0,16	0,24	0,36

Η εδαφική επιτάχυνση A κλιμακώνεται μέσα στην ίδια ζώνη ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας των έργων, μέσω του συντελεστή σπουδαιότητας (γ_1) όπου παίρνει τις τιμές από 0,85 έως 1,30.

Οι σεισμικές διεγέρσεις σχεδιασμού ορίζονται στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους ως δυο οριζόντιες (κάθετες μεταξύ τους) και μία κατακόρυφη συνιστώσα, στατιστικά ανεξάρτητες

μεταξύ τους, καθορίζονται δε με τη βοήθεια φασμάτων απόκρισης ενός μονοβάθμιου ταλαντωτή.

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής προβλέπεται από τον ΕΑΚ 2000 η εφαρμογή των παρακάτω 2 μεθόδων :

- Δυναμική φασματική μέθοδος. Αποτελείται από μια πλήρη ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, υπολογισμός μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ταλάντωση και τέλος τετραγωνική επαλληλία των μέγιστων ιδιομορφικών αποκρίσεων.
- Απλοποιημένη φασματική ή ισοδύναμη στατική μέθοδος . Στην συγκεκριμένη μέθοδο δε απαιτείται ιδιομορφική ανάλυση, αλλά στηρίζεται σε προσεγγιστική θεώρηση μόνον της θεμελιώδους ιδιομορφής.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς κατά Ευρωκώδικα 8 [2]. (Πίνακας 4)

Πίνακας 4 Μέγιστες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς [3]

ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
1) ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α) Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3,5
	β) Συστήματα τοιχωμάτων που λειτουργούν ως πρόβολοι	3
	γ) Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνολικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους	2
2) ΧΑΛΥΒΑΣ	α) Πλαίσια	4
	β) Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα	4
	γ) Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα	
	1) Διαγώνιοι συνδέσμοι	3
	2) Τύπου V, L	1,5
	3) Τύπου K	1
3) ΤΟΙΧΟΠΟΠΙΑ	α) Με οριζόντια διαζώματα	1,5
	β) Με οριζόντια + κατακόρυφα διαζώματα	2
	γ) Οπλισμένη	2,5
4) ΞΥΛΟ	α) Πρόβολοι	1
	β) Δοκοί - Τόξα - Κολλητά πετάσματα	1,5
	γ) Πλαίσια με κοχλιώσεις	2
	δ) Πετάσματα με ηλιώσεις	3

1.4 Αντισεισμικός Σχεδιασμός

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός είναι η διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής κτιρίων και υποδομών με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να αντέξουν τις δυνάμεις και τις επιδράσεις που προκαλούνται από σεισμούς. Στόχος του είναι να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των ανθρώπων και να ελαχιστοποιηθεί η καταστροφή των δομών κατά τη διάρκεια και μετά από σεισμικά γεγονότα (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίου με την ύπαρξη πυκνού οπλισμού [8]

Οι βασικές αρχές του Αντισεισμικού Σχεδιασμού είναι [5] :

- **Αντοχή.** Οι κατασκευές πρέπει να είναι αρκετά ισχυρές ώστε να αντέχουν τις δυνάμεις που προκύπτουν από τις σεισμικές δονήσεις χωρίς να καταρρεύσουν.
- **Ευκαμψία.** Οι κατασκευές πρέπει να είναι εύκαμπτες ώστε να απορροφούν και να διανέμουν την ενέργεια του σεισμού χωρίς να προκαλείται σοβαρή ζημιά.
- **Ελαστικότητα.** Οι κατασκευές πρέπει να μπορούν να επιστρέψουν στο αρχικό τους σχήμα μετά την παραμόρφωση από τον σεισμό.
- **Ισοσταθμία.** Οι κατασκευές πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο που να αποφεύγεται η ασυμμετρία και οι στρεπτικές δονήσεις που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές.

Οι μέθοδοι και οι τεχνικές του Αντισεισμικού Σχεδιασμού περιλαμβάνουν :

- 1) Χρήση Σεισμικών Κωδίκων: Οι εθνικοί και διεθνείς σεισμικοί κώδικες παρέχουν οδηγίες για το σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων ώστε να αντέχουν τους σεισμούς, παραδείγματα είναι ο Eurocode 8 (Ευρώπη), ο International Building Code (IBC) (ΗΠΑ) και οι τοπικοί κώδικες
- 2) Ανάλυση Σεισμικής Απόκρισης: Οι μηχανικοί χρησιμοποιούν μοντέλα και προσομοιώσεις για να αναλύσουν την απόκριση μιας κατασκευής σε σεισμικές δονήσεις. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι όπως η ανάλυση φάσματος απόκρισης, η χρονοϊστορική ανάλυση και η ισοδύναμη στατική ανάλυση.
- 3) Σχεδιασμός με Μηχανισμούς Απορρόφησης Ενέργειας: Περιλαμβάνει την εγκατάσταση συστημάτων αποσβεστών ενέργειας (dampers) που απορροφούν την ενέργεια του σεισμού και μειώνουν την καταπόνηση της κατασκευής. καθώς και την χρήση συστημάτων σεισμικής μόνωσης (base isolation) που διαχωρίζουν τη δομή από τις δονήσεις του εδάφους.
- 4) Ενίσχυση Δομικών Στοιχείων. Ενίσχυση των τοιχοποιιών, των στηλών και των δοκών με υλικά υψηλής αντοχής, με τη χρήση ινοπλισμένων πολυμερών (FRP) για την αύξηση της ανθεκτικότητας των υφιστάμενων κατασκευών.
- 5) Σχεδιασμός με Ισοσταθμισμένη Διαμόρφωση. Χρησιμοποιείται για την αποφυγή ασύμμετρων σχεδίων που μπορούν να προκαλέσουν στρέψη και αυξημένη καταπόνηση σε συγκεκριμένα μέρη της κατασκευής

Οι μέθοδοι Ανάλυσης χωρίζονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες, την Στατική και την Δυναμική.

→ Στην Στατική Ανάλυση ανήκει η Ισοδύναμη στατική ανάλυση, η οποία χρησιμοποιείται για απλές κατασκευές όπου υπολογίζεται η ισοδύναμη στατική δύναμη που ασκείται στη δομή από τον σεισμό.

→ Στην Δυναμική Ανάλυση ανήκουν :

- Ανάλυση Φάσματος Απόκρισης: Υπολογίζει την απόκριση της κατασκευής σε διάφορες συχνότητες σεισμικών δονήσεων χρησιμοποιώντας φάσματα απόκρισης.

- **Ανάλυση Χρονοϊστορίας:** Μια λεπτομερής μέθοδος που περιλαμβάνει την εφαρμογή καταγεγραμμένων σεισμικών δεδομένων στη δομή και την ανάλυση της απόκρισης με την πάροδο του χρόνου.
- **Ανάλυση με Πολλαπλούς Τρόπους (Modal Analysis):** Εξετάζει τους κύριους τρόπους δόνησης της κατασκευής και την απόκριση σε κάθε έναν από αυτούς.

1.5 Μεταλλικά πλαίσια

Τα μεταλλικά πλαίσια είναι κατασκευές που χρησιμοποιούνται σε διάφορες τομείς, όπως στην αρχιτεκτονική, στη βιομηχανία και στην κατασκευή μηχανημάτων. Τα μεταλλικά πλαίσια μπορούν να είναι από διάφορα είδη μετάλλων, όπως χάλυβα, αλουμίνιο, ή σίδηρο, και έχουν διάφορες εφαρμογές λόγω της αντοχής και της ευελιξίας τους.

Πιο συγκεκριμένα τα μεταλλικά πλαίσια (Εικόνα 7) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για :

- **Κατασκευές κτιρίων.** Είναι συχνά ο βασικός σκελετός πολλών κτιρίων, ιδιαίτερα σε ουρανοξύστες και βιομηχανικά κτήρια.
- **Γέφυρες.** Παρέχει αντοχή και ευκαμψία επιτρέποντας την κατασκευή μακριών και ανθεκτικών γεφυρών.
- **Μηχανήματα.** Παρέχουν δομική υποστήριξη και προστασία στα εσωτερικά εξαρτήματα.
- **Επιπλοποιία.** Χρησιμοποιούνται σε έπιπλα, προσφέροντας μοντέρνα αισθητική και ανθεκτικότητα.

Τα πλεονεκτήματα που έχουν τα μεταλλικά πλαίσια είναι τα εξής :

- 1) **Αντοχή και Διάρκεια:** Τα μεταλλικά πλαίσια είναι πολύ ανθεκτικά και μπορούν να αντέξουν βαριά φορτία και ακραίες καιρικές συνθήκες.
- 2) **Ευελιξία στο Σχεδιασμό:** Μπορούν να διαμορφωθούν και να προσαρμοστούν σε πολλές διαφορετικές μορφές και σχέδια.
- 3) **Ανακύκλωση:** Τα μέταλλα μπορούν να ανακυκλωθούν, καθιστώντας τα μια βιώσιμη επιλογή για τις κατασκευές και άλλες εφαρμογές.



Εικόνα 8 Πρόσοψη ενός μεταλλικού κτηρίου [8]

Οι τύποι των μετάλλων που χρησιμοποιούνται είναι :

- Χάλυβας. Ο πιο κοινός τύπος μετάλλου, χρησιμοποιείται σε δομικά στοιχεία όπως δοκοί και κολόνες.
- Αλουμίνιο. Είναι ελαφρύτερο από τον χάλυβα και ανθεκτικό στη διάβρωση. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές όπου το βάρος είναι κρίσιμος παράγοντας, πχ στις κατασκευές αεροσκαφών και οχημάτων.
- Ανοξειδωτος χάλυβας. Είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και έχει υψηλή αντοχή. Είναι ιδανικός για περιβάλλοντα με υγρασία ή χημική έκθεση.

Σπίτια κατασκευασμένα με σκελετό από μεταλλικά (χαλύβδινα) πλαίσια αποτελούν την καλύτερη επιλογή όχι μόνο λόγω της μεγάλης τους αντοχής αλλά και για τον υψηλό βαθμό αντισεισμικότητας λόγω τις ιδιότητες του χάλυβα. Ο χάλυβας είναι ένα υλικό που συνδυάζει μεγάλη δομική αντοχή, χαμηλό βάρος και ελασιμότητα.

Ο όρος ελασιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα του μετάλλου να διαχειρίζεται την πίεση χωρίς να σπάσει ή να εμφανίσει ρωγμές. Επομένως ο χάλυβας μπορεί να κάμπτεται και να δέχεται μεγάλα φορτία πίεσης χωρίς να ραγίζει.

Έτσι ένα κτίριο κατασκευασμένο από χάλυβα μπορεί να απορροφήσει πολύ πιο αποτελεσματικά τους κραδασμούς που προκαλεί η δόνηση του εδάφους κατά τη διάρκεια

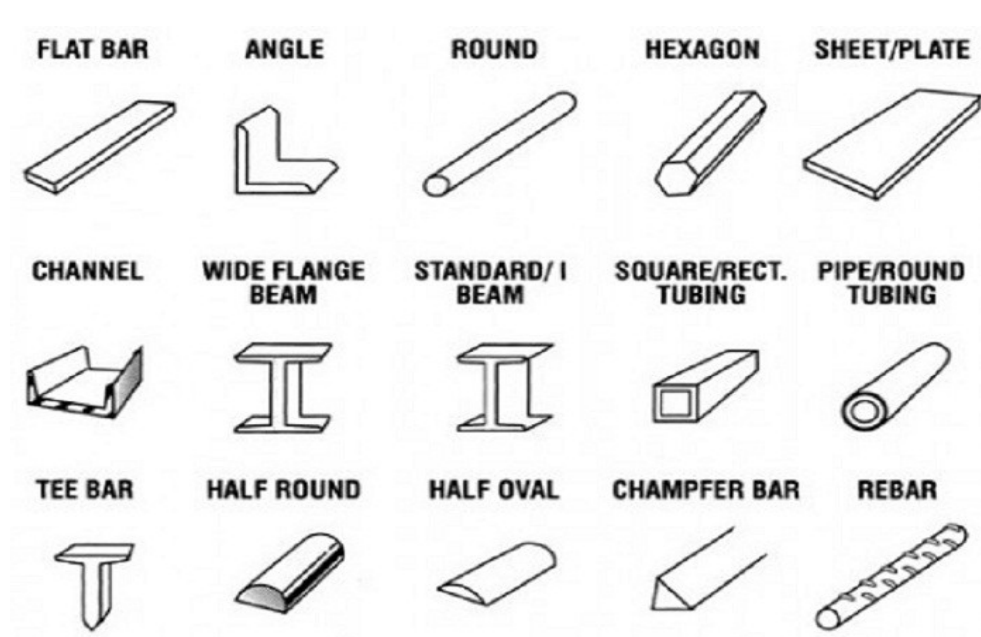
ενός σεισμού, μειώνοντας τον κίνδυνο κατάρρευσης, το κόστος ζημιών και την πιθανότητα τραυματισμών.

Η σεισμική δόνηση είναι ουσιαστικά μια δύναμη αδράνειας που προκαλείται από μια επιταχυνόμενη μάζα. Αυτό σημαίνει πως όσο μικρότερη είναι η μάζα ενός κτιρίου τόσο μικρότερη είναι και η δόνηση που προκαλεί ο σεισμός.

Ένα κτίριο με μεταλλικό σκελετό έχει πολύ μικρότερη μάζα και βάρος από οποιαδήποτε κατασκευή με μπετόν. Ως αποτέλεσμα εκδηλώνει πολύ μεγαλύτερη αντισεισμικότητα.

Επίσης είναι πολύ ανθεκτικότερο και πιο στιβαρό από ένα σπίτι κατασκευασμένο από ξύλο.

Ένα πλαίσιο από χαλύβδινο σκελετό έχει διάρκεια ζωής 250 ετών χωρίς καμία ανάγκη συντήρησης



Εικόνα 9 Είδη χάλυβα [3]

1.6 Μηκίδες

Οι μηκίδες είναι ένα αρχιτεκτονικό και κατασκευαστικό στοιχείο που χρησιμοποιείται κυρίως σε ξύλινες κατασκευές και συγκεκριμένα σε ξύλινες σκεπές αλλά και σε μεταλλικά πλαίσια. Η μηκίδα είναι μια κεκλιμένη δοκός που υποστηρίζει τη σκεπή και συνδέεται με τη δοκό της κορυφής (το ανώτερο τμήμα της σκεπής) και τα πλευρικά τοιχώματα του κτιρίου. Η επιλογή του υλικού για τις μηκίδες εξαρτάται από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της κατασκευής όπως το φορτίο που πρέπει να υποστηρίξουν, οι καιρικές συνθήκες και η επιθυμητή διάρκεια ζωής της κατασκευής.



Εικόνα 10 Μηκίδες τύπου C [8,10,11]

Τα προϊόντα με διατομή Z ή C εφαρμόζονται σε λεπτότοιχες διατομές και παρέχουν ένα ελαφρύ και οικονομικό σύστημα υποστήριξης για επικαλύψεις και πλαγιοκαλύψεις κτιρίων με μεταλλικό σκελετό[3]. Χαρακτηρίζονται ως λεπτότοιχες διατομές και η μελέτη - ανάλυση γίνεται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 [1].

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μηκίδων είναι :

- 1) Υποστήριξη σκεπής. Οι μηκίδες μεταφέρουν το φορτίο της σκεπής στα πλευρικά τοιχώματα, εξασφαλίζοντας στη σταθερότητα και την αντοχή της κατασκευής.
- 2) Κλίση σκεπής: Καθορίζουν την κλίση της σκεπής, η οποία είναι σημαντική για την αποστράγγιση του νερού και του χιονιού.
- 3) Υλικά κατασκευής: Συνήθως κατασκευάζονται από ξύλο, αλλά μπορούν να κατασκευαστούν και από μέταλλο ή σκυρόδεμα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατασκευής.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των μεταλλικών μηκίδων είναι :

- 1)Αντοχή σε καιρικές συνθήκες: Οι μεταλλικές μηκίδες είναι ανθεκτικές στη διάβρωση, τις θερμοκρασιακές μεταβολές και την υγρασία, καθιστώντας τις ιδανικές για χρήση σε σκληρά περιβάλλοντα.
- 2)Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής: Το μέταλλο, ειδικά όταν προστατεύεται από τη διάβρωση, έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με το ξύλο.
- 3)Υψηλή αντοχή: Οι μεταλλικές μηκίδες μπορούν να υποστηρίξουν μεγαλύτερα φορτία, κάνοντάς τις κατάλληλες για βιομηχανικές και μεγάλες κατασκευές

1.7 Τεγίδες

Οι τεγίδες είναι ένα σημαντικό στοιχείο στη δομική κατασκευή, ιδίως σε σκεπές και οροφές. Πρόκειται για οριζόντιες δοκούς που τοποθετούνται πάνω από τις κύριες κολώνες ή τα κύρια πλαίσια της κατασκευής και υποστηρίζουν τα υλικά κάλυψης της σκεπής, όπως τα κεραμίδια, τα μεταλλικά φύλλα ή άλλα υλικά κάλυψης.



Εικόνα 11 Τεγίδες τύπου Z [8,10,11]

Τα προϊόντα των μεταλλικών διατομών τύπου Z διαμορφώνονται από έλασμα γαλβανισμένο υψηλής αντοχής ώστε να παρέχουν ένα αποτελεσματικό, ελαφρύ και οικονομικό σύστημα για επικαλύψεις και πλαγιοκαλύψεις κτιρίων με μεταλλικό σκελετό. Οι τεγίδες Z παρέχουν δυνατότητα αλληλοεπικάλυψης της μιας τεγίδας με την άλλη

Τα βασικά χαρακτηριστικά των τεγίδων είναι [3] :

- 1) Στήριξη της σκεπής: Οι τεγίδες παρέχουν την απαραίτητη στήριξη για τα υλικά κάλυψης της σκεπής, εξασφαλίζοντας τη σταθερότητα και την αντοχή της.
- 2) Κατανομή φορτίων: Μεταφέρουν τα φορτία από τη σκεπή στις κύριες δοκούς ή στα πλαίσια, βοηθώντας στην ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων.
- 3) Υλικά κατασκευής: Οι τεγίδες μπορούν να κατασκευαστούν από ξύλο, χάλυβα, αλουμίνιο ή σκυρόδεμα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατασκευής.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των τεγίδων είναι :

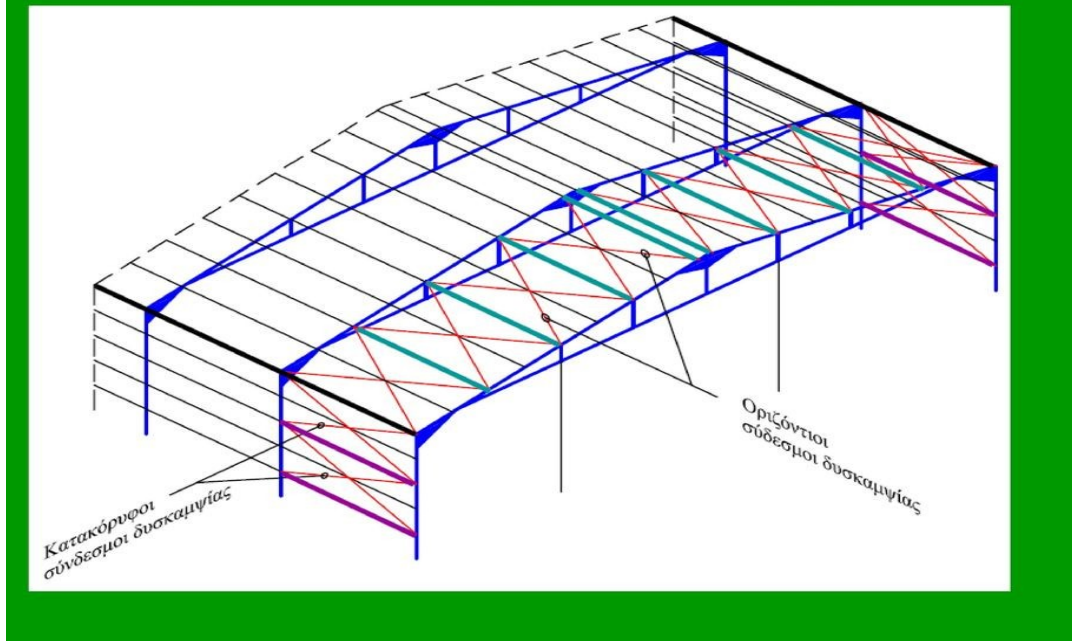
- 1) Ευελιξία στο σχεδιασμό: Επιτρέπουν ευέλικτους σχεδιασμούς σκεπών, υποστηρίζοντας διαφορετικά υλικά και μορφές.
- 2) Αντοχή και διάρκεια: Οι τεγίδες κατασκευασμένες από κατάλληλα υλικά προσφέρουν αντοχή και μακροχρόνια σταθερότητα.
- 3) Εύκολη τοποθέτηση: Μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα και γρήγορα, μειώνοντας τον χρόνο κατασκευής.

Η βασική διαφορά των τεγίδων από των μηκίδων είναι ότι οι τεγίδες τοποθετούνται οριζόντια και υποστηρίζουν τα υλικά κάλυψης της σκεπής ενώ οι μηκίδες τοποθετούνται κάθετα και υποστηρίζουν τη συνολική δομή της σκεπής, συνδέοντας τις τεγίδες με κύριες δοκούς ή τα πλευρικά τοιχώματα

1.8 Σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας (ή σύνδεσμοι διατμητικής ακαμψίας) είναι δομικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές για να προσφέρουν πρόσθετη ακαμψία και σταθερότητα, ιδίως στις πλευρικές δυνάμεις, όπως αυτές που προκαλούνται από τον άνεμο ή τους σεισμούς. Αυτοί οι σύνδεσμοι τοποθετούνται συνήθως σε μεταλλικά ή ξύλινα πλαίσια για να αποτρέψουν την παραμόρφωση ή την κατάρρευση της κατασκευής υπό πλευρικές δυνάμεις. Μπορούν να κατασκευαστούν από χάλυβα, αλουμίνιο, ξύλο ή άλλα υλικά ανάλογα με τις ανάγκες της κατασκευής.

Σύνδεσμοι δυσκαμψίας



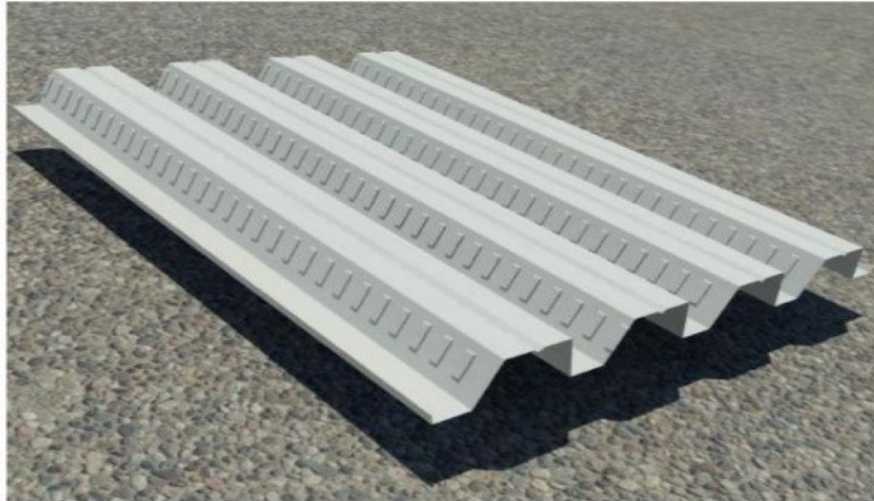
Εικόνα 12 Βασικά στοιχεία φέροντος οργανισμού [3]

Τα βασικά πλεονεκτήματα των συνδέσμων δυσκαμψίας είναι ότι [3] :

- 1) Αυξάνουν την ικανότητα της κατασκευής να αντέχει σε πλευρικές δυνάμεις όπως σεισμικές δονήσεις και ισχυρούς ανέμους.
- 2) Μειώνουν την παραμόρφωση της κατασκευής, βελτιώνοντας βέβαια και τη συνολική σταθερότητα και ασφάλεια.
- 3) Μπορούν να ενσωματωθούν σε διάφορα είδη κατασκευών τόσο σε νέα έργα όσο και σε ανακαινίσεις.

1.9 Χαλυβδόφυλλα

Τα χαλυβδόφυλλα (Εικόνα 13) είναι λεπτές, επίπεδες πλάκες από χάλυβα που χρησιμοποιούνται σε διάφορες κατασκευαστικές και βιομηχανικές εφαρμογές [3,4]. Πρόκειται για ένα από τα πιο διαδεδομένα και ευέλικτα υλικά στη βιομηχανία, χάρη στην αντοχή, την ανθεκτικότητα και τις πολλές διαφορετικές χρήσεις τους. Χρησιμοποιούνται στις κατασκευές κτιρίων γεφυρών και άλλων δομικών έργων.



Εικόνα 13 Χαλυβδόφυλλα [8,10,11]

Μπορούν να κοπούν, να λυγίσουν και να προστατευτούν από τη διάβρωση και τη σκουριά. Είναι πλήρως ανακυκλώσιμα και συμβάλλουν στην μείωση των αποβλήτων και στη προστασία του περιβάλλοντος. Το άνω πέλμα είναι ενισχυμένο έναντι τοπικού λυγισμού με μια ενδιάμεση ενίσχυση στο μέσο του. Στον κορμό υπάρχουν νευρώσεις οι οποίες προσδίδουν συνάφεια μεταξύ χαλυβδόφυλλου και σκυροδέματος ώστε να μεταφέρονται οι δυνάμεις διαμήκους διάτμησης που αναπτύσσονται μεταξύ των 2 υλικών

Παράγονται με τα υψηλά επίπεδα εργοστασίου σε πάχη από 0,75 έως 1,25mm. Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται είναι υψηλής ποιότητας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 και έχει την δυνατότητα βαφής.

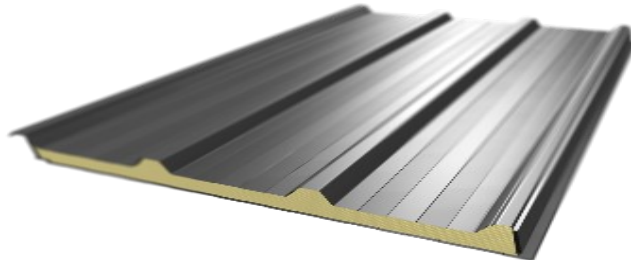
1.10 Πάνελ επικάλυψης

Τα πάνελ επικάλυψης είναι δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη και την προστασία επιφανειών, συνήθως σε κτίρια και άλλες κατασκευές. Μπορούν να είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά, όπως μέταλλο, ξύλο, πλαστικό, γυαλί ή σύνθετα υλικά, και χρησιμοποιούνται τόσο σε εξωτερικές όσο και σε εσωτερικές εφαρμογές.

Κύριοι τύπου πάνελ επικάλυψης :

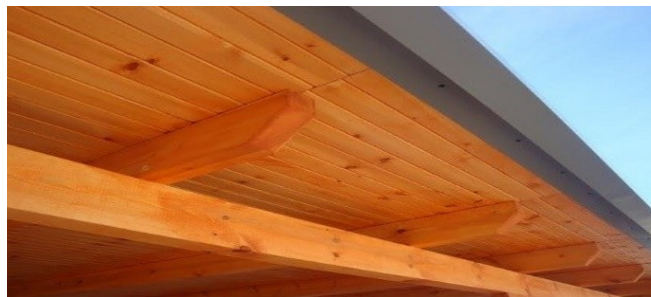
1) Μεταλλικά Πάνελ.

Είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο (Εικόνα 14), χάλυβα ή άλλα μέταλλα. Χρησιμοποιούνται σε εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια και προσφέρουν υψηλή αντοχή και προστασία από καιρικές συνθήκες [10,11].



Εικόνα 14 Μεταλλικό πάνελ οροφής [10,11]

2) Ξύλινα Πάνελ Επικάλυψης (Εικόνα 15). Είναι κατασκευασμένα από φυσικό ξύλο ή επεξεργασμένο ξύλο. Χρησιμοποιούνται σε οικιστικά κτίρια για αισθητική και μονωτική αξία. και χρειάζονται συντήρηση για την αποφυγή φθοράς από την υγρασία και τους οργανισμούς



Εικόνα 15 Πάνελ από ξύλο [5]

3) Πλαστικά Πάνελ Επικάλυψης (Εικόνα 16). Είναι κατασκευασμένα από PVC ή άλλα συνθετικά υλικά. Χρησιμοποιούνται σε υγρούς χώρους όπως μπάνια και κουζίνες και είναι ανθεκτικά σε υγρασία και τη διάβρωση.



Εικόνα 16 Πλαστικό Πάνελ [10,11]

4)Γυάλινα Πάνελ Επικάλυψης (Εικόνα 17). Είναι κατασκευασμένα από γυαλί.Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη δημιουργία φεγγιτών ή προσόψεων σε σύγχρονα κτίρια και παρέχουν φυσικό φως και μοντέρνα αισθητική.



Εικόνα 17 Πάνελ από γυαλί LED υψηλής τεχνολογίας [5]

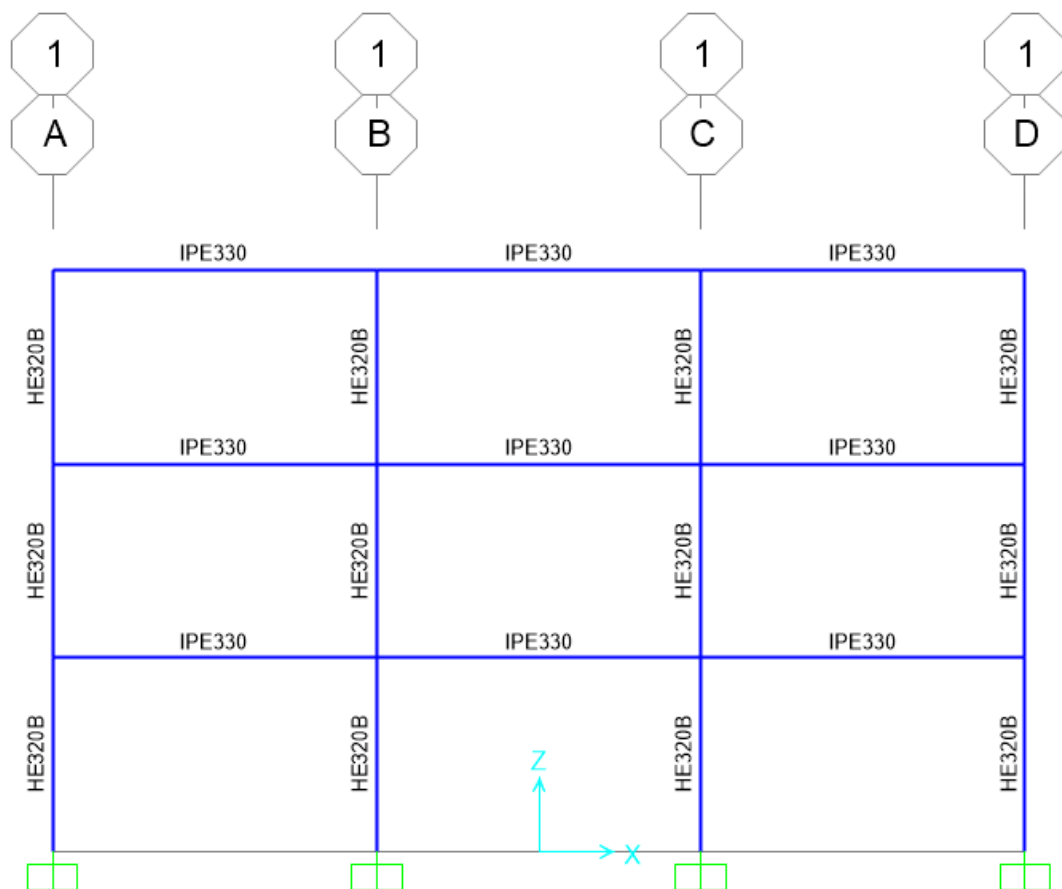
5)Σύνθετα Πάνελ Επικάλυψης. Είναι κατασκευασμένα από συνδυασμό υλικών όπως αλουμίνιο και πολυουρεθάνη και προσφέρουν συνδυασμό αντοχής, μόνωσης και αισθητικής.

Με λίγα λόγια τα πάνελ επικάλυψης προσφέρουν θερμική και ηχητική μόνωση. Υπάρχουν σε διάφορα χρώματα και σχέδια και προστατεύουν τις επιφάνειες από καιρικές συνθήκες φθοράς και διάβρωσης και φυσικά είναι εύκολα στην εγκατάσταση τους.

Κεφάλαιο 2 : Μεθοδολογία

Μελετάται 3ώροφη κατασκευή με ύψος 3μέτρα, με 3 ανοίγματα πλάτους 5μ με τη χρήση του SAP 2000. Το SAP 2000 είναι ένα πρόγραμμα που δημιουργεί αυτόματα και εφαρμόζει στην κατασκευή σεισμικά φορτία ανέμου, σύμφωνα με εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς. Το πρόγραμμα διαθέτει επίσης μια προηγμένη γεννήτρια κινητών φορτίων , που επιτρέπει στον χρήστη να εφαρμόζει κινητά φορτία στα πλαίσιακά και επιφανειακά στοιχεία της κατασκευής.

Από δοκιμές επάρκειας επιλέχθηκαν οι διατομές που παρουσιάζονται στην εικόνα 18. Πιο συγκεκριμένα τα υποστυλώματα είναι διατομής HEB320 και οι δοκοί IPE330 κατηγορίας χάλυβα S355. Να σημειωθεί ότι το κτήριο είναι πακτωμένα καθώς θεωρήθηκε ότι η κατασκευή έχει θεμελίωση σε βράχο (έδαφος B). Ο φορέας σχεδιάσθηκε κατά Ευρωκώδικα 3 [1] και Ευρωκώδικα 8 [2], ώστε να είναι αντέχει τη σεισμική κίνηση 0.24g. Ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι $q=4$, όπως ορίζεται για καμπτικά μεταλλικά πλαίσια, πλαστιμότητας μέσης

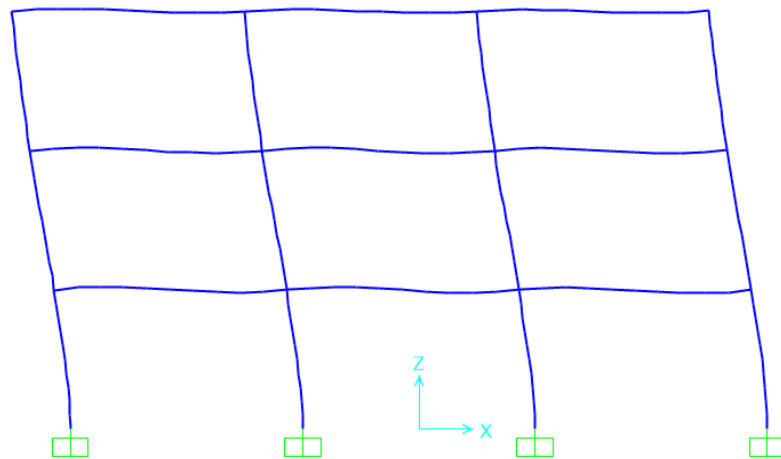


Εικόνα 18 Υπό μελέτη κατασκευή [12]

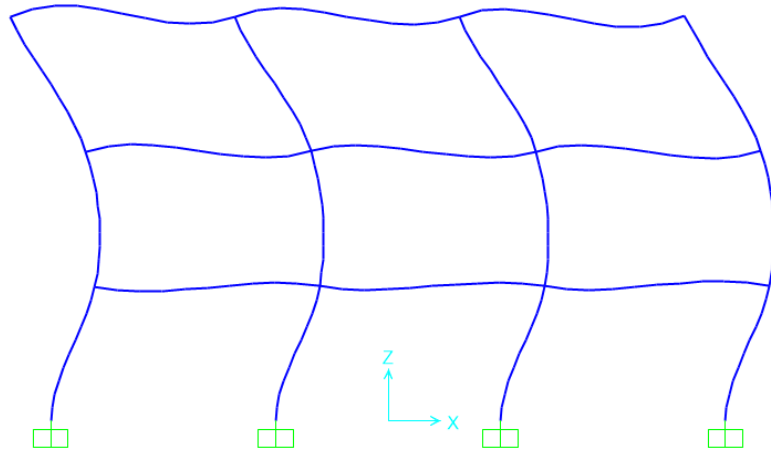
Στην συνέχεια ορίστηκαν τα φορτία μόνιμα και κινητά (g,q) χρησιμοποιώντας τους πίνακες Czerny για να μοιραστούν στις δοκούς και λήφθηκε υπόψη η παρουσία σύσμηκτης πλάκας.

Ακολουθεί η πρώτη και η δεύτερη ιδιομορφή του φορέα και παρουσιάζονται τα διαγράμματα αξονικών, τεμνουσών και ροπών για το συνδυασμό 1.35G+1.5Q.

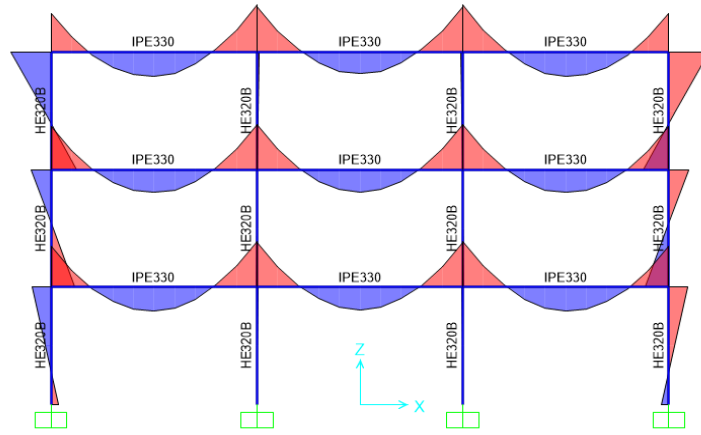
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0,22578; f = 4,4291



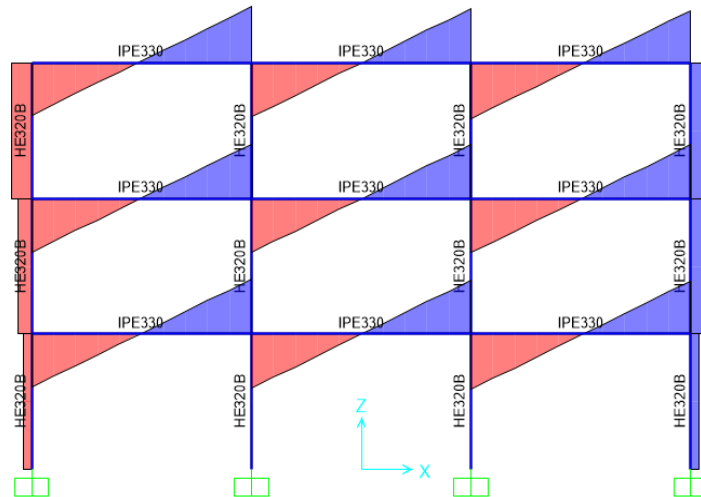
Εικόνα 19 Πρώτη ιδιομορφή[12]



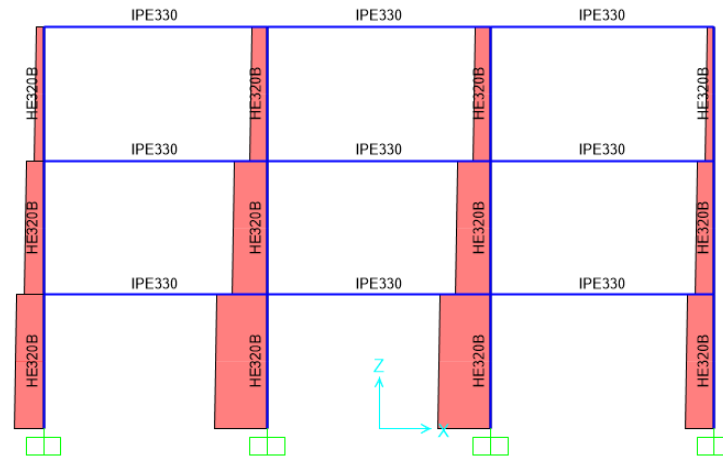
Εικόνα 20 Δεύτερη ιδιομορφή [12]



Εικόνα 21 Διάγραμμα ροπών για 1.35G+1.5Q [12]



Εικόνα 22 Διάγραμμα τεμνουσών για 1.35G+1.5Q [12]



Εικόνα 23 Διάγραμμα αξονικών για 1.35G+1.5Q [12]

Η κατασκευή υποβλήθηκε σε μη γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας και ο φορέας υποβλήθηκε στις παρακάτω καταγραφές. (Εικόνα 21) Επίσης εφαρμόστηκαν πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των μελών για να ληφθεί υπόψη η μη γραμμικότητα.

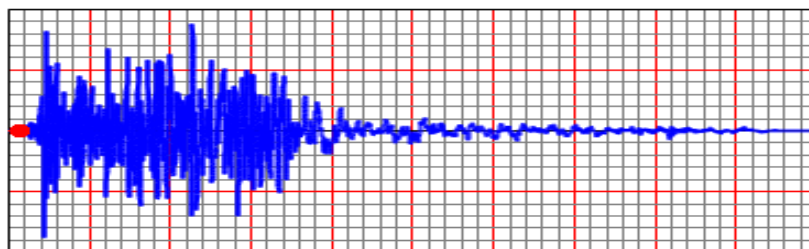
No.	Seismic Sequence	Station	Component	Date (Time)	Magnitude (ML)	Ia (m/s)	Recorded PGA(g)
1	Mammoth Lakes	54099 Convict Creek	N-S	25 May 1980 (16:34)	6.1	2.619	0.442
				25 May 1980 (16:49)	6.0	0.1967	0.178
				25 May 1980 (19:44)	6.1	0.348	0.208
				25 May 1980 (20:35)	5.7	1.088	0.432
				27 May 1980 (14:51)	6.2	0.511	0.316
2	Chalfant Valley	54428 Zack Brothers Ranch	E-W	20 July 1986 (14:29)	5.9	0.526	0.285
				21 July 1986 (14:42)	6.3	1.932	0.447
3	Coalinga	46T04 CHP	N-S	22 July 1983 (02:39)	6.0	0.826	0.605
				25 July 1983 (22:31)	5.3	1.448	0.733
4	Imperial Valley	5055 Holtville P.O.	HPV315	15 October 1979 (23:16)	6.6	0.841	0.221
				15 October 1979 (23:19)	5.2	0.1340	0.211
5	Whittier Narrows	24401 San Marino	N-S	1 October 1987 (14:42)	5.9	0.303	0.204
				4 October 1987 (10:59)	5.3	0.175	0.212

Εικόνα 24 Σεισμικές καταγραφές [9]

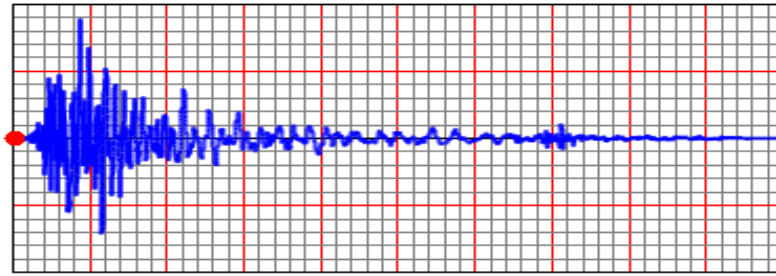
Το μηχάνημα καταγραφής έχει ήδη μετρήσει τις επιταχύνσεις του εδάφους οι οποίες φαίνονται πιο πάνω με τις ονομασίες τους και με τα scale factor τους, ώστε να είναι συμβατές με το σχεδιασμό 0.24g (Ζώνη II). Αρχικά είναι ο πρώτος σεισμός που δέχθηκε κάθε περιοχή και έπειτα οι μετασεισμοί. Στην τελευταία εικόνα είναι η σεισμική ακολουθία.

→ MAMMOTH Lakes

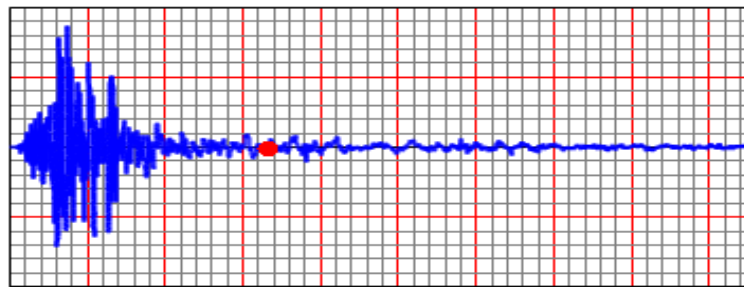
Scale factor → $(0,24/0,442) * 9,81 = 5,327$



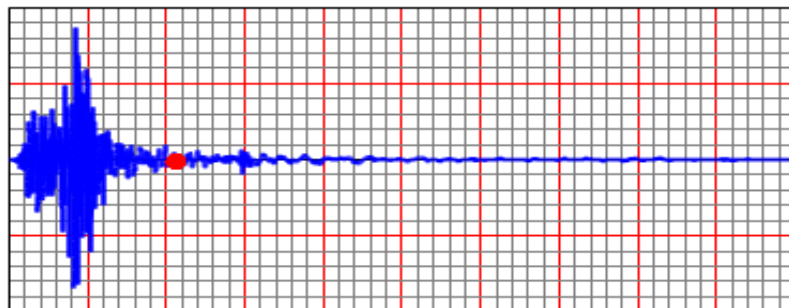
Εικόνα 25 25 May 1980 (16:34) [12]



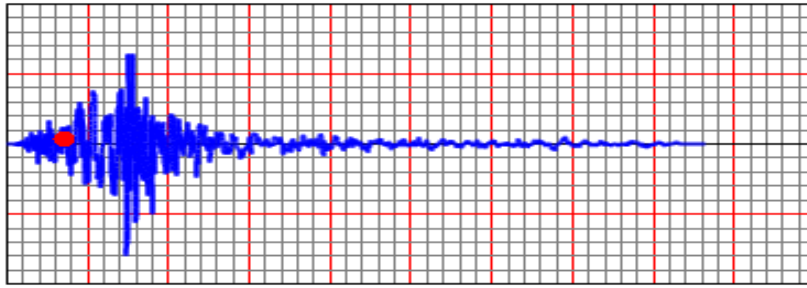
Εικόνα 26 25 May 1980 (16:49) [12]



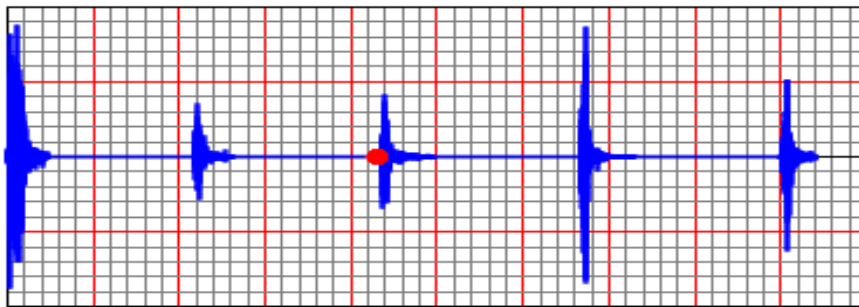
Εικόνα 27 25 May 1980 (20:35) [12]



Εικόνα 28 25 May 1980 (16:49) [12]



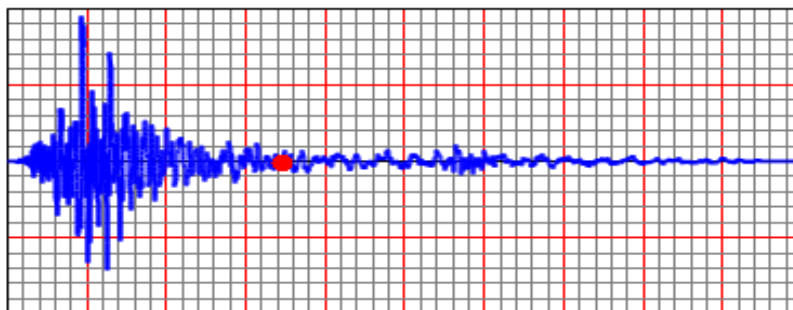
Εικόνα 29 27 May 1980 (14:51) [12]



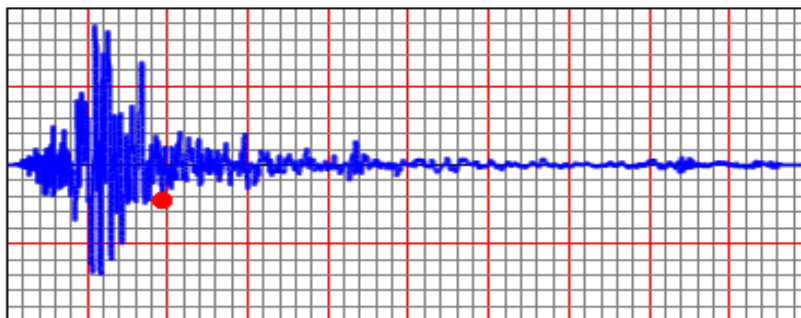
Εικόνα 30 Σεισμική ακολουθία [12]

→CHALFANT

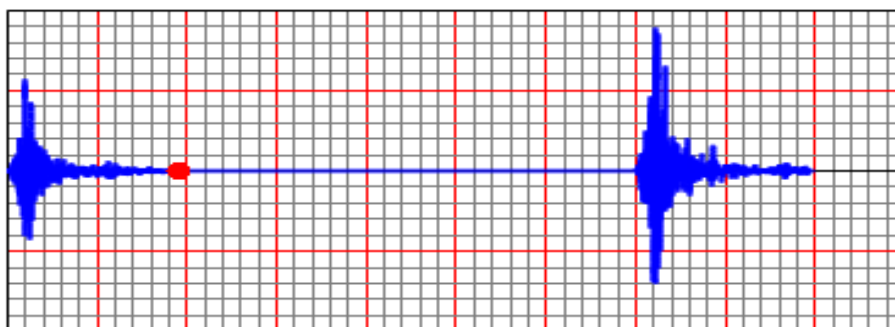
→Scale factor $(0,24/0,447)*9,81= 5,267$



Εικόνα 31 20 July 1986 (14:29) [12]



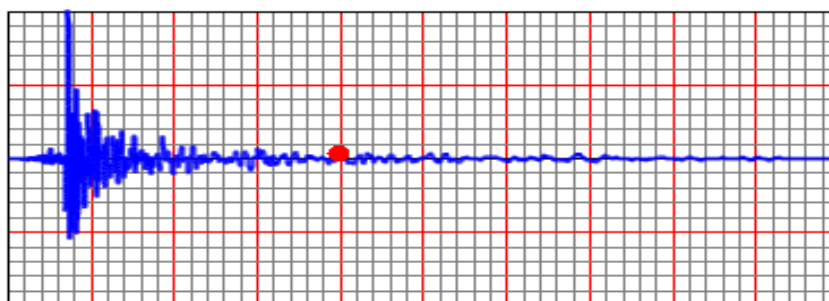
Εικόνα 32 21 July 1986 (14:42) [12]



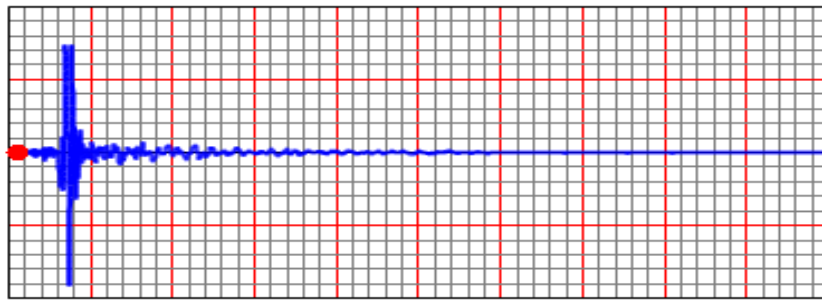
Εικόνα 33 Σεισμική ακολουθία [12]

→COALINGA

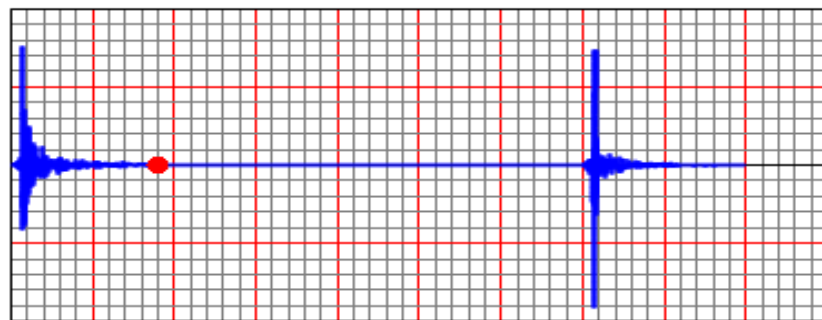
→Scale factor $(0,20/0,447)*9,81=3,712$



Εικόνα 34 22 July 1983 (02:39) [12]



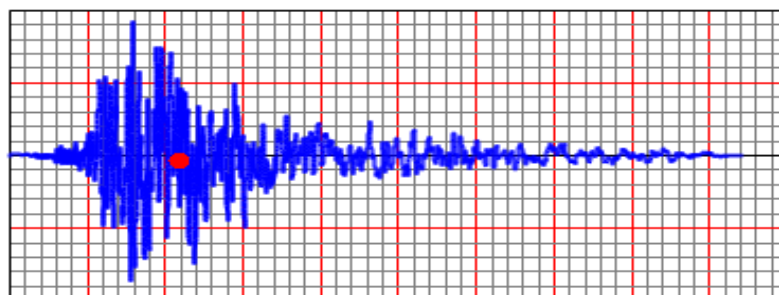
Εικόνα 35 25 July 1983 (22:31) [12]



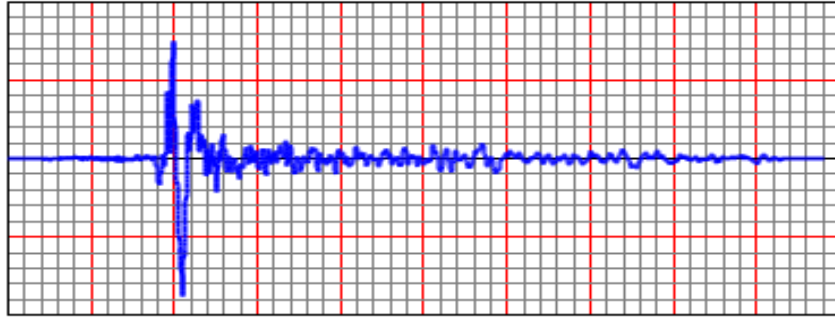
Εικόνα 36 Σεισμική ακολουθία [12]

→IMPERIAL VALLEY

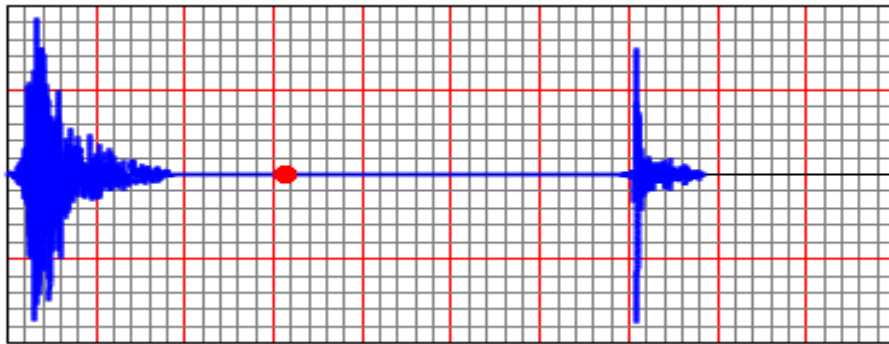
$$\rightarrow(0,24/0,221)*9,81 = 10,653$$



Εικόνα 37 15 October 1979 (23:16) [12]



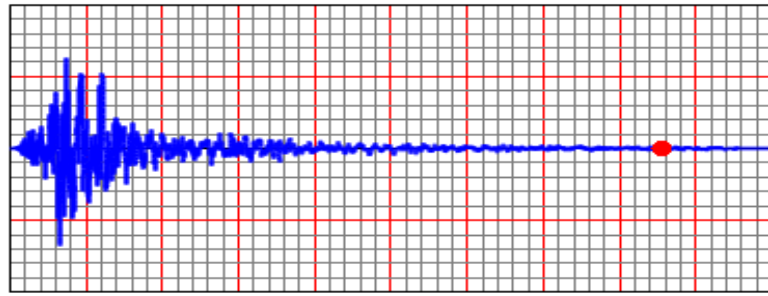
Εικόνα 38 15 October 1979 (23:19) [12]



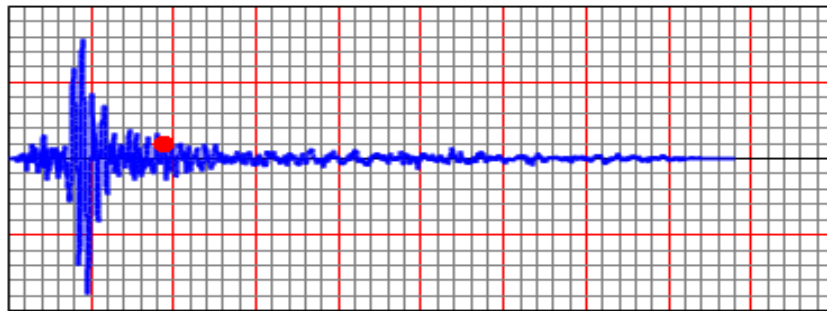
Εικόνα 39 Σεισμική ακολουθία [12]

→WHITTIER NARROWS

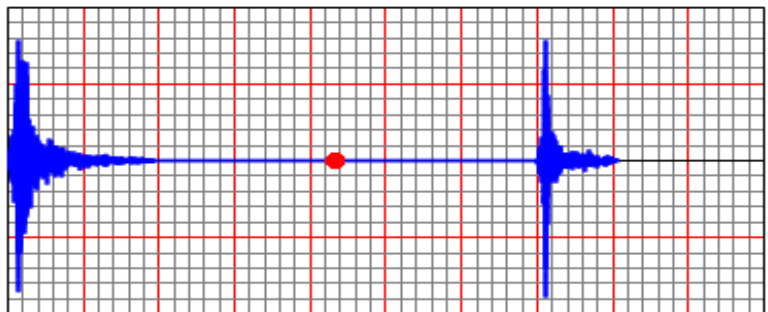
→ $(0,20/0,212)*9,81= 11,105$



Εικόνα 40 1 October 1987 (14:42) [12]



Εικόνα 41 4 October 1987 (10:59) [12]



Εικόνα 42 Σεισμική ακολουθία [12]

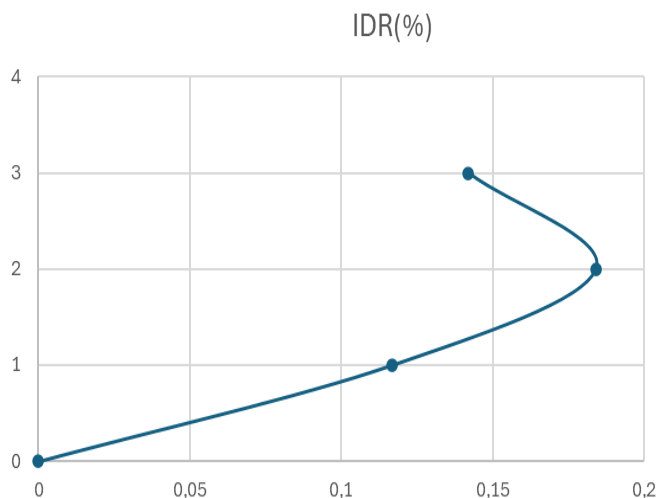
Κεφάλαιο 3 : Αποτελέσματα και Σχολιασμοί

Γενικά το RIDR ορίζεται ως η μετακίνηση κόμβου πάνω μείον την μετακίνηση κόμβου κάτω δια το ύψος ορόφου επί 100% και πρέπει να είναι μικρότερη απο 0,5% και μας δείχνει τι έγινε όταν τελείωσε ο σεισμός ενώ το IDR είναι η μετακίνηση ενός ορόφου σε σχέση με τον άλλον η οποία πρέπει να είναι μικρότερη του 3,5%.

● MAMMOTH LAKES

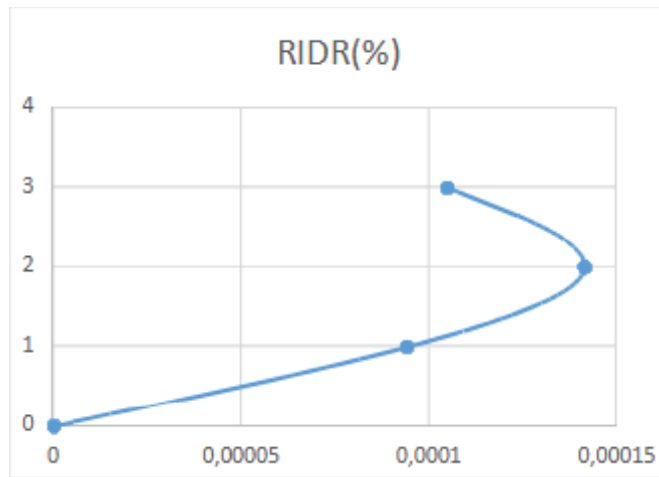
- Σεισμική κίνηση 1: 25 May 1980 (16:34)

Το διάγραμμα IDR (Εικόνα 43): Το διάγραμμα δείχνει τη μέγιστη μετατόπιση μεταξύ των ορόφων κατά τη διάρκεια του σεισμού με μέγιστη τιμή 0,18. Οι τιμές φαίνεται να είναι εντός αποδεκτών ορίων.



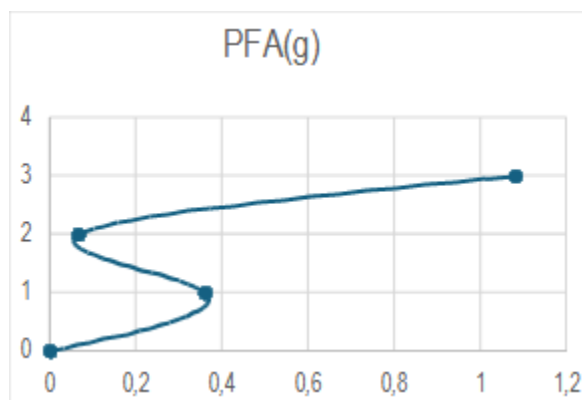
Εικόνα 43 Διάγραμμα IDR (%)

Το διάγραμμα RIDR (Εικόνα 44) δείχνει την παραμένουσα μετατόπιση μεταξύ των ορόφων μετά το σεισμό. Οι τιμές είναι σημαντικά μικρότερες από τις αντίστοιχες IDR, υποδεικνύοντας καλή ικανότητα επαναφοράς της κατασκευής.



Εικόνα 44 Διάγραμμα RIDR (%)

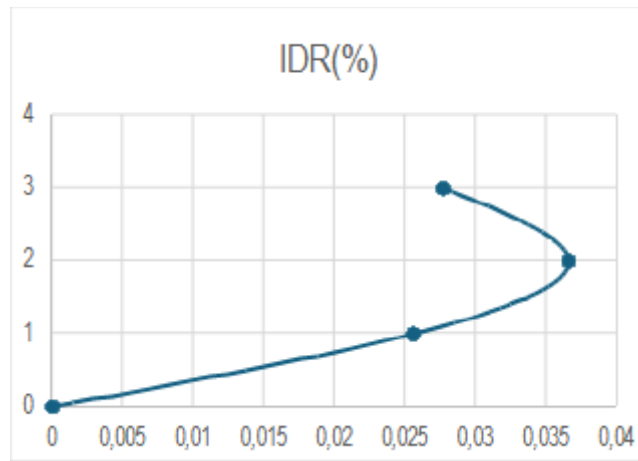
Το διάγραμμα PFA (Εικόνα 45) δείχνει τη μέγιστη επιτάχυνση σε κάθε όροφο. Παρατηρείται μια αύξηση της επιτάχυνσης με το ύψος του κτιρίου, που είναι τυπικό φαινόμενο λόγω της ενίσχυσης της κίνησης στους ανώτερους ορόφους.



Εικόνα 45 Διάγραμμα PFA (g)

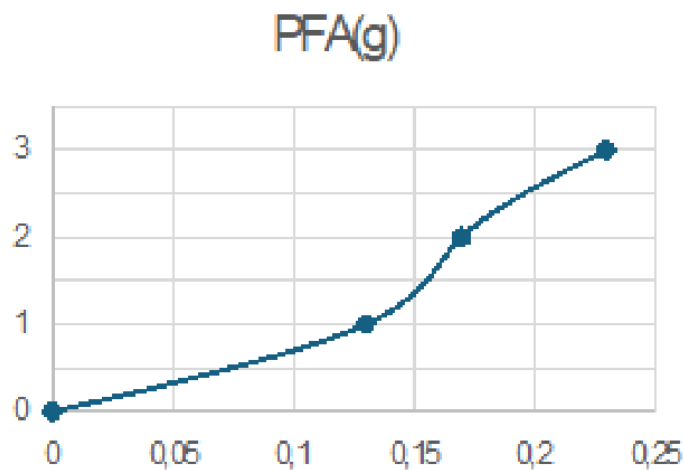
- **Σεισμική κίνηση 2: 25 May 1980 (16:49)**

Το διάγραμμα IDR (Εικόνα 46): δείχνει παρόμοια χαρακτηριστικά με το προηγούμενο, αλλά με ελαφρώς διαφορετικές τιμές. Η μέγιστη τιμή παραμένει στον 2ο όροφο, αλλά φαίνεται να είναι μικρότερη από την προηγούμενη, λόγω διαφορετικής σεισμικής διέγερσης.



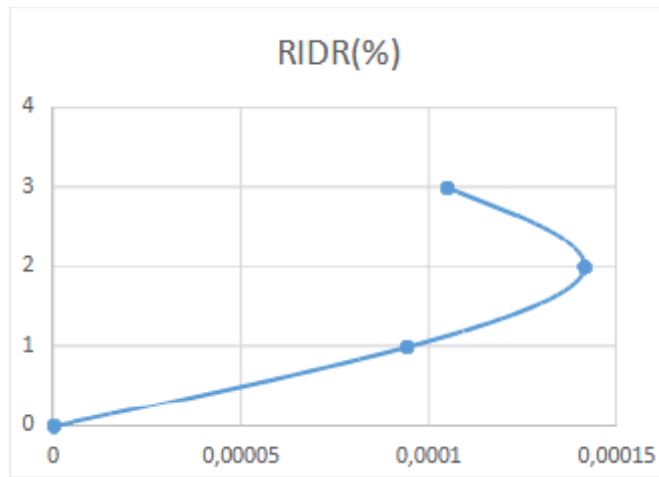
Εικόνα 46 Διάγραμμα IDR (%)

Η πιο ομοιόμορφη κατανομή PFA (0,1g έως 0,23g) υποδεικνύει διαφορετική δυναμική απόκριση σε σύγκριση με την Εικόνα 43. (Εικόνα 46)



Εικόνα 47 Διάγραμμα PFA (g)

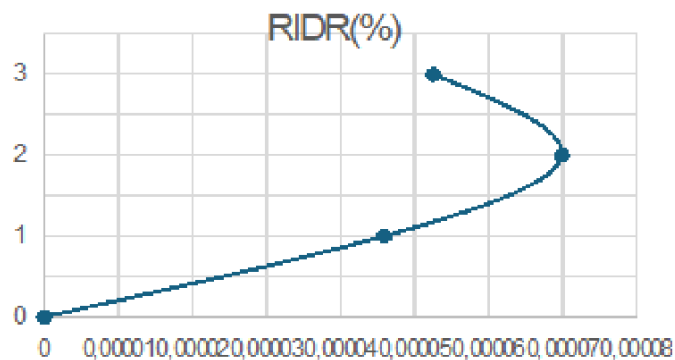
Οι εξαιρετικά χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο 0,00015% περίπου) υποδεικνύουν σχεδόν πλήρη επαναφορά της κατασκευής μετά τη σεισμική διέγερση. (Εικόνα 44)



Εικόνα 48 Διάγραμμα RIDR (%)

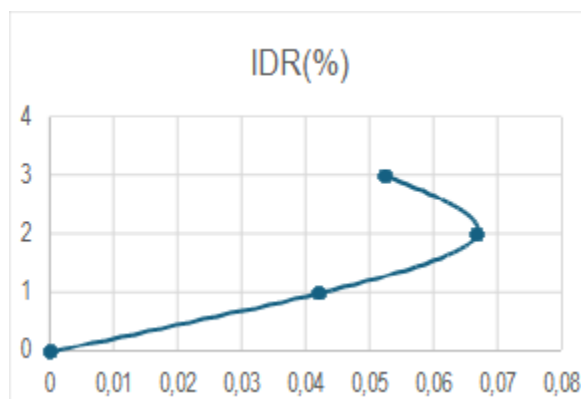
- **Σεισμική κίνηση 3: 25 May 1980 (19:44)**

Οι τιμές RIDR (μέγιστο 0,00007%) παραμένουν πολύ χαμηλές, επιβεβαιώνοντας τη συνεχή καλή συμπεριφορά της κατασκευής. (Εικόνα 49)

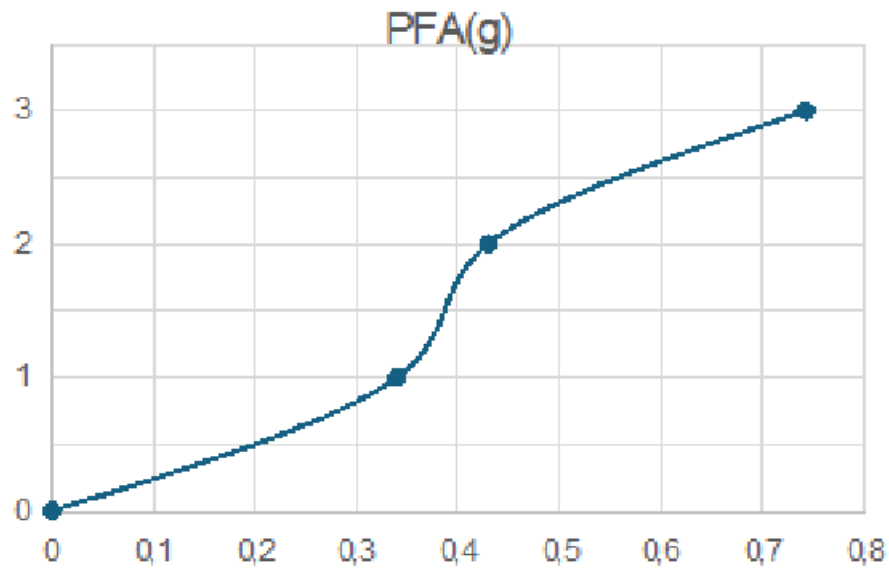


Εικόνα 49 Διάγραμμα RIDR (%)

Το υψηλότερο μέγιστο IDR 0,065% παραμένει εντός αποδεκτών ορίων για τις περισσότερες κατασκευές. (Εικόνα 50)



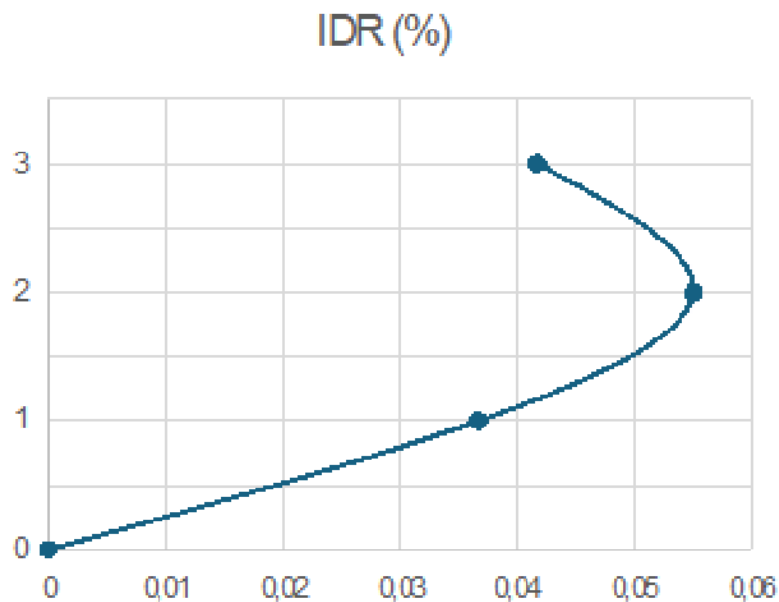
Εικόνα 50 Διάγραμμα IDR (%)



Εικόνα 51 Διάγραμμα PFA (g)

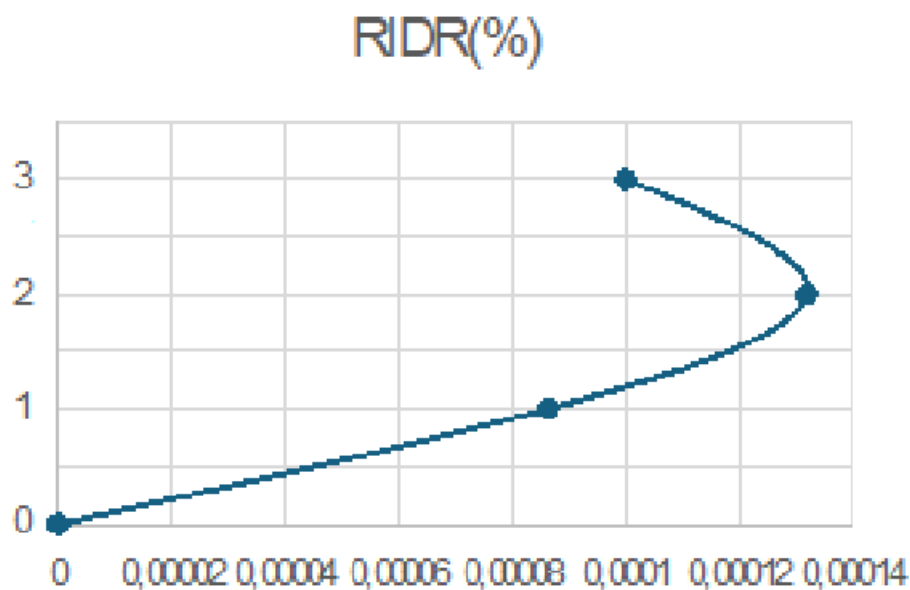
- **Σεισμική κίνηση 4: 25 May 1980 (20:35)**

Το χαμηλό μέγιστο IDR 0,055% δείχνει σημαντική μείωση της παραμόρφωσης, πιθανώς λόγω ασθενέστερου μετασεισμού. (Εικόνα 52)



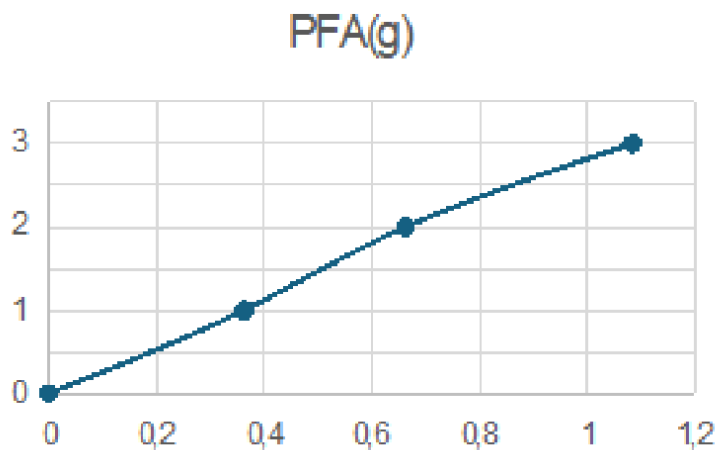
Εικόνα 52 Διάγραμμα IDR (%)

Οι εξαιρετικά χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο 0,00013%) δείχνουν σχεδόν μηδενική μόνιμη παραμόρφωση μετά τη σεισμική διέγερση. (Εικόνα 53)



Εικόνα 53 Διάγραμμα RIDR (%)

Οι χαμηλότερες τιμές PFA (0,38g έως 1,1g) υποδηλώνουν ασθενέστερη σεισμική διέγερση σε σύγκριση με προηγούμενα διαγράμματα. (Εικόνα 54)

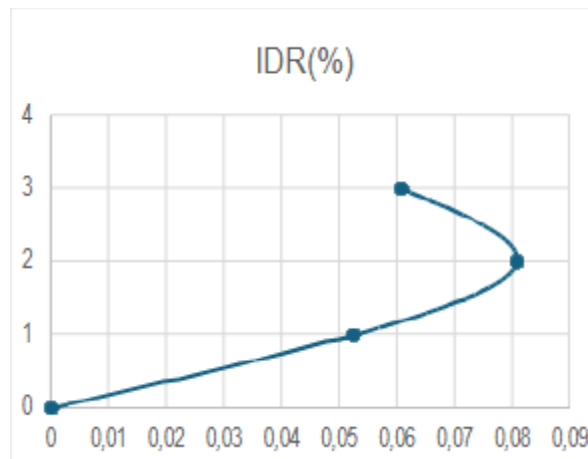


Εικόνα 54 Διάγραμμα PFA (g)

●CHALFANT

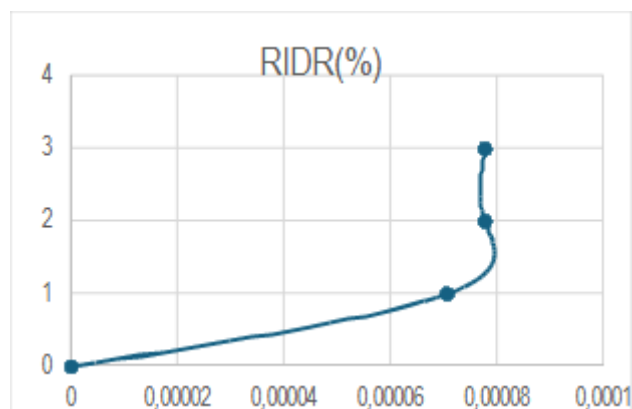
- Σεισμική κίνηση 1: 20 July 1986 (14:29)

Το υψηλό μέγιστο IDR 0,08% υποδεικνύει ισχυρή σεισμική διέγερση, δηλαδή τον κύριο σεισμό του Chalfant. (Εικόνα 55)



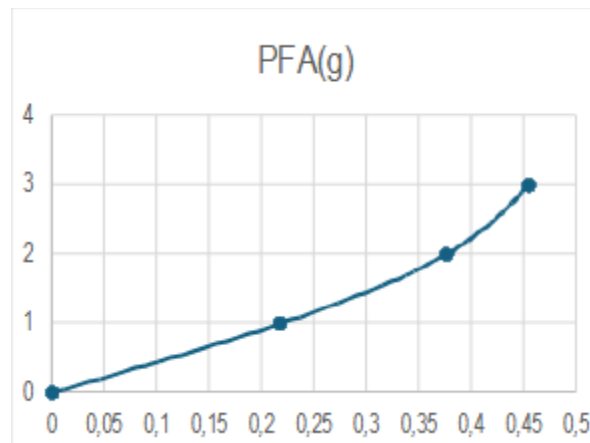
Εικόνα 55 Διάγραμμα IDR (%)

Παρά το υψηλό IDR, οι χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο 0,00008%) δείχνουν εξαιρετική ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής. (Εικόνα 56)



Εικόνα 56 Διάγραμμα RIDR (%)

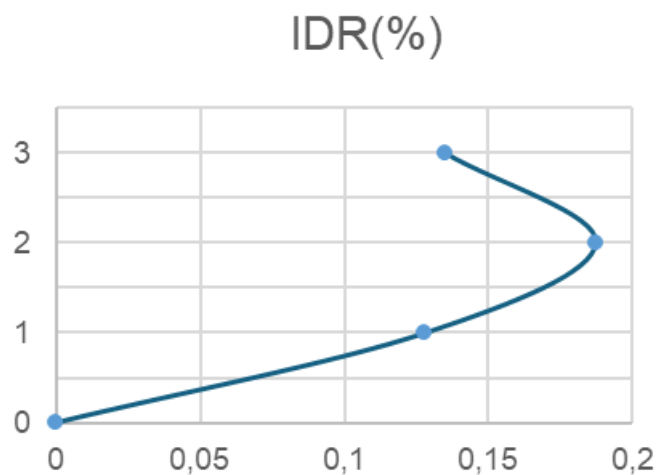
Οι υψηλές τιμές PFA (0,22g έως 0,45g) επιβεβαιώνουν την ισχυρή σεισμική διέγερση που υποδηλώνεται από το IDR. (Εικόνα 57)



Εικόνα 57 Διάγραμμα PFA (g)

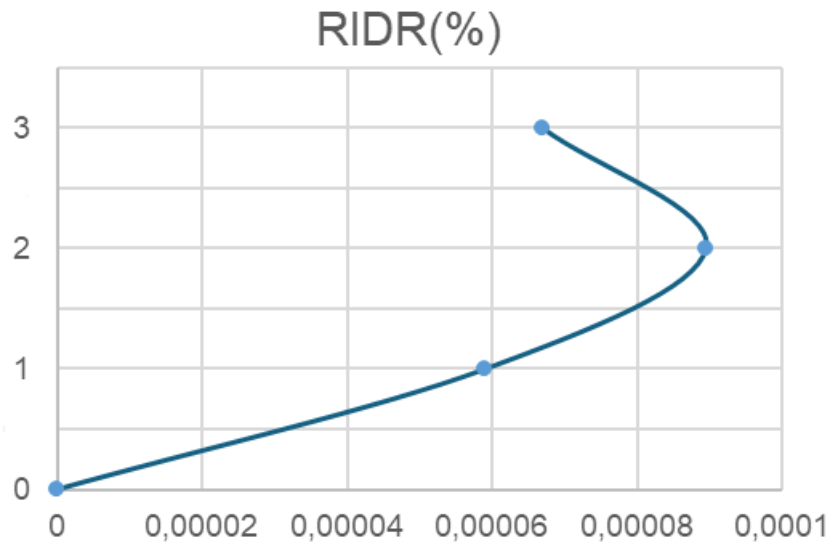
- Σεισμική κίνηση 2: 21 July 1986 (14:42)

Το μειωμένο μέγιστο IDR 0,19% υποδεικνύει ασθενέστερο μετασεισμό ή βελτιωμένη απόκριση της κατασκευής. (Εικόνα 58)



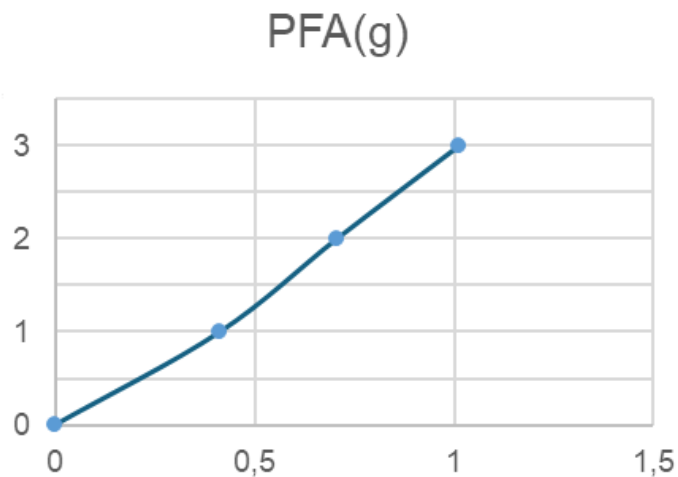
Εικόνα 58 Διάγραμμα IDR (%)

Στην Εικόνα 59, οι πολύ χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο 0,00009%) δείχνουν εξαιρετική επαναφορά μετά τον μετασεισμό.



Εικόνα 59 Διάγραμμα RIDR (%)

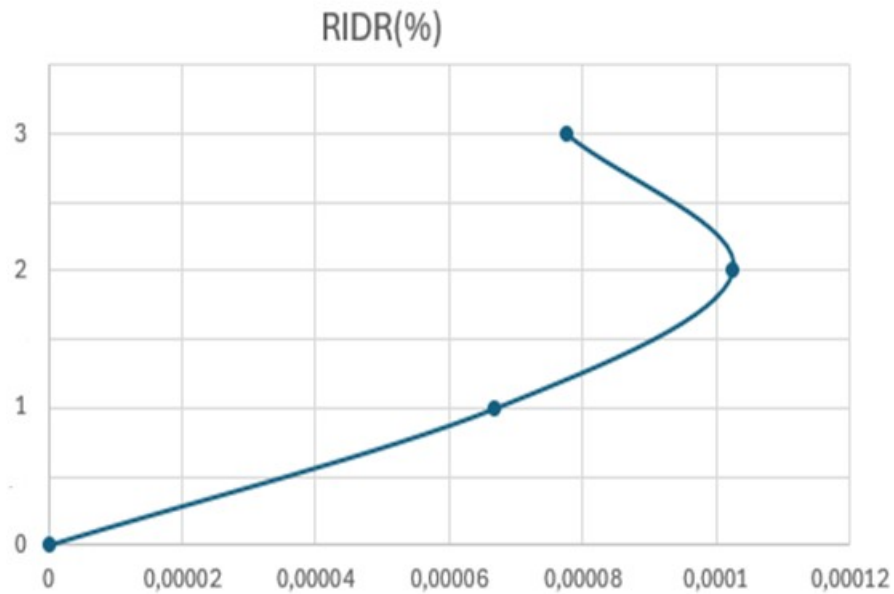
Στην Εικόνα 60, οι μειωμένες τιμές PFA (0,5g έως 1g) συνάδουν με τα χαμηλότερα IDR και RIDR του μετασεισμού.



Εικόνα 60 Διάγραμμα PFA (g)

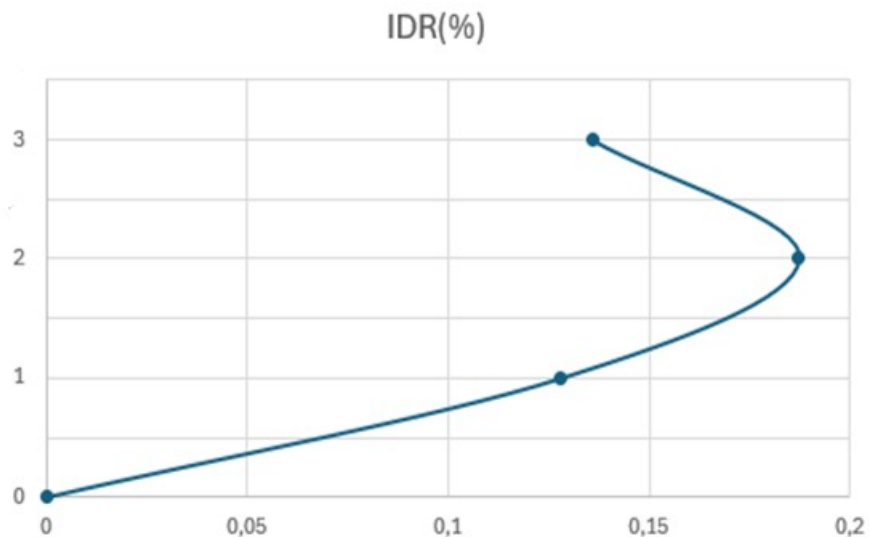
- Σεισμική ακολουθία

Στην Εικόνα 61, οι εξαιρετικά χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο 0,0001%) υποδηλώνουν σχεδόν πλήρη ελαστική συμπεριφορά.



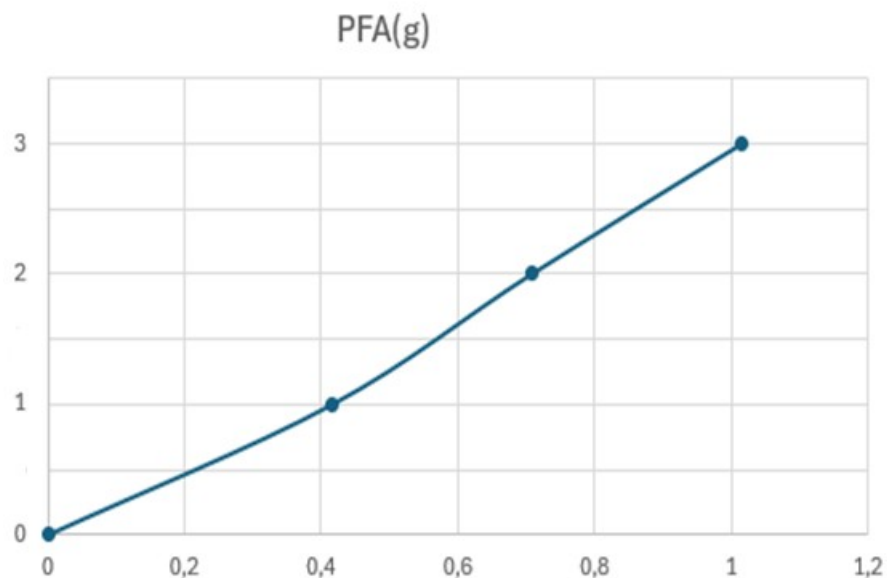
Εικόνα 61 Διάγραμμα RIDR (%)

Στην Εικόνα 62, το μέγριο μέγιστο IDR 0,19% δείχνει μια ήπια σεισμική διέγερση ή συνεχιζόμενη βελτίωση της απόκρισης της κατασκευής.



Εικόνα 62 Διάγραμμα IDR (%)

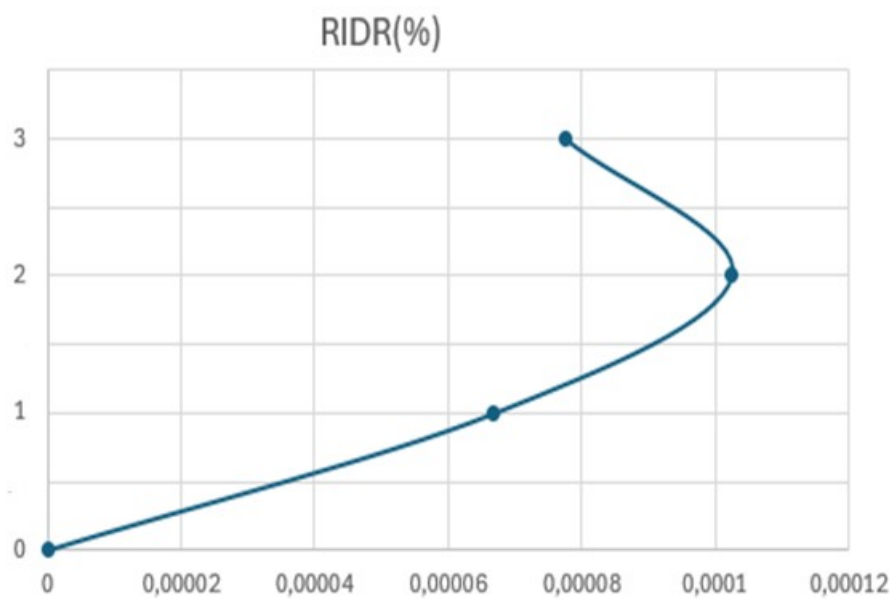
Η σχετικά ομοιόμορφη κατανομή PFA (0,41g έως 1g) συνάδει με τις μέτριες τιμές IDR που παρατηρήθηκαν στην Εικόνα 63



Εικόνα 63 Διάγραμμα PFA (g)

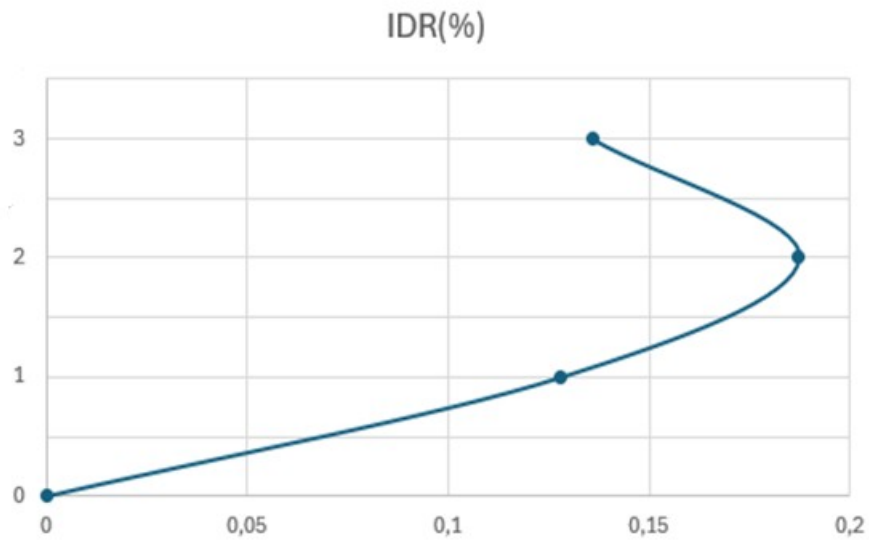
●COALINGA

- Σεισμική κίνηση 1: 22 July 1983 (02:39)



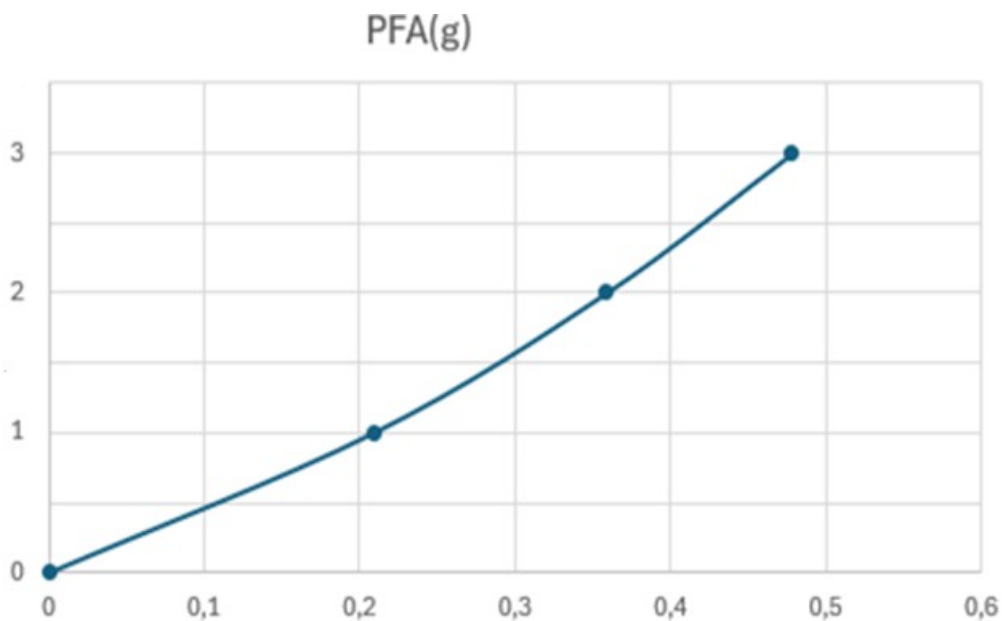
Εικόνα 64 Διάγραμμα RIDR (%)

Οι τιμές RIDR είναι σημαντικά χαμηλότερες από τις IDR, με μέγιστο περίπου 0,0001% στον 2ο όροφο. Αυτό δείχνει καλή ελαστική συμπεριφορά και μικρή μόνιμη παραμόρφωση παρά την ισχυρή αρχική διέγερση. (Εικόνα 64)



Εικόνα 65 Διάγραμμα IDR (%)

Στην Εικόνα 65, το μέγιστο IDR 0,19% δείχνει μια ήπια σεισμική διέγερση ή συνεχιζόμενη βελτίωση της απόκρισης της κατασκευής.

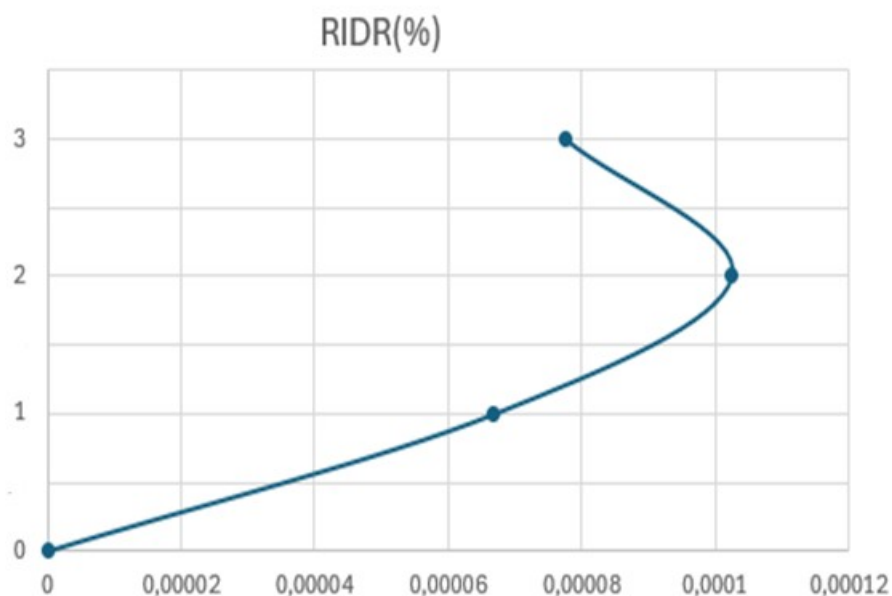


Εικόνα 66 Διάγραμμα PFA (g)

Το PFA αυξάνεται από περίπου 0,2g στο ισόγειο σε 0,48g στον 3ο όροφο. Αυτή η αύξηση κατά 50% δείχνει σημαντική ενίσχυση της σεισμικής κίνησης στους ανώτερους ορόφους, τυπική για πολλές κατασκευές.(Εικόνα 66)

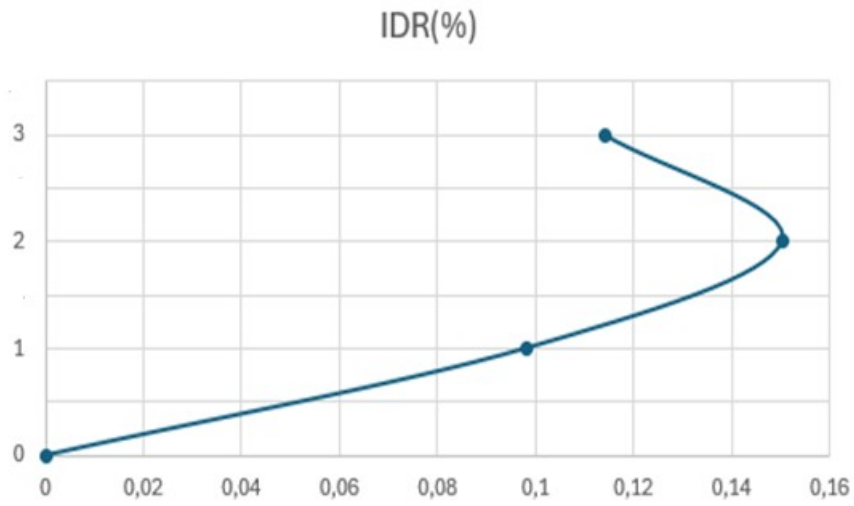
- **Σεισμική κίνηση 2: 25 July 1983 (22:31)**

Οι τιμές RIDR είναι ακόμη χαμηλότερες, με μέγιστο περίπου 0,001%. Αυτό υποδηλώνει είτε ασθενέστερο μετασεισμό είτε βελτιωμένη απόκριση της κατασκευής μετά τον αρχικό σεισμό (Εικόνα 67



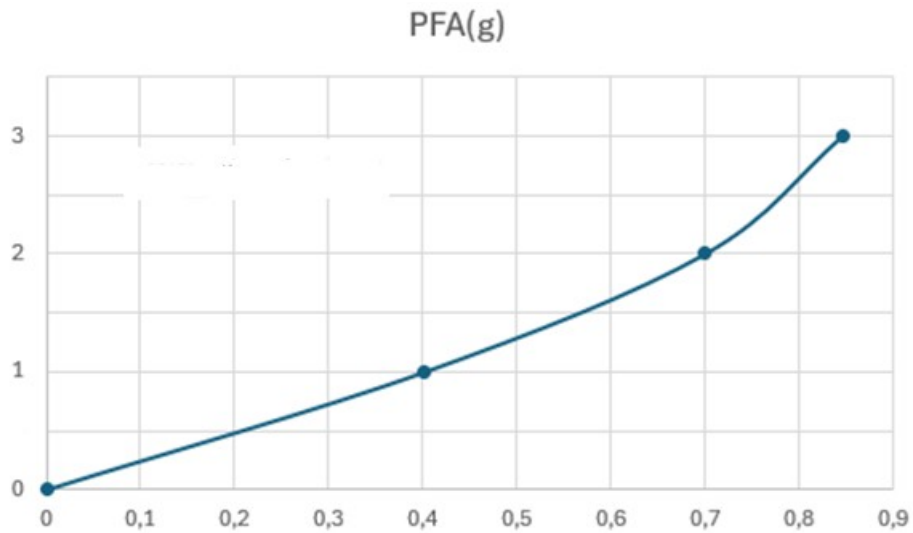
Εικόνα 67 Διάγραμμα RIDR (%)

Στην Εικόνα 68, το μέγριο μέγιστο IDR 0,15% δείχνει μια ήπια σεισμική διέγερση ή συνεχιζόμενη βελτίωση της απόκρισης της κατασκευής.



Εικόνα 68 Διάγραμμα IDR (%)

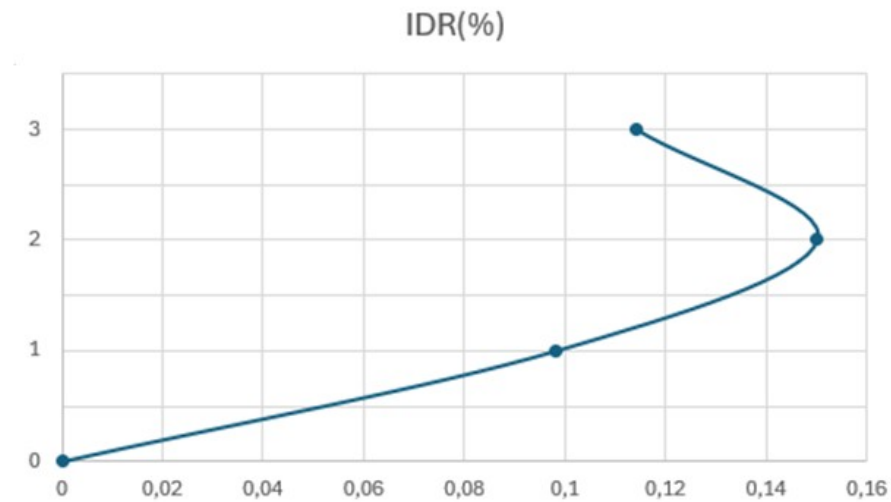
Οι τιμές PFA κυμαίνονται από περίπου 0,4g στο ισόγειο έως 0,85g στον 3ο όροφο. Η μικρότερη διαφορά μεταξύ ορόφων σε σύγκριση με τον κύριο σεισμό υποδηλώνει διαφορετικά χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης. (Εικόνα 69)



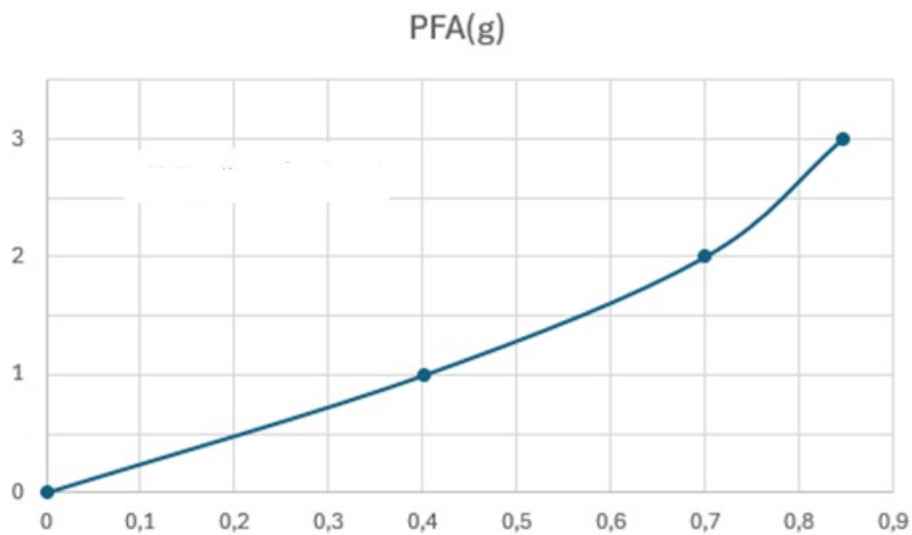
Εικόνα 69 Διάγραμμα PFA (g)

- Σεισμική ακολουθία

Στην Εικόνα 70, το μέγριο μέγιστο IDR 0,15% δείχνει μια ήπια σεισμική διέγερση ή συνεχιζόμενη βελτίωση της απόκρισης της κατασκευής.

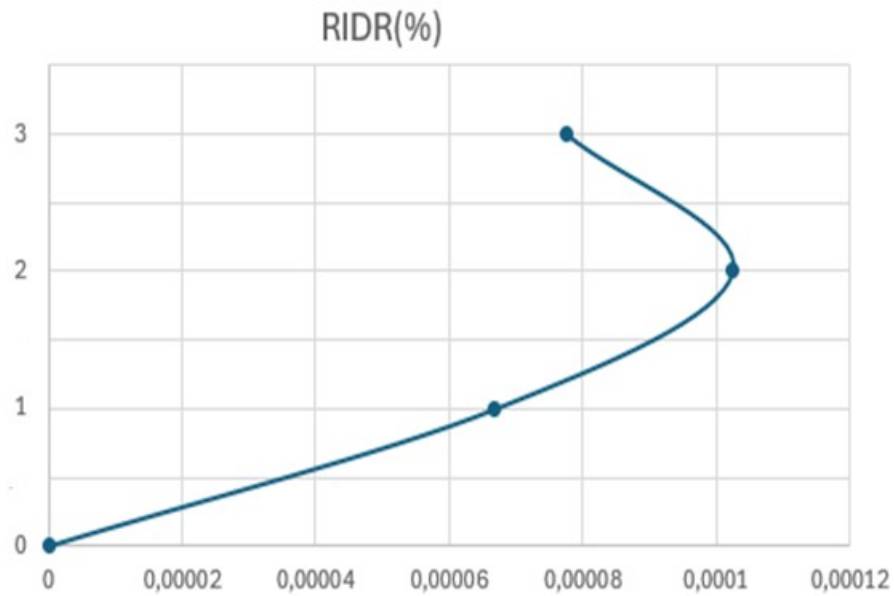


Εικόνα 70 Διάγραμμα IDR (%) [12]



Εικόνα 71 Διάγραμμα PFA (g)

Οι τιμές PFA αυξάνονται από περίπου 0,4g στο ισόγειο σε 0,85g στον 3ο όροφο, δείχνοντας σημαντική ενίσχυση της σεισμικής κίνησης στους ανώτερους ορόφους. (Εικόνα 71)

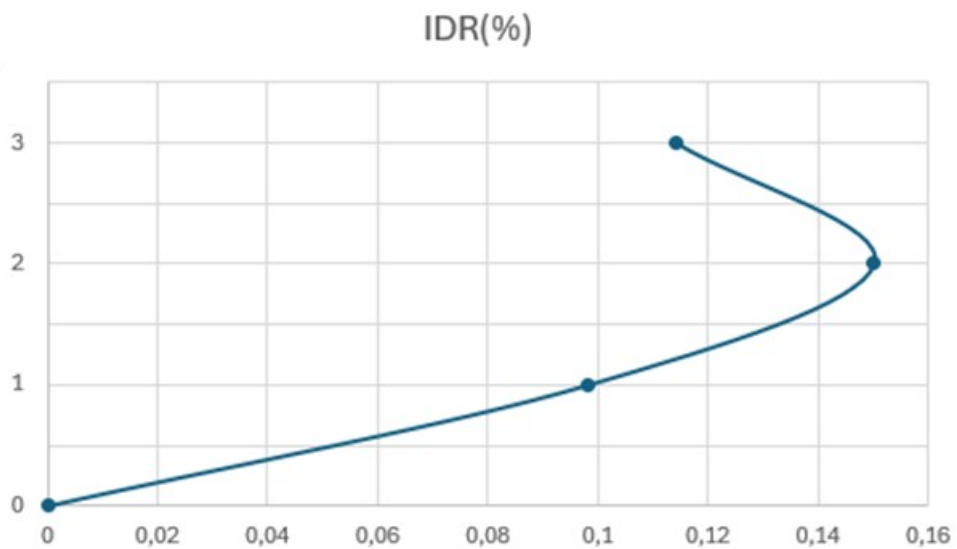


Εικόνα 72 Διάγραμμα RIDR (%)

Το μέγιστο RIDR είναι περίπου 0,001%, υποδηλώνοντας καλή ελαστική συμπεριφορά παρά την ισχυρή αρχική διέγερση. (Εικόνα 72)

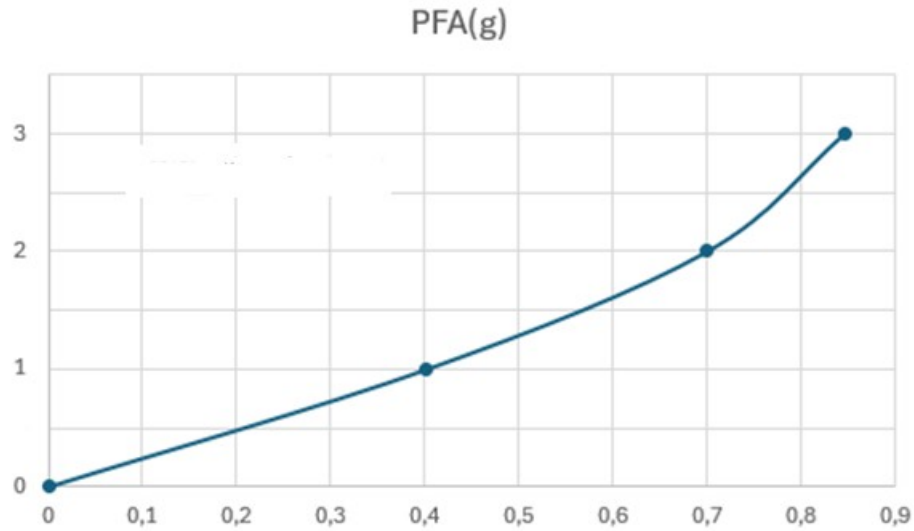
- IMPERIAL VALLEY

- Σεισμική κίνηση 1: 15 October 1979 (23:16)



Εικόνα 73 Διάγραμμα IDR (%)

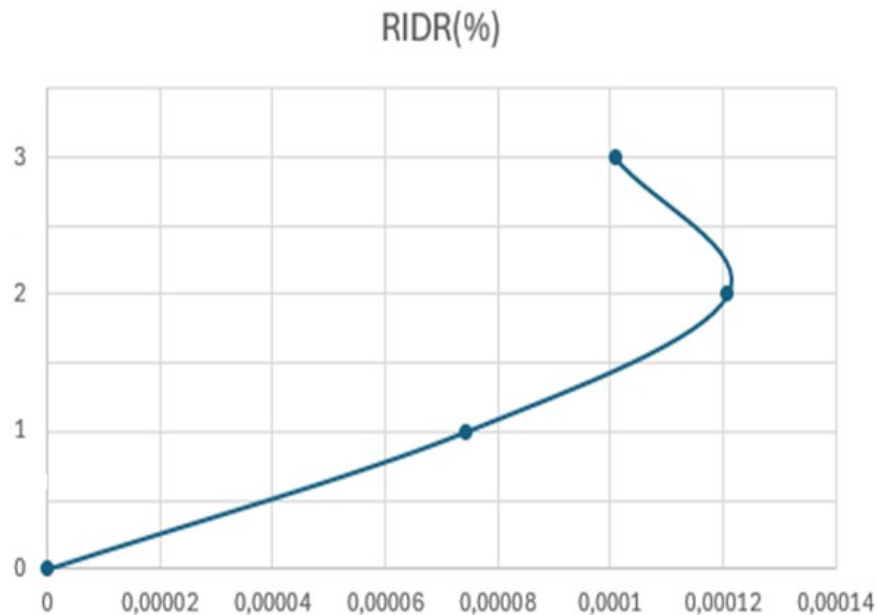
Το μέγιστο IDR μειώνεται σε περίπου 0,15%, δείχνοντας έναν σημαντικά ασθενέστερο μετασεισμό. (Εικόνα 73)



Εικόνα 74 Διάγραμμα PFA (g)

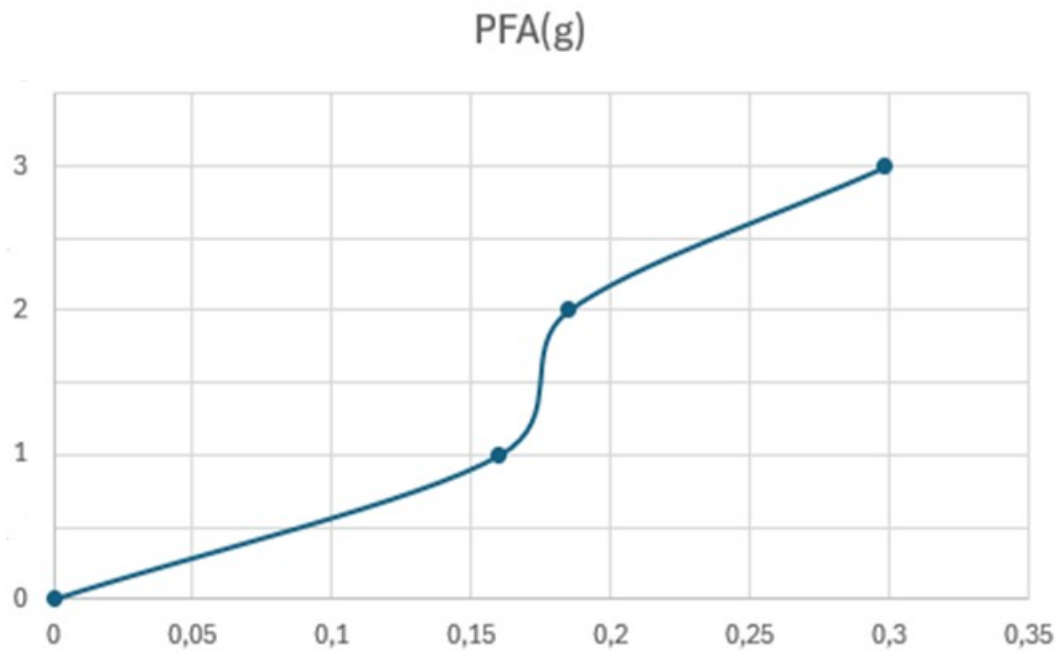
Οι τιμές PFA κυμαίνονται από 0,4g έως 0,85g, επιβεβαιώνοντας τον ασθενέστερο χαρακτήρα του μετασεισμού. (Εικόνα 74)

- **Σεισμική κίνηση 2: 15 October 1979 (23:19)**



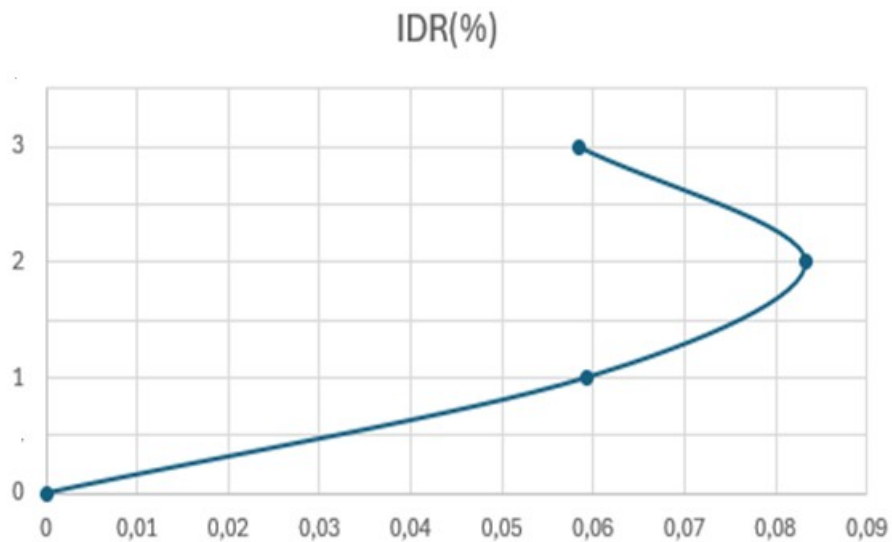
Εικόνα 75 Διάγραμμα RIDR (%)

Οι πολύ χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο περίπου 0,00012%) δείχνουν σχεδόν πλήρη ελαστική συμπεριφορά για αυτόν τον μετασεισμό. (Εικόνα 75)



Εικόνα 76 Διάγραμμα PFA (g)

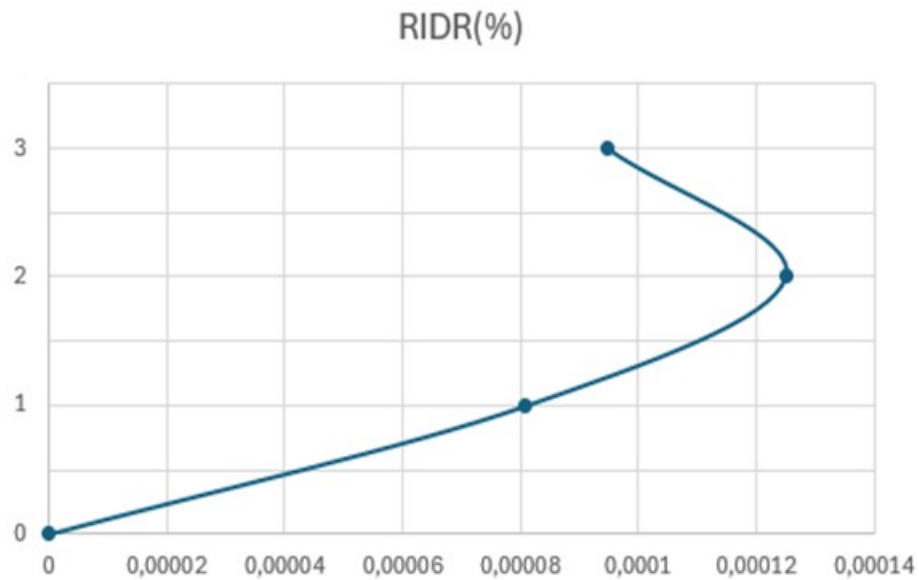
Οι τιμές PFA αυξάνονται από περίπου 0,15g στο ισόγειο σε 0,3g στον 3ο όροφο, δείχνοντας μέτρια ενίσχυση της σεισμικής κίνησης. (Εικόνα 76)



Εικόνα 77 Διάγραμμα RIDR (%)

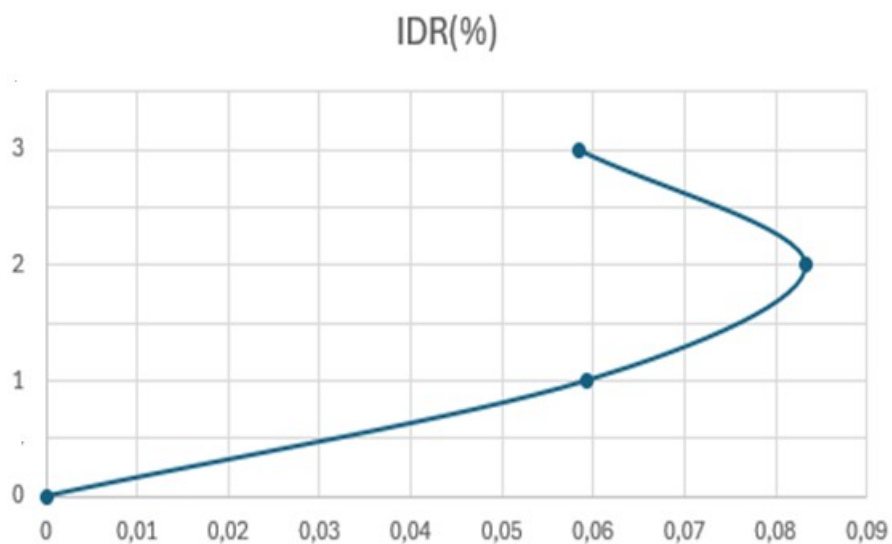
Το μέγιστο IDR είναι περίπου 0,08%, υποδηλώνοντας καλή ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής. (Εικόνα 77)

- Σεισμική ακολουθία



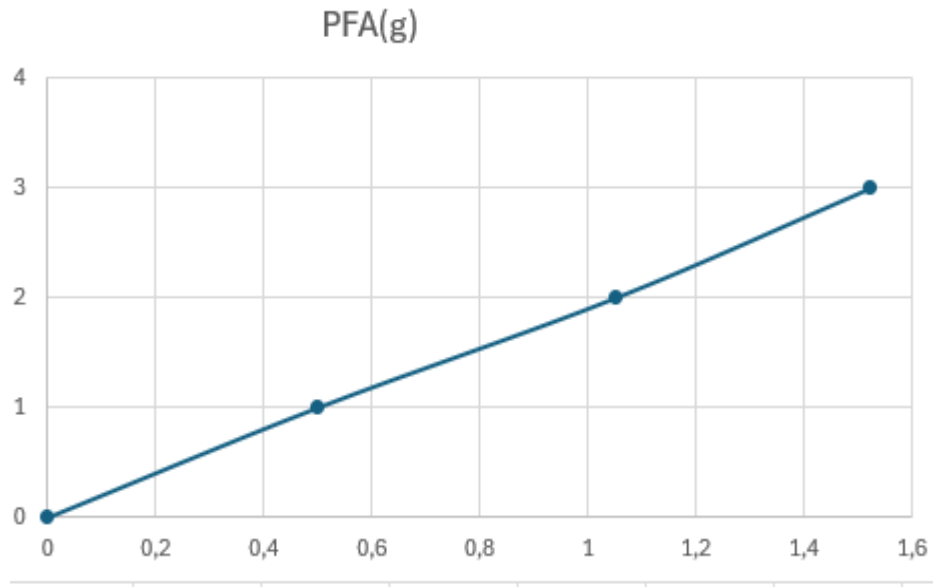
Εικόνα 78 Διάγραμμα RIDR (%)

Οι εξαιρετικά χαμηλές τιμές RIDR (μέγιστο περίπου 0,00012%) υποδηλώνουν σχεδόν μηδενική μόνιμη παραμόρφωση. (Εικόνα 78)



Εικόνα 79 Διάγραμμα IDR (%)

Το μέγιστο IDR είναι περίπου 0,08%, όπως φαίνεται στην Εικόνα 79



Εικόνα 80 Διάγραμμα PFA

Οι τιμές PFA κυμαίνονται από 0,45g έως 1,55g, συνάδοντας με τις χαμηλές τιμές IDR και RIDR που παρατηρήθηκαν. (Εικόνα 80)

Κεφάλαιο 4 : Συμπεράσματα

Συμπεραίνεται ότι:

- ✓ Τα διαγράμματα IDR (Inter-story Drift Ratio) και RIDR (Residual Inter-story Drift Ratio) δείχνουν τη σχετική μετατόπιση μεταξύ των ορόφων κατά τη διάρκεια και μετά το σεισμό αντίστοιχα.
- ✓ Το PFA (Peak Floor Acceleration) δείχνει τη μέγιστη επιτάχυνση σε κάθε όροφο.
- ✓ Όπως αναφέρθηκε, το μέγιστο IDR παρατηρείται συνήθως στον υψηλότερο όροφο (3ος όροφος στην περίπτωση σας).
- ✓ Τα περισσότερα διαγράμματα IDR δείχνουν τιμές κάτω από το όριο του 3.5% που αναφέρατε, υποδεικνύοντας ότι η κατασκευή ανταποκρίνεται καλά στις σεισμικές διεγέρσεις.
- ✓ Οι τιμές RIDR είναι γενικά μικρότερες από τις τιμές IDR, όπως αναμένεται.

- ✓ Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι τιμές RIDR είναι κάτω από το όριο του 0.5% που αναφέρατε, υποδεικνύοντας ότι η κατασκευή έχει καλή ικανότητα επαναφοράς μετά το σεισμό.
- ✓ Τα διαγράμματα PFA συχνά δείχνουν αυξανόμενες τιμές επιτάχυνσης με το ύψος του κτιρίου, που είναι αναμενόμενο λόγω της ενίσχυσης της κίνησης στους υψηλότερους ορόφους.
- ✓ Υπάρχει μια τάση μείωσης των τιμών IDR και RIDR με κάθε μετασεισμό. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η μειωμένη ένταση των μετασεισμών ή πιθανές αλλαγές στη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής μετά τον αρχικό σεισμό.
- ✓ Η σχετική σταθερότητα του PFA είναι ενδιαφέρουσα και θα μπορούσε να υποδηλώνει ότι η κατασκευή διατηρεί την ικανότητά της να περιορίζει τις επιταχύνσεις στους ορόφους παρά τις επαναλαμβανόμενες σεισμικές δονήσεις.
- ✓ Παρατηρούνται διαφορές στα μοτίβα απόκρισης μεταξύ των διαφορετικών σεισμικών ακολουθιών (Mammoth Lakes, Chalfant, Coalinga, Imperial Valley). Αυτό πιθανώς οφείλεται στις διαφορετικές χαρακτηριστικές των σεισμών (ένταση, συχνοτικό περιεχόμενο, διάρκεια).

Βιβλιογραφία

1. Ευρωκώδικας 3 : Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα, Μέρος 1-1, Γενικοί κανόνες για κτίρια
2. Ευρωκώδικας 8 : Αντισεισμικός σχεδιασμός, Μέρος 1: Γενικοί Κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια
3. Ιωάννης Κ. Βάγιας, Ιωάννης Χ. Ερμόπουλος, Γεώργιος Ι. Ιωαννίδης , Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα με παραδείγματα εφαρμογής, εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα,2005
4. Δρ. Καραβεζύρογλου- Βέμπερ Μαρία, Στοιχεία Υπολογισμού και διαμόρφωσης ολόσωμων κατασκευών, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα, 2010
5. EL.WIKIPEDIA.ORG
6. <http://earthquake.usgs.gov>
7. <https://www.physics4u.gr/faq/measureearthquake.html>
8. Kamaridis.gr
9. Katsimpini, P.S. Seismic Response of Vertical Hybrid Concrete/Steel Frames Considering Soil–Structure Interaction. Buildings 2024, 14, 972.
<https://doi.org/10.3390/buildings14040972>
10. http://www.panmetal.gr/PR2_007Tegides.html
11. <https://vasileiadi.gr/product>
12. SAP 2000. Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures, Version 25.0; Computers and Structures: Berkeley, CA, USA, 2023.