

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ

ΠΑΠΑΝΙΚΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει στόχο την παρουσίαση μίας μη συμβατικής μεθόδου ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών, που δεν είναι διαδεδομένη στην Ελλάδα, της σεισμικής μόνωσης. Γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών μεθόδων ενίσχυσης, περιγραφή της διαδικασίας εφαρμογής της, προϋποθέσεις για την εφαρμογή της, αποτελέσματα της ενίσχυσης και αναφορές σε κτίρια του εξωτερικού που εφαρμόστηκε.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ –ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΕΝΑΝΤΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Ο σύγχρονος αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών στοχεύει στη δημιουργία ενός αξιόπιστου μηχανισμού απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας. Ένας τέτοιος μηχανισμός επιτυγχάνεται με μία σειρά διατάξεων που αφορούν την ύπαρξη ελάχιστου αριθμού τοιχωμάτων, τον ικανοτικό σχεδιασμό των κόμβων, την εξασφάλιση επαρκούς περίσφιξης, την ικανοποιητική αγκύρωση του οπλισμού κλπ. Στις νέες κατασκευές η εφαρμογή αυτών των διατάξεων είναι εφικτή, σε αντίθεση με αυτές που σχεδιάστηκαν με παλιότερους κανονισμούς και η συμπεριφορά τους στα σεισμικά φορτία δεν είναι επαρκής με βάση τις σημερινές απαιτήσεις. [1]

Μία λύση για τη σεισμική αναβάθμιση παλαιών κατασκευών στα σημερινά επίπεδα ασφάλειας είναι η εφαρμογή κλασικών μεθόδων ενίσχυσης (μανδύες, πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος, ελάσματα, περίσφιξη, σύνδεσμοι δυσκαμψίας, τοιχώματα) ώστε να επιτυγχάνεται ένας ελαστοπλαστικός μηχανισμός απορρόφησης ενέργειας. [1]

Μία άλλη λύση είναι η χρησιμοποίηση σεισμικής μόνωσης. Η σεισμική μόνωση αποτελεί μία σύγχρονη εναλλακτική μέθοδο αντισεισμικής προστασίας νέων και υφιστάμενων κατασκευών που λειτουργεί απομονώνοντας κατά το δυνατόν την κατασκευή από την εδαφική κίνηση και μειώνοντας δραστικά τις σεισμικές δυνάμεις στην ανωδομή. Μπορεί να οδηγήσει στην ελαχιστοποίηση ή και την πλήρη αποφυγή των βλαβών σε φέροντα και μη φέροντα στοιχεία αλλά και η διαφύλαξη του περιεχομένου της.

Η βασική διαφορά με τις συνηθισμένες μεθόδους ενίσχυσης είναι ότι εφαρμόζεται σε μία στάθμη (επίπεδο) της κατασκευής. Η στάθμη αυτή μπορεί να είναι είτε στη θεμελίωση είτε σε κάποιο ενδιάμεσο επίπεδο. Για το λόγο αυτό, δεν παρεμβαίνει στην εμφάνιση και τη λειτουργία της κατασκευής και αποτελεί μια ελκυστική λύση για αρκετά κτίρια για τα οποία πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα ώστε να βελτιώσουν την αντισεισμική τους συμπεριφορά. Για παράδειγμα, κτίρια με ξεχωριστή αρχιτεκτονική, ιστορική και πολιτισμική σημασία που η εμφάνιση και ο χαρακτήρας πρέπει να παραμείνουν αναλλοίωτα και για μελλοντικές γενιές ή μουσεία με έργα τέχνης και άλλα κειμήλια που πρέπει να παραμείνουν ασφαλή. Όμοια, νοσοκομεία, σχολεία, κυβερνητικά γραφεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, αστυνομικοί σταθμοί και άλλα κτίρια που συνεισφέρουν στη δημόσια ασφάλεια και ευημερία, έχουν σημαντικές λειτουργίες που πρέπει να μη διακοπούν έστω και προσωρινά, είτε για ενίσχυση είτε για επισκευή μετά από ισχυρό σεισμό. Αλλά και σε κατοικίες οι ένοικοι μπορούν να παραμείνουν στα διαμερίσματά τους χωρίς να απαιτηθεί εκκένωση. [2]

Όσον αφορά το χρόνο που απαιτείται για να εφαρμοστεί η σεισμική μόνωση μπορεί να είναι ένα σχετικά μικρό διάστημα. Ενδεικτικά για ένα κτίριο, γύρω στον ένα χρόνο όταν η ενίσχυση με συμβατικές μεθόδους θα απαιτούσε το διπλάσιο. [3]

Η σεισμική μόνωση παρέχει υψηλή αξιοπιστία για τις κατασκευές που εφαρμόζεται. Έτσι, εκτός από την σεισμική αναβάθμιση που επιτυγχάνεται, αυξάνεται και το αίσθημα ασφάλειας των ανθρώπων που βρίσκονται μέσα. Κατά τη διάρκεια σεισμικών δονήσεων διαφορετικής έντασης, το κτίριο εμφανίζει τη συμπεριφορά που οραματίστηκε στο στάδιο του σχεδιασμού. Αυτό είναι μια αντικειμενική πραγματικότητα που δείχνει ότι οι τεχνολογίες σεισμικής μόνωσης μπορούν να παρέχουν υψηλή απόδοση στις ενισχύσεις κατασκευών. [3]

Το κόστος είναι σημαντικά μικρότερο από τις κλασικές μεθόδους γύρω στα 2/3 λιγότερο. Μπορεί να γίνει και ακόμα μικρότερο όταν βρεθούν πόροι για προσωρινή στέγαση. Ενδεικτικά αναφέρεται ένα πολυλειτουργικό κτίριο στην Ιταλία (Rione Traiano): συνολικό κόστος επέμβασης: 2,5εκ€ = 80€/m² = μόλις 3% της συνολικής αξίας του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα: μονωτήρες και κοπή υποστυλωμάτων: 1,3εκ.€, χαλύβδινο δάπεδο: 0,6εκ.€, τοίχοι αντιστήριξης και κατασκευαστικά διάκενα: 0,5εκ€, εξαρτήματα: 0,1εκ.€. Το κτίριο ήταν η πρώτη εφαρμογή της τεχνικής στην Ευρώπη. [3],[4]

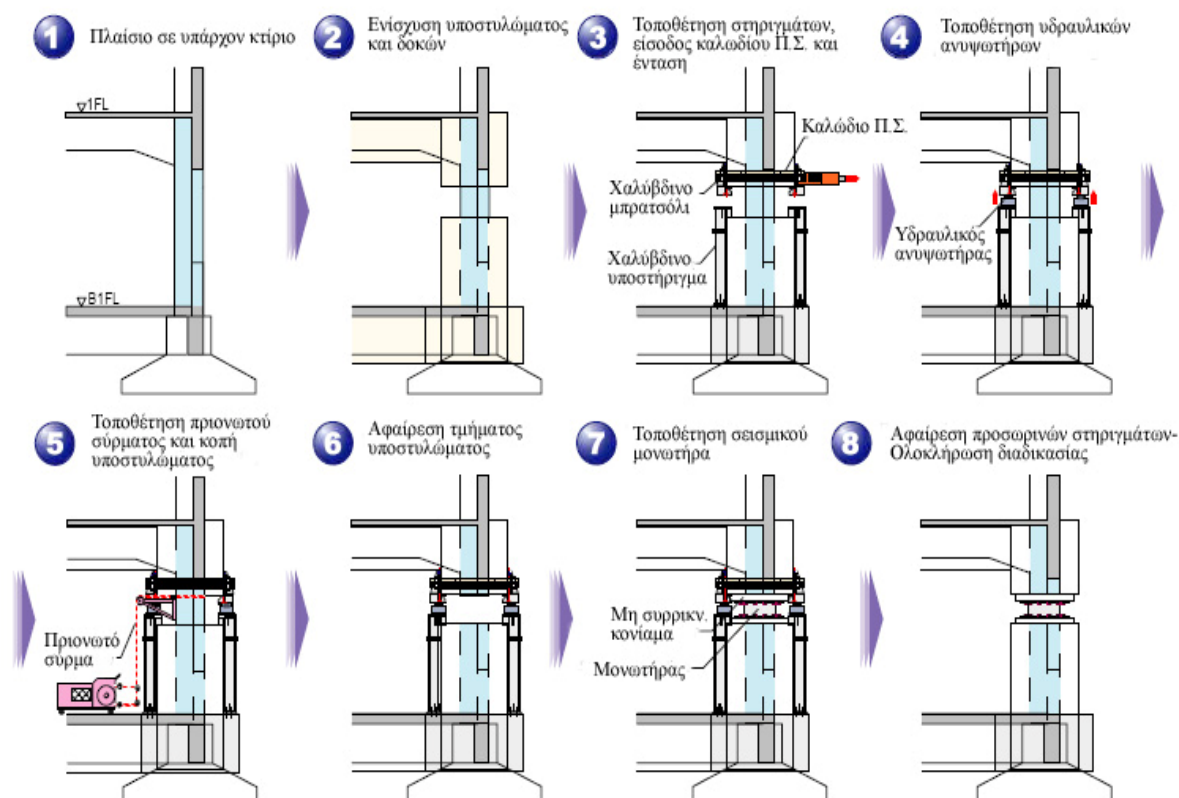
Μία άλλη εφαρμογή σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενο κτίριο, είναι όταν τοποθετείται στην οροφή με σκοπό την προσθήκη επιπλέον ορόφου ή ορόφων. Αποτελεί πολύ καλή λύση όταν επιθυμείται η αύξηση του ωφέλιμου χώρου αλλά είναι περιορισμένη η σεισμική αντοχή της υπάρχουσας κατασκευής και ταυτόχρονα δεν επιθυμείται παρεμπόδιση της λειτουργίας της. Σε αυτή την περίπτωση, η μόνη επιπλέον επέμβαση που ίσως χρειαστεί είναι η ενδυνάμωση των υποστυλωμάτων στους κατώτερους ορόφους ώστε να παραλάβουν τα αυξημένα φορτία βαρύτητας. Επιπλέον, οι νέοι όροφοι βελτιώνουν τη συμπεριφορά του κτιρίου σε σεισμό ενεργώντας σαν αποσβεστήρες. Κατά τη διάρκεια μιας ισχυρής δόνησης τείνουν να αντισταθμίσουν την κίνηση των κατώτερων πατωμάτων και πραγματικά μειώνουν τις δυνάμεις και μετακινήσεις εξαιτίας της υπάρχουσας κατασκευής. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην τεχνική του επιπλέον μονωμένου ανώτατου ορόφου (AIUF: Additional Isolated Upper Floor) που αυξάνει τη σεισμική αντοχή κατά μέσο όρο με ένα συντελεστή 1,6 και ταυτόχρονα επεκτείνει τον ωφέλιμο χώρο του κτιρίου. Η αξιοπιστία της μεθόδου πάντως δεν είναι τόσο υψηλή όσο η μόνωση βάσης. [3],[5]

2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Αφού αποφασιστεί ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες ποιο είναι το καταλληλότερο επίπεδο για τοποθέτηση της μόνωσης ξεκινάει η διαδικασία εφαρμογής. Αν και υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάλογα με το κτίριο, την τεχνογνωσία, τον διαθέσιμο εξοπλισμό και τους διαθέσιμους πόρους η βασική διαδικασία είναι η ίδια.

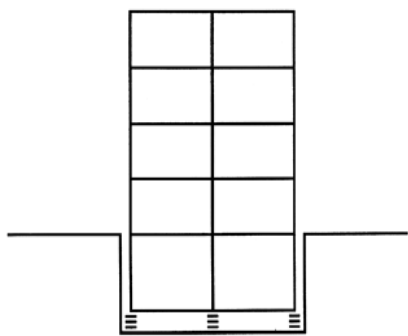
Κατ' αρχήν γίνεται μια ενίσχυση των δοκών και υποστυλωμάτων στο επίπεδο μόνωσης, δηλαδή στον όροφο εγκατάστασης και τον υποκείμενο όροφο, αν αυτό κριθεί αναγκαίο. Αν το επίπεδο αυτό βρίσκεται στη βάση του κτιρίου ίσως ενισχυθεί και η θεμελίωση. Στη συνέχεια τοποθετούνται στηρίγματα γύρω από το υπό ενίσχυση υποστύλωμα τα οποία θα παραλάβουν τα φορτία του και στη συνέχεια αποκόπτεται τμήμα του υποστυλώματος ώστε να δημιουργηθεί χώρος για το μονωτήρα. Έπειτα τοποθετείται ο μονωτήρας και γίνεται η ασφαλής ενσωμάτωσή του με τα φέροντα στοιχεία. Αφού αφαιρεθεί η προσωρινή στήριξη, η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί.

Παρακάτω απεικονίζεται ένα ενδεικτικό σχεδιάγραμμα της διαδικασίας, σε κτίριο που εφαρμόστηκε μια τεχνική της σύνδεσης των στηριγμάτων στα υπάρχοντα υποστυλώματα μέσω δυνάμεων τριβής, χρησιμοποιώντας καλώδια προεντεταμένου σκυροδέματος. [6]



Η επιλογή του κατάλληλου τύπου μονωτήρα (εφεδράνου) απαιτεί λεπτομερή μελέτη των χαρακτηριστικών του κτιρίου, απαιτήσεων απόδοσης, κατασκευαστικού κόστους και μακροπρόθεσμης συντήρησης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι εφεδράνων: ελαστομεταλλικά (χαμηλής απόσβεσης, υψηλής απόσβεσης, με πυρήνα μολύβδου) και ολίσθησης (επίπεδα και σφαιρικά εκκρεμούς τριβής). Επειδή το ελαστικό υλικό (φυσικό ή συνθετικό) μπορεί είτε να σκληρύνει είτε να διογκωθεί, απαιτείται περιοδική επιθεώρηση ώστε να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητά του. Τα εφέδρανα ολίσθησης δεν απαιτούν συντήρηση αν και κατά τη διάρκεια ισχυρών δονήσεων μπορεί να μετακινηθούν στις άκρες των πλακών στήριξης.[7]

Η τοποθέτηση των μονωτήρων μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα: στη βάση του υπογείου, στην κορυφή του υπογείου, στη βάση του πρώτου ορόφου, στην κορυφή του πρώτου ορόφου. Εξαιρείται βέβαια η τοποθέτηση μόνωσης στο ανώτερο πάτωμα με σκοπό την προσθήκη ορόφου που αποτελεί ειδική περίπτωση. Παρακάτω απεικονίζονται αυτές οι τέσσερις περιπτώσεις. [8]



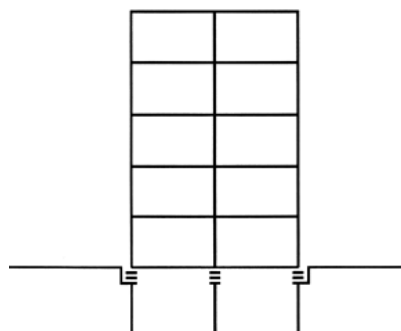
Βάση του υπογείου

Πλεονεκτήματα:

- Όχι ειδικές διατάξεις για σκάλες και ανελκυστήρα
- Όχι ειδικές διατάξεις για μη φέροντες τοίχους
- Η βάση των υποστυλωμάτων μπορεί να συνδεθεί με διάφραγμα στο επίπεδο μόνωσης
- Εύκολη ενσωμάτωση εφεδρικού συστήματος για κατακόρυφα φορτία

Μειονεκτήματα:

- Πρόσθετο κόστος εκτός κι αν το υπόγειο απαιτείται για άλλους σκοπούς
- Απαιτεί ξεχωριστό τοίχο αντιστήριξης



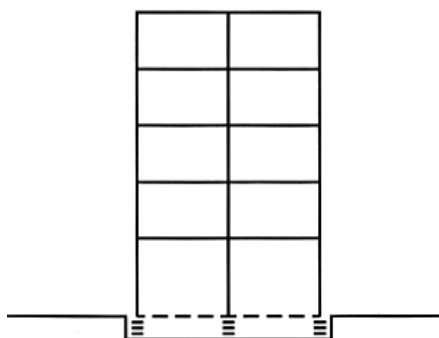
Κορυφή του υπογείου

Πλεονεκτήματα:

- Όχι απαίτηση υπογείου
- Ελάχιστο πρόσθετο κατασκευαστικό κόστος
- Η βάση των υποστυλωμάτων μπορεί να συνδεθεί με διάφραγμα στο επίπεδο μόνωσης
- Το εφεδρικό σύστημα για τα κατακόρυφα φορτία παρέχεται από τα υποστυλώματα

Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να χρειαστεί προβολοδομημένο φρεάτιο ανελκυστήρα κάτω από το πρώτο πάτωμα
- Ειδική μεταχείριση εσωτερικής σκάλας κάτω από το πρώτο πάτωμα



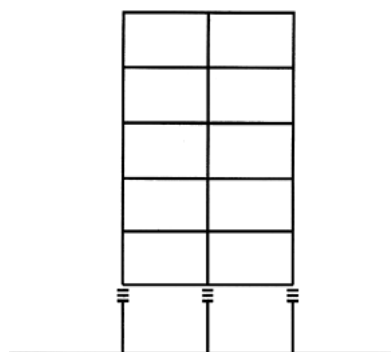
Βάση πρώτου πατώματος

Πλεονεκτήματα:

- Ελάχιστο πρόσθετο κατασκευαστικό κόστος
- Διαχωρισμός στο επίπεδο της μόνωσης εύκολος
- Η βάση των υποστυλωμάτων μπορεί να συνδεθεί με διάφραγμα στο επίπεδο μόνωσης
- Εύκολη ενσωμάτωση εφεδρικού συστήματος για κατακόρυφα φορτία

Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να απαιτηθεί όρυγμα-πρόβολος



Κορυφή πρώτου πατώματος

Πλεονεκτήματα:

- Ελάχιστο πρόσθετο κατασκευαστικό κόστος
- Οικονομικό αν το πρώτο επίπεδο είναι για πάρκινγκ
- Το εφεδρικό σύστημα για τα κατακόρυφα φορτία παρέχεται από τα υποστυλώματα

Μειονεκτήματα:

- Ειδικές διατάξεις για σκάλες και ανελκυστήρα
- Ειδικές διατάξεις μη φερόντων τοίχων
- Ειδικές διατάξεις για κατακόρυφες υπηρεσίες κατακόρυφα φορτία

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στην περίπτωση της μόνωσης στη βάση του υπογείου, που είναι και η συνηθέστερη, επειδή απαιτεί τη διαμόρφωση κατασκευαστικού κενού (τάφρου) για να είναι δυνατές οι μεγάλες πλευρικές παραμορφώσεις του κτιρίου και την κατασκευή τοίχων αντιστήριξης.

Το φορτίο του υπό ενίσχυση υποστυλώματος, συνήθως μεταφέρεται στο έδαφος με προσωρινά μεταλλικά υποστυλώματα που βρίσκονται εκατέρωθεν του υπάρχοντος και τοποθετούνται σε κατάλληλες θεμελιώσεις. Τοποθετούνται υδραυλικοί γρύλλοι στις κεφαλές τους φτάνοντας ως τις δοκούς του υπερκείμενου πατώματος και σπρώχνουν ως ένα προαποφασισμένο επίπεδο, που έχει υπολογιστεί σαν το φορτίο βαρύτητας του υπάρχοντος υποστυλώματος. Μετά το υδραυλικό υγρό στους γρύλλους κλειδώνει σε αυτή τη θέση. Ειδικές μεταλλικές διατάξεις εισάγονται ακριβώς πάνω και κάτω από την τελική θέση της μόνωσης που λειτουργούν σαν σημάδια και παίρνονται μετρήσεις ώστε να εξασφαλιστεί επαρκής έλεγχος πιθανών μετακινήσεων. Έπειτα γίνονται δύο οριζόντιες τομές με μία πριονωτή αλυσίδα από διαμάντι και αφαιρείται το κομμάτι σκυροδέματος που προκύπτει. Τότε παίρνονται μετρήσεις των μετακινήσεων του υποστυλώματος που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μικρές, γύρω στα 5mm [9]



Τοποθέτηση προσωρινών υποστυλωμάτων [6]

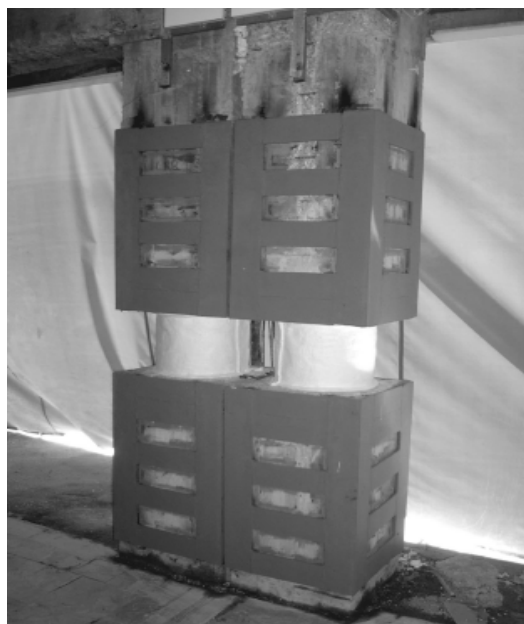


Κοπή υπάρχοντος υποστυλώματος [6]

Ένα στρώμα εποξειδικού κονιάματος τοποθετείται στην κάτω επιφάνεια κοπής, εισάγεται το εφέδρανο και το κενό από πάνω του γεμίζεται με εποξειδικό κονίαμα. Οι υδραυλικοί γρύλλοι ελευθερώνονται και μόλις πήξει το κονίαμα αφαιρούνται και τα μεταλλικά υποστυλώματα. Χαλύβδινες επενδύσεις τοποθετούνται πάνω και κάτω από το εφέδρανο ώστε να παραλάβουν τις συγκεντρώσεις τάσεων και να αντικαταστήσουν τον οπλισμό που κόπηκε προηγουμένως. Τα εφέδρανα εγκιβωτίζονται σε πυροπροστατευτική μόνωση ή κλείνονται σε ειδικούς πίνακες και η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί. Για μεγαλύτερη ασφάλεια πάντως απέναντι σε πιθανό σεισμό κατά τη διάρκεια της επισκευής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και προσωρινή πλαισιωτή μεταλλική κατασκευή με συνδέσμους δυσκαμψίας σε όλο το επίπεδο της μόνωσης. [6],[9]



Χαλύβδινες επενδύσεις που αντικαθιστούν τις ράβδους οπλισμού[9]



Ζεύγος υποστυλωμάτων σε αρμό διαστολής[9]

Μία νέα μέθοδος προτείνει την μεταφορά του φορτίου του υποστυλώματος που μονώνεται, μέσω δυνάμεων τριβής ανάμεσα σε προσωρινά στηρίγματα και το υπάρχον υποστυλώμα, που αναπτύσσονται με προένταση. Αυτή η τεχνική εφαρμόστηκε σε κτίριο διοίκησης της περιφέρειας Yamanashi, στην πόλη Kofu, στην Ιαπωνία. Η νέα μέθοδος εφαρμόστηκε στο πάνω μέρος του υποστυλώματος ενώ στη βάση μία συμβατική μέθοδος ενίσχυσης των συνδετήριων δοκών. [6]

Προτού αρχίσει η επέμβαση, έγιναν πειράματα σε πραγματική κλίμακα ώστε να επιβεβαιωθεί η ασφάλεια και η υψηλή απόδοση του συστήματος στήριξης.



Προσωρινό σύστημα στήριξης [6]



Ολοκλήρωση σεισμικής μόνωσης[6]



Τοποθέτηση μονωτήρα σε πυροπροστατευτικό πίνακα[6]

Η απαιτούμενη για τις σεισμικές δράσεις απόσβεση στις περισσότερες περιπτώσεις παρέχεται από τα εφέδρανα, αλλά όταν κριθεί σκόπιμο μπορούν να τοποθετηθούν επίσης αποσβεστήρες, συνήθως ιζώδεις υδραυλικοί.

Όσον αφορά τη μεταχείριση των σκαλών και του ανελκυστήρα σε μία εφαρμογή σεισμικής μόνωσης σε υπάρχον κτίριο, απαιτούνται ειδικές κατασκευαστικές διατάξεις όπως υποθεμελίωση του σκελετού της σκάλας και των τοιχωμάτων του ανελκυστήρα και τοποθέτηση ολισθαινόντων εφεδράνων ανάμεσα στη βάση και τη νέα θεμελίωση. [10]

3.ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Η σεισμική μόνωση σε υφιστάμενες κατασκευές αποτελεί μία πολύ σύνθετη διαδικασία. Αυτές οι κατασκευές χωρίζονται σε τρία τμήματα: την κατασκευή πάνω από το επίπεδο μόνωσης, το σύστημα μόνωσης και τη θεμελίωση μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία κάτω από το επίπεδο μόνωσης. Καθένα από αυτά πρέπει να ενισχυθεί ξεχωριστά με ακρίβεια ώστε να επιτευχθεί υψηλή απόδοση. Επιπλέον οι διαδικασίες επιλογής επιπέδου μόνωσης, προσωρινής υποστήριξης, κοψίματος των δομικών στοιχείων, τοποθέτησης των μονωτήρων και η επιστροφή των φορτίων στα υποστυλώματα πρέπει να ελεγχθούν επαρκώς στη φάση του σχεδιασμού. Από μηχανικής άποψης το σύστημα μόνωσης πρέπει να έχει τρεις θεμελιώδεις μηχανικές ιδιότητες: οριζόντια ευκαμψία που αυξάνει την ιδιοπερίοδο και μειώνει τη μεταφορά τη σεισμικής ενέργειας στην ανωδομή (με εξαίρεση πολύ μαλακά εδάφη), απόσβεση ενέργειας ώστε να μειωθούν οι μετακινήσεις και επαρκή δυσκαμψία στις μικρές μετατοπίσεις ώστε το κτίριο να παραμένει άκαμπτο σε ανεμοπιέσεις και μικρούς σεισμούς. Στο στάδιο της μελέτης πρέπει επίσης να αποφασιστεί η στάθμη επιτελεστικότητας της ενίσχυσης. Σύμφωνα με EC8 η απόδοση της μόνωσης για τρεις στάθμες είναι: για αποφυγή βλαβών πολύ πιθανή, για αποφυγή σοβαρών βλαβών πιθανή και για αποφυγή κατάρρευσης περιορισμένη. [11]

Η σεισμική μόνωση βάσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε τύπο κτιρίου. Τα ψηλά και εύκαμπτα κτίρια με υψηλή θεμελιώδη ιδιοπερίοδο δεν είναι κατάλληλα, επειδή κατά το σεισμό πρέπει να συμπεριφερθούν σαν στερεό άκαμπτο σώμα. Επίσης δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η μόνωση μειώνει τις σεισμικές δυνάμεις, δεν τις εξαφανίζει. Συνεπώς η αντοχή και πλαστιμότητα της υπάρχουσας κατασκευής πρέπει τουλάχιστον να επαρκεί για να αντισταθεί στις μειωμένες δυνάμεις. [8]

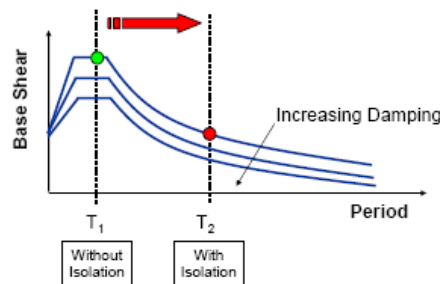
Αν η αντοχή είναι υπερβολικά χαμηλή (λιγότερο από το 5% του βάρους του κτιρίου) τότε άλλη μέθοδος ενίσχυσης πρέπει να μελετηθεί. Για τον ίδιο λόγο πρέπει να μελετηθεί και η θεμελίωση. [8]

Σε περίπτωση τοποθέτησης της μόνωσης στο υπόγειο είναι απαραίτητη η διαμόρφωση τάφρου. Οι διαστάσεις αλλά και θέματα όπως η επέκταση του κενού πέρα από τα όρια ιδιοκτησίας μελετούνται στη φάση του σχεδιασμού. Επίσης πρέπει να υπάρχει αρκετό διάστημα μέχρι τα γειτονικά κτίρια ώστε να επιτραπεί μια κίνηση από 15 μέχρι 60εκ. [8]

Άλλες προκλήσεις της εφαρμογής, είναι η διαχείριση των σκαλών και των ανελκυστήρων ώστε να συμβιβάσουν τις μεγάλες παραμορφώσεις, η πυροπροστασία των μονωτήρων αλλά και η ελαχιστοποίηση της σεισμικής τρωτότητας στη φάση της κατασκευής.

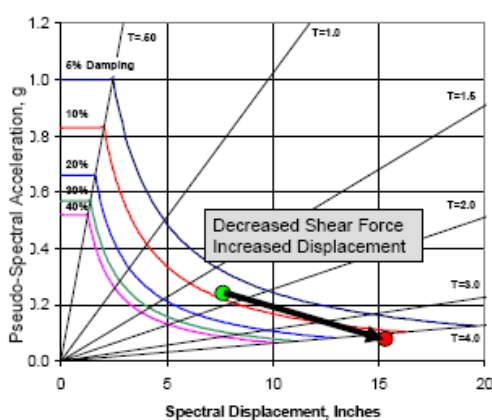
4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

Το κτίριο μετά την εφαρμογή της μόνωσης μετακινείται σαν άκαμπτη μονάδα και οι σεισμικές δυνάμεις μειώνονται δραστικά στη ανωδομή. Μειώνονται οι καταστροφικές μετακινήσεις σε δομικά και μη δομικά στοιχεία αλλά και η φασματική επιτάχυνση που σχετίζεται με καταστροφή του περιεχομένου. Επίσης μειώνεται η πιο σημαντική παράμετρος ενός κτιρίου στην αντισεισμική του συμπεριφορά, η τέμνουσα βάσης, καθώς αυξάνεται η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. [12]

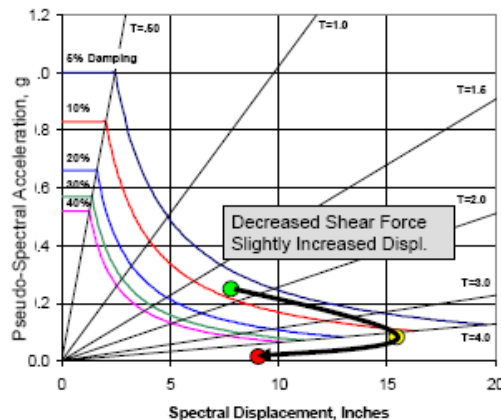


Σχέση ιδιοπεριόδου-τέμνουσας βάσης[12]

Πιο κάτω φαίνεται η σχέση ψευδο-επιτάχυνσης και φασματικής μετατόπισης πριν και μετά τη μόνωση, με ή χωρίς τη χρήση συμπληρωματικής απόσβεσης. [12]



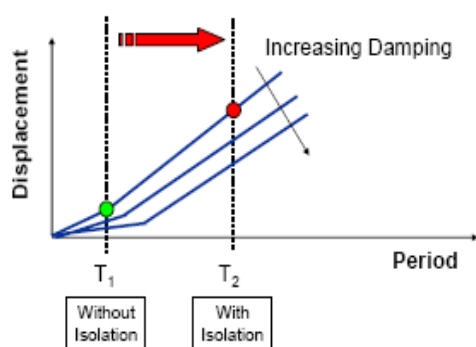
Χωρίς επιπλέον απόσβεση [12]



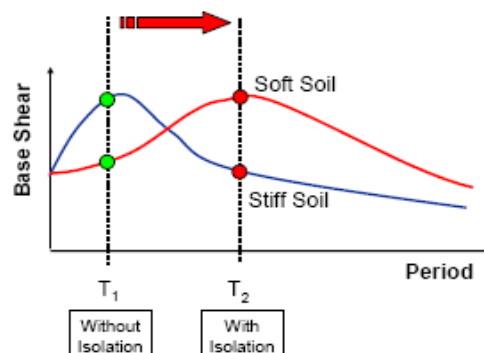
Με επιπλέον απόσβεση[12]

Όπως παρατηρούμε και στις δύο περιπτώσεις, η φασματική ψευδοεπιτάχυνση μειώνεται αλλά αυξάνεται η μετακίνηση που είναι όμως συγκεντρωμένη στη βάση. Με χρήση επιπλέον απόσβεσης η μετακίνηση είναι μειωμένη, ελαφρώς περισσότερο από αυτή χωρίς χρήση μόνωσης.

Πιο κάτω απεικονίζεται καθαρά η αύξηση της μετακίνησης με αύξηση της ιδιοπεριόδου και η συμπεριφορά της τέμνουσας βάσης ανάλογα με το έδαφος, που δείχνει ότι η σεισμική μόνωση είναι ακατάλληλη για μαλακά εδάφη. [12]



Σχέση ιδιοπεριόδου-μετακίνησης[12]



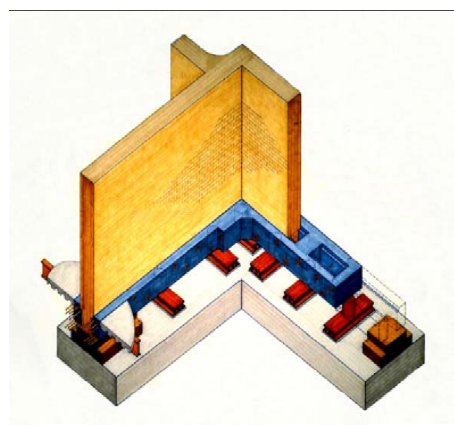
Σχέση ιδιοπεριόδου-τέμνουσας βάσης με επίδραση του εδάφους[12]

5.ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΤΗΚΕ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ

Το πρώτο υφιστάμενο κτίριο στον κόσμο που ενισχύθηκε με σεισμική μόνωση βρίσκεται στο Salt Lake City (City and County Building). Κατασκευάστηκε το 1893 και ενισχύθηκε το 1989 με 208 ελαστικά εφένδρανα με πυρήνα μολύβδου και 239 ελαστομεταλλικά. Χρησιμοποιήθηκαν ειδικές διατάξεις για την τοποθέτησή τους κάτω από τους φέροντες τοίχους. [13]



Κτίριο(City and County Building)[16]



Ειδική διάταξη μόνωσης σε φέροντα τοίχο

Το κτίριο Court of Appeals στο San Francisco που κατασκευάστηκε το 1905 ενισχύθηκε με εφεδρανα εκκρεμούς τριβής (FPS). Όταν ολοκληρώθηκε η ενίσχυση το 1994 ήταν το μεγαλύτερο υπάρχον κτίριο στον κόσμο με σεισμική μόνωση. Η κατασκευή αποτελείται από 4 ορόφους και ένα υπόγειο και έχει πολύ σημαντική αρχιτεκτονική και ιστορική σημασία. Τα 256 FPS που τοποθετήθηκαν του δίνουν τη δυνατότητα να μετακινείται κατά 35εκ. [12]

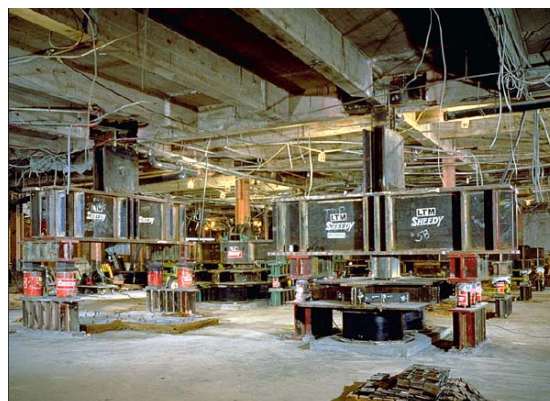


Όψη Court of Appeals στο San Francisco[12]

Αυτή τη στιγμή το μεγαλύτερο στον κόσμο ενισχυμένο με μόνωση κτίριο είναι το δημαρχείο του San Francisco, που είναι ένα μνημειακό πενταόροφο κτίριο. Η ενίσχυση περιλάμβανε την τοποθέτηση πάνω από 500 ελαστομεταλλικών εφεδράνων με πυρήνα μολύβδου ακριβώς πάνω από τη θεμελίωση και στη βάση των υποστυλωμάτων και των εξωτερικών φερόντων τοίχων. Η διαδικασία τελείωσε το 1998. [14]



Εξωτερική όψη του κτιρίου [16]



Τοποθέτηση μονωτήρων[16]

Εφαρμογή σε υφιστάμενο κτίριο έγινε και στα κεντρικά γραφεία της ΑΤΗΚ (Αρχής Τηλεπικοινωνιών Κύπρου). Το κτίριο αποτελείται από 6 επιμέρους στατικά ανεξάρτητα τμήματα, διαχωριζόμενα μεταξύ τους με αρμούς. Το σύνολο των 6 τμημάτων διαμορφώνει σε κάτοψη ένα εξάπλευρο σε κάθε κορυφή του οποίου βρίσκεται ο πυρήνας του κλιμακοστασίου και του ανελκυστήρα κάθε τμήματος. Το κτίριο αναπτύσσεται σε 6 επίπεδα(1 υπόγειο, ισόγειο και 4 ορόφους). [1]

Με βάση την αδυναμία επίλυσης του προβλήματος της ανεπάρκειας του φορέα κυρίως λόγω της μεγάλης διαφοράς μεταξύ των φορτίων σχεδιασμού και ανασχεδιασμού διερευνήθηκε και τελικά επιλέχθηκε η περίπτωση της σεισμικής μόνωσης. Μετά από ελέγχους στο σύνολο των διατομών του φορέα διαπιστώθηκε ότι: οι υπερβάσεις σε οπλισμό περιορίζονται σημαντικά και καλύπτονται από τον οπλισμό των μανδύων που κατασκευάζονται, η θεμελίωση ανακουφίζεται σημαντικά ώστε να μην απαιτούνται γενικευμένες παρεμβάσεις και η σχετικές μετατοπίσεις στην ανωδομή είναι σχεδόν μηδενικές αφού το κτίριο μετατοπίζεται σαν στερεό σώμα. Η εφαρμογή έγινε στο επίπεδο του ισογείου και χρησιμοποιήθηκαν FPS εφέδρανα. [1]

Με μόνωση ενισχύθηκαν επίσης τα αεροδρόμια της Αττάλειας και της Κων/πολης στην Τουρκία.

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενα κτίρια, μπορεί να αποτελέσει μια πολύ καλή εναλλακτική λύση σαν τρόπος ενίσχυσης σε κατασκευές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αν και η χρήση της δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε σχέση με κλασικές μεθόδους θα μπορούσε να αποδειχτεί βέλτιστη λύση για αρκετές περιπτώσεις και με ένα μικρό σχετικά οικονομικό κόστος.

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Α.Σοφοκλέους Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Ι.Κάνας Πολιτικός Μηχανικός MSc και Α.Φιλίππου Κύπρος, Ι.Καραμπατζός και Κ.Μυλωνάς Πολιτικοί Μηχανικοί ΕΜΠ] "Η εφαρμογή της σεισμικής μόνωσης σε υφιστάμενες κατασκευές ως μέσο ουσιαστικής αναβάθμισής τους"

[2] Akihiro Ito Ast Mgr Ministry of Construction Tokyo, Ryugo Nakagawa Chief Architect Mayekawa Associates Tokyo, Fumiaki Abe Chief Eng. Yokohama Consulting Engineers Tokyo, Yasukazu Nakamura Dep. Gen. Mgr Shimizu Corp. Tokyo "Vibration-Isolation Retrofit for the National Museum of Western Art Tokyo"

[3] Mikayel Melkumyan "The Behavior of Retrofitted Buildings During Earthquakes: New Technologies" www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd46/cap20-beha.pdf

[4] Alessandro Martelli "Development and application of modern anti-seismic technologies in Italy" <http://protprev.casaccia.enea.it/Ineris%20-%20Martelli%20-%202005-01-26.pdf>

[5] "Seismic isolation of civil retrofitting by buildings in Armenia including school and hospital" Prof. Dr. Mikayel Melkumyan, President of the Armenian Association for Earthquake Engineering

info.worldbank.org/etools/docs/library/114650/istanbul/docs/istanbul1004/melkumyan.ppt

[6] Yoe Masuzawa and Yoshiaki Hishada "Seismic isolation retrofit of a prefectural government office building"

<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/Member/Boss/Paper/2004/001199.pdf>

[7] Simon Foo, Nove Naumoski and Moe Cheung Public Works and Government Services Canada "Seismic risk reduction of existing buildings"

ftp://ftp.tech-env.com/pub/Seismic/Canada_Taiwan_2002.pdf

- [8] Ronald L Mayes Ph.D Consulting Engineer, Berkeley, California Farzad Naeim, Ph.D., S.E. Vice President and Director of Research and Development, John A. Martin and Associates, Inc., Los Angeles, California
<http://civilwares.free.fr/The%20Seismic%20Design%20Handbook/Chapter%2014-Design%20of%20structures%20with%20seismic%20isolation.pdf>
“Design Structures with Seismic Isolation/ Chapter 14”
- [9] Cetin Yilmaz, Edmund Booth and Chris Sketchley ”Retrofit of Antalya Airport International terminal building, Turkey using seismic isolation” First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology Geneva, Switzerland, 3-8 September 2006
Paper Number: 1259 <http://www.erseteknoloji.com/Paper1259.pdf>
- [10] Marco Mezzi Associate Professor University of Perugia”Enhancing the Seismic Performance of Existing Pilotis Configuration”
http://www.curee.org/architecture/docs/Mezzi_pap_0164.pdf
- [11] L.Di Sarno and A.S.Elnashai, Mid American Earthquake Center ”Seismic Retrofitting of Steel and Composite Building Structures”
http://mae.cee.uiuc.edu/documents/cd_rom_series/02-01/Report02-01.pdf
- [12] Michael D. Symans PhD ”Seismic Protective Systems: Seismic Isolation”
E:\Topic15-7-SeismicIsolationHandouts.pdf
- [13] Taiki Saito “International Trends of Application of Seismic Isolation System”, Building Research Institute Japan
<http://www.kenken.go.jp/english/information/information/event/tokyo-2007/2-2.pdf>
- [14] Simin Naaseh, San Francisco ”Practical Solutions for Seismic Isolation, Lessons Learned” 5th World Congress on Joints, Bearings and Seismic Systems for Concrete Structures Rome, Italy, 7-11 October 2001
- [15] Joan Gonchar ”Three buildings, Three Different Approaches” E:\Three Buildings, Three Different Approaches Originally published in the January 2009 issue of Architectural Record McGraw-Hill Construction - Continuing Education Center.mht
- [16] Simin Naaseh SE Principal Mason Walters SE Principal “Implementation of Base Isolation in Retrofit Applications” 100th Anniversary Earthquake Conference Commemorating the 1906 San Francisco Earthquake April 17th 2006