

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΑΘ'ΥΨΟΣ ΜΕ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ

Μιχάλης Αγγελίδης
Πολιτικός Μηχανικός
ΑΜΤΕ Α.Ε. Τεχνικών Μελετών
Αθήνα
e-mail: amte@otenet.gr

Γιώργος Παπανίκας
Πολιτικός Μηχανικός
ΑΜΤΕ Α.Ε. Τεχνικών Μελετών
Αθήνα
e-mail: amte@otenet.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προσθήκη καθ'ύψος ορόφων και φορτίων σε κτήρια και φορείς που έχουν κατασκευασθεί πριν από την ισχύ του Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού δεν είναι γενικά δυνατό να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ισχύοντος κανονισμού. Ο συνδυασμός όμως μεταλλικών φορέων (για μείωση του ίδιου βάρους της προσθήκης) με σεισμική απόσβεση επιτρέπει υπό προϋποθέσεις την προσθήκη φορέων σε υφιστάμενα κτήρια. Η σεισμική απόσβεση σχεδιάζεται με τρόπο ώστε τα τελικά επιβαλλόμενα σεισμικά φορτία στον υφιστάμενο φορέα να παραμένουν εντός των ορίων των επιτρεπομένων τάσεων της αρχικής κατασκευής. Παρουσιάζονται 2 παραδείγματα έργων:

1. Προσθήκη 2 ορόφων σε υφιστάμενη κατοικία στην Αθήνα. Οι φορείς των νέων ορόφων είναι μεταλλικοί με σύμμικτες πλάκες. Η απόσβεση επιτυγχάνεται μέσω αποσβεστήρων τριβής στα αντιανέμια των κατακορύφων διαγωνίων συνδέσμων.
2. Προσθήκη ανεμιστήρα, φίλτρων και καμινάδας αποκονίωσης στην οροφή υφισταμένου σιλό στην Πάτρα. Όλοι οι νέοι φορείς είναι μεταλλικοί και η απόσβεση επιτυγχάνεται μέσω οριζοντίων αποσβεστήρων τριβής μεταξύ της οροφής του σιλό και του δαπέδου της νέας εγκατάστασης.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γενικά γνωστό ότι φορείς που κατασκευάστηκαν πριν από την ισχύ του Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (1995) δεν μπορούν να ανταποκριθούν συνήθως στις απαιτήσεις των ισχυόντων σήμερα κανονισμών. Η νομοθεσία επιτρέπει βέβαια σε περιπτώσεις προσθηκών να ελέγχεται το υφιστάμενο κτήριο με βάση τους παλαιότερους κανονισμούς. Η πρόσφατη συμπλήρωση της διάταξης αυτής με την απαίτηση περί σχετικής έγγραφης σύμφωνης γνώμης του ιδιοκτήτη, αποτελεί σημαντικό περιορισμό στις δυνατότητες υλοποίησης προσθηκών, καθότι η πλειονότητα των υφισταμένων σήμερα

κτηρίων στην Ελλάδα έχει κατασκευασθεί πριν από το 1995 και οι ιδιοκτήτες σπάνια συναινούν σε επένδυση αμφίβολης ασφάλειας.

Επρεπε συνεπώς να αναζητηθεί λύση η οποία να επιτρέπει την ασφαλή προσθήκη σε φορείς οι οποίοι διαθέτουν μια σχετική επάρκεια (π.χ. υπάρχει πρόβλεψη ορόφων), χωρίς την ανάγκη δαπανηρών ενισχύσεων και με αποφυγή υπέρβασης των αντοχών των υφισταμένων θεμελιώσεων. Στις ακόλουθες ενότητες παρουσιάζεται και αναλύεται η προσέγγιση που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, σε συνδυασμό με δυο πρόσφατες υλοποιήσεις.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Το ζητούμενο ήταν να επιλεγεί τρόπος μόρφωσης της προσθήκης έτσι ώστε η σεισμική επιβάρυνση στον υφιστάμενο φορέα με βάση το σημερινό κανονισμό να βρίσκεται στα επίπεδα του αρχικού σχεδιασμού ή των επιτρεπομένων τάσεων της αρχικής κατασκευής.

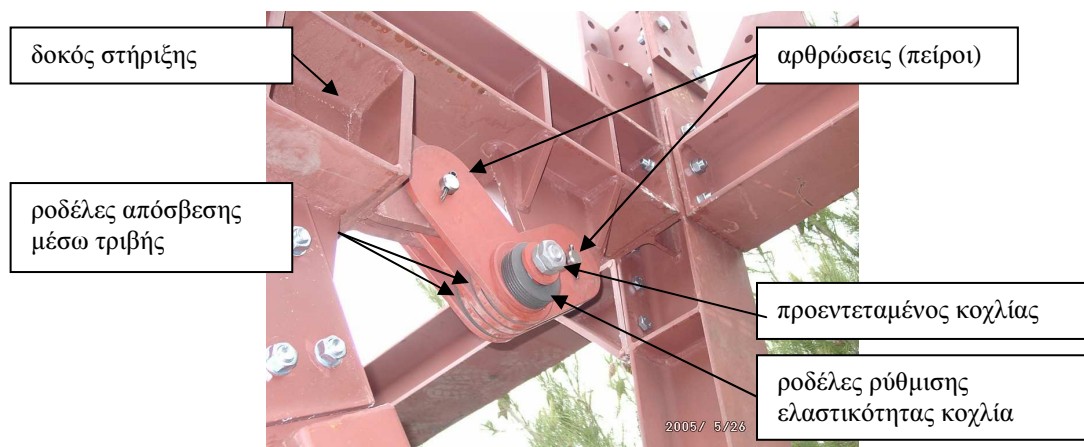
Είναι προφανές ότι, εφόσον η σεισμική δράση είναι κατά βάση αδρανειακή, η προσθήκη πρέπει να είναι όσο το δυνατό ελαφρύτερη. Συνεπώς, πρέπει ο φορέας της προσθήκης να αποτελείται από μεταλλική κατασκευή. Τα κατακόρυφα στοιχεία θα είναι μεταλλικά υποστυλώματα και οι πλάκες θα μορφώνονται από σύμμικτη κατασκευή. Η παραλαβή των σεισμικών δυνάμεων θα επιτυγχάνεται μέσω αντιανεμίων συνδέσμων.

Η ελαχιστοποίηση του ίδιου βάρους της προσθήκης δεν αρκεί συνήθως από μόνη της για να μειώσει τα σεισμικά φορτία σε βαθμό που να παραλαμβάνονται ασφαλώς από τον υφιστάμενο φορέα. Απαιτείται περαιτέρω σημαντική μείωση των σεισμικών δράσεων, η οποία συνήθως επιτυγχάνεται μέσα από κάποιο σύστημα σεισμικής μόνωσης ή απόσβεσης. Η σεισμική μόνωση βασίζεται συχνά σε αύξηση της ιδιοπεριόδου του φορέα, γεγονός το οποίο οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση των μετακινήσεων. Για απαίτηση σημαντικής μείωσης των σεισμικών αντιδράσεων, η αύξηση των μετακινήσεων είναι μεγάλη και δημιουργεί πρακτικά προβλήματα υλοποίησης και συντήρησης στις συνήθεις κατασκευές (σχεδιασμός τοίχων, κουφωμάτων κ.λ. ικανών να παρακολουθήσουν μεγάλες μετακινήσεις, εύκαμπτες συνδέσεις με δίκτυα, απαίτηση για διατήρηση της δυνατότητας μετακίνησης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτηρίου, κ.λ.). Η δυσκολία διασφάλισης των παραπάνω υπό συνθήκες συνθήκες κατασκευής και συντήρησης οδήγησε στην εγκατάλειψη της μεθόδου της σεισμικής μόνωσης και στην επιλογή συστήματος σεισμικής απόσβεσης.

Η σεισμική απόσβεση βασίζεται στην εισαγωγή στο φορέα συστημάτων επί των οποίων θα αναλίσκεται σεισμική ενέργεια. Υπάρχουν ήδη πολλές εφαρμογές διεθνώς με χρήση συστημάτων απόσβεσης, κυρίως τύπου εμβόλου. Στον Ελληνικό χώρο, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σύστημα σεισμικής απόσβεσης των κυρίως ζευκτών της στέγης του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών, τα έμβολα του οποίου είναι ορατά από την αίθουσα αναχωρήσεων. Με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε από την εφαρμογή αυτή, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν αποσβεστήρες τριβής αντί για έμβολα, λόγω των περιορισμένων διαστάσεων που προσφέρουν και λόγω της μεγαλύτερης ευκολίας ελέγχου και συντήρησής τους.

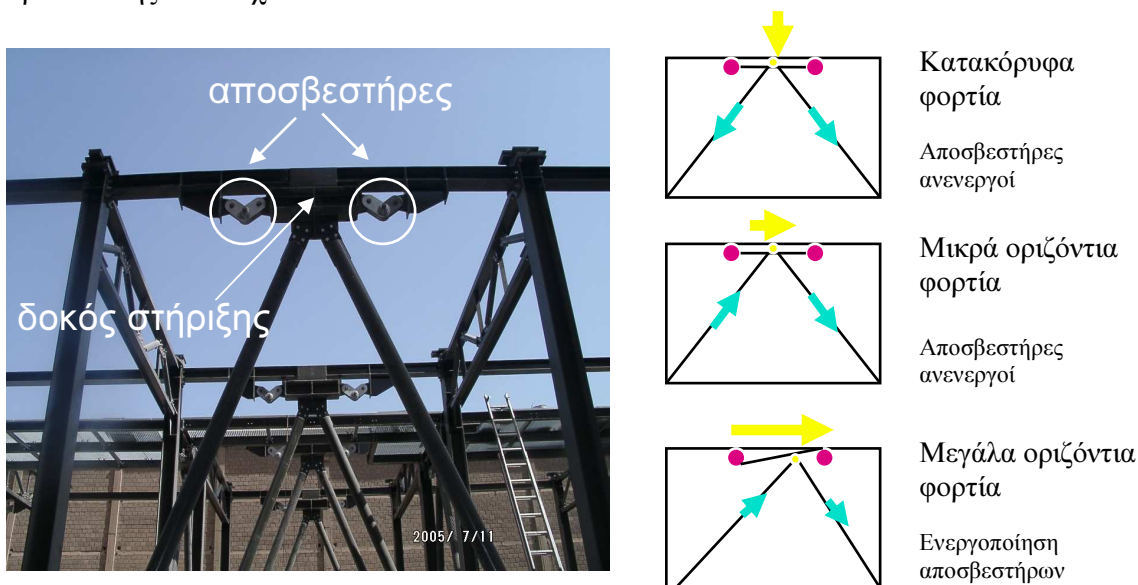
Οι αποσβεστήρες που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές που παρουσιάζονται ακολούθως έχουν αναπτυχθεί από τη Δανέζικη εταιρεία Damptech και η απόκρισή τους έχει ελεγχθεί και πιστοποιηθεί από εργαστήρια στη Δανία, την Ιαπωνία και την Ταϊβάν. Ο τρόπος λειτουργίας βασίζεται σε περιστρεφόμενες ροδέλες οι οποίες περικλείονται από μεταλλικές πλάκες. Το σύστημα συγκρατείται από κοχλία, η προένταση του οποίου χαρακτηρίζει το βαθμό απόσβεσης, σε συνδυασμό με τον αριθμό των επαλλήλων ροδελών που χρησιμοποιούνται. Μια τυπική διάταξη φαίνεται στην ακόλουθη φωτογραφία. Η

απόσβεση επιτυγχάνεται μέσω της τριβής των ροδελών που συγκρατούνται ανάμεσα στις μεταλλικές πλάκες.



Φωτ. 1 Τυπική διάταξη αποσβεστήρα τριβής

Η λειτουργία του συστήματος απόσβεσης συνοψίζεται σχηματικά στο ακόλουθο σκαρίφημα, όπου, με παράδειγμα διάταξης αποσβεστήρων σε διαγώνιους συνδέσμους τύπου «Λ», παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις λειτουργίας του συστήματος. Στην πρώτη φάση που αντιστοιχεί στα κατακόρυφα φορτία, οι αποσβεστήρες είναι ανενεργοί και ο φορέας συμπεριφέρεται σαν να μην υπήρχαν αποσβεστήρες. Στη δεύτερη φάση, που αντιστοιχεί σε μικρά οριζόντια φορτία (π.χ. συνήθης άνεμος, μικρός σεισμός), οι αποσβεστήρες επίσης παραμένουν ανενεργοί. Στην τρίτη φάση, που αντιστοιχεί σε μεγάλα οριζόντια φορτία, ενεργοποιούνται οι αποσβεστήρες και επιτυγχάνεται απόσβεση μέσω τριβής των ροδελών του περιστρεφόμενου αποσβεστήρα. Η διαδικασία έχει ως εξής: Η δοκός στήριξης μετακινείται οριζοντίως λόγω των οριζοντίων δυνάμεων στον κόμβο. Ο αποσβεστήρας ακολουθεί την κίνηση και οι πρώτες πλάκες περιστρέφονται γύρω από τον πείρο. Οι απέναντι πλάκες θα περιστραφούν κατά την αντίθετη φορά, ενώ, μόλις αλλάξει φορά η ασκούμενη δύναμη, οι πλάκες θα περιστραφούν κατά την αντίθετη φορά. Η έκλυση ενέργειας γίνεται μέσω τριβής ανάμεσα στις περιστρεφόμενες επιφάνειες. Η στάθμη ενεργοποίησης του συστήματος ρυθμίζεται με τη βοήθεια της προέντασης του κοχλίου.



Σχ. 1 Σχηματικός τρόπος λειτουργίας αποσβεστήρων τριβής

Είναι προφανές ότι το σύστημα αυτό παρέχει σημαντική ευκολία ελέγχου και συντήρησης καθώς και δυνατότητα τροποποίησης της στάθμης απόσβεσης (με αλλαγή της προέντασης ή/και με προσθήκη ροδελών).

4. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΩΝ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ

Σε κτήριο (pilotis + 1 όροφος) που είχε κατασκευασθεί το 1980 στο Μαρούσι, ο ιδιοκτήτης επιθυμούσε την προσθήκη 2 ορόφων και πισίνας στο δώμα. Το κτήριο είχε πρόβλεψη ορόφου, αλλά με βάση τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 και ο διοκτήτης επιθυμούσε δυνατότητα παραλαβής σεισμικών δυνάμεων στα επίπεδα του σημερινού κανονισμού. Η λύση περιελάμβανε κατασκευή περιμετρικού στηθαίου οπλισμένου σκυροδέματος, το οποίο συνδέθηκε με τις υφιστάμενες αναμονές οπλισμών και στο οποίο ενσωματώθηκαν οι αγκυρώσεις των νέων μεταλλικών υποστυλωμάτων. Το στηθαίο επέτρεψε επίσης τη δυνατότητα μεταφοράς των οριζοντίων δυνάμεων από τη βάση των νέων αντιανεμίων στις κορυφές των υφισταμένων τοιχωμάτων. Λόγω της μεγάλης δυσκαμψίας του υφισταμένου κλιμακοστασίου και φρεατίου ανελκυστήρα, η κατασκευή του συνεχίστηκε με οπλισμένο σκυρόδεμα μέχρι το νέο δώμα και διαχωρίστηκε στατικά από το μεταλλικό φορέα της προσθήκης με αρμό. Στις ακόλουθες φωτογραφίες παρουσιάζονται χαρακτηριστικά σημεία της κατασκευής.



Φωτ. 2 Κατασκευή στηθαίου και αγκύρωση μεταλλικών υποστυλωμάτων



Φωτ. 3 Ανέγερση μεταλλικής κατασκευής και αποσβεστήρων



Φωτ. 4 Ανέγερση μεταλλικής κατασκευής και αποσβεστήρων

5. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ ΣΕ ΚΟΡΥΦΗ ΣΙΛΟ

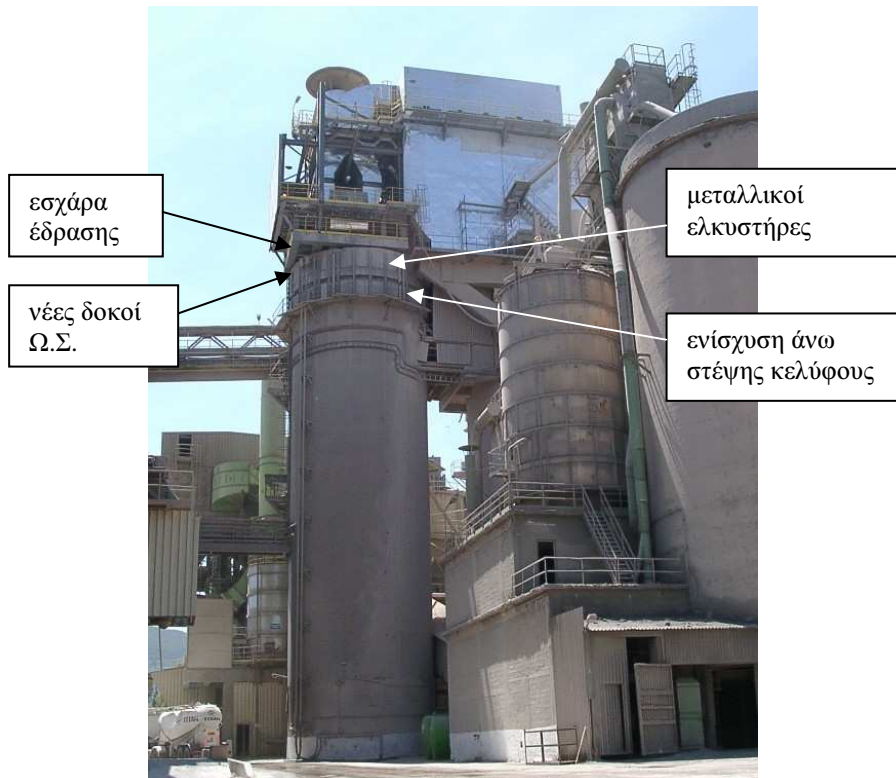
Για τις ανάγκες της αναβάθμισης των εγκαταστάσεων εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου στην Πάτρα, απαιτήθηκε η προσθήκη συστήματος αποκονίωσης στην κορυφή ενός σιλό οπλισμένου σκυροδέματος, το οποίο είχε κατασκευασθεί με βάση τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959. Η πλάκα οροφής του σιλό βρίσκεται σε υψόμετρο 40 μέτρων από το έδαφος και το συνολικό φορτίο της προσθήκης είναι 165 τόνοι. Η προσθήκη αποτελείται από μονάδα φίλτρου, ανεμιστήρα και καμινάδας και απεικονίζεται στην ακόλουθη φωτογραφία.



Φωτ. 5 Εγκατάσταση αποκονίωσης στην οροφή υφισταμένου σιλό

Η λύση που επελέγη ήταν να τοποθετηθεί μεταλλική εσχάρα μεγάλης δυσκαμψίας στην κορυφή του σιλό, επί της οποίας να ανεγερθούν οι εγκαταστάσεις της αποκονίωσης. Η

μεταλλική εσχάρα απομονώνεται από το φορέα του σιλό μέσω εφεδράνων οπλισμένου ελαστομερούς και παράλληλα παρέχεται οριζόντια απόσβεση με τη βοήθεια αποσβεστήρων τριβής στη διεπιφάνεια μεταξύ οροφής σιλό και μεταλλικής εσχάρας. Για την έδραση της εσχάρας και τη διάταξη των εφεδράνων κατασκευάστηκαν νέες δοκοί οπλισμένου σκυροδέματος, οι οποίες συνδέθηκαν με το υφιστάμενο κέλυφος του σιλό. Για την ασφαλή μεταφορά κατακορύφων εφελκυστικών δυνάμεων στο υφιστάμενο κέλυφος, ενισχύθηκε η άνω στέψη του κελύφους με περιμετρική δοκό οπλισμένου σκυροδέματος, η οποία συνδέθηκε μέσω βλήτρων με το κέλυφος και μέσω κατακορύφων μεταλλικών ελκυστήρων με τις νέες δοκούς έδρασης του συστήματος.

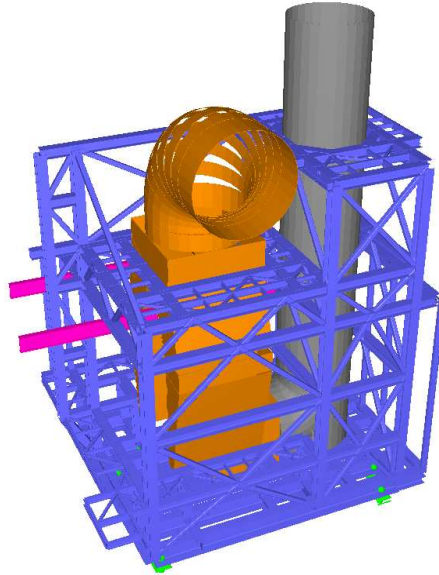


Φωτ. 6 Γενική διάταξη φορέα



Φωτ. 7 Ανέγερση μεταλλικού φορέα

Για την επιτυχή απόκριση του συστήματος και τη λειτουργία των αποσβεστήρων απαιτείται τα σημεία έδρασης (εφεδράνα) να βρίσκονται πάντοτε υπό θλίψη. Για το λόγο αυτό διεξήχθη σειρά υπολογισμών με διερεύνηση πιθανών θέσεων των εφεδράνων, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η απαιτούμενη απόκριση του συστήματος. Το προσομοίωμα υπολογισμού παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχεδιάγραμμα.



Σχ. 2 Προσομοίωμα υπολογισμού



Φωτ. 8 Εγκατάσταση αποσβεστήρα

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση αποσβεστήρων τριβής επιτρέπει την απορρόφηση σεισμικής ενέργειας από το μεταλλικό φορέα της προσθήκης, έτσι ώστε οι αντιδράσεις επί του υφισταμένου κτηρίου να κυμαίνονται στα επίπεδα των αρχικών επιτρεπομένων τάσεων της κατασκευής.

EXTENSION IN HEIGHT THROUGH SEISMIC DAMPING

Michael Angelides
Structural Engineer
AMTE Consulting Engineers
Athens, Greece
e-mail: amte@otenet.gr

George Papanikas
Structural Engineer
AMTE Consulting Engineers
Athens, Greece
e-mail: amte@otenet.gr

SUMMARY

The addition of floors and loads to buildings constructed according to the old Greek Earthquake Design Code can not generally satisfy the requirements of the modern code. The combination however of steel structures (in order to reduce the weight of the extension) with seismic damping allows, under specific circumstances, the addition of floors to existing structures. The seismic damping is designed so that the seismic loads imposed on the existing structure remain within the limits of the allowable loads of the initial structure. Two application examples are presented:

1. Addition of 2 floors to an existing residential building in Athens. The new structure consists of steel columns and braces with composite slabs. The damping is achieved through frictional dampers installed in the vertical bracings.
2. Addition of ventilation fan, chimney and dedusting filter at the top of an existing silo in Patra. All new structures are from steel and damping is achieved through horizontal friction dampers between the silo roof and the floor of the new structure.