

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΑ ΚΑΛΩΔΙΑ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία περιγράφει σε θεωρητικό επίπεδο τον τρόπο χρήσης προεντεταμένων καλωδίων για την ενίσχυση πλαισιακών κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος για βελτίωση της συμπεριφοράς τους έναντι σεισμικών και κατακορύφων δράσεων. Επίσης, παρουσιάζεται το εργαστηριακό πρόγραμμα Spider το οποίο συνδυάζει την χρήση προεντεταμένων καλωδίων και συσκευών απορρόφησης ενέργειας ως βελτιωμένη επιλογή.

Εισαγωγή

Γενικά, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την ενίσχυση της σεισμικής φέρουσας ικανότητας ενός υφιστάμενου κτιρίου⁴. Στην πρώτη προσέγγιση ενισχύεται η κατασκευή ως σύνολο, με γενικές επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό, μειώνοντας την ένταση στα αδύναμα στοιχεία της. Στη δεύτερη προσέγγιση δίνεται βάρος στην αύξηση της αντοχής των συγκεκριμένων αδύναμων στοιχείων της κατασκευής. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τεχνικές επεμβάσεων στον φέροντα οργανισμό κτιρίων με τη χρήση προεντεταμένων καλωδίων. Παρ'όλο που η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως για την ενίσχυση κτιρίων από τοιχοποιία και γεφυρών οπλισμένου σκυροδέματος, η χρήση της για ενίσχυση πλαισιακών κτιρίων Ο.Σ. είναι περιορισμένη. Γι'αυτό, αντικείμενο των όσων ακολουθούν είναι ακριβώς αυτή η τελευταία εφαρμογή.

1. Παρουσίαση εξοπλισμού⁶

Για την ενίσχυση κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος με προένταση χρησιμοποιούνται μεταλλικά καλώδια υψηλής αντοχής, κοινώς τένοντες. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει επίσης αγκυρώσεις, χαλύβδινους σωλήνες περιβολής των καλωδίων και τσιμεντένεμα ή άλλο ρευστοκονίαμα. Η τάνυση των καλωδίων γίνεται με υδραυλικό γρύλο. Η όλη εγκατάσταση έχει περιγραφικά ως εξής: ο σωλήνας περιβολής περιβάλλει τα υψηλής αντοχής καλώδια τα οποία είναι παράλληλα τοποθετημένα εντός του . Τα άκρα των καλωδίων είναι αγκυρωμένα στην κατασκευή. Στο ένα άκρο η αγκύρωση χαρακτηρίζεται σταθερή ή νεκρή. Η επιμήκυνση των τενόντων εφαρμόζεται από το άλλο άκρο (ενεργή ή κινητή αγκύρωση), στο οποίο εξασφαλίζεται και η μόνιμη στερέωση τους στην κατασκευή συνήθως με σφήνες. Οι αγκυρώσεις είναι συγκολλημένες σε μεταλλικά ελάσματα, γνωστά ως 'πιάτα', τα οποία συνδέονται στον σκελετό του κτιρίου, εφ'όσον είναι εφικτό. Ο σωλήνας περιβολής γεμίζεται με ρευστοκονίαμα για την αποφυγή διάβρωσης των καλωδίων.

2. Τρόποι χρήσης της τεχνικής

2.1. Παράλληλη τοποθέτηση τενόντων

Η τοποθέτηση των τενόντων παράλληλα σε στοιχεία του κτιρίου βοηθά στην αύξηση της καμπτικής και διατμητικής αντοχής αυτών. Χρησιμοποιείται κυρίως σε δοκούς και πλάκες πλαισιακών κατασκευών. Η μόρφωση των καλωδίων κατά τέτοιο τρόπο δεν βοηθά τόσο στην ανάληψη σεισμικών δράσεων, αλλά στην ανάληψη κατακόρυφων φορτίων. Εξαιτίας του μικρού επιπρόσθετου βάρους η μέθοδος είναι όχι μόνο οικονομική αλλά και δραστική για τη μείωση του βέλους κάμψης και των κατακόρυφων ρηγματώσεων σε δοκούς και πλάκες. Η τοποθέτηση των καλωδίων μπορεί να γίνει δια μέσου των στοιχείων, ανοίγοντας διαμήκεις οπές σε αυτά. Όμως είναι ευκολότερο και φυσικά πιο οικονομικό να τοποθετούνται οι τένοντες εξωτερικά των

στοιχείων. Πριν την εφαρμογή της τάνυσης, κλείνονται οι ρωγμές των στοιχείων με ρητίνες, ώστε να διασφαλιστεί η ομοιόμορφη κατανομή της έντασης. Η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αύξηση της καμπτικής αντοχής υποστυλωμάτων. Προεντεταμένα καλώδια μπορούν να τοποθετηθούν παράλληλα στον διαμήκη οπλισμό, και να περνούν στην πλάκα, ή στην δοκό του πλαισίου και να αγκυρώνονται εκεί. Στη συνέχεια γίνεται χύτευση εκτοξευόμενου σκυροδέματος περιμετρικά του υφιστάμενου υποστυλώματος³. Έτσι, αυξάνοντας την αξονική δύναμη του υποστυλώματος επιτυγχάνεται και η αύξηση της καμπτικής του αντοχής αλλά και η εξάλειψη της πιθανότητας δημιουργίας πλαστικής άρθρωσης σ' αυτό.

Η Αμερικανική κατασκευαστική εταιρία VSL⁷ έκανε χρήση της τεχνικής για να βελτιώσει την αντοχή πλακών υπό κατακόρυφα φορτία σε κτίρια δημόσιων υπηρεσιών στην Αμερική. Η επέμβαση έγινε χωρίς να διακοπεί η λειτουργία των υπηρεσιών, με τένοντες όπως φαίνονται στο σχήμα 2.1.1.



Σχήμα 1: Λεπτομέρεια τοποθέτησης τενόντων⁷

Οι τένοντες προβάλλουν στο στοιχείο δυνάμεις αντίθετες των κατακόρυφων φορτίων και τείνουν να δημιουργήσουν αντίθετο βέλος κάμψης. Συνεπώς, μειώνεται το βέλος λόγω κατακόρυφων φορτίων.

2.1.1 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα μεθόδου

Η μέθοδος αποτελεί μία δραστική λύση για αναίρεση του βέλους κάμψης δοκών και πλακών, αλλά και για σίγουρο κλείσιμο των ρωγμών ώστε να μη διαβρωθεί ο οπλισμός τους. Το βάρος του εξοπλισμού είναι πολύ μικρό, με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνεται ο φέρων οργανισμός με επιπρόσθετο φορτίο. Επίσης, δεν αυξάνει την συνολική μάζα της κατασκευής όπως άλλες επιλογές ενίσχυσης, άρα δεν επηρεάζεται η απόκρισή της σε σεισμό.

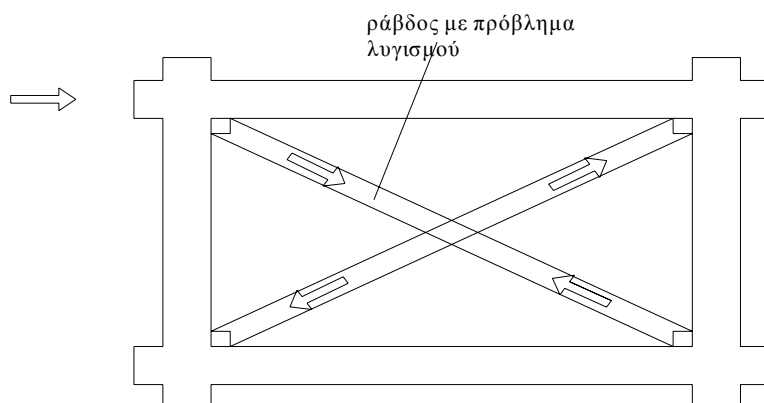
Παρά τα θετικά της μεθόδου, δυσκολία αντιμετωπίζεται όταν τα υποστυλώματα της υφιστάμενης κατασκευής χρειάζονται ενίσχυση γιατί δεν μπορούν να αντέξουν την τοπική φόρτιση λόγω των τενόντων που ενισχύουν οριζόντια στοιχεία. Σε περίπτωση ενίσχυσης των ίδιων των υποστυλωμάτων η δυσκολία έγκειται στην διάνοιξη οδών για τη διέλευση των τενόντων. Επίσης, αισθητικοί λόγοι επιβάλλουν πρόσθετη επέμβαση για κάλυψη των τενόντων, γεγονός που πιθανόν αλλάζει τη μόρφωση του εσωτερικού χώρου του κτιρίου (ψευδοροφές, επικαλύψεις).

2.2 Τοποθέτηση τενόντων υπό μορφή X

Το σκεπτικό της μεθόδου είναι να προενταθούν οι τένοντες σε κάποιο ποσοστό της δύναμης διαρροής τους, ώστε να αντέχουν και σε θλίψη και σε περαιτέρω εφελκυσμό. Το ποσοστό προέντασης μπορεί να φτάσει και το μισό της δύναμης διαρροής των τενόντων και επιλέγεται ανάλογα με την τιμή της οριζόντιας δύναμης που αναμένουμε να παραλάβουν. Συνεπώς, αν και η ικανότητα του πλαισίου να αναλαμβάνει κατακόρυφα φορτία δεν

βελτιώνεται, η εγκατάσταση ενισχύει την ανάληψη των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων αυξάνοντας την πλευρική δυσκαμψία του πλαισίου.

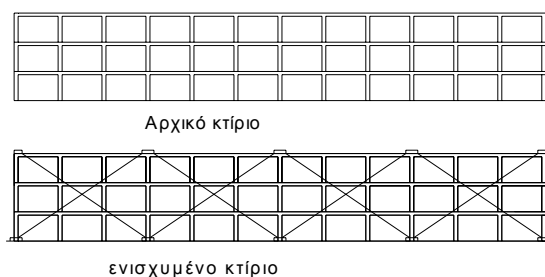
Ένας τρόπος εφαρμογής της μεθόδου² είναι τα προεντεταμένα καλώδια να τοποθετούνται διαγώνια εντός πλαισίων του φέροντα οργανισμού, ανάμεσα στις στρώσεις των τοίχων, όπως τα κοινά δικτυωτά μεταλλικά συστήματα. Η χρήση της προέντασης υπερτερεί έναντι των κοινών μεταλλικών ράβδων στο ότι αποτρέπεται ο κίνδυνος λυγισμού⁸, κρίσιμος παράγοντας αποτελεσματικότητας των τελευταίων υπό ανακυκλιζόμενες δράσεις. (Σχήμα 1)



Σχήμα.2 : πρόβλημα λυγισμού σε μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων⁸

Σε μερικές περιπτώσεις, η επαφή των τενόντων με τον φέροντα οργανισμό γίνεται με τη συνεχή σύνδεση ενός μεταλλικού πλαισίου σ' αυτόν, πάνω στο οποίο συνδέονται οι αγκυρώσεις των τενόντων. Εναλλακτικά, οι αγκυρώσεις συνδέονται απευθείας στον φέροντα οργανισμό, αν και η εγκατάστασή τους χρίζει σοβαρής δυσκολίας.

Άλλος τρόπος εφαρμογής της μεθόδου είναι τα καλώδια να τοποθετούνται στους κόμβους των πλαισίων, εξωτερικά ή εσωτερικά. Η σύνδεση των τενόντων με την κατασκευή γίνεται σε κόμβους πλαισίων, όπου τα 'πιάτα' των αγκυρώσεων συνδέονται σ' αυτούς. Με αυτή την τεχνική δεν είναι απαραίτητη η σύνδεση διαδοχικών καθ' ύψος και κατά πλάτος κόμβων. Για παράδειγμα, κατά την εφαρμογή της μεθόδου για ενίσχυση κτιρίων στο Μεξικό², οι τένοντες συνδέθηκαν με την κορυφή των θεμελίων και την οροφή των κτιρίων (Σχήμα 2).



Σχήμα 3: Τυπικό παράδειγμα ενίσχυσης κτιρίου με προεντεταμένα καλώδια στο Μεξικό

Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτός ο τρόπος εφαρμογής είναι αποτελεσματικός εφ'όσον η γεωμετρία του κτιρίου επιτρέπει η μόρφωση των καλωδίων να μην τείνει να γίνει κατακόρυφη. Όσο μικρότερη απόκλιση από την κατακόρυφο έχουν οι τένοντες, τόσο μικρότερη η οριζόντια δύναμη που δύνανται να παραλάβουν.

Τα καλώδια μπορούν να τοποθετηθούν είτε εσωτερικά, είτε εξωτερικά του κτιρίου. Συνήθως επιλέγεται εξωτερικά, αν και δύσκολα ενσωματώνονται στην αρχιτεκτονική του. Η επιλογή δικαιολογείται, αφ'ενός γιατί είναι δύσκολη η διάνοιξη αγωγών εσωτερικά του κτιρίου για τη διέλευση των τενόντων και αφ'ετέρου γιατί η όποια λειτουργία του κτιρίου δεν χρειάζεται να διακοπεί κατά τη διάρκεια της επέμβασης.

2.2.1 Πλεονεκτήματα μεθόδου

Ενισχύοντας ένα υφιστάμενο κτίριο με προεντεταμένα καλώδια υπό μορφή Χ επιτυγχάνεται η αύξηση της πλευρικής δυσκαμψίας του αλλά και η μέγιστη αντοχή του. Στο προαναφερθέν κτίριο στο Μεξικό², η πλευρική δυσκαμψία του αυξήθηκε 75% και μέγιστη αντοχή του 98%. Επιπλέον, η μέθοδος μειώνει τυχόν ασυμμετρίες στην κάτοψη αλλά και καθ'ύψος της κατασκευής. Προσφέρει, δηλαδή, τη δυσκαμψία που μπορούμε να επιτύχουμε με την προσθήκη ενός τοιχώματος, και υπερτερεί έναντι αυτού στο ότι είναι πολύ πιο ελαφριά επέμβαση, λόγω της μικρής ποσότητας σιδήρου που απαιτείται. Για τον ίδιο λόγο αποτελεί ελκυστική τεχνική και από οικονομική σκοπιά. Τέλος, ο συνδυασμός της με άλλη μέθοδο ενίσχυσης, όπως τοιχοπλήρωση των κενών μεταξύ των πλαισίων, αυξάνει την αποτελεσματικότητά της².

2.2.2. Μειονεκτήματα μεθόδου

Η χρήση προεντεταμένων καλωδίων για ενίσχυση πλαισιακών κτιρίων περιορίζεται σε κατασκευές μικρού ή μετρίου βαθμού βλάβης¹. Οι υψηλές αξονικές δυνάμεις που ασκούνται στα υποστυλώματα που αγκυρώνονται τα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα τα οποία είναι δύσκολο και αντιοικονομικό να λυθούν. Τα υποστυλώματα πιθανόν να χρειαστούν περίσφυνξη και δεδομένης της μεγάλης αξονικής στη βάση τους ίσως απαιτηθεί ενίσχυση και των θεμελίων. Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας βέλους κάμψης σε πλάκες μεταξύ των συνδεδεμένων υποστυλωμάτων, επομένως θα απαιτηθούν και δοκοί ανάληψης αυτού.

Επίσης, υπάρχει κίνδυνος απώλειας της προέντασης μακροπρόθεσμα λόγω διαφόρων παραγόντων: χαλάρωση των τενόντων λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών αλλά και λόγω συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος και των τοιχοπληρώσεων¹.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου έχει διερευνηθεί από πολλές χώρες (Ιαπωνία, Η.Π.Α) όπου και χρησιμοποιείται ευρέως. Στην Ελλάδα, η έλλειψη τεχνογνωσίας και η προτίμηση στη χρήση σκυροδέματος έχει περιθωριοποιήσει τη μέθοδο, η οποία χρησιμοποιείται για ενίσχυση σχεδόν αποκλειστικά κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, με διαφοροποίηση από τον τρόπο εφαρμογής που περιγράφεται στην παρούσα έκθεση.

2.2.3 Πεδίο εφαρμογής μεθόδου

Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις που είναι επιθυμητή η αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας της κατασκευής, η μείωση της σχετικής μετακίνησης ορόφων αλλά και σε κατασκευές με ανομοιομορφία στην κατανομή της μάζας στην κάτοψη ή καθ'ύψος. Επίσης σε εύκαμπτες πλαισιακές κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος που δεν ικανοποιούν τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό.

Η τεχνική της προέντασης φαίνεται πιο ελκυστική για ενίσχυση τέτοιων κατασκευών, και όχι για επισκευή βλαβών στον φέροντα οργανισμό μετά από καταστροφικό σεισμό. Ο

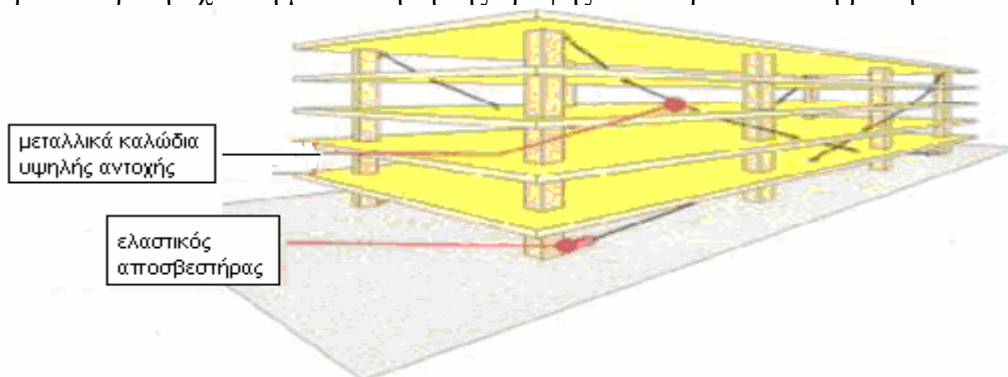
ισχυρισμός έγκειται στο ότι τα στοιχεία στα οποία θα αγκυρωθούν οι τένοντες θα δεχτούν επιπρόσθετη καταπόνηση, επομένως οι βλάβες τους θα πρέπει να είναι περιορισμένες.

Στη χώρα μας, άλλωστε, πολλά κτίρια όπως νοσοκομεία, σχολεία, υπηρεσιακά κέντρα, κέντρα επικοινωνίας δεν πληρούν τις απαιτήσεις του ελληνικού αντισεισμικού κανονισμού. Σε τέτοια κτίρια η εφαρμογή αυτού του τρόπου ενίσχυσης θα ήταν ιδανική, αφού δεν θα απαιτούνταν η διακοπή της λειτουργίας τους κατά τη διάρκεια της επέμβασης

3. Συνδυασμός προεντεταμένων καλωδίων με συσκευές απορρόφησης ενέργειας (αποσβεστήρες) - Spider project⁵

Στην προσπάθεια να υιοθετηθεί μία τακτική ενίσχυσης της αντοχής ενός κτιρίου χωρίς καθαυτό επέμβαση στα στοιχεία του, αλλά και η δυσκολία ενίσχυσης των θεμελίων που απαιτεί η εγκατάσταση των τενόντων, οδήγησε στη χρήση συσκευών απορρόφησης ενέργειας σε συνδυασμό με τα προεντεταμένα καλώδια (DCS: Damper and Cable System). Το πρόγραμμα Spider (Strands Prestressing for Internal Damping Earthquake Response) είναι μία τεχνολογία βασισμένη στην εν σειρά εγκατάσταση προεντεταμένων τενόντων και συσκευών απόσβεσης με σκοπό την απορρόφηση σεισμικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, η οριζόντια σεισμική δράση που θα κληθεί να παραλάβει ο φέρων οργανισμός θα είναι μικρότερη.

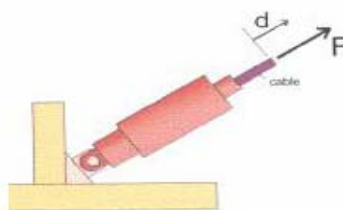
Η μόρφωση των τενόντων αποφασίζεται με βάση την αρχιτεκτονική και την δυσκαμψία του κτιρίου. Η κατασκευή αντιμετωπίζεται σαν σύνολο, ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η σχετική μετακίνηση της οροφής του κτιρίου από τη βάση.



Σχήμα 4: Σύστημα προεντεταμένων καλωδίων και αποσβεστήρων σε κτίριο⁵

Όσον αφορά στην τεχνολογία των καλωδίων, η διαφοροποίηση από τα όσα προαναφέρθηκαν είναι ότι αντί ρευστοκονιάματος στον σωλήνα περιβολής τοποθετείται γράσο.

Οι μικρές σεισμικές δονήσεις απορροφούνται από τα καλώδια, χάρη στην ελαστικότητά τους. Οι αποσβεστήρες είναι προεντεταμένοι σε υψηλότερο βαθμό από τα καλώδια, ώστε να λειτουργούν μόνο σε περιπτώσεις μεγάλων μετακινήσεων. Γι'αυτό άλλωστε, σε περιπτώσεις μεγάλης τάνυσης των καλωδίων αυξάνεται και η διάρκεια ζωής του αποσβεστήρα, αφού δεν χρειάζεται επισκευή.



Σχήμα 5: Σχηματική απεικόνιση αποσβεστήρα⁵

Το Πανεπιστήμιο της Ούντινε μοντελοποίησε τη σεισμική απόκριση πλαισιακών κτιρίων ενισχυμένα με σύστημα καλωδίων και αποσβεστήρων. Το μοντέλο βασίζεται στις παρακάτω υποθέσεις και περιορισμούς:

- Η συμπεριφορά των καλωδίων είναι γραμμική
- Η απόκριση του αποσβεστήρα είναι μη γραμμική
- Η επίδραση της τριβής ανάμεσα στα καλώδια και τις πλάκες στις οποίες αγκυρώνονται τα 'πιάτα' είναι αμελητέα
- Οι κατακόρυφες δυνάμεις που δημιουργούν τα καλώδια αγνοούνται
- Η μετακίνηση του εδάφους συμπίπτει με τη μετακίνηση της θεμελίωσης.
- Απαιτήση μέγιστης μετακίνησης κορυφής-βάσης: $H/400$ (H: συνολικό ύψος κτιρίου)

Οι μετρήσεις έδειξαν σημαντική μείωση των μετακινήσεων με την εγκατάσταση του DCS.

Σε δύσκαμπτα κτίρια είναι δύσκολο να ενεργοποιηθούν οι αποσβεστήρες, ενώ σε ψηλά κτίρια (άνω των 10- 12 ορόφων) η μόρφωση των καλωδίων τείνει να γίνει κάθετη και κατά συνέπεια αναποτελεσματική. Για τέτοιες κατασκευές δεν έχει νόημα να τοποθετηθούν τα καλώδια σε περισσότερο από 2/3 του συνολικού ύψους.

Το βασικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι όχι μόνο αποφεύγεται η βλάβη του φέροντος οργανισμού σε σεισμό, αλλά επιτυγχάνεται η ελαστική απόκριση του κτιρίου, χάρη στην απορρόφηση ενέργειας από τους αποσβεστήρες. Επιπλέον, οι ίδιοι οι αποσβεστήρες δεν καταστρέφονται.



Σχήμα 6: Λεπτομέρειες τοποθέτησης των καλωδίων σε δοκιμαστικά κτίρια⁵

Η επιτυχία του συστήματος, πέρα από την δραστικότητά του, στηρίζεται και στο γεγονός πως η επέμβαση ενσωματώνεται στον φέροντα οργανισμό. Το DCS μπορεί να είναι εξωτερικό, εσωτερικό ή ανάμεσα στις στρώσεις των τοίχων. Συνήθως είναι προτιμότερη η εξωτερική τοποθέτηση (για να μη διακόπτεται η λειτουργία του κτιρίου κατά την εγκατάσταση) όμως οι αρχιτεκτονικές απαιτήσεις έρχονται αντιμέτωπες με αυτή τη λύση. Γι'αυτό χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένες, συνήθως, επικαλύψεις. Πιθανόν η λύση της επικάλυψης να θεωρηθεί παρέμβαση στην όψη του κτιρίου, όμως αυτό αντισταθμίζεται από την παροχή προστασίας των καλωδίων αλλά και θερμικής μόνωσης του κτιρίου.

Τέλος, υπάρχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το μεταλλικό πλαίσιο που στηρίζει τις επικαλύψεις ως κατασκευή που συνδέεται με το φέροντα οργανισμό, και να δέχεται τελικά αυτό το στατικό φορτίο που δημιουργούν τα καλώδια στην κατασκευή. Σε αυτή την περίπτωση αρκεί τα στοιχεία της υφιστάμενης κατασκευής να συνδεθούν διατμητικά με το μεταλλικό πλαίσιο.

4. Επίλογος

Αν και η χρήση τέτοιας τεχνολογίας στη χώρα μας είναι περιορισμένη, αποτελεί ελκυστική και πολλά υποσχόμενη λύση. Βέβαια, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στους υπολογισμούς της απαιτούμενης δύναμης προέντασης, αλλά και στην προσπάθεια διατήρησης αυτής καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Βρίσκει εφαρμογή σε μεγάλα κτίρια, όπου η επιλογή επέμβασης σε όλα τα στοιχεία αυτής θα ήταν αντιοικονομική.

Οι καταστροφικοί σεισμοί που συμβαίνουν στη χώρα μας πιθανότατα δεν αφήνουν περιθώρια χρήσης της μεθόδου για επισκευή κτιρίων, αφού οι βαθμοί βλάβης που προκαλούνται χρίζουν την επιπλέον ένταση των μελών των κτιρίων απαγορευτική. Όμως, υπάρχει πλήθος κτιρίων που δεν έχουν υποστεί, ως τώρα τουλάχιστον, τέτοιες βλάβες αλλά δεν υπακούν στον σύγχρονο ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό. Αυτά τα κτίρια θα ήταν φρόνιμο να ενισχυθούν έγκαιρα, και η τεχνική της προέντασης θα μπορούσε να είναι μία από τις επιλογές επέμβασης. Η τεχνολογίες της προέντασης βελτιώνονται συνεχώς και μπορούμε να ελπίζουμε πως και οι Έλληνες μηχανικοί θα στραφούν κάποια στιγμή και σ' αυτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Seismic rehabilitation of infilled non ductile frame buildings using post- tensioned steel braces, Teran- Gilmore Bertero and Youssef, Earthquake Spectra 1996 vol.12, p.877-880.
- 2 Experimental and analytical studies of promising techniques for the repair and retrofiting of buildings, Vitelmo V. Bertero, Earthquake Spectra 1996 vol.12, p. 153-159.
- 3 State of research on seismic retrofit of concrete building structures in the USA, Jack P. Moehle, Pacific earthquake engineering research center, University of California Berkeley, p.
- 4 Seismic retrofit for reinforced concrete building structures, Jong- Wha Bai, America earthquake center, Texas A&M University, p. 12- 16, August 2003.
- 5 New technology to protect structures against earthquake- Spider Project
- 6 Strengthening of Masonry: Opportunities and Challenges in the use of composites, Marco Casareto- Alessandro Oliveri- Alessandro Romeli, University of Missouri, p.205-207.
- 7 Repairs and strengthening, the VSL- intrafor magazine: far more complex than new construction, 2003.
- 8 Ενισχύσεις/ επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, Σ. Η. Δρίτσος