

‘ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ’

**ΜΑΥΡΑΤΖΩΤΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ
ΜΠΑΚ ΝΤΑΙΖΗ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία ερευνούμε τις βλάβες αλλά και τις πιθανές αιτίες πρόκλησης αυτών που επί των πλείστον παρουσιάζονται σε ιστορικά κτίρια – μνημεία. Εν συνεχεία παρουσιάζουμε τη διαδικασία που προηγείται, προκειμένου ο μηχανικός να έχει μια ολοκληρωμένη και σωστή εικόνα του προβλήματος που καλείται να αντιμετωπίσει. Απ’ όλες τις μεθόδους ενίσχυσης, με κριτήριο τη διατήρηση της ιστορικότητας και αισθητικής ανάδειξης του κτιρίου, εξετάζουμε ως λύση τη χρήση μεταλλικών στοιχείων (ελκυστήρες – τένοντες). Συγκεκριμένα παραθέτουμε βασικά στοιχεία γι’ αυτά (τρόποι εφαρμογής, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα κ.α) καθώς και παραδείγματα χρήσης αυτών σε θόλους, τρούλους κτλ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του δομημένου πλούτου σε Κύπρο και Ελλάδα, και μάλιστα σε πολλές περιοχές αποτελούν και την πλειοψηφία των υφισταμένων κτιρίων.

Αρκετά από αυτά τα κτίρια έχουν χαρακτηριστεί ως «μνημεία». Η προστασία τους και το πλαίσιο επεμβάσεων σ’ αυτά διέπεται από ειδικό καθεστώς αρχών που περιγράφεται σε διεθνείς χάρτες (π.χ. Χάρτης της Βενετίας), κ.λ.π. Μια δεύτερη κατηγορία κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία έχουν χαρακτηριστεί ως «διατηρητέα» και προστατεύονται από ειδικές διατάξεις. Πρόκειται συνήθως για κτίρια ιδιαίτερης ιστορικής ή καλλιτεχνικής αξίας ή για κτίρια που εντάσσονται σε ειδικά προστατευμένες περιοχές (π.χ. ιστορικά κέντρα πόλεων, περιοχές πλησίον αρχαιολογικών χώρων ή μνημείων κ.λ.π.). Έτσι λοιπόν η υψηλή ποιότητα των επεμβάσεων σε αυτά τα κτίρια διασφαλίζεται αφενός από το υφιστάμενο πλαίσιο αρχών και διακηρύξεων αλλά και από τους μηχανισμούς ελέγχου μελετών και εργασιών. Ωστόσο, η πλειοψηφία των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, χαρακτηριζόμενα και ως «παραδοσιακά» κτίρια δεν εντάσσεται σε καμιά από τις πιο πάνω κατηγορίες. Η ποιότητα των επεμβάσεων σε αυτά αφήνεται στις γνώσεις, την εμπειρία και την ευαισθησία του κάθε μελετητή αλλά βεβαίως και στα τεχνολογικά και οικονομικά μέσα που είναι διαθέσιμα ανά περίπτωση.

Η συντήρηση και η αποκατάσταση ιστορικών κτιρίων, μνημείων της αρχιτεκτονικής μας κληρονομιάς, είναι ένα μεγάλο σε έκταση και σημασία θέμα. Είναι γνωστό ότι οι επεμβάσεις και ο ανασχεδιασμός κτιρίων από λιθοδομή που είτε παρουσιάζουν βλάβες και χρειάζονται επισκευή είτε χρειάζονται ενίσχυση για κάποιο λόγο, είναι σύνθετο και δύσκολο πρόβλημα, το οποίο μόλις τα τελευταία χρόνια απασχολεί τον ερευνητή μελετητή και κατασκευαστή μηχανικό και παρουσιάζει τεράστιο κοινωνικό και τεχνοοικονομικό ενδιαφέρον, δυσανάλογα μεγαλύτερο από τη διαθέσιμη γνώση, πείρα και τεχνολογία.

Η δυσκολία και οι ιδιαιτερότητες του ανασχεδιασμού των κατασκευών αυτών οφείλονται, κυρίως στις αβεβαιότητες που συνοδεύουν την αποτίμηση των καταστάσεων των κτιρίων και στις περιορισμένες γνώσεις μας σε πειραματικά και θεωρητικά δεδομένα για τα θεωρητικά προσομοιώματα (μοντέλα) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την ανάλυση των δύσκαμπτων αυτών κτιρίων όσο και για τον έλεγχο των επισκευασμένων και ενισχυμένων μερών τους. Το πρόβλημα των επεμβάσεων γίνεται ακόμα μεγαλύτερο, γιατί η τοιχοποιία είναι υλικό κατ' εξοχήν πολυφασικό και απειθαρχο. Η τοιχοποιία, είναι από τα αρχαιότερα δομικά στοιχεία και από τους κύριους παραδοσιακούς τρόπους δόμησης, εν τούτοις οι γνώσεις μας για τα μηχανικά χαρακτηριστικά, την απόκριση και τη συμπεριφορά κτιρίων από τοιχοποιία είναι περιορισμένες, μια και τις τελευταίες τρεις δεκαετίες υπάρχουν έρευνες στον τομέα αυτό. [3, 5]

ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ

Οι αιτίες που προκαλούν τη δομική διατάραξη συχνά δύσκολα προσδιορίζονται με βεβαιότητα. Η δυσκολία προσδιορισμού των αιτιών οφείλεται συνήθως στην έλλειψη στοιχείων για το ιστορικό του κτίσματος, στην δυσκολία ερμηνείας της στατικής συμπεριφοράς του και στην έλλειψη γνώσεων για τη συμπεριφορά των υλικών του. Οι αιτίες που προκαλούν τις ζημιές μπορεί να είναι μόνιμες, όπως υγρασία, κακοτεχνία, βλάβηση, ή παροδικές, όπως σεισμός, κραδασμοί, πυρκαγιές, υποχώρηση εδάφους κ.λ.π.. Συνήθως η εμφάνιση μιας βλάβης οφείλεται σε περισσότερες από μία αιτίες. Συχνό είναι επίσης το φαινόμενο δημιουργίας μιας ζημίας που επιφέρει την αλυσιδωτή εκδήλωση και άλλων. Η επικινδυνότητα της βλάβης εξαρτάται από την θέση, την ένταση και την έκταση με την οποία εκδηλώνεται στο κτίριο.

Οι βλάβες και οι αστοχίες στις κατασκευές χωρίζονται σε ενδογενείς και εξωγενείς.

Στις ενδογενείς αιτίες κατατάσσονται η πλημμελής ή η ελλιπής μορφολογία της κατασκευής, η κακή ποιότητα υλικών και δόμησης, η απουσία σχεδιασμού, η ασυμβατότητα των υλικών και των μεθόδων κατασκευής και οι μεταβολές όγκου και μορφής που σχετίζονται με το πορώδες και την περατότητα της κατασκευής και με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Επιπλέον μερικά από τα ενδογενή αίτια βλαβών που απαντιούνται συνήθως είναι :

1. Το ακατάλληλο υπέδαφος.
 - Η διάβρωση και αποδιοργάνωση της θεμελίωσης λόγω των υπογείων υδάτων και της συνεχούς αλλαγής της στάθμης τους.
 - Το εύκαμπτο έδαφος θεμελίωσης.
2. Η μη επιλεγμένη δόμηση (κακή έδραση ανωφλιών, έλλειψη γωνιολίθων κ.λ.π).
3. Η φυσική γήρανση των υλικών (λίθων, κονιάματος, ξύλων κ.λ.π.) του κτιρίου.
4. Η χρήση μη πλάστων γενικά υλικών, αλλά και ειδικότερα η μειωμένη αντοχή των αργολιθοδομών έναντι σεισμικών ή άλλων καταπονήσεων.
5. Η έλλειψη συντήρησης των κτιρίων.
6. Η αστοχία λόγω συμπτώσεως πολλών κακοτεχνιών.

Τα εξωγενή αίτια οφείλονται σε δράσεις μόνιμες ή σπάνιες (τυχηματικές ή περιβαλλοντικές) όσον αφορά τη συχνότητα εμφάνισης και στατικές ή δυναμικές (μονοτονικές ή ανακυκλιζόμενες) όσον αφορά τον χαρακτήρα και τον τρόπο επιβολής.

Τυχηματικές δράσεις είναι κυρίως ο σεισμός και η πυρκαγιά. Βασική διαφορά είναι ότι οι υψηλές θερμοκρασίες λόγω πυρκαγιάς, σε αντίθεση με την σεισμική δράση, προκαλούν αλλοιώσεις των χαρακτηριστικών των υλικών και τροποποιήσεις των καταστατικών νόμων

απόκρισης και συμπεριφοράς (μείωση των αντοχών, αύξηση των παραμορφώσεων, κ.λ.π) ιδιαίτερα στα κονιάματα αλλά και στους λίθους, πλίνθους και τα άλλα στοιχεία.

Περιβαλλοντικές δράσεις είναι πολλές και με ποικίλες μηχανικές και φυσικό – χημικές συνέπειες. Όλες σχεδόν εξαρτώνται από την παρουσία νερού ή υψηλής υγρασίας στο περιβάλλον και εξελίσσονται αργά αλλά σταθερά. Πρέπει να σημειωθεί ότι αν δεν αντιμετωπιστούν οι δράσεις αυτές οδηγούν σε γήρανση της κατασκευής, αποσύνθεση και αποδιοργάνωση. Ειδικά για κτίρια από τοιχοποιία βασικό αίτιο βλαβών είναι η απουσία συντήρησης και ενισχύσεων.

Τέλος επισημαίνεται ότι πάντοτε σχεδόν οι βλάβες οφείλονται σε συνύπαρξη αιτιών. Ειδικά για τα κτίρια από τοιχοποιία τα ενδογενή αίτια και οι περιβαλλοντικές δράσεις συνυπάρχουν με τις κατασκευές και ευθύνονται για μεγάλο ποσοστό αστοχιών, ακόμη και αν οι εμφανείς και κύριες βλάβες φαίνεται ότι οφείλονται σε άλλα αίτια, όπως τυχηματική δράση σεισμού ή εκδήλωση προβλημάτων εδάφους και θεμελίωσης. [3, 5, 10]

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Σ' αυτό το σημείο επισημαίνονται ορισμένα κριτήρια και αρχές επεμβάσεων που εντάσσονται μεν στα κριτήρια και τις αρχές που διέπουν τις επεμβάσεις σε όλους τους τύπους φερόντων οργανισμών, έχουν όμως ιδιαίτερη σημασία και αξία για τις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία.

Κριτήρια επεμβάσεων

- Διάκριση του κτιρίου σε «μνημείο». «διατηρητέο», ή απλή κατασκευή και εφαρμογή του οποιοδήποτε νομικού πλαισίου και αρχών που διέπουν το συγκεκριμένο κτίριο. Ειδικά στην περίπτωση των «μνημείων» θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής σημαντικά κριτήρια :
 - Σεβασμός στο πρωτότυπο κατά τρόπο που να μην αλλοιώνεται η αρχική αρχιτεκτονική του φυσιογνωμία.
 - Τεκμηρίωση του μνημείου (ιστορική, αρχαιολογική, αρχιτεκτονική κ.λ.π.).
 - Αναστρεψιμότητα προτεινομένων επεμβάσεων (ώστε σε περίπτωση μελλοντικής επέμβασης για αντικατάσταση της να ελαχιστοποιούνται ανεπιθύμητες βλάβες στο κτίριο).
 - Συμβατότητα υφισταμένων και νέων υλικών.
 - Ανθεκτικότητα σε διάρκεια των νέων επεμβάσεων (ώστε να μεγιστοποιείται ο ωφέλιμος χρόνος διάρκειας αυτών και να περιορίζονται συχνές και συνήθως δαπανηρές επεμβάσεις).
- Το οικονομικό κόστος επέμβασης και μελλοντικής συντήρησης, ως προς την εγκατεστημένη αξία.
- Ο χρόνος εκτέλεσης των εργασιών.
- Το κοινωνικό και ψυχολογικό κόστος των ενοίκων αλλά και του κοινωνικού συνόλου.
- Η δυνατότητα επαρκούς και ευσταθούς υποστήλωσης κατά την διάρκεια των εργασιών επισκευής.

Αρχές επεμβάσεων

Σε γενικές γραμμές οι διατιθέμενες γνώσεις (θεωρητικές, εργαστηριακές και εμπειρικές) για τις επισκευές και ενισχύσεις είναι πολύ πιο φτωχές από τις γνώσεις που αναφέρονται στην κατασκευή νέων κτιρίων. Το γεγονός αυτό ισχύει σε μεγάλο βαθμό και για τις επεμβάσεις σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Γι' αυτό το λόγο, ορισμένες γενικές αρχές επεμβάσεων έχουν ιδιαίτερη αξία, ακόμα και στην περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να τεκμηριωθούν πλήρως ακόμα και με την χρήση εκλεπτυσμένων προσομοιωμάτων ανάλυσης και διαστασιολόγησης. Τέτοιες αρχές είναι, μεταξύ άλλων, και οι εξής :

- Είναι σκόπιμη η μείωση του βάρους της κατασκευής με την αφαίρεση ή αντικατάσταση δομικών ή διακοσμητικών μεγάλου βάρους με πιο ελαφρά π.χ. επιστεγάσματα, γείσα, εξώστες, καμινάδες, επικαλύψεις στεγών.
- Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την εξασφάλιση της ευστάθειας εξωστών πακτωμένων σε τοιχοποιία, όταν πρόκειται να γίνουν επεμβάσεις σε υπερκείμενο τοίχο που δρα ως αντίβαρο για την πάκτωση του εξώστη.
- Είναι σκόπιμη η αναδόμηση ανοιγμάτων που βρίσκονται κοντά στις γωνιές του κτιρίου και εξασθενούν την σύνθεση των διασταυρούμενων τοίχων .
- Η προσθήκη νέων τοίχων σε κατάλληλες θέσεις με στόχο την διόρθωση έντονης εκκεντρότητας μεταξύ κέντρου βάρους και κέντρου στροφής του κτίσματος (μη κανονική κάτοψη) είναι συχνά προτιμότερη από την υιοθέτηση ισχυρών και εκτεταμένων ενισχύσεων. Επίσης, σε περίπτωση ασυμμετρίας σε κάτοψη ή καθ' ύψος η δημιουργία αρμού με διακοπή της συνέχειας υφισταμένων και προσθήκη νέων τοίχων στον αρμό είναι συχνά προτιμότερη από την προσπάθεια ενίσχυσης των υφισταμένων στοιχείων.
- Κριτήριο για την επιλογή των μεθόδων και τεχνικών επεμβάσεων πρέπει να αποτελεί (πέραν της οικονομίας) η τεχνική δυνατότητα ή σκοπιμότητα εφαρμογής τους στις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες (επίπεδο εξοπλισμού εμπειρία συνεργείου και επίβλεψης, δυνατότητα ελέγχου ποιότητας κ.λ.π).
- Είναι γενικά επιθυμητή η βελτίωση της διαφραγματικής λειτουργίας με την αύξηση της δυσκαμψίας, της ατένειας και της αντοχής των πατωμάτων.
- Στην περίπτωση που κατά την κατασκευή δεν είχε προβλεφθεί διάφραγμα στο επίπεδο των πατωμάτων ή της στέγης η προσθήκη νέου διαφράγματος τις περισσότερες φορές έχει ως συνέπεια τη δραστική μείωση τοπικών ενισχύσεων.[1, 2,3,8]

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Οι επεμβάσεις μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το ποσοστό ενσωμάτωσής τους στο κτίριο και την ευκολία ή δυσκολία αφαίρεσής τους από αυτό(βαθμός αντιστρεψιμότητας). Ως ήπιες επεμβάσεις χαρακτηρίζονται εκείνες που δεν ενσωματώνονται σε μεγάλο ποσοστό στον υφιστάμενο φορέα και μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν. Ως δραστικές χαρακτηρίζονται οι επεμβάσεις με υψηλό ποσοστό ενσωμάτωσης στον υφιστάμενο φορέα και η αφαίρεση τους είναι δύσκολη έως αδύνατη.[3,8]

ΗΠΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

- Βαθύ αρμολόγημα.
- Συρραφή μεγάλων ρωγμών.
- Καθαίρεση και τοπική ανακατασκευή.
- Συρραφή αποκολλημένων τοίχων.
- Οπλισμένο επίχρισμα.
- Διαζώματα.
- Ελκυστήρες – Τένοντες.

ΔΡΑΣΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

- Ενέσεις σε ρωγμές.
- Μανδύες.
- Ομογενοποίηση μάζας.
- Ριζοπλισμοί.
- Αβαθείς υποθεμελιώσεις.
- Βαθείς θεμελιώσεις.
- Ενίσχυση εδάφους.

Από τις ποιο πάνω μεθόδους ενίσχυσης – επισκευής επιλέξαμε να αναφερθούμε στους ελκυστήρες – τένοντες που κατατάσσονται στις ήπιες επεμβάσεις.

ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ – ΤΕΝΟΝΤΕΣ

Η προένταση σαν τρόπος ενίσχυσης ιστορικών κτιρίων με φέρουσα τοιχοποιία έχει δοκιμαστεί από τις αρχές του αιώνα μας στο εξωτερικό ενώ στην Ελλάδα οι γνώσεις μας γι' αυτή είναι περιορισμένες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί για την εφαρμογή της μεταλλικά στοιχεία τα οποία λέγονται ελκυστήρες - τένοντες. Οι ελκυστήρες είναι κατασκευασμένοι συνήθως από δομικό χάλυβα καταπονούνται κυρίως εφελκυστικά και χρησιμοποιούνται για την προσωρινή επισκευή ή ενίσχυση των φερόντων στοιχείων.

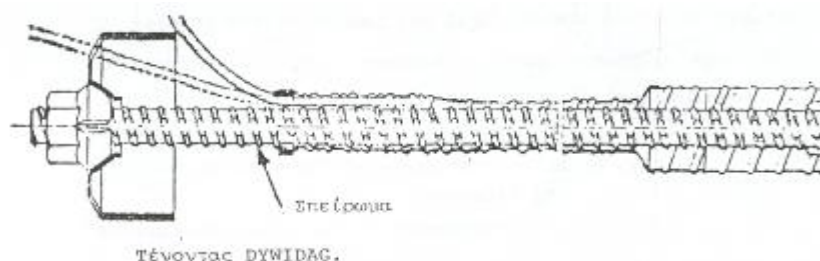
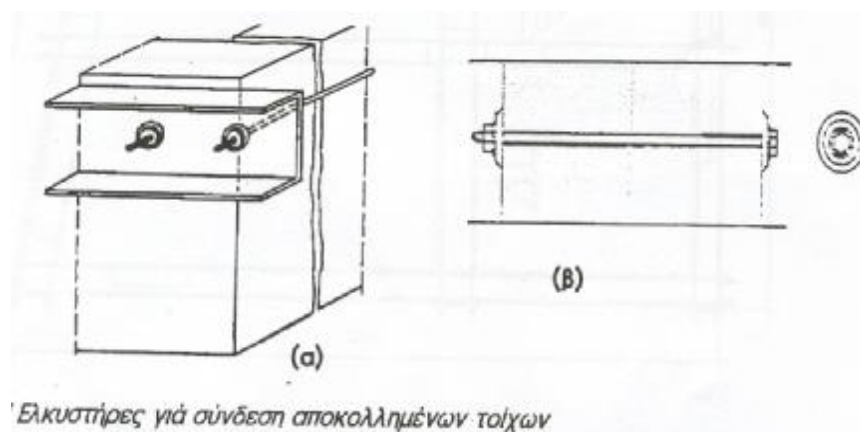
Η προσθήκη ελκυστήρων είναι δημοφιλής τρόπος σύνδεσης αποκολλημένων τοίχων. Η χρήση εξωτερικών ελκυστήρων για την περίσφυξη των τοίχων συγκαταλέγεται στα άμεσα μέτρα υποστήριξης κτιρίων που έχουν υποστεί σημαντικές βλάβες διότι πέραν της ευκολίας τοποθέτησης παρουσιάζουν την δυνατότητα εύκολης αφαίρεσης για την εφαρμογή μονίμων μέτρων που πιθανά θα προκύψουν από μεταγενέστερη εμπειριστατωμένη μελέτη.

Οι ελκυστήρες χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις αποκόλλησης διασταυρούμενων τοίχων ή αποδιοργάνωσης γωνιών τοίχου. Εφαρμόζονται επίσης για την βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής συνδέοντας απέναντι τμήματα της, με την εφαρμογή ευνοϊκής χαμηλής πρόθλιψης. Μπορούν ακόμα να εφαρμοστούν για την ενίσχυση της θεμελίωσης (δημιουργία υψίκορμων πεδιλοδοκών). Συνήθως τοποθετούνται οριζόντιοι κάτω από τις στάθμες εδράσεως της στέγης ή και των δαπέδων, και σπανίως κατακόρυφοι στις γωνίες των κτιρίων ή καθ' ύψος πεσσών από τοιχοποιία. Το πάχος της τοιχοποιίας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 45 cm για την εφαρμογή τους.

Αν στους ελκυστήρες εφαρμοστεί εκ των προτέρων εφελκυσμός (προένταση) τότε τα στοιχεία αυτά ονομάζονται τένοντες. Οι τένοντες κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα προέντασης (ο δομικός χάλυβας δεν επαρκεί σ' αυτές τις περιπτώσεις) και αποτελούν αξιόλογο τρόπο ενίσχυσης βλαμμένων στοιχείων.

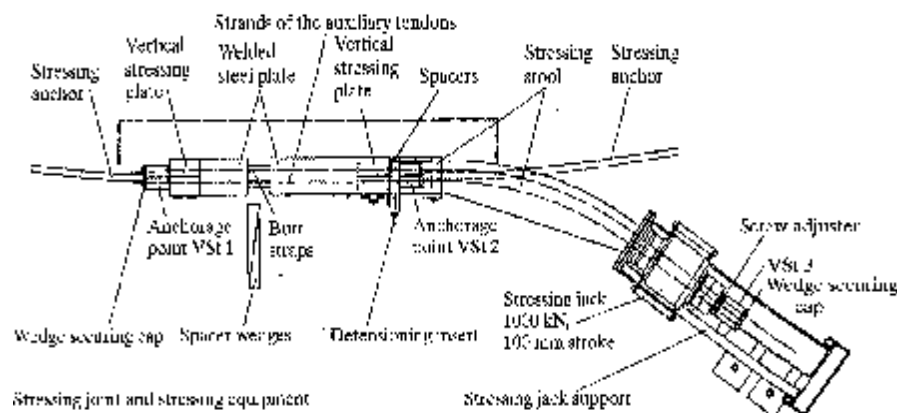
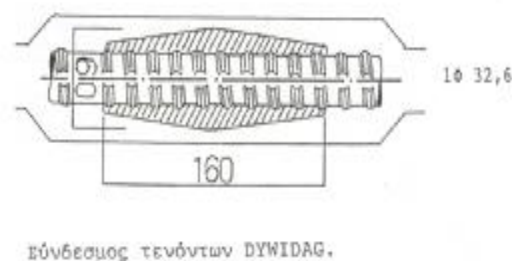
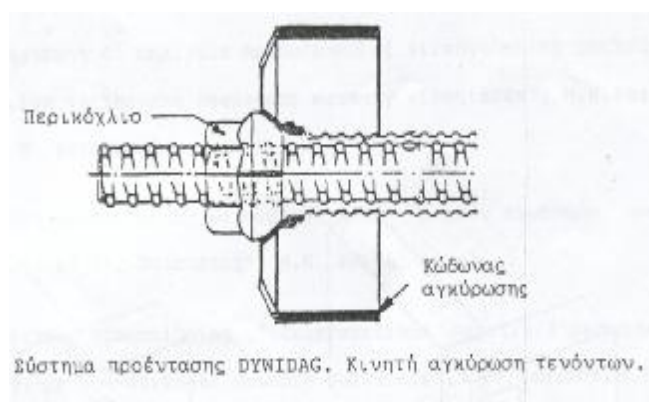
Ευθύγραμμοι τένοντες χρησιμοποιούνται συνήθως για την περιμετρική περίσφυξη τοιχοποιιών και για την αποκατάσταση λειτουργίας ελκυστήρα σε καμπύλους γραμμικούς ή επιφανειακούς φορείς. Δακτυλιοειδείς τένοντες χρησιμοποιούνται για την περίσφυξη του τυμπάνου των τρούλων. Με την βοήθεια της προέντασης η ροή των δυνάμεων μπορεί να διορθωθεί και σε εξαιρετικές περιπτώσεις να αλλάξει την ίδια της την διεύθυνση. Έτσι επιτυγχάνεται βελτίωση της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας έναντι οριζοντίων σεισμικών μετακινήσεων.

Σαν κανόνας μπορεί να ειπωθεί ότι οι τένοντες χρησιμοποιούνται μόνο σε περιπτώσεις σοβαρών βλαβών της τοιχοποιίας. [2,3,5,6]



ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

1. Τρυπάνι
2. Μεταλλικές ράβδοι μεγάλης διαμέτρου (15,26,32,36 mm) από φυσικό σκληρό χάλυβα μέσης αντοχής (π.χ. S 600/900, S 835/1030, S 885/1080). Οι ράβδοι αυτές έχουν συνεχές σπείρωμα στην επιφάνεια τους, το οποίο αυξάνει την συνάφεια και επιτρέπει την αγκύρωση της ράβδου με περικόχλιο σε οποιοδήποτε σημείο του μήκους της. Χάλυβες προστατευμένοι από σκουριά με μικρή τάση σχεδιασμού δεν είναι κατάλληλοι για τένοντες προέντασης. Χρειάζεται μεγαλύτερη διάμετρος για να επηρεάσει η προένταση την παλιά αντοχή. Τελευταία υπάρχουν στην αγορά χάλυβες προστατευμένοι από την σκουριά με μεγάλη τάση σχεδιασμού.
3. Περικόχλια
4. Στοιχεία αγκύρωσης κατάλληλα διαμορφωμένα με μορφή κώδωνα ή πλάκας από σκυρόδεμα ή χάλυβα.
5. Δυναμόκλειδα [2,5]



ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

Θα πρέπει να γίνεται οπτικός έλεγχος και αναγνώριση της κατηγορίας του χάλυβα καθώς και λήψη και θραύση τουλάχιστον 3 δοκιμίων με αντίστοιχο προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ορίων διαρροής. Επίσης μπορούν να γίνουν και δοκιμές κάμψης – ανάκαμψης και αναδίπλωσης.[2]

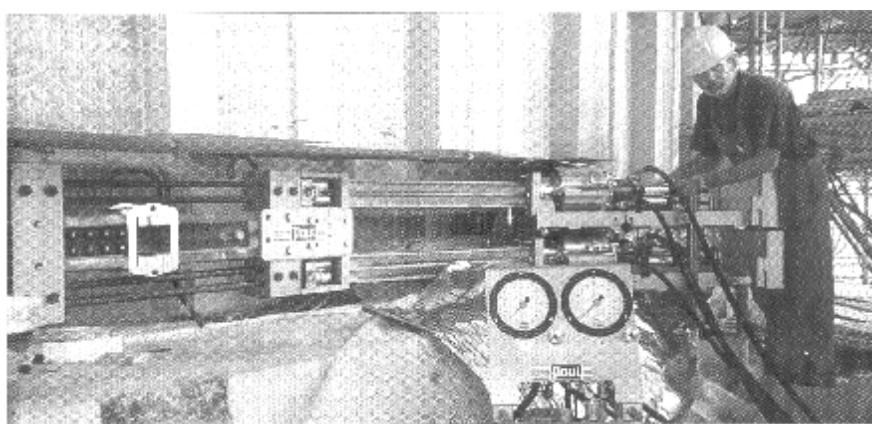
ΠΙΘΑΝΕΣ ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ

Τα υλικά αυτά μπορούν να προμηθευτούν από εξειδικευμένες εταιρίες παραγωγής τυποποιημένων συστημάτων προέντασης όπως είναι : η DYWIDAG, η VSL, η FRECINE και άλλες. Επίσης υπάρχουν εταιρίες που πραγματοποιούν μεγάλες τρύπες μήκους έως 30 m σε τοιχοδομή.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

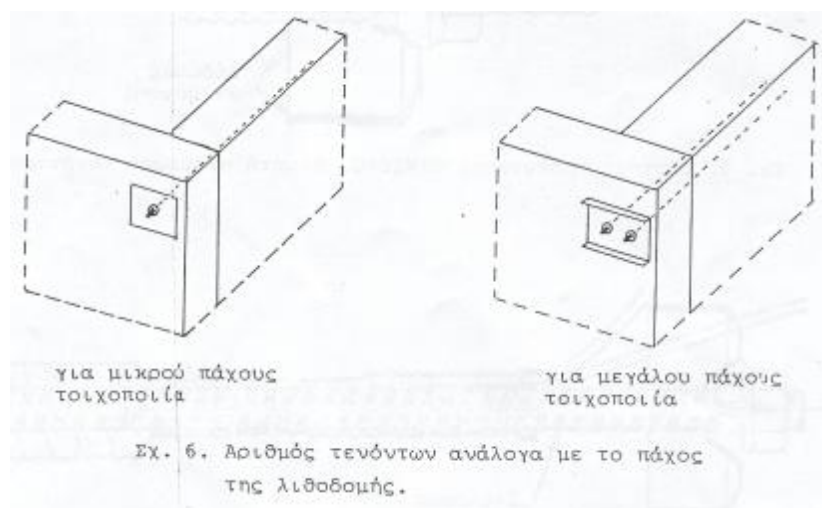
- Στάδιο 1: Επιλέγονται οι θέσεις προσαρμογής των τενόντων και ελέγχεται η καταλληλότητα επάρκειας αυτών των θέσεων της τοιχοποιίας (έλεγχος τοπική θλίψης) για παραλαβή των δυνάμεων προέντασης. Σε αντίθετη περίπτωση γίνεται τοπική ενίσχυση.
- Στάδιο 2 : Διάνοιξη των οπών (δίοδοι) στην μάζα του τοίχου, σε απέναντι θέσεις και στο ίδιο το ύψος (περίπτωση οριζόντιων τενόντων). Για λόγους προστασίας από διάβρωση, οι τένοντες τοποθετούνται σε συνήθεις σωλήνες περιβολής ή εντός οπών που διατρώνται κατά μήκος της μέσης επιφάνειας του τοίχου, ή κατά μήκος αυλάκων οι οποίοι διανοίγονται συμμετρικά και στις δυο παρειές του τοίχου ώστε να επιτυγχάνεται κεντρική εφαρμογή της δύναμης προέντασης. Αρχικά δημιουργείται μια τρύπα κατά μήκος της τοιχοποιίας διαμέτρου 60 - 80 mm με τρυπάνι μέχρι την επόμενη γωνία.
- Στάδιο 3 : Μια συνεχής ράβδος προέντασης εισέρχεται στην τρύπα αφού έχει ήδη υποστεί ελαιοβαφή.
- Στάδιο 4: Αγκύρωση των τενόντων (ράβδοι υψηλής αντοχής και μεγάλης διαμέτρου) σε κατάλληλα διαστασιοποιημένες πλάκες αγκύρωσης
- Στάδιο 5 : Οι ράβδος αγκυρώνεται μόνιμα στο ένα άκρο και εφελκύεται από την άλλη με υδραυλικό γρύλο ή δυναμόκλειδα. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιβολή της προέντασης, η οποία πρέπει να είναι ήπια και διαρκώς ελεγχόμενη.
- Στάδιο 6 : Μετά την τοποθέτηση των τενόντων οι εσωτερικές οπές πληρούνται με τσιμεντένεμα (ώστε να προστατεύσει την ευαίσθητη προενταμένη ράβδο) και οι εξωτερικοί αυλάκες με ελαφρούς μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η πίεση του τσιμεντενέματος πρέπει να είναι 20 – 50 Bar. Το κενό μεταξύ του τένοντα και του σωλήνα περιβολής του πληρούται με τσιμεντένεμα εκτός εάν κρίνεται σκόπιμο να παραληφθεί η σύνδεση του τένοντα ώστε να είναι μεταγενέστερα δυνατή η παρατήρηση, επανένταση ή ακόμα η αφαίρεση του στο μέλλον.
- Στάδιο 7 : Η αγκύρωση των τενόντων στις εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων είναι κατασκευαστικά ευχερής. Λόγω της μικρής αντοχής της λιθοδομής η δύναμη

προέντασης μεταφέρεται συνήθως στην τοιχοποιία μέσω δύσκαμπτων μεταλλικών πλακών, οι οποίες την κατανέμουν σε μεγάλη επιφάνεια του τοίχου. Οι διατάξεις και οι πλάκες αγκύρωσης τοποθετούνται συνήθως σε εσοχή του τοίχου. Οι αγκύρωσης μετά την εφαρμογή κατάλληλης βαφής παραμένουν ακάλυπτες και επόμενος επισκέψιμες. Εναλλακτικώς καλύπτονται με επίχρισμα ή με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Σχετικά με την προστασία από διάβρωση θα πρέπει, αν η κεφαλή αγκύρωσης τοποθετηθεί στο κενό της τοιχοδομής να καλυφθεί με τσιμέντο γύρω από τον χάλυβα για 20 mm και γύρω από τους σωλήνες περιβολής περίπου 10 mm. Εάν η κεφαλή μείνει έξω από την τοιχοδομή θα πρέπει να καλυφθεί ή να βυθιστεί σε τσιμεντοκονίαμα.



Υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα για το μέγεθος των χρόνιων απωλειών προέντασης εξ' αιτίας του ερπυσμού της τοιχοποιίας. Ο Wenzel και οι Ullrich και Maus μετά από μετρήσεις που έκαναν σε συγκεκριμένα κτίρια, αναφέρουν ότι οι απώλειες προέντασης οι οποίες μετρήθηκαν μετά από 12 ή 13 χρόνια λειτουργίας κυμαίνονται από 3 έως 12 %. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου ακολούθησε υποθεμελίωση του κτιρίου μετρήθηκαν απώλειες έως το 1/3 της αρχικής δύναμης προέντασης. Εάν και είναι δύσκολο να γενικεύσει κανείς, η πληροφορία αυτή μπορεί να εκληφθεί σαν ένδειξη ότι οι απώλειες προέντασης στην τοιχοποιία δεν είναι δυσανάλογα μεγαλύτερες από αυτές του σκυροδέματος.

Ο αριθμός των τενόντων που θα διαταχθούν σε ένα τοίχο στο ίδιο ύψος, εξαρτάται από το πάχος του τοίχου. Έτσι για μικρού πάχους τοιχοποιίες έχουμε έναν τένοντα, ενώ για μεγάλου πάχους δυο ή και περισσότερους (τόσοι ώστε η δύναμη να κατανέμεται σχεδόν ομοιόμορφα σ' όλο το πλάτος του τοίχου). Εμπειρία από πραγματικούς σεισμούς αλλά και από πειραματικές διατάξεις (Tomazevic), έχει αποδείξει ότι για συνήθη κτίρια από λιθοδομή με 2 – 3 ορόφους είναι αποτελεσματική η χρήση τενόντων από χάλυβα S360, διαμέτρου 16 mm τοποθετημένων και στις δυο πλευρές του τοίχου και αγκυρωμένων με μεταλλικές πλάκες πάχους 10 – 15 mm. Σε μεγαλύτερα κτίρια η διάμετρος μπορεί να φτάσει μέχρι 28 mm. Σημειώνεται ότι είναι δυνατόν να αποφευχθεί η αρκετά δυσχερής διάνοιξη οπών και να γίνει η τοποθέτηση των τενόντων σε εγκοπές που δημιουργούνται στην επιφάνεια του τοίχου και έχουν βάθος περίπου 40 mm. Μετά την τοποθέτηση των τενόντων η διατομή αποκαθίσταται με τσιμεντοκονία. [1,2,4,5]



ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Γενικά με την προένταση επιτυγχάνεται βελτίωση της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σε οριζόντιες μετακινήσεις λόγω κυρίως της σεισμικής φόρτισης.
- Χρησιμοποιείται ως μέσο ενίσχυσης κυρίως σε κατασκευές μνημειακού χαρακτήρα επειδή η εφαρμογή της δεν προκαλεί μεγάλες επεμβάσεις στις ορατές επιφάνειες των μνημείων.
- Η μέθοδος αυτή είναι εύκολα αναστρέψιμη.
- Μικρό κατασκευαστικό κόστος ανεξάρτητο του ποσοστού προέντασης.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

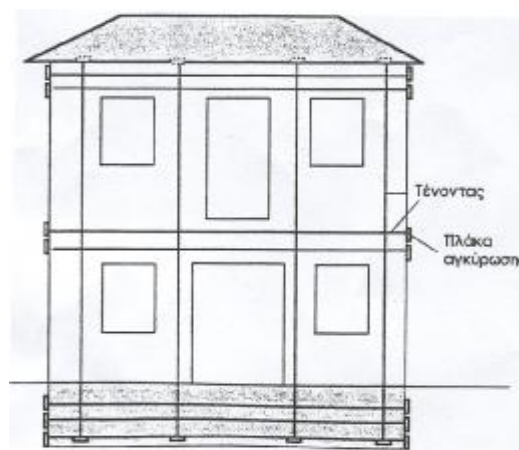
- Λόγο ερπυσμού οι τένοντες υπόκεινται σε χαλάρωση με την πάροδο του χρόνου γι' αυτό επιβάλλεται συστηματικός έλεγχος.

Ä Ως μέθοδος επέμβασης, η προένταση δεν επιλύει ριζικά το πρόβλημα αποκατάστασης από μόνη της γι' αυτό συνήθως αποτελεί συμπληρωματική μορφή επέμβασης.

Ä Οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται, παρουσιάζουν προβλήματα διάβρωσης με τον χρόνο ενώ η χρήση ειδικών χαλύβων προστατευμένων από την σκουριά (ανοξείδωτοι και άλλοι) αυξάνουν το κόστος των υλικών 5 έως 7 φορές περισσότερο. Γενικά δεν συνιστάται η χρήση ανοξείδωτου χάλυβα όταν στην ατμόσφαιρα υπάρχουν σε μεγάλο ποσοστό χλωριόντα βρούνζου, ορειχάλκου ή χαλκού. Στην περίπτωση αυτή συνιστάται τιτάνιο ή κατάλληλα προστατευμένος χάλυβας.

Ä Έχει εξαιρετικά περιορισμένη χρήση στον ελληνικό χώρο εξ' αιτίας της έλλειψης εμπειρίας των μηχανικών στην συγκεκριμένη εφαρμογή, αλλά και της αβεβαιότητας της αλληλεπίδρασης της προέντασης με την κατασκευή και τα υλικά.

Προένταση της τοιχοποιίας μπορεί να γίνει κατά μήκος των ανωφλίων ή των πεσσών ή και των δυο. Η οριζόντια προένταση κατά μήκος των ανωφλίων, είναι κατασκευαστικά ευκολότερη από την κατακόρυφη κατά μήκος των πεσσών, αφού οι τένοντες μπορούν να αγκυρωθούν στις γωνίες των τοίχων. Προένταση των πεσσών απαιτεί ενίσχυση του θεμελίου με περιμετρική ζώνη από οπλισμένο σκυρόδεμα στην οποία αφήνονται οπές που καταλήγουν στην εξωτερική κατακόρυφη παρειά ώστε να διέλθουν οι τένοντες και να αγκυρωθούν στο σκυρόδεμα. Εξ' αιτίας όμως της ομαλής κατακόρυφης ροής των θλιπτικών τάσεων προέντασης κατά μήκος των πεσσών, δεν εμφανίζονται λοξές εφελκυστικές τάσεις σε άλλα σημεία, όπως συμβαίνει στην οριζόντια προένταση, και έτσι η κατακόρυφη προένταση των πεσσών είναι ελαφρά πιο αποτελεσματική. Αυτό συμβαίνει παρά το γεγονός ότι οι μέγιστες λόγω σεισμού εφελκυστικές τάσεις είναι κυρίως στην οριζόντια διεύθυνση.[2,4,6]



ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Σε γενικές γραμμές τα μέτρα υγιεινής και ασφάλειας που ισχύουν για τις εργασίες προέντασης είναι αυτά που ισχύουν και για τις άλλες μεθόδους ενίσχυσης. Πρέπει ωστόσο τα συνεργεία να εξεταστούν ως προς την γνώση των προφυλακτικών μέτρων για την ασφάλεια των μελών τους

κατά την εκτέλεση των εργασιών επισκευής – ενίσχυσης και ως προς την γνώση του τρόπου καθαρισμού και συντηρήσεως των εργαλείων τους. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την διάρκεια της επίβλεψης.

- Οι εργασίες της επέμβασης πρέπει να επιβλέπονται από άτομα που έχουν τα κατάλληλα προσόντα και είναι διπλωματούχοι Πολιτικοί Μηχανικοί.
- Ο επιβλέπων οφείλει να έχει στενή συνεργασία με τον μελετητή του έργου.
- Λόγω της ιδιομορφίας των εργασιών ο Μηχανικός πρέπει να έχει πείρα σε προβλήματα ευστάθειας και πλήρη γνώση των κανονισμών προλήψεως ατυχημάτων.
- Επιπλέον απαιτείται συνεχής και συστηματικός έλεγχος των μέτρων ασφάλειας.
- Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος των κατασκευαστικών σχεδίων αν προσαρμόζονται με την πραγματικότητα και όπου απαιτούνται τροποποιήσεις, ενημέρωση του μελετητή Μηχανικού για τον τρόπο αντιμετώπισης των.
- Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο έλεγχος των υλικών και των προδιαγραφών τους αν είναι συμβατά με αυτά της μελέτης.
- Τέλος πριν το στάδιο ακόμα της επισκευής θα πρέπει να ελεγχθεί το συνεργείο ως προς την απαιτούμενη εμπειρία και ειδικευση σε τέτοιου είδους κατασκευές.[2,7]

ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Πρέπει να διασφαλίζεται η ποιότητα των εργασιών της επέμβασης μέσα από ένα πλήρες σχέδιο εργασιών και ελέγχων το οποίο πρέπει να τηρείται από τον κατασκευαστή του έργου. Το σχέδιο αυτό περιλαμβάνει τα εξής :

- Εξέταση και ενδεχόμενη προδοκιμασία περιοχών όπου θα εφαρμοστούν συγκεντρωμένες δυνάμεις (περιλαμβανομένων των περιοχών αγκύρωσης).
- Παρακολούθηση παραμορφώσεων στο χρόνο.
- Έλεγχος αλληλεπιδράσεων με άλλες κατηγορίες επεμβάσεων.
- Μετρήσεις τάσεων και παραμορφώσεων στην κατασκευή κατά την εφαρμογή των δυνάμεων καθώς και σύγκριση με αναμενόμενες τιμές .
- Έλεγχος μη αποδεκτών εγκάρσιων μετατοπίσεων.
- Έλεγχος αντιδιαβρωτικών μέτρων. [2]

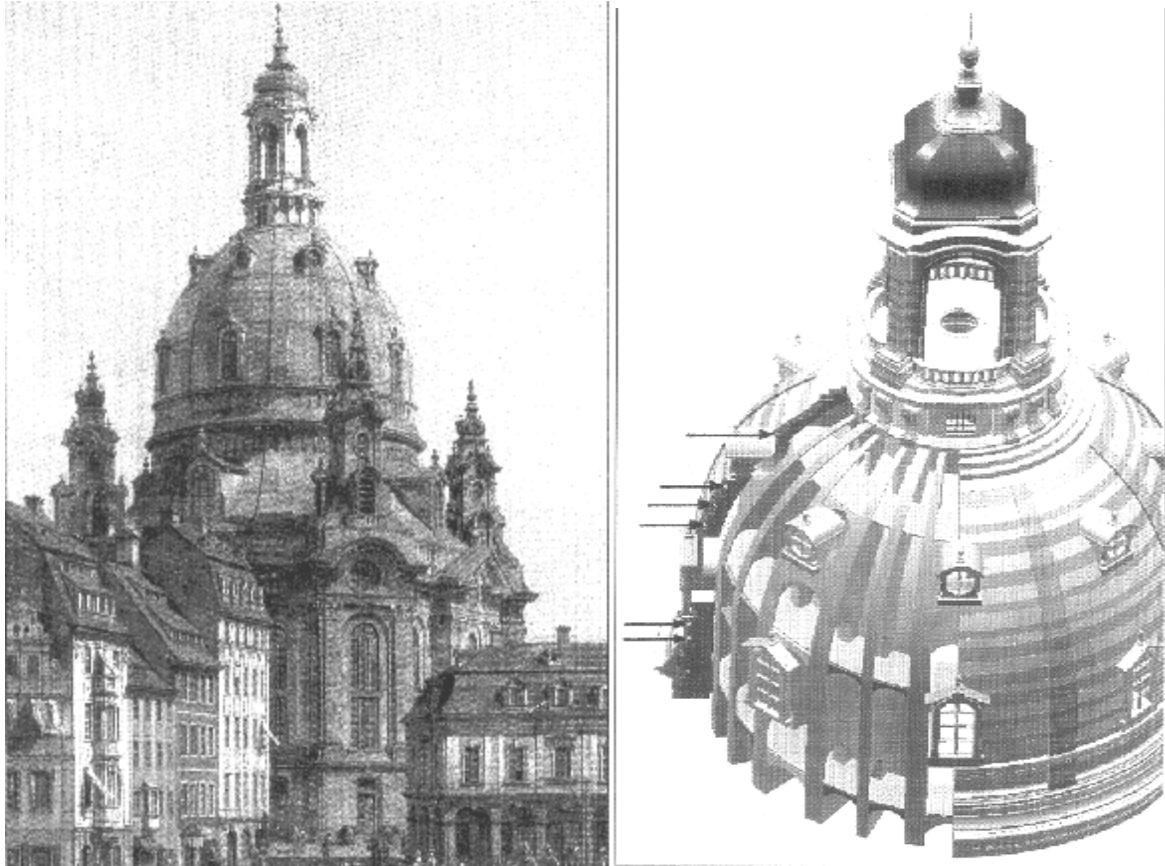
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Μετά το πέρας των εργασιών επέμβασης και κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου θα πρέπει να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα συντήρησης, γι' αυτό στα τεύχη της μελέτης πρέπει να περιέχονται ειδικές προτάσεις για τις περιοχές που υπέστησαν επισκευή / ενίσχυση, όπως για παράδειγμα :

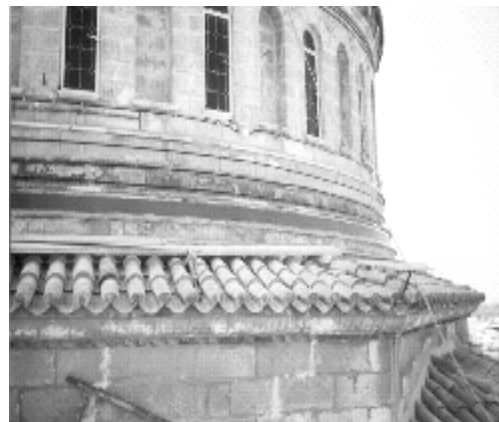
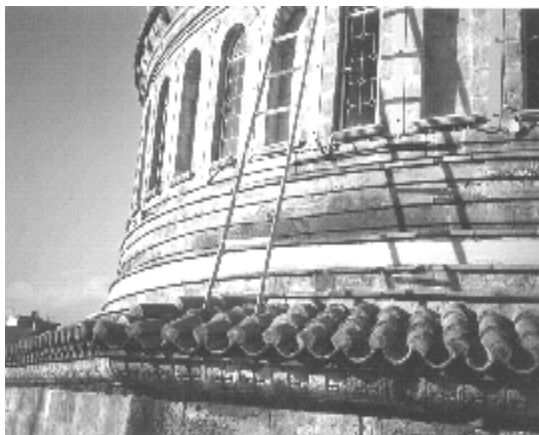
- Περιοδική επιθεώρηση.
- Περιοδικός έλεγχος της αποτελεσματικότητας των μέτρων ανθεκτικότητας.
- Περιοδική δοκιμή (σε περιπτώσεις κτιρίων με μεγάλη σπουδαιότητα).[2]

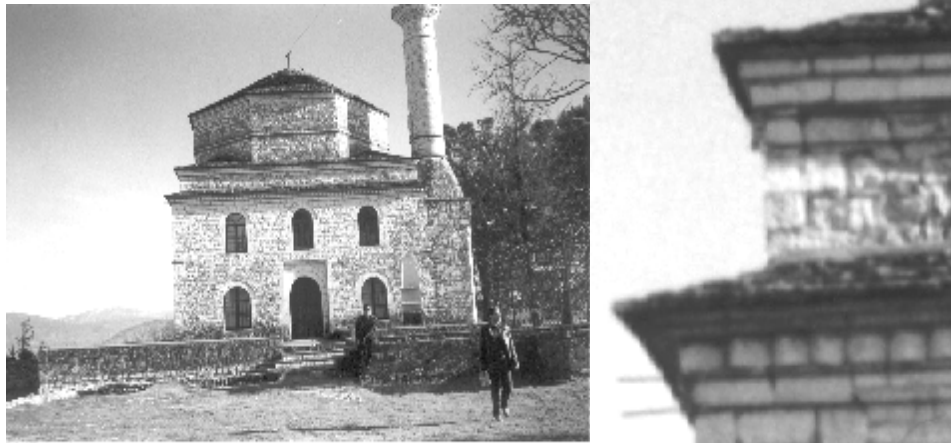
Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες διαφόρων ιστορικών κατασκευών τα οποία έχουν ενισχυθεί με την μέθοδο της προέντασης.

1)

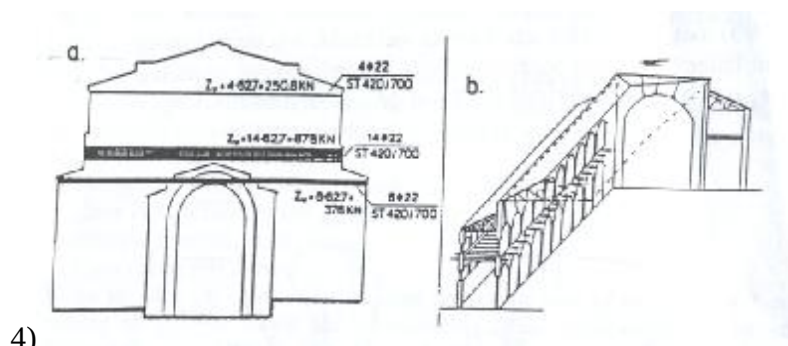


2)





3)



4)

- 1) Τένοντες εξουδετέρωσης των εφελκυστικών δυνάμεων που δρουν στον κύριο θόλο της Frauenkirche στην Δρέσδη της Γερμανίας.
- 2) Ενίσχυση στον θόλο του Αγίου Κωνσταντίνου στο Αίγιο.
- 3) Ενίσχυση του Τζαμιού του Αλή Πασά στα Γιάννενα.
- 4) α. Προεντεταμένος δακτύλιος στην βάση του θόλου της Ροτόντας στην Θεσσαλονίκη
β. Βελτίωσης της δράσης διαφράγματος στα τόξα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ενίσχυση των ιστορικών κτιρίων με ελκυστήρες - τένοντες εκτός από την αρχιτεκτονική διασφάλιση της ιστορικότητας και της μνημειακής αξίας τους, βελτιώνουμε και τη στατική τους λειτουργία. Επιπλέον αποτελεί άμεσο και γρήγορο τρόπο ενίσχυσης σε κατασκευές που είτε θέλουμε να τις επισκευάσουμε προσωρινά (μέχρι την εφαρμογή της τελικής λύσης) είτε μόνιμα. Παρά την έλλειψη προηγούμενης εμπειρίας και εκτεταμένης χρήσης της τεχνικής αυτής στον ελληνικό χώρο, πιστεύουμε ότι ο Πολιτικός Μηχανικός θα πρέπει να αναθεωρήσει τις απόψεις του γι' αυτή και να δει την μέθοδο των ελκυστήρων – τενόντων σαν έναν ακόμη αποτελεσματικό τρόπο ανασχεδιασμού κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Η μηχανική της τοιχοποιίας – υπό στατικές και σεισμικές συνθήκες.** Θ. Π. Τάσιος. Εκδόσεις Συμμετρία. Αθήνα 1987
- 2 Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια.** ΟΑΣΠ. Αθήνα Απρίλιος 2001.
- 3 Επιστημονική ημερίδα, «Προσεισμικός έλεγχος και επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια».** Διοργανωτής Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Κύπρου. Σάββατο 1 Φεβρουάριου 2003.
- 4 Σχεδιασμός και Ανασχεδιασμός Κατασκευών από Φέρουσα Τοιχοποιία.** Τ. Καραντώνη- Μαραγκού. Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών. Πάτρα 1997.
- 5 Ενίσχυση κτιρίου από λιθοδομή με προένταση.** Διπλωματική Εργασία. Ματράκα Δήμητρα. Πανεπιστήμιο Πατρών – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πάτρα 1990.
- 6 Βλαβερές και αβλαβείς μέθοδοι και υλικά δομικής συντήρησης της επιφάνειας μνημείων και κτιρίων.** Θ. Ν. Σκουλικίδης. Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου
- 7 Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό.** 7^η Έκδοση. Ε.Μ.Π 1988
- 8 Πρακτικά 4^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου για την συντήρηση των μνημείων της Μεσογείου.** Έκδοση Τ.Ε.Ε. Τόμος 3. Ρόδος 6 – 11 Μαΐου 1997. σελ 281 – 294
- 9 Structural Engineering International Journal of IASBE.** Volume 13. No 4. November 2003. p 264 – 267.
- 10 Σημειώσεις μαθήματος «Επίδραση Περιβαλλοντικών Παραγόντων Σε Ιστορικές Κατασκευές».** Π. Σωτηρόπουλος. 2003