

Τ.Ε.Ε. / Τ.Κ.Μ.

*Μέθοδοι και υλικά
αποκατάστασης και ενίσχυσης
διατηρητέων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία*

Μίλτων Α. Δημοσθένους

*Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύριος Ερευνητής του ΙΤΣΑΚ
Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (ΙΤΣΑΚ),
Γεωργικής Σχολής 46, 551 02, Φοίνικας, Θεσσαλονίκη,
τηλ.:0030-2310476081, email:demilton@itsak.gr*

Φεβρουάριος 2009

Μέθοδοι και υλικά αποκατάστασης και ενίσχυσης διατηρητέων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία

Μίλτων Α. Δημοσθένους

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύριος Ερευνητής του ΙΤΣΑΚ

Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (ΙΤΣΑΚ),

Γεωργικής Σχολής 46, 551 02, Φοίνικας, Θεσσαλονίκη,

τηλ.:0030-2310476081, email: demilton@itsak.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κείμενο αυτό επιχειρείται μια συνοπτική αλλά σφαιρική θεώρηση του θέματος των επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία. Κατ' αρχάς γίνεται διάκριση μεταξύ «μνημείων», «διατηρητέων» και «παραδοσιακών» κτιρίων με ταυτόχρονη αναφορά στο πλαίσιο που διέπει τις επεμβάσεις σε κάθε περίπτωση. Μετά από μια συνοπτική αναφορά και διάκριση των διαφόρων μεθόδων επέμβασης, όπως αυτές καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία, επισημαίνεται ότι συνήθως σε ένα σχήμα επέμβασης (συνδυασμός μεθόδων) περιλαμβάνονται και εργασίες επισκευής (αποκατάστασης) και ενίσχυσης που έχουν ως στόχο την άρση της παθολογίας και την αναβάθμιση της στατικής και αντισεισμικής φέρουσας ικανότητας του κτιρίου. Παρατίθενται, πολύ συνοπτικά, τα στάδια της δομικής αποκατάστασης ενός κτιρίου καθώς και κριτήρια και αρχές επεμβάσεων επισκευής και ενίσχυσης που συνήθως λαμβάνονται υπ' όψη κατά την επιλογή ενός σχήματος επέμβασης. Τόσο για τις εργασίες επισκευής όσο και για τις εργασίες ενίσχυσης έχουν αναπτυχθεί και τυγχάνουν ευρείας εφαρμογής διάφορες τεχνικές. Οι τεχνικές αυτές καθώς και τα υλικά που απαιτούνται για την υλοποίηση τους αναπτύσσονται στα πλαίσια αυτού του κειμένου. Τέλος, γίνεται μια συγκριτική αξιολόγηση των τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης ως προς το βαθμό αναστρεψιμότητάς τους και το βαθμό αλλοίωσης των όψεων των κτιρίων κατά την εφαρμογή τους.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του δομημένου πλούτου στην Ελλάδα, και μάλιστα σε πολλές περιοχές αποτελούν και την πλειοψηφία των υφισταμένων κτιρίων. Αρκετά απ' αυτά τα κτίρια έχουν χαρακτηριστεί ως «μνημεία». Η προστασία τους και το πλαίσιο επεμβάσεων σ' αυτά (μνημεία) διέπεται από ειδικό καθεστώς αρχών που περιγράφεται σε διεθνείς χάρτες, διακηρύξεις 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 σημαντικών μνημείων, άλλες περιοχές με ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά παραδοσιακών δομημάτων κ.λ.π.). Έτσι λοιπόν η υψηλή ποιότητα των επεμβάσεων σε αυτά τα κτίρια (αρχιτεκτονική,

δομοστατική, αισθητική κ.λ.π.) 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 σ' αυτά επαφίεται στις γνώσεις, την εμπειρία και την ευαισθησία του κάθε μελετητή αλλά βεβαίως και στα τεχνολογικά και οικονομικά μέσα που είναι διαθέσιμα ανά περίπτωση.

Τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία, ως κατασκευές του παρελθόντος, έχουν υποστεί ή πρόκειται να υποστούν στο μέλλον διάφορες επεμβάσεις και ως εκ τούτου αποτελούν, εν δυνάμει, πεδίο ανάπτυξης διαφόρων εργασιών. Η ανάληψη τέτοιων εργασιών απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις σε μια σειρά θεμάτων όπως, βασικές αρχές περί επεμβάσεων, υφιστάμενο νομικό καθεστώς διατάξεων και κανονισμών, μηχανική της τοιχοποιίας, παραδοσιακές και σύγχρονες τεχνολογίες και υλικά επεμβάσεων κ.λ.π.. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν συμβάλει σχετικές έρευνες και μαθήματα διδασκαλίας σε προπτυχιακά και μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών όπως επίσης και τα πορίσματα σχετικών συνεδρίων και αρκετών σεμιναρίων που έχουν γίνει μέχρι σήμερα [1-7]. Καθοριστικής επίσης σημασίας υπήρξαν ειδικές συστάσεις και οδηγίες που έχουν εκδοθεί κατά καιρούς από το Υπουργείο Δημοσίων Έργων της Ελλάδας [8,9], το Τεχνικό Επιμελητήριο [10], πανεπιστημιακά ιδρύματα της χώρας [11, 12] καθώς και από ειδικές επιτροπές του ΟΗΕ [13, 14]. Εκτενής αναφορά σε θέματα επισκευών και ενισχύσεων σε υφιστάμενα κτίρια, τόσο από οπλισμένο σκυρόδεμα όσο και φέρουσα τοιχοποιία, γίνεται σε ειδικό τόμο που εκδόθηκε από τον ΟΑΣΠ και κυκλοφόρησε πρόσφατα [15]. Ειδικά στο κεφάλαιο 6 αυτής της έκδοσης, το οποίο αναφέρεται στις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία, καταγράφεται για κάθε τεχνική το πεδίο εφαρμογής, τα στάδια υλοποίησης, τα απαιτούμενα υλικά, ο βαθμός αποτελεσματικότητας, τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει καθώς και τρόποι αναδιαστασιολόγησης. Σε επίπεδο κανονισμού, θα πρέπει να αναφέρουμε εδώ τον Ευρωκώδικα 6 [EC6] για κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία, ο οποίος αν και αναφέρεται σε νέα κτίρια ωστόσο παρέχει αρκετά στοιχεία και πληροφορίες για υλικά και για τη μηχανική της τοιχοποιίας τα οποία μπορούν, κατόπιν σχετικής αξιολόγησης, να αξιοποιηθούν και για υφιστάμενα κτίρια [16]. Τέλος, πιστεύεται ότι, ο υπό επεξεργασία ελληνικός κανονισμός για επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια θα οριοθετήσει και θα κατευθύνει σε αρκετά σημεία τις εργασίες επεμβάσεων σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία [17].

Το κείμενο που ακολουθεί εστιάζεται κυρίως σε μια γενική περιγραφή των τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης υφισταμένων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία και των υλικών που χρησιμοποιούνται σ' αυτές τις τεχνικές. Επιχειρείται επίσης μια σύντομη παράθεση διαφόρων άλλων στοιχείων τα οποία θα πρέπει να συνεκτιμούνται κατά τη διαμόρφωση του τελικού σχήματος επέμβασης.

2. ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Οι επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια και μνημεία είναι μια παλιά υπόθεση όσο και η ιστορία του πολιτισμού, ενώ κάθε εποχή – από την κλασική περίοδο μέχρι και σήμερα - είχε ένα δικό της ιδιαίτερο τρόπο αντιμετώπισης αυτού του θέματος. Το κυρίαρχο χαρακτηριστικό του προηγούμενου αιώνα (20^{ος}) ήταν η διατύπωση διαφόρων θεωριών από ειδικούς σχετικά με το πλαίσιο, τις μεθόδους και τους

στόχους που θα πρέπει να έχει μια επέμβαση. Οι θεωρίες αυτές συνέβαλαν στην ωρίμανση κάποιων απόψεων οι οποίες βοήθησαν σε σημαντικό βαθμό στη σύνταξη και την υπογραφή «χαρτών» από τη διεθνή κοινότητα, στους οποίους διατυπώνονται βασικές αρχές περί προστασίας και επεμβάσεων σε μνημεία. Έτσι λοιπόν το 1935 συντάσσεται ο «Χάρτης της Αθήνας» και το 1964, μετά από συντονισμένες ενέργειες διεθνών οργανισμών όπως η UNESCO, η ICOMOS, το Συμβούλιο της Ευρώπης κ.α. συντάσσεται και υπογράφεται από πολλά κράτη, μεταξύ των οποίων και Ελλάδα, ο «Χάρτης της Βενετίας» [18].

Αρκετές από τις διατάξεις που ορίζονται στους πιο πάνω χάρτες έχουν ένα πολύ γενικό χαρακτήρα, γι' αυτό κατά καιρούς αποτέλεσαν αντικείμενο περαιτέρω επεξεργασίας και ανάλυσης. Μια από αυτές τις προσπάθειες είχε ως στόχο την ταξινόμηση και τον προσδιορισμό του αντικειμένου κάθε μεθόδου (μορφής) επέμβασης. Σύμφωνα λοιπόν με τη διεθνή βιβλιογραφία, οι μέθοδοι επεμβάσεων διακρίνονται στις εξής:

Επέμβαση (intervention) είναι γενικότερος όρος και αναφέρεται ή υπονοεί οποιαδήποτε από τις παρακάτω έννοιες ή εργασίες.

Επισκευή (repairing) ορίζεται η επαναφορά δομικού στοιχείου ή κτίσματος με βλάβη στην κατάσταση προ της βλάβης. Είναι φανερό ότι το ίδιο ή ανάλογο αίτιο (π.χ. σεισμός) θα προκαλέσει κατά τεκμήριο την ίδια ή ανάλογη βλάβη. Έτσι σε περίπτωση εκτεταμένων ή σοβαρών βλαβών είναι φρόνιμο η επέμβαση να περιλαμβάνει και ενίσχυση της κατασκευής ενώ σε περιορισμένες ή μικρές βλάβες αρκεί συνήθως η επισκευή.

Ενίσχυση (strengthening) ορίζεται το σύνολο των μέτρων αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία) δομικού στοιχείου ή κτίσματος μέχρις ενός επιθυμητού ή απαιτητού επιπέδου (π.χ. σεισμικές δράσεις σχεδιασμού που επιβάλλουν οι τρέχοντες κανονισμοί). Σημειώνεται ότι η ενίσχυση προχωρά πέραν της επισκευής τυχόν βλαβών, είναι όμως δυνατή και η προληπτική ενίσχυση χωρίς την παρουσία βλαβών. Το επίπεδο και τα μέτρα ενίσχυσης προσδιορίζονται από ειδική μελέτη.

Ανακατασκευή (reconstruction) ορίζεται η κατασκευή, στη θέση παλιού, ενός νέου δομικού στοιχείου ή κτίσματος. Το νέο δομικό στοιχείο ή κτίσμα μπορεί να είναι αντίγραφο ή ανάλογο του υφιστάμενου ή ακόμα και τελείως νέο. Η τελική απόφαση βασίζεται σε ιστορικούς, κοινωνικούς, χρηστικούς ή άλλους λόγους.

Αναστήλωση (restoration) ορίζεται η επαναφορά του δομήματος στην αρχική του μορφή. Είναι όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για επεμβάσεις σε μνημειακά κτίσματα και έχει ένα χαρακτήρα αυστηρότητας όσον αφορά το σεβασμό της ιστορικής φυσιογνωμίας του κτίσματος.

Επανάχρηση (rehabilitation) ορίζεται η περιορισμένη συνήθως διαρρύθμιση και μετατροπή ενός κτιρίου ώστε να εξυπηρετήσει νέες, σύγχρονες χρήσεις και λειτουργίες. Αναφέρεται συνήθως σε αρχιτεκτονικού χαρακτήρα παρεμβάσεις.

Διατήρηση (preservation) ορίζεται η διαφύλαξη της υπάρχουσας κατάστασης με μέτρα αποτροπής περαιτέρω φθορών.

Συντήρηση (conservation) είναι γενικότερος όρος με ευρύτερη χρήση. Υπονοεί συνήθως περιορισμένου ή και πρόσκαιρου, αλλά όχι πρόχειρου, χαρακτήρα μέτρα εν όψει τελικής ή ριζικότερης επέμβασης για την τύχη του κτίσματος.

Είναι πολύ χαρακτηριστικό το γεγονός ότι το τελικό σχήμα επέμβασης, είτε πρόκειται για παραδοσιακό κτίριο είτε πρόκειται για μνημείο ή διατηρητέο κτίριο, συνήθως περιλαμβάνει συνδυασμό διαφόρων μεθόδων επέμβασης, όπως π.χ.:

- Επανάχρηση, επισκευή και ενίσχυση
- Αναστήλωση και ενίσχυση
- Διατήρηση, συντήρηση και επισκευή κ.λ.π.

Στις πλείστες των περιπτώσεων το σχήμα της επέμβασης περιλαμβάνει εργασίες επισκευής ή και ενίσχυσης. Με βάση τους ορισμούς που έχουν δοθεί πιο πάνω προκύπτει ότι πρόκειται για επεμβάσεις (επισκευή ή ενίσχυση) οι οποίες έχουν ως στόχο την άρση της παθολογίας της κατασκευής, από δομοστατικής άποψης, και την επαύξηση της ικανότητάς της για την παραλαβή στατικών και σεισμικών φορτίσεων. Για το λόγο αυτό γίνεται στην επόμενη παράγραφο μια πολύ συνοπτική αναφορά σε θέματα παθολογίας, τρωτότητας και βλαβών σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία.

Το αυστηρό πλαίσιο και οι διατάξεις που ορίζονται από τους πιο πάνω χάρτες για τις επεμβάσεις σε μνημεία, οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα σε μια συνεχή παραγωγή τεχνολογιών και υλικών που να συνάδουν με αυτές τις απαιτήσεις. Τα επιτεύγματα αυτά, λόγω υψηλού κόστους, για αρκετό χρονικό διάστημα υπήρξαν απαγορευτικά για τα κοινά κτίρια και εύρισκαν εφαρμογή μόνο σε μνημεία. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου και την ευρεία διάδοση της τεχνολογίας και των τεχνολογικών επιτευγμάτων στον τομέα αυτό, έχει καταστεί πλέον εφικτή και οικονομικά επιτρεπτή η εφαρμογή αρκετών απ' αυτών των επιτευγμάτων ακόμα και σε απλές παραδοσιακές οικοδομές. Αναφέρονται ενδεικτικά οι μέθοδοι αποτύπωσης και τεκμηρίωσης της παθολογίας των κτιρίων, οι επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας, η χρήση πεπερασμένων στοιχείων στην ανάλυση των κατασκευών από τοιχοποιία και η χρήση σύγχρονης τεχνολογίας σε εργασίες επισκευής και ενίσχυσης (παραγωγή και τοποθέτηση ενεμάτων, προσθήκη ελκυστήρων κ.λ.π.).

3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

3.1. Τρωτότητα των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία

Ως τρωτότητα, στον τομέα της μηχανικής των κατασκευών, θεωρούμε την «προδιάθεση» της κατασκευής να εμφανίσει βλάβες υπό τη δράση σεισμικών ή άλλων φορτίων με συνεπακόλουθο την απώλεια μέρους της λειτουργικότητάς της ή ακόμα δε και της ευστάθειάς της. Παράγοντες που προσδίδουν υψηλή τρωτότητα σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία είναι [1]:

- η κακή ποιότητα των υλικών δόμησης
- η κακή ποιότητα του κτισίματος
- η κακή σύλληψη του συνόλου κι' έλλειψη σχεδιασμού
- η απουσία συντήρησης
- η προσθήκη καθ' ύψος ή οριζοντίως διαφόρων στοιχείων χωρίς στοιχειώδη μελέτη

Επιπρόσθετα με τους πιο πάνω παράγοντες μπορούν ν' αναφερθούν:

- η γήρανση των υλικών και η χαλάρωση των δεσμών συνάφειας μεταξύ τους
- η συσσώρευση βλαβών από διάφορες δράσεις κατά το παρελθόν
- η πρόκληση βλαβών από ατελείς και άστοχες επεμβάσεις

Στη συνέχεια γίνεται μια πολύ συνοπτική αναφορά στις μορφές βλάβης που μπορούν να εμφανίσουν τέτοιες κατασκευές υπό τη δράση στατικών και σεισμικών φορτίσεων καθώς και υπό τη δράση διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων, κυρίως της υγρασίας.

3.2. Βλάβες υπό τη δράση στατικών και σεισμικών φορτίσεων

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των βλαβών που εκδηλώνονται υπό τη δράση των σεισμικών φορτίσεων είναι ότι αναπτύσσονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (διάρκεια του σεισμού). Ωστόσο, πολλές φορές η ανάπτυξη βλαβών μετά από ένα σεισμό δεν είναι αποτέλεσμα μόνο της σεισμικής έντασης αλλά συνδυασμού και άλλων φορτιστικών καταστάσεων και καταναγκασμών που υφίστανται στην κατασκευή (π.χ. μόνιμα και κινητά φορτία, διαφορικές καθιζήσεις κ.λ.π.) [19, 20, 21]. Γι' αυτό λοιπόν απαιτείται λεπτομερής καταγραφή και αξιολόγηση της τυπολογίας και της έκτασης των βλαβών που εμφανίζονται μετά από ένα σεισμό ώστε να γίνει ξεκάθαρο αν αυτές οφείλονται κατά κύριο λόγο στο σεισμό ή σε άλλα αίτια. Κι' αυτό ως προϋπόθεση για την επιλογή κατάλληλων και αποτελεσματικών τεχνικών επέμβασης αποκατάστασης.

Οι μορφές αστοχίας της τοιχοποιίας, υπό τη δράση στατικών και σεισμικών φορτίσεων, προκύπτουν μέσα από συνδυασμό ορθών και διατμητικών τάσεων [22].

Οι πλέον συχνές μορφές αστοχίας είναι:

- Εφελκυστικές ρηγματώσεις του κονιάματος σε περιοχές ανάπτυξης εφελκυστικών τάσεων. Παρατηρούνται συνήθως λόγω κάμψης στο κάτω μέρος υψίκορμων πεσσών (ή εκτός επιπέδου) και στις γωνίες ανοιγμάτων λόγω έντονης ανάπτυξης τάσεων στις θέσεις αυτές που ενίοτε είναι και εφελκυστικές.
- Διατμητικές ρηγματώσεις του κονιάματος, μέσα από κατάλληλο συνδυασμό διατμητικών και θλιπτικών τάσεων (συνήθως οι ορθές τάσεις δεν υπερβαίνουν το 30% της μέγιστης θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας).

Σπανιότερα, και όταν οι θλιπτικές τάσεις υπερβούν το πιο πάνω όριο (30% της θλιπτικής αντοχής) μπορούν να παρατηρηθούν οι εξής μορφές αστοχίας:

- Διατμητικές ρηγματώσεις με ταυτόχρονη θραύση των λιθοσωμάτων.
- Συντριβή της τοιχοποιίας, συνήθως στα κάτω άκρα, ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης θλιπτικών τάσεων πολύ κοντά στη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας. Η μορφή αυτής της αστοχίας μπορεί να προκύψει και για μικρότερες τιμές της θλιπτικής τάσης με κατάλληλο συνδυασμό με αντίστοιχες διατμητικές.

3.3. Βλάβες υπό τη δράση περιβαλλοντικών παραγόντων

Σε αντίθεση με τις βλάβες που προκαλούνται υπό τη δράση σεισμικών φορτίσεων, και οι οποίες εκδηλώνονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, οι βλάβες που εκδηλώνονται υπό τη δράση περιβαλλοντικών παραγόντων, συνήθως συντελούνται με πολύ αργούς ρυθμούς. Ως τέτοιοι παράγοντες καταγράφονται κυρίως οι παρακάτω [23]:

- Ατμοσφαιρική ρύπανση
- Αιολική διάβρωση
- Διάβρωση λόγω βροχής
- Δράση υγρασίας στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.

Οι τρεις πρώτοι παράγοντες (ατμοσφαιρική ρύπανση, αιολική διάβρωση και διάβρωση λόγω βροχής) επιδρούν κατά κύριο λόγο στις εξωτερικές επιφάνειες της τοιχοποιίας. Οι επιδράσεις αυτών των παραγόντων έχουν περισσότερο αισθητικά αποτελέσματα (σε μικρά χρονικά διαστήματα), πλην της περίπτωσης της διάβρωσης των κονιαμάτων σύνδεσης των λίθων και αλλοίωσης των αρμών με συνεπακόλουθο τη μείωση της αντοχής της τοιχοποιίας.

Η υγρασία διαφέρει από τους υπόλοιπους παράγοντες στο γεγονός ότι επιδρά, εκτός από τις επιφάνειες, κυρίως στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. Έχει πολύ αργούς ρυθμούς δράσης και οι συνέπειές της πολλές φορές δεν είναι ορατές [24]. Οι περιοχές που συνήθως εκδηλώνεται κατά έντονο τρόπο η δράση της είναι στο κάτω μέρος των τοιχοποιιών λόγω της ανύψωσης της υγρασίας του εδάφους, με διάφορους φυσικούς μηχανισμούς, και της διάδοσής της μέσα στη μάζα της τοιχοποιίας. Τόσο από επιτόπου παρατηρήσεις και μετρήσεις όσο και μέσα από πειραματικές διερευνήσεις διαπιστώθηκε ότι η επίδραση της υγρασίας στα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας ακολουθεί συνήθως τα παρακάτω στάδια [25]:

- Συγκέντρωση μεγάλου ποσοστού υγρασίας στη διεπιφάνεια κονιάματος και λιθοσώματος και χαλάρωση του δεσμού συνάφειας. Το φαινόμενο αυτό συμβάλει καθοριστικά στη μείωση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας.
- Συγκέντρωση και εγκλωβισμός μεγάλου ποσοστού υγρασίας εντός της μάζας του κονιάματος με συνεπακόλουθο τη μείωση της θλιπτικής του αντοχής. Κατά συνέπεια μειώνεται και η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.
- Στην περίπτωση που στην εξωτερική επιφάνεια του αρμού έχει γίνει αρμολόγημα από τσιμεντοκονίαμα, τότε, λόγω πολύ χαμηλής διαπερατότητας αυτού του τύπου του κονιάματος, δημιουργείται φραγμός για την εξαγωγή της υγρασίας μέσω του αρμού προς το περιβάλλον. Προοδευτικά εγκλωβίζεται

μεγάλο ποσοστό υγρασίας πίσω από τον αρμό η οποία βρίσκει διέξοδο μέσω της διεπιφάνειας τσιμεντοκονιάματος και λιθωσώματος με συνεπακόλουθο πολλές φορές την πλήρη αποδιοργάνωση του δεσμού συνάφειας. Ενίοτε δε, και όταν το λιθόσωμα διαθέτει υψηλό πορώδες (π.χ. πλίνθοι ή διάφοροι τύποι πορώλιθων), η υγρασία μπορεί να διαδοθεί προς το εξωτερικό της τοιχοποιίας ακόμα και μέσα από αυτούς. Κάτι τέτοιο προοδευτικά δημιουργεί αποφλοιώση της εξωτερικής επιφάνειας του λιθωσώματος, και εκτός από τις συνέπειες αισθητικού χαρακτήρα συμβάλει και στη μείωση της αντοχής τους και κατά συνέπεια στη μείωση της αντοχής της τοιχοποιίας.

4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Επισημαίνονται ορισμένα κριτήρια και αρχές επεμβάσεων με ιδιαίτερη σημασία και αξία για κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Η συνεκτίμηση αυτών των κριτηρίων μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στην εξειδίκευση του στόχου της επέμβασης και στην επιλογή των κατάλληλων τεχνικών. Επίσης, η συνεκτίμηση και η εφαρμογή στο μέγιστο δυνατό βαθμό των αρχών αυτών, μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην αποτελεσματικότητα του τελικού σχήματος επέμβασης, ακόμη και στην περίπτωση που δεν διατίθεται πλήρης τεκμηρίωση βασισμένη σε εκλεπτυσμένα προσομοιώματα ανάλυσης και διαστασιολόγησης.

4. 1. Κριτήρια επεμβάσεων

- Διάκριση του κτιρίου σε «μνημείο», «διατηρητέο» ή απλή κατασκευή και εφαρμογή του οποιοδήποτε νομικού πλαισίου και αρχών που διέπει το συγκεκριμένο κτίριο. Στην περίπτωση των μνημείων θα πρέπει να συνεκτιμηθούν αυστηρά οι διατάξεις και τα κριτήρια που θέτουν διεθνείς χάρτες προστασίας μνημείων και αρχαιοτήτων (π.χ. Χάρτης της Βενετίας). Τα σημαντικότερα από αυτά τα κριτήρια είναι:
 - Σεβασμός στο πρωτότυπο (ως σύνολο και ως επιμέρους στοιχεία, κατά τρόπο που να μην αλλοιώνεται η αρχική αρχιτεκτονική του φυσιογνωμία).
 - Τεκμηρίωση του μνημείου (ιστορική, αρχαιολογική, αρχιτεκτονική, δομοστατική, παθολογία, υλικά δόμησης).
 - Αναστρεψιμότητα προτεινομένων επεμβάσεων (ώστε σε περίπτωση μελλοντικής επέμβασης για αντικατάστασή της να ελαχιστοποιούνται ανεπιθύμητες βλάβες στο κτίριο).
 - Συμβατότητα υφισταμένων και νέων υλικών (κατά τρόπο που να ελαχιστοποιούνται ανεπιθύμητες βλάβες στο κτίριο)
 - Ανθεκτικότητα σε διάρκεια των νέων επεμβάσεων (ώστε να μεγιστοποιείται ο ωφέλιμος χρόνος διάρκειας αυτών των επεμβάσεων 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 υποστήριξης κατά τη διάρκεια των εργασιών επισκευής ή ενίσχυσης.

4.2. Αρχές επεμβάσεων

- Είναι σκόπιμη η μείωση του βάρους της κατασκευής με την αφαίρεση ή αντικατάσταση δομικών ή διακοσμητικών στοιχείων μεγάλου βάρους με πιο ελαφρά π.χ. επιστεγάσματα, γείσα, παραπέτα, εξώστες, καμινάδες, επικαλύψεις.
- 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 γωνίες του κτιρίου και εξασθενούν τη σύνδεση των διασταυρούμενων τοίχων.
- Η προσθήκη νέων τοίχων σε κατάλληλες θέσεις με στόχο τη 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 (π.χ. σύνδεση μονώροφου με διώροφο τμήμα) 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, εμπειρίας συνεργείων και επίβλεψης, προσπελασιμότητα, δυνατότητα ελέγχου ποιότητας, σημασία και γενικότερη αξία κτίσματος).
- Σε περίπτωση αντίστοιχων βλαβών ή αμφιβολιών ως προς την επάρκειά τους είναι σκόπιμη η βελτίωση των συνδέσεων μεταξύ φερόντων στοιχείων (σύνδεση διασταυρούμενων ή απέναντι τοίχων, αγκύρωση διαφραγμάτων στα κατακόρυφα στοιχεία 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.

5. ΣΤΑΔΙΑ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η αναφορά που γίνεται στη συνέχεια καλύπτει κυρίως μνημειακές κατασκευές [26]. Ωστόσο, η εφαρμογή των όσων ακολουθούν σε άλλες κατηγορίες κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία (διατηρητέα, παραδοσιακά) εξαρτάται από τη σπουδαιότητα του έργου, τις τεχνικοοικονομικές δυνατότητες και προφανώς από την κρίση του μελετητή μηχανικού.

5.1.Προσωρινή υποστήλωση

Πρόκειται για ένα ξεχωριστό βήμα στη διαδικασία αποκατάστασης, ιδιαίτερα όταν αποφασίζεται κατόπιν ενός ισχυρού σεισμού ο οποίος προκάλεσε βλάβες θέτοντας σε κίνδυνο μερικής ή ολικής κατάρρευσης την κατασκευή. Κατ' αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται αρκετός χρόνος για μια πιο λεπτομερή προσέγγιση του προβλήματος. Αυτό το βήμα συνήθως συνδυάζεται με τοποθέτηση σκαλωσιών, οι οποίες είναι απαραίτητες για τα επόμενα βήματα μελετών και εργασιών.

5.2.Επί τόπου έρευνες

Συνήθως αυτές περιλαμβάνουν τις ακόλουθες δραστηριότητες:

- Γεωμετρική και κατασκευαστική αποτύπωση.
- Αποτύπωση των ζημιών.
- Επί τόπου μη καταστροφικοί έλεγχοι (π.χ. κρουσιμετρήσεις, υπερηχομετρήσεις, κ.λ.π.).
- Επί τόπου καταστροφικοί έλεγχοι (π.χ. λήψη πυρήνων, δείγματος κονιάματος κ.λ.π.).
- Συνεχής παρακολούθηση των μεταβολών των ρωγμών, των κλίσεων κ.λ.π.
- Επί τόπου εδαφικές έρευνες (εκσκαφές δίπλα στη θεμελίωση, γεωτρήσεις κ.λ.π.).

5.3.Εργαστηριακές έρευνες

Συνήθως αυτές περιλαμβάνουν τις ακόλουθες δραστηριότητες:

- Καθορισμός των χημικών και ορυκτολογικών ιδιοτήτων των αρχικών υλικών.
- Καθορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων των αρχικών υλικών.
- Σύνθεση ενεμάτων και κονιαμάτων συμβατών προς τα αρχικά υλικά δόμησης.
- Εδαφοτεχνικοί έλεγχοι σε δείγματα που λαμβάνονται από τις γεωτρήσεις.
- Έλεγχοι επί μοντέλων (π.χ. τοίχων ή πεσσών).

5.4.Ανάλυση και διαστασιολόγηση του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση

Η ανάλυση και η διαστασιολόγηση κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, και ιδιαίτερα μνημειακών κατασκευών, περιλαμβάνει ως αναγκαίες προϋποθέσεις τις ακόλουθες ενέργειες:

- Καθορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων των τοιχοποιιών και άλλων στοιχείων, δηλ. το μέτρο ελαστικότητας, καμπύλες σ - ϵ , καμπύλες σ - τ , καμπύλες σ_1 - σ_2 .

- Καθορισμός των δυναμικών χαρακτηριστικών του μνημείου, όπως η θεμελιώδης περίοδος T, κ.λ.π.
- Καθορισμός του συντελεστή συμπεριφοράς (q factor) του κτιρίου.
- Καθορισμός του φάσματος σχεδιασμού για την ανάλυση. Ειδικά για τις μνημειακές κατασκευές θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη μια ανάλυση σεισμικού ρίσκου με συνεκτίμηση της ιστορίας και της σπουδαιότητας του μνημείου.

Για την ανάλυση του δομικού συστήματος μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες προσεγγίσεις. Οι πιο συνηθισμένες είναι οι ακόλουθες:

- Ελαστική – στατική με στοιχεία πλαισίου ή κελύφους.
- Ελαστική – δυναμική με στοιχεία πλαισίου και σπανιότερα και κελύφους.
- Στατική ανελαστική ανάλυση με τη μέθοδο βήμα προς βήμα για τον καθορισμό του μηχανισμού κατάρρευσης και των φορτίων κατάρρευσης (push over analysis).
- Στατική και ανελαστική ανάλυση με τα θεωρήματα των άνω και κάτω ορίων, για τον καθορισμό των φορτίων ανάλυσης.
- Παλαιότερα, και πριν την ευρεία διάδοση των H/Y και λογισμικών πακέτων πεπερασμένων στοιχείων, γινόταν συστηματική χρήση της μεθόδου των πεσσών. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί υπό προϋποθέσεις .

Για τη διαστασιολόγηση των διατομών, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι καμπύλες σ - τ ή σ_1 - σ_2 .

5.5.Εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας

Με βάση την παθολογία της κατασκευής, τη χρονική εξέλιξη των ρηγμάτων και των αποκλίσεων από την κατακόρυφο, τις εργαστηριακές έρευνες και κυρίως τα αποτελέσματα της ανάλυσης και διαστασιολόγησης της αρχικής κατασκευής, επιχειρείται η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής στην κατάσταση που βρίσκεται. Η εκτίμηση αυτή που αποτελεί κομβικό σημείο στη δουλειά του υπεύθυνου δομοστατικού μηχανικού, είναι κρίσιμη για τη λήψη απόφασης για τον τύπο και το βαθμό του σχήματος δομοστατικής επέμβασης προς αποκατάσταση του κτιρίου.

5.6.Σχήμα επεμβάσεων

Ο καθορισμός του σχήματος των επεμβάσεων αποτελεί τον πυρήνα όλης της διαδικασίας και είναι το αποτέλεσμα μιας προσέγγισης αλληλοσχετισμού των δομικών, αρχιτεκτονικών και αρχαιολογικών παραμέτρων. Συνήθως, ο υπεύθυνος δομοστατικός μηχανικός διατυπώνει διάφορες εναλλακτικές λύσεις ικανοποιούσες τις απαιτήσεις ασφάλειας, βασιζόμενος σε συνολική εκτίμηση των επί τόπου, εργαστηριακών και αναλυτικών ερευνών. Κατόπιν εξαντλητικών συζητήσεων με τους διάφορους συνεργάτες στο έργο αποκατάστασης διαμορφώνεται η τελική λύση.

5.7.Εκ νέου ανάλυση και επαναδιαστασιολόγηση

Το τροποποιημένο από τις επεμβάσεις δομικό σύστημα του κτιρίου πρέπει να αναλυθεί και να διαστασιολογηθεί ξανά, με την ίδια διαδικασία που ήδη παρουσιάστηκε προηγουμένως.

5.8.Σχέδια, περιγραφές και προδιαγραφές

Το σύνολο της μελέτης συμπληρώνεται με γενικά και λεπτομερή σχέδια, τεχνικές περιγραφές και τεχνικές προδιαγραφές, στοιχεία εξίσου απαραίτητα όλα για τις εργασίες στο εργοτάξιο.

6. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στα περισσότερα σχήματα (συνδυασμοί) επεμβάσεων λαμβάνουν χώρα και επεμβάσεις επισκευής ή και ενίσχυσης. Πρόκειται για εργασίες δομοστατικού χαρακτήρα που έχουν ως κύριους στόχους:

- Την επισκευή βλαβών της τοιχοποιίας ή και την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητάς της.
- Τη βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής σε στατικές αλλά κυρίως σε σεισμικές φορτίσεις
- Την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης ή ακόμα και του ιδίου του εδάφους.

6.1. Τεχνικές επισκευής

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ως επισκευή ορίζεται η επαναφορά δομικού στοιχείου ή κτίσματος με βλάβη στην κατάσταση προ της βλάβης. Είναι φανερό ότι το ίδιο ή ανάλογο αίτιο (π.χ. σεισμός) θα προκαλέσει κατά τεκμήριο την ίδια ή ανάλογη βλάβη. Έτσι σε περίπτωση εκτεταμένων ή σοβαρών βλαβών είναι φρόνιμο η επέμβαση να περιλαμβάνει και ενίσχυση της κατασκευής ενώ σε περιορισμένες ή μικρές βλάβες αρκεί συνήθως η επισκευή. Οι πλέον γνωστές τεχνικές επισκευής είναι:

Βαθύ αρμολόγημα (χόλιασμα): Συνιστάται για λιθοδομές μικρού πάχους ($t < 300-400\text{mm}$) ή πλινθοδομές, που παρουσιάζουν ρωγμές μέχρι 10mm . Η επαύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας εξαρτάται από το βαθμό αντικατάστασης του υπάρχοντος κονιάματος χαμηλής αντοχής από νέο κονίαμα υψηλής αντοχής. Ο βαθμός όμως αυτής της επαύξησης δύσκολα προσδιορίζεται και επιπλέον επιτυγχάνεται τοπικά, δηλ. όπου έχει αντικατασταθεί το παλιό κονίαμα. Από σχετικές έρευνες που έχουν γίνει, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Κύπρο, προκύπτει ότι πρόκειται για μία από τις πλέον συνήθεις τεχνικές επέμβασης σε φέρουσα τοιχοποιία, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους και της μη απαίτησης ειδικού εξοπλισμού για την εφαρμογή της [27, 28, 29].

Καθαίρεση και τοπική ανακατασκευή: Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται όταν η τοιχοποιία παρουσιάζει τοπική διόγκωση στη μια ή και στις δύο όψεις της. Επίσης

εφαρμόζεται και στις περιπτώσεις κατάρρευσης γωνιών στο πάνω ή στο κάτω μέρος του τοίχου. Έχει ως αποτέλεσμα την επαύξηση τοπικά της αντοχής της τοιχοποιίας στην ανακατασκευαζόμενη περιοχή.

Ενέσεις σε ρωγμές: Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το εύρος των ρωγμών της τοιχοποιίας δεν υπερβαίνει τα 10mm. Σε αντίθεση με το βαθύ αρμολόγημα, που συνιστάται για τοιχοποιίες μικρού πάχους, η τεχνική αυτή εφαρμόζεται και σε τοιχοποιίες μεγαλύτερου πάχους. Οδηγεί σε αποκατάσταση της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας και όχι σε σημαντική αύξησή της, εκτός εάν το ένεμα εισχωρήσει και πληρώσει τα κενά της τοιχοποιίας οπότε λαμβάνει χώρα ομογενοποίηση μάζας (βλέπε πιο κάτω). Πρόκειται για τεχνική ιδιαίτερα υψηλού κόστους η οποία απαιτεί τη διάθεση σχετικού εξοπλισμού και πολύ σχολαστικής εργασίας.

Συρραφή μεγάλων ρωγμών: Εφαρμόζεται στις περιπτώσεις μεγάλων ρωγμών, δηλ. σε διαμπερείς ρωγμές που διακόπτουν τη συνέχεια της τοιχοποιίας καθώς και ρωγμές μεγάλου εύρους (>10mm) ή μεγάλου μήκους που εκτείνονται οριζόντια, κατακόρυφα ή διαγώνια στην επιφάνεια του τοίχου. Γι τη συρραφή των ρωγμών γίνεται συνήθως χρήση χάλυβα και σκυροδέματος υψηλής αντοχής τοπικά σε ειδικούς αύλακες που ανοίγονται γι' αυτό το σκοπό. Με την τεχνική αυτή αυξάνεται η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας. Απαιτούνται εκτενείς εργασίες και ιδιαίτερη φροντίδα στήριξης των τοίχων στη φάση που διανοίγονται οι αύλακες. Επίσης πολλές φορές προκαλείται αλλοίωση της εξωτερικής όψης των τοίχων.

Συρραφή αποκολλημένων τοίχων: Εφαρμόζεται όταν υπάρχει ρωγμή αποκόλλησης ή μερική κατάρρευση στη θέση ένωσης γωνιακών ή εσωτερικών τοίχων, κάθετων μεταξύ τους. Διακρίνονται κυρίως δύο περιπτώσεις αποκατάστασης των αποκολλημένων τοίχων, η λιθοσυρραφή και η προσθήκη ελκυστήρων. Με τη λιθοσυρραφή ανακτάται και εν μέρει αυξάνεται τοπικά η αντοχή του τοίχου στην ανακατασκευαζόμενη περιοχή.

Επισκευή ή κατασκευή υπερθύρων: Εφαρμόζεται όπου έχουν επισημανθεί σημαντικές βλάβες στις θέσεις των ανοιγμάτων και εκτιμάται ότι η πρόκληση αυτών των βλαβών οφείλεται στη σχετική αδυναμία του υφιστάμενου συστήματος. Βελτιώνει γενικώς και σε σχετικά υψηλό βαθμό τη συμπεριφορά του τμήματος της κατασκευής στις θέσεις των ανοιγμάτων έναντι σεισμικών φορτίσεων λόγω περιορισμού των παραμορφώσεων στις θέσεις αυτές. Σε αρκετές περιπτώσεις περιορίζεται στην επισκευή ή την κατασκευή υπερθύρων, είτε από ξύλο είτε από σκυρόδεμα και σε άλλες δε περιπτώσεις επιβάλλεται η κατασκευή πλαισίου ενίσχυσης του κουφώματος, συνήθως από σκυρόδεμα. Γενικώς προϋποθέτει εκτενείς εργασίες οι οποίες θα πρέπει να εκτελούνται με σχολαστικότητα.

6.2. Τεχνικές ενίσχυσης

Έχει ήδη αναφερθεί ότι, ως ενίσχυση ορίζεται το σύνολο των μέτρων αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία) δομικού στοιχείου ή κτίσματος μέχρις ενός επιθυμητού ή απαιτητού επιπέδου (π.χ. σεισμικές δράσεις σχεδιασμού που επιβάλλουν οι τρέχοντες κανονισμοί). Σημειώνεται ότι η ενίσχυση προχωρά πέραν της επισκευής τυχόν βλαβών, είναι όμως δυνατή και η προληπτική ενίσχυση χωρίς την παρουσία βλαβών. Το επίπεδο και τα μέτρα

ενίσχυσης προσδιορίζονται από ειδική μελέτη. Οι πλέον γνωστές τεχνικές ενίσχυσης είναι:

Οπλισμένο επίχρισμα: Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με τις τεχνικές επισκευής υπό την προϋπόθεση ότι δεν είναι απαιτητή η διατήρηση της όψης της λιθοδομής. Έχει ως στόχο την αύξηση της διατμητικής και καμπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. Μπορεί να εφαρμοστεί μονόπλευρα σε συνδυασμό με κατάλληλες φωλιές στην τοιχοποιία για την αποτελεσματική αγκύρωση, ή αμφίπλευρα με κατάλληλες διαμερείς συνδέσεις. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας της μεθόδου εξαρτάται από το πάχος και την καλή αγκύρωση του επιχρίσματος στην τοιχοποιία. Μειονέκτημα της τεχνικής αυτής αποτελεί η πιθανότητα συγκέντρωσης και εγκλωβισμού υγρασίας στη διεπιφάνεια μεταξύ τοίχου και επιχρίσματος με αποτέλεσμα τη σταδιακή αποδιοργάνωση του υφιστάμενου κονιάματος και τη μείωση της αντοχής του τοίχου. Στην περίπτωση της εφαρμογής της τεχνικής αυτής συνιστάται να λαμβάνεται πρόνοια για την απομάκρυνση της υγρασίας.

Ομογενοποίηση μάζας: Με την τεχνική αυτή εισάγεται ένεμα στη μάζα της τοιχοποιίας, όχι μόνο για την πλήρωση ενδεχόμενων ρωγμών αλλά και όλων των κενών στο εσωτερικό της. Παρά το υψηλό κόστος, πρόκειται για μια τεχνική ιδιαίτερα αποδοτική στην περίπτωση αργολιθοδομών με μεγάλο ποσοστό κονιάματος χαμηλής ποιότητας, καθώς και στην περίπτωση τρίστρωτων τοιχοποιιών. Είναι πάντως δυνατόν να εφαρμόζεται σε επιλεγμένες περιοχές, κρίσιμες για τη συμπεριφορά της κατασκευής (π.χ. στις περιοχές με μεγάλες βλάβες, στις γωνίες των κτιρίων κ.λ.π.). Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση που στην επιφάνεια της τοιχοποιίας υπάρχουν έργα τέχνης (νωπογραφίες, εικόνες κ.λ.π.). Σε τέτοιες περιπτώσεις είτε γίνεται προσωρινή αποτοίχιση των τοιχογραφιών είτε περιορίζεται ο εμποτισμός του ενέματος.

Κατασκευή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος: Εφαρμόζεται σε περίπτωση εκτεταμένων ζημιών στους τοίχους όπου κρίνεται καθολική επέμβαση επισκευής - ενίσχυσής τους. Διακρίνονται σε μονόπλευρους και αμφίπλευρους μανδύες και σε ισχυρά και ελαφρά οπλισμένους. Γενικώς οι αμφίπλευροι κρίνονται ως καλύτεροι λόγω της συμμετρικής διατομής που δημιουργούν. Οι μονόπλευροι μανδύες συνήθως εφαρμόζονται όταν υπάρχουν περιορισμοί ή πρακτικές δυσκολίες όπως π.χ. έλλειψη δυνατότητας εκτέλεσης εργασιών στους εσωτερικούς χώρους ή διατήρηση των εξωτερικών όψεων της τοιχοποιίας για αρχιτεκτονικούς αισθητικούς λόγους. Γενικώς, με τους μανδύες επαυξάνονται σημαντικά η θλιπτική, εφελκυστική και διατμητική αντοχής της τοιχοποιίας. Όταν οι μανδύες εκτείνονται σε όλη την κατασκευή, προσδίδεται σε μεγάλο βαθμό σχετική μονολιθικότητα της κατασκευής γεγονός που βελτιώνει τη σεισμική της συμπεριφορά. Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι οι εκτεταμένες εργασίες υψηλού κόστους, η αλλοίωση των όψεων της τοιχοποιίας, και η συγκέντρωση υγρασίας πίσω από την τοιχοποιία.

Προσθήκη ριζοπλισμών: Οι ριζοπλισμοί εφαρμόζονται συνήθως σε παλιές λιθοδομές μεγάλου πάχους για βελτίωση της μάζας, τοπικές ενισχύσεις ή και καθολική ενίσχυση (βελτίωση της συμπεριφοράς ολόκληρου φατνώματος ή πεσσών, δημιουργία υψίκορμων δοκών κ.λ.π.). Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται γενικώς σχετικά μικρή αύξηση της θλιπτικής αντοχής και σημαντική αύξηση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, ανάλογα με την πυκνότητα τοποθέτησης και τη διάμετρο των ριζοπλισμών. Τα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής, τα οποία συνδέονται

συνήθως με τη χρήση της σε μνημεία, είναι η αλλοίωση της δομής της τοιχοποιίας και μάλιστα κατά τρόπο μη αναστρέψιμο. Πολλές φορές λόγω της διάβρωσής τους προκαλείται διόγκωση με ταυτόχρονη πρόκληση βλαβών στην τοιχοποιία. Η εξαιρετικά δυσχερής αντικατάσταση των ριζοπλισμών σε περίπτωση διάβρωσής τους απαιτεί διατρήσεις μεγάλης διαμέτρου με κίνδυνο να προκληθούν βλάβες στην τοιχοποιία.

Κατασκευή διαζωμάτων: Τα διαζώματα διασφαλίζουν και μάλιστα σε υψηλό βαθμό τη βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής έναντι σεισμού. Επιπλέον επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων της στέγης με παράλληλη διόρθωση ενδογενών προβλημάτων της κατασκευής, όπως προβλήματα γωνιών και διασταυρώσεων τοίχων, έδρασης και αγκύρωσης δαπέδων και στεγών κ.λ.π. Τα διαζώματα μπορεί να είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, μέταλλο ή ξύλο. Η επιλογή του υλικού καθορίζεται από ορισμένες παραμέτρους όπως ο χαρακτήρας του κτιρίου, τα υλικά της τοιχοποιίας, τα υλικά του υπερκείμενου πατώματος ή στέγης κ.λ.π. Για την κατασκευή του διαζώματος απαιτείται σχολαστική εργασία υποστύλωσης της στέγης ή του πατώματος και τμήματος του τοίχου προς αποφυγή περαιτέρω βλαβών λόγω της αφαίρεσης λίθων από τους τοίχους. Γενικώς, η κατασκευή διαζωμάτων προϋποθέτει εκτενείς εργασίες.

Προσθήκη ελκυστήρων και τενόντων: Οι ελκυστήρες χρησιμοποιούνται σε περίπτωση αποκόλλησης διασταυρούμενων τοίχων ή αποδιοργάνωσης γωνιών τοίχου. Εφαρμόζονται επίσης για τη βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής συνδέοντας απέναντι τμήματα της, με την εφαρμογή ευνοϊκής χαμηλής πρόθλιψης. Μπορούν ακόμα να εφαρμοστούν και για ενίσχυση της θεμελίωσης. Είναι συνήθως οριζόντιοι και σπανίως κατακόρυφοι. Ευθύγραμμοι τένοντες χρησιμοποιούνται συνήθως για την περιμετρική περίσφιγξη τοιχοποιιών και για την αποκατάσταση λειτουργίας ελκυστήρα σε καμπύλους γραμμικούς ή επιφανειακούς φορείς ενώ δακτυλιοειδείς τένοντες χρησιμοποιούνται για την περίσφιγξη του τυμπάνου τρούλων. Με τους ελκυστήρες και τους τένοντες επιτυγχάνεται βελτίωση της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας έναντι οριζοντίων, συνήθως σεισμικών μετακινήσεων. Οι ελκυστήρες και οι τένοντες υπόκεινται σε χαλάρωση με την πάροδο του χρόνου λόγω ερπυσμού, γι' αυτό και επιβάλλεται συστηματικός έλεγχος. Η τεχνική αυτή είναι εύκολα αναστρέψιμη και συνήθως συνυπάρχει στο τελικό σχήμα επέμβασης με κάποιες από τις άλλες τεχνικές.

Αβαθής υποθεμελίωση: Είναι η πιο διαδεδομένη τεχνική υποθεμελίωσης στην πράξη, κυρίως για κτίρια μικρής σπουδαιότητας, λόγω του χαμηλού κόστους και της γρήγορης εφαρμογής της συγκριτικά με άλλες τεχνικές που αναφέρονται πιο κάτω. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται ενίσχυση της θεμελίωσης αλλά δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα προβλήματα εδάφους. Ουσιαστικά υποβιβάζει το μέγεθος των τάσεων στον αρμό εδάφους – θεμελίου λόγω διαπλάτυνσης του πέλματος του πεδύλου και έτσι μειώνει την ανάπτυξη μετακινήσεων ή διαφορικών καθιζήσεων στο επίπεδο της θεμελίωσης. Η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης εξαρτάται από την ποιότητα σύνδεσης των νέων στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με την υφιστάμενη θεμελίωση, η επίτευξη της οποίας απαιτεί σχολαστικές και εκτενείς εργασίες, κυρίως σε περίπτωση αμφίπλευρης ενίσχυσης.

Βαθιά υποθεμελίωση με τη μέθοδο των μικροπασσάλων: Η τεχνική αυτή συνιστάται για τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας τόσο του εδάφους όσο και της θεμελίωσης. Εφαρμόζεται κυρίως στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η εφαρμογή των αβαθών υποθεμελίωσεων (π.χ. προβληματικά εδάφη, υψηλός υδροφόρος ορίζοντας κ.λ.π.). Τα κύρια πλεονεκτήματα των μικροπασσάλων είναι η άμεση εφαρμογή και η ταχύτητα κατασκευής τους, η αποφυγή εργασιών υποσκαφής και η ικανότητά τους να παραλάβουν σταδιακά τμήμα των φορτίων και να οδηγήσουν στη σταθεροποίηση των μετακινήσεων. Απαιτείται η διάθεση ενός ευέλικτου και ισχυρού γεωτρύπανου, ικανού να διατρήσει κάθε είδος εδάφους και θεμελίωσης. Η συμμετρική διάταξη μικροπασσάλων και από τις δύο πλευρές του τοίχου, αυξάνει την αποτελεσματικότητα. Ωστόσο υπάρχει συνήθως δυσκολία εισόδου του γεωτρύπανου στο κτίριο, το κόστος δε για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνικής είναι σχετικά υψηλό.

Ενίσχυση εδάφους: Εφαρμόζεται με την εισαγωγή ενεμάτων υψηλής αντοχής όταν κρίνεται αναγκαία η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης (π.χ. εδάφη χαμηλής αρχικής φέρουσας ικανότητας, προσθήκη ορόφων η οποία αυξάνει τις τάσεις στο έδαφος θεμελίωσης ή ακόμη η περίπτωση εκσκαφής δίπλα από θεμέλια η οποία δημιουργεί σχετική αστάθεια του εδάφους κάτω από το επίπεδο της θεμελίωσης). Εφαρμόζεται τόσο σε συνεκτικά όσο και σε μη συνεκτικά εδάφη καθώς και σε βράχο υπό τον όρο ότι ο βράχος είναι ρηγματωμένος με τις ρωγμές του επικοινωνούσες. Αντίθετα δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα όπως π.χ. οι άργιλοι. Η τεχνική αυτή καθίσταται ελκυστική για το λόγο ότι διατίθενται ενέματα με μικρό ιξώδες κοντά σ' αυτό του νερού. Η αποτελεσματικότητα της τεχνικής εξαρτάται από την ομοιομορφία της διασποράς του ενέματος κάτω από τη θεμελίωση. Σε περιπτώσεις ανομοιογένειας του εδάφους, η ομοιόμορφη διασπορά του ενέματος καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη ενώ η διεξόδυση του ενέματος σε μεγάλη έκταση ενδέχεται να έχει σημαντικές οικονομικές συνέπειες.

7. ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

Λόγω των συστηματικών ερευνών και εφαρμογών που έχουν γίνει για τις εργασίες επεμβάσεων σε μνημεία, έχει αναπτυχθεί αρκετή τεχνογνωσία γύρω από την τεχνολογία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται σε επεμβάσεις επισκευών και ενισχύσεων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Αρκετά από αυτά τα επιτεύγματα είναι σήμερα τεχνολογικά και οικονομικά εφικτά και για παραδοσιακά κτίρια. Επίσης, αρκετά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται γι' αυτές τις εργασίες προσφέρονται έτοιμα στην αγορά και συνοδεύονται από ειδικά έντυπα της κατασκευάστριας ή προμηθεύτριας εταιρείας, γι' αυτό συστήνεται όπως γίνεται σχολαστική αξιολόγηση των τεχνικών τους προδιαγραφών πριν επιλεγούν για χρήση.

Κονιάματα: Σχεδόν σε κάθε τεχνική επισκευής και ενίσχυσης η χρήση των κονιαμάτων είναι επιβεβλημένη, ιδιαίτερα όταν προβλέπεται βαθύ αρμολόγημα, συρραφή μεγάλων ρωγμών, καθαίρεση και τοπική ανακατασκευή, συρραφή αποκολλημένων τοίχων (λιθοσυρραφή). Η επιλογή της σύνθεσης του κονιάματος θα πρέπει να γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του ήδη υπάρχοντος, της κατηγορίας του κτιρίου και της απαιτούμενης αντοχής που θα πρέπει να προσδοθεί στην επισκευασμένη τοιχοποιία. Κονιάματα συμβατά με τα υφιστάμενα, όρος επιβεβλημένος για την περίπτωση των μνημείων, εξασφαλίζουν γενικά καλύτερη

πρόσφυση. Τα συνήθη συνδετικά κονιάματα που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε τρεις βασικούς τύπους:

<i>Ασβεστοκονιάματα (AK):</i>	ασβέστης και άμμος σε κατάλληλες αναλογίες
<i>Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα (ATK):</i>	ασβέστης, τσιμέντο και άμμος σε κατάλληλες αναλογίες
<i>Τσιμεντοκονιάματα (TK):</i>	τσιμέντο και άμμος σε κατάλληλες αναλογίες

Σε ξένους κανονισμούς και προδιαγραφές, όπως Ευρωκώδικας 6 [16], Γερμανικές προδιαγραφές [30], Βρετανικές προδιαγραφές [31], Αμερικάνικες προδιαγραφές [32], καθορίζονται οι αναλογίες ασβέστη, άμμου και τσιμέντου ώστε από τους πιο πάνω τύπους κονιαμάτων να προκύψουν συγκεκριμένες θλιπτικές αντοχές του κονιαμάτος (fmc). Οι θλιπτικές αντοχές των διαφόρων τύπων κονιαμάτων έχουν συνήθως την παρακάτω διακύμανση.

<i>Ασβεστοκονιάματα (AK):</i>	0.5 – 2.0 MPa
<i>Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα (ATK):</i>	2.0 – 8.0 MPa
<i>Τσιμεντοκονιάματα (TK):</i>	>8.0 MPa

Είναι γενική η παρατήρηση ότι η αύξηση του ποσοστού του τσιμέντου συμβάλει στην αύξηση της θλιπτικής αντοχής του κονιαμάτος, ενώ αντίστροφα η αύξηση του ποσοστού του ασβέστη συμβάλει στην αύξηση της παραμορφωσιμότητάς του, εξίσου σημαντική παράμετρος, δεδομένης της ψαθυρής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας.

Ενέματα: Τις τελευταίες δεκαετίες, και κυρίως για την πλήρωση κενού ή μεγάλου εύρους ρωγμών σε τοιχοποιίες ή σκυρόδεμα, χρησιμοποιούνται τα ενέματα. Τα συνήθη τσιμεντενέματα συντίθενται από τσιμέντο, νερό, άμμο, κάποιο υπερπλαστικοποιητή και ένα διογκωτικό προς διασφάλιση υψηλής αντοχής και χαμηλής συρρικνώσεως κατά τη σκλήρυνση. Ως επί το πλείστον τα ενέματα χρησιμοποιούνται για την επισκευή και ενίσχυση φέρουσων τοιχοποιιών (ενέσεις σε ρωγμές, ομογενοποίηση μάζας). Σε περίπτωση παραδοσιακών ή μνημειακών κτισμάτων παρασκευάζονται ενέματα συμβιβαστά από πλευράς αντοχής και παραμορφωσιμότητας προς τα υλικά δομήσεως, οπότε μεγάλο ποσοστό του τσιμέντου υποκαθίσταται από πουζολανικά υλικά (π.χ. θηραϊκή γη) και υδράσβεστο [33]. Επιπλέον, για την επιτυχή εφαρμογή του το ένεμα πρέπει να είναι σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας και να αποφεύγεται η απόμιξη. Πολλές φορές πραγματοποιούνται δοκιμαστικές ενέσεις και η τελική σύνθεση του ενέματος αποφασίζεται βάσει των αποτελεσμάτων των δοκιμαστικών εφαρμογών. Επίσης ενέματα χρησιμοποιούνται για τη σφράγιση ρωγμών ή ανοιγμάτων κατά την εφαρμογή ριζοπλισμών, ελκυστήρων και μικροπασσάλων. Τέλος, ειδικά ενέματα χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση του εδάφους. Η σύνθεση τους, κυρίως ως προς το ιζώδες, απαιτεί γνώση του επιπέδου των ρωγμών του εδάφους εντός των οποίων θα διεισδύσει.

Οπλισμένο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα: Η χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιείται κατά την κατασκευή διαζωμάτων, υπερθύρων και στις αβαθείς θεμελιώσεις. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται στην κατασκευή των μανδύων, για το οποίο απαιτείται ειδικός εξοπλισμός. Συνιστάται βεβαίως σε κάθε περίπτωση οι προδιαγραφές του σκυροδέματος να προκύπτουν μετά από σχετική

μελέτη αλλά κυρίως να λαμβάνονται ειδικές πρόνοιες για τη σύνδεση των στοιχείων σκυροδέματος με τη φέρουσα τοιχοποιία.

Μέταλλα: Η χρήση μετάλλων απαιτείται για τη συρραφή αποκολλημένων τοίχων, για ριζοπλισμούς, για ελκυστήρες και τένοντες και σε ορισμένες περιπτώσεις για την κατασκευή διαζωμάτων ή την ενίσχυση πατώματων. Σε αρκετές περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση ανοξείδωτων μετάλλων προς αποφυγή διογκώσεων και πρόκληση ρωγμών στην τοιχοποιία. Οι ελκυστήρες και οι τένοντες υπόκεινται σε χαλάρωση με την πάροδο του χρόνου λόγω ερπυσμού, γι' αυτό και επιβάλλεται συστηματικός έλεγχος αλλά και επιλογή μετάλλων ειδικών προδιαγραφών για το σκοπό αυτό.

Ξυλεία: Η ξυλεία χρησιμοποιείται συνήθως για την αντικατάσταση της υφιστάμενης ξυλείας σε στέγες και πατώματα. Η τοποθέτησή τους θα πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται αφενός στατική επάρκεια αυτών των στοιχείων (πατώματα στέγες) αλλά και η διαφραγματική τους λειτουργία. Η ποιότητα, οι διατομές και ο τύπος της ξυλείας θα πρέπει να επιλέγεται μετά από σχετική μελέτη. Επίσης, ξύλινοι δοκοί μεγάλων διατομών χρησιμοποιούνται στην κατασκευή υπερθύρων και διαζωμάτων όπου θα πρέπει να λαμβάνονται ειδικές πρόνοιες για τη σύνδεσή τους με την τοιχοποιία.

8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

Για την επιτυχή αποκατάσταση μιας κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία, σε αρκετές περιπτώσεις, επιβάλλεται η ταυτόχρονη εφαρμογή διαφόρων τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης κατάλληλα συνδυασμένων μεταξύ τους. Εννοείται βεβαίως ότι το τελικό σχήμα επέμβασης θα πρέπει να συνάδει με τα υφιστάμενα προβλήματα (παθολογία και βλάβες) του φέροντα οργανισμού του κτιρίου. Όπου και όταν είναι δυνατή η εξέταση εναλλακτικών σεναρίων τότε αυτά θα πρέπει να αξιολογούνται με τεχνικοοικονομικά και αισθητικά κριτήρια. Το κόστος κάθε τεχνικής καθορίζεται κυρίως από την έκταση και τη δυσκολία εφαρμογής της, το κόστος εργασίας και τη χρήση του απαιτούμενου εξοπλισμού (αν είναι διαθέσιμος) και δευτερευόντως από το κόστος των υλικών. Οι τεχνικές οι οποίες απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό, που συνεπάγεται και σχετικά επαυξημένο κόστος, είναι η κατασκευή μανδύα, οι ενέσεις σε ρωγμές, η ομογενοποίηση μάζας, οι ελκυστήρες και τένοντες, οι ριζοπλισμοί, οι βαθιές υποθεμελιώσεις και η ενίσχυση εδάφους. Ωστόσο, το κόστος της επέμβασης θα πρέπει να συνάδει με την επενδυμένη αξία του κτιρίου.

Ιδιαίτερα για την περίπτωση των μνημείων αλλά και των διατηρητέων κτιρίων, το τελικό σχήμα θα πρέπει να αξιολογείται με βάση κάποιες πολύ βασικές αρχές όπως, σεβασμός του πρωτότυπου, αναστρεψιμότητα των τεχνικών επέμβασης (reversibility), συμβατότητα νέων και υφιστάμενων υλικών (compatibility) και ανθεκτικότητα της επέμβασης στο χρόνο (durability). Στον πιο κάτω πίνακα επιχειρείται μια συνοπτική ταξινόμηση των τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης σύμφωνα με το βαθμό αλλοίωσης των όψεων του κτιρίου και του βαθμού αναστρεψιμότητας [34].

Τεχνικές Επισκευής και Ενίσχυσης	Αλλοίωση Αρχιτεκτονικών Όψεων			Βαθμός Αναστρεψιμότητας		
	Σημαντικά	Μερικώς (Διακριτές)	Καθόλου	Πλήρως	Μερικώς	Καθόλου
Βαθύ αρμολόγημα		X			X	
Ενέσεις σε ρωγμές			X			X
Συρραφή μεγάλων ρωγμ.		X			X	
Τοπική ανακατασκευή		X			X	
Συρραφή αποκολ. Τοίχων		X			X	
Οπλισμένο επίχρισμα	X				X	
Μανδύες	X					X
Διαζώματα		X			X	
Ομογενοποίηση μάζας			X			X
Ελκυστήρες – Τένοντες		X		X		
Ριζοπλισμοί			X			X
Αβαθής υποθεμελιώσεις			X			X
Βαθείς θεμελιώσεις			X			X
Ενίσχυση εδάφους			X			X

Από τον πιο πάνω πίνακα γίνεται σαφές ότι τα τελικά αποτελέσματα από την εφαρμογή όλων των τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης, πλην της περιπτώσεως των ελκυστήρων, είναι πρακτικά μη αναστρέψιμα. Αν και ορισμένα από αυτά επιδέχονται κάποιου βαθμού αναστροφή, ωστόσο οι εργασίες αυτές είναι ιδιαίτερα δαπανηρές και με κίνδυνο πρόκλησης βλαβών στο κτίριο.

Γι' αυτό, όπως συνήθως συμβαίνει, το τελικό σχήμα επέμβασης αναπόφευκτα προκύπτει μέσα από συμβιβασμούς και ως εκ τούτου η απαίτηση περί αναστρεψιμότητας σε επεμβάσεις επισκευής και ενίσχυσης δεν θα πρέπει να τίθεται με ιδιαίτερη αυστηρότητα. Αντίθετα, ο γράφων έχει την άποψη ότι, οι απαιτήσεις περί συμβατότητας και ανθεκτικότητας σε διάρκεια των υλικών και των τελικών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης, θα πρέπει με την πάροδο του χρόνου να γίνονται πιο αυστηρές, δεδομένης της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας και των τεχνολογιών σ' αυτό τον τομέα. Επιπλέον, θα πρέπει να τονιστεί ότι από την εφαρμογή σχεδόν κάθε τεχνικής επισκευής ή και ενίσχυσης προκύπτουν κάποιες ανεπιθύμητες καταστάσεις στο κτίριο όπως π.χ. συσσώρευση υγρασίας, μερική καταστροφή πρωτοτύπου κ.λ.π. Η λήψη πρόσθετων μέτρων για την αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων, θα πρέπει να αποτελεί επίσης κριτήριο αξιολόγησης για το κατά πόσο το προτεινόμενο σχήμα επισκευής ή ενίσχυσης θα πρέπει τελικώς να γίνει αποδεκτό προς εφαρμογή.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Θ.Π. Τάσιος, "Η μηχανική της τοιχοποιίας - υπό στατικές και σεισμικές φορτίσεις", Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1987.
2. Κ. Στυλιανίδης και Χ. Ιγνατάκης, «Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία», Έκδοση Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 1997
3. Γ.Χ. Μάνος, "Στοιχεία άοπλης και οπλισμένης φέρουσας τοιχοποιίας", Έκδοση Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 1998
4. Ε. Βιντζηλαίου, «Σημειώσεις για το μάθημα Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας (οπλισμένης και άοπλης), Εκδοση ΕΜΠ, Αθήνα 1998
5. Τ. Καραντώνη – Μαραγκού, «Σχεδιασμός και Ανασχεδιασμός Κατασκευών από Φέρουσα Τοιχοποιία», Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 1997.
6. Τόμος Σεμιναρίου με τίτλο: «Διατήρηση - Αποκατάσταση - Αναστηλώση», Διοργανωτής Σύλλογος Αποφοίτων Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1994

7. Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου «Ήπιες Επεμβάσεις και Προστασία Ιστορικών Κατασκευών», Διοργανωτής 4^η Εφορία νεωτέρων Μνημείων και ΤΕΕ - ΤΚΜ, Θεσσαλονίκη, 2000.
8. Υπουργείο Δημ. Έργων, «Επισκευές βλαβών σε κτίρια που έχουν πληγεί από τους σεισμούς», Έκδοση Υ.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, 1978.
9. Υπουργείο Δημ. Έργων, «Κατευθυντήριες προδιαγραφές και οδηγίες για επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό», Έκδοση Υ.Δ.Ε., Θεσσαλονίκη, 1978.
10. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, «Επισκευές – Ενισχύσεις – παραδείγματα διαστασιολογήσεως», Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα 1987.
11. Α.Π.Θ., «Επισκευή ζημιών από σεισμό σε κτίρια – Οδηγίες», Έκδοση Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1978.
12. Ε.Μ.Π., «Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων από σεισμό», Έκδοση Ε.Μ.Π., Αθήνα 1978.
13. UNDP/UNIDO, “Manual for building construction under seismic conditions in the Balkan region: Design and construction of Stone and Brick – Masonry Buildings”, UNDP/UNIDO, Project REP 79/015, Vol. 3, Vienna, 1983
14. UNDP/UNIDO, “Manual for building construction under seismic conditions in the Balkan region: Repair and strengthening for Reinforced Concrete, Stone and Brick Masonry Buildings”, UNDP/UNIDO, Project REP 79/015, Vol. 5, Vienna, 1983.
15. “Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια”, Έκδοση ΟΑΣΠ, Αθήνα, Απρίλιος 2001, (συλλογική εργασία υπό των: Ε. Βιντζηλαίου, Μ. Δημοσθένους, Σ. Δρίτσος, Σ. Θεοδωράκης, Π. Κρεμής, Β. Λεκίδης, Χ. Σπανός, Κ. Στυλιανίδης, Μ. Χρονόπουλος).
16. Eurocode No 6: “Common Unified Rules for Masonry Structures”, Commission of European Communities, - Ελληνική μετάφραση, 1995
17. Θ. Π. Τάσιος και Α. Κάππος «Ο κανονισμός για την μελέτη Επισκευών και Ενισχύσεων», διάλεξη που δόθηκε στα πλαίσια της διημερίδας με τίτλο «Σεισμική διακινδύνευση των κατασκευών», Καβάλα, 2002.
18. Γ. Καραδέδος, «Ανάλυση εννοιών και εξέλιξη θεωρίας συντήρησης μνημείων και συνόλων», Τόμος σεμιναρίου με τίτλο «Σεμιναρίου Διατήρηση - Αποκατάσταση – Αναστήλωση», σελ. 15-47, Διοργανωτής Σύλλογος Αποφοίτων Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1994
19. Σ. Τσότσος, «Ενίσχυση των θεμελιώσεων μνημείων – Κριτήρια, αρχές σχεδιασμού, εφαρμογή και τεχνολογικές εξελίξεις», Τόμος σεμιναρίου με τίτλο «Διατήρηση - Αποκατάσταση – Αναστήλωση», σελ. 271-293, Διοργανωτής Σύλλογος Αποφοίτων Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1994
20. Μ. Δημοσθένους, “Διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφορά εκκλησιών της Κύπρου που εμφάνισαν ζημιές κατά το σεισμό της 9ης Οκτωβρίου 1996”, Πρακτικά 13ου Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, τόμος III, σελ. 44 - 51, Ρέθυμνο, 1999
21. Μ. Δημοσθένους, “Παράγοντες που επηρέασαν τη συμπεριφορά των κτιρίων κατά το σεισμό της Κόνιτσας, 6 Αυγούστου 1996”, Πρακτικά 13ου Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, τόμος III, σελ. 21 - 28, Ρέθυμνο, 1999
22. Χ. Ε. Ιγνατάκης, “Αναλυτική έρευνα της απόκρισης τοιχοποιίας υπό μονότονη επίπεδη καταπόνηση μέχρι αστοχίας”, Διδακτορική διατριβή που κατατέθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1991.
23. Θ.Ν. Σκουλικίδης, “Βλαβερές και αβλαβείς μέθοδοι και υλικά δομικής συντήρησης της επιφάνειας μνημείων και κτιρίων”, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Ήπιες Επεμβάσεις και Προστασία Ιστορικών Κατασκευών, σελ. 29-42, Θεσσαλονίκη, 2000
24. Δ. Αραβατινός, “Η φιλοσοφία των επεμβάσεων για την αντιμετώπιση της υγρασίας σε ιστορικά κτίρια και μνημεία”, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Ήπιες Επεμβάσεις και Προστασία Ιστορικών Κατασκευών, σελ. 117-128, Θεσσαλονίκη, 2000.
25. B. Lubeli, R.P.J. Van Hees and L. Pel, “The role of the pointing mortar in the damage due to salt crystallisation”, Proc. of Conference Structural studies, repairs and maintenance of historical buildings, STREMAH VII, pp 537-547, Bologna, 2001.

26. Γ.Γ. Πενέλης, «Προβλήματα ανάλυσης και διαστασιολόγησης στη δομική αποκατάσταση μνημειακών έργων», Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Ήπιες Επεμβάσεις και Προστασία Ιστορικών Κατασκευών, σελ. 17-28, Θεσσαλονίκη, 2000.
27. Δ. Φούντας και Κ. Στυλιανίδης “Ήπιες και δραστικές τεχνικές επεμβάσεων στους φέροντες οργανισμούς των ιστορικών κτιρίων”, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Ήπιες Επεμβάσεις και Προστασία Ιστορικών Κατασκευών, σελ. 505-516, Θεσσαλονίκη, 2000.
28. Ν. Καρέλα, Σ. Δρίτσος, Π. Μαντζιάρα και Μ. Καμπιτάκη, «Τεχνικές αποκατάστασης κτιρίων στην Πάτρα μετά το σεισμό του 1993», 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, τόμος Β, σελ. 437-444, Θεσσαλονίκη 2001.
29. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος με τίτλο: “Ανάπτυξη και αξιολόγηση μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης υφισταμένων κτιρίων - DEVETCC”, 1998-2000, χρηματοδότηση ΙΠΕ, συντονιστής Μ. Δημοσθένους.
30. DIN 1053 Blatt 1: “Mauerwerk, Berechnung und Ausführung”
31. BSI 1985 BS5628: Code of practice for use of masonry. Part 1: the reinforced and prestressed masonry. Part 3: material and components, design and workmanship.
32. ASTM C270: Specifications of Mortars and Masonry Units
33. Γ. Πενέλης και Α. Κάππος, “Αντισεισμικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα”, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1990.
34. Μ. Δημοσθένους, “Κριτήρια αξιολόγησης ήπιων επισκευών και ενισχύσεων σε παραδοσιακά κτίρια και μνημεία”, Εργαστήριο για Ήπιες Επεμβάσεις και προστασία Ιστορικών Κατασκευών, Διοργάνωση 4η Εφορεία Νεωτέρων Μνημείων, Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2001.