

ΕΝΙΣΧΥΣΗ – ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΡΑΒΔΟΥΣ (ριζοοπλισμοί και crack stitching)

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΛΤΙΔΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σημασία ενίσχυσης και επισκευής στο εσωτερικό του σώματος των φερόντων στοιχείων γίνεται άμεσα αντιληπτή σε μνημειακές κατασκευές ή σε κατασκευές, οι οποίες λόγω της διεθνούς νομοθεσίας [12-21] και διαφόρων κανονισμών, οφείλουν να διατηρήσουν αναλλοίωτη την εξωτερική τους όψη. Τέτοιες μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Η εισαγωγή μεταλλικών στοιχείων (όπως τένοντες, λάμες, ράβδοι, τζινέτια) στο εσωτερικό του σώματος του φέροντα οργανισμού άρχισε να εφαρμόζεται την τελευταία πενηνταετία. Η εργασία αυτή πραγματοποιείται την εισαγωγή χαλύβδινων ράβδων στην φέρουσα τοιχοποιία για ενίσχυση (ριζοοπλισμοί) ή για επισκευή ρωγμών (stitching=ραφή, ράγιμο, ράμμα), μεθόδου, που λαμβάνει ευρείας χρήσης σε Ηνωμένο Βασίλειο, Ολλανδία, Αυστραλία και Η.Π.Α..

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η φέρουσα τοιχοποιία αποτελεί τον κυριότερο τρόπο δόμησης των μνημειακών κατασκευών. Λόγω των περιβαλλοντολογικών παραγόντων και της μεγάλης ηλικίας πολλά από αυτά τα κτίρια χρήζουν ενίσχυσης ή επισκευής με τέτοιον τρόπο ώστε να μην καταστρέφεται ή να μην αλλοιώνεται το μοναδικό της δόμησης τους. Αυτοί οι τρόποι επισκευής ή/ και ενίσχυσης πρέπει να συμμορφώνονται στις απαιτήσεις διατήρησης της αρχικής εικόνας της κατασκευής. Επειδή οι νέες τεχνολογίες αφορούν στην πλειονότητα τους τρόπους επισκευής και ενίσχυσης, που καλύπτουν τα φέροντα στοιχεία της κατασκευής, γίνεται άμεσα αντιληπτή η ανάγκη γνώσης άλλων τρόπων επισκευής και ενίσχυσης, οι οποίοι μπορεί να μην χαιρούν μεγάλης χρήσης και επιστημονικής μελέτης.

Α) ΡΙΖΟΟΠΛΙΣΜΟΙ

Η αρχή της χρήσης μεταλλικών στοιχείων σε κατασκευές από φέροντα οργανισμό από φυσικά λιθοσώματα έγινε από τους αρχαίους Έλληνες, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν μεταλλικούς συνδέσμους για να ενώσουν τα λιθοσώματα μεταξύ τους τόσο σε οριζόντια όσο και κατακόρυφη διεύθυνση. Όμως αυτή η τεχνική αφορούσε την φάση της κατασκευής του κτίσματος.

Επινοητής της μεθόδου εισαγωγής κοντών χαλύβδινων ράβδου με σκοπό την ενίσχυση και επισκευή υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία υπήρξε ο Ιταλός F.Lizzi περί το 1950 [9]. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε για να «δέσει» δυνατά με αδύναμα σημεία της τοιχοποιίας και να αυξήσει την θλιπτική, εφελκυστική και διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας. Εν ολίγοις, τοποθετώντας χαλύβδινες ράβδους στο εσωτερικό της τοιχοποιίας της προσδίδουμε καλύτερες ιδιότητες με τα οφέλη που συνοδεύουν τον χάλυβα.

ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η μέθοδος της ενίσχυσης με ριζοοπλισμούς βρίσκει εφαρμογή σε πληθώρα κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία. Οι συχνότερες περιπτώσεις είναι οι εξής:

- ενίσχυση πεσσών σε γέφυρες που έχουν ρηγματωθεί λόγω διαφορικών καθιζήσεων [1,3,8,23],

- ενίσχυση πεσσών σε παλαιές γέφυρες επειδή έχουν αυξηθεί τα κινητά φορτία για τα οποία έχουν μελετηθεί και κατασκευασθεί [1,3,8,23],
- σταθεροποίηση αψίδων, που έχουν υποστεί παραμορφώσεις [1,3,8,23],
- ενίσχυση υπογείων στοών, όπου το έδαφος έχει υποστεί καθίζηση ή μετακίνηση [1],
- ενίσχυση ασθενούς τοιχοποιίας σε περιοχές που εφαρμόζονται πλάκες αγκύρωσης τενόντων (προεντεταμένη τοιχοποιία ή ενίσχυση με ελκυστήρες) [1]
- σύνδεση τμημάτων κατασκευών όπως αψίδες με τα ανώτερα τμήματα του τοίχου, εν είδει τζινετιών και λαμών για σύνδεση εγκαρσίων τοίχων [1,6]
- ενδυνάμωση του σώματος του φέροντα οργανισμού και σύνδεση των σαθρών με τα δυνατά τμήματα της τοιχοποιίας [1,6]
- δημιουργία υψίκορμων δοκών [2,6]

ΑΙΤΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ / ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Κατωτέρω αναφέρονται τα συνήθη αίτια ζημιών που επισκευάζονται με ριζοοπισμούς και περιπτώσεις εκ των προτέρων ενίσχυσης της τοιχοποιίας [1,23]:

- καθιζήσεις εδάφους (κυρίως σε υπόγειες κατασκευές, όπως στοές)
- διαφορικές καθιζήσεις (σε αψίδες)
- μετακίνηση εδάφους (σε τοίχους, πεσσούς, αψίδες)
- αύξηση μόνιμων ή/ και κινητών φορτίων (σε γέφυρες)
- εφαρμογή μελλοντικής προέντασης στην τοιχοποιία
- παγετό (αποκόλληση στρώματος της τοιχοποιίας)
- κακή σύνδεση λιθοσωμάτων και αδύναμη ένωση στρώσεων

Τα σημεία ενίσχυσης, όταν δεν εφαρμόζεται καθολική ενίσχυση, μπορούν να προσδιοριστούν, αφού είναι γνωστά τα αίτια ενδεχομένης ρηγμάτωσης στην κατασκευή, με χρήση ενός προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων, από το οποίο θα φανούν οι περιοχές με τις μεγαλύτερες τάσεις [5].

ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Ο μηχανικός πρέπει να γνωρίζει τα υπάρχοντα ή πιθανά αίτια καταστροφής. Επίσης η απουσία κανονισμών και εξειδικευμένου προσωπικού καθιστά αναγκαία την συνεχή επίβλεψη του κατά τη διάρκεια εφαρμογής.

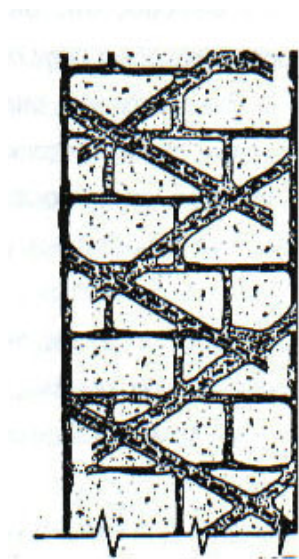
Λόγω απουσίας κανονισμών, αναφέρονται βάσει εμπειρίας και συνιστώνται τα εξής:
α) Οπές: Η διάμετρος των οπών, που διανοίγονται για την τοποθέτηση των ράβδων είναι της τάξης των 20-40mm, το δε μήκος ποικίλει ανάλογα το πάχος της τοιχοποιίας και τη φύση των προβλημάτων της κατασκευής, πρέπει όμως να είναι αρκετό ώστε να αλληλοκαλύπτονται οι οπλισμοί. Σε μικρές ευπαθείς κατασκευές, ειδικότερα σε αυτές από λιθοδομή από μαλακό πέτρωμα ή από οπτοπλινθοδομή, οι οπές ανοίγονται με τη χρήση ηλεκτρικών περιστροφικών τρυπανιών με διαμαντοκεφαλή και είσοδο ύδατος για την ψύξη της κεφαλής και την απομάκρυνση των υλικών διάτρησης. Η χρήση των τρυπανιών αυτού του τύπου δεν προκαλεί μεγάλες καταστροφές αλλά παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι η πρόοδος της εργασίας είναι αργή. Μεσαίου μεγέθους κατασκευές μπορούν να διατηρηθούν με τη χρήση ηλεκτρονικών περιστροφικών – κρουστικών τρυπανιών αλλά σε περιπτώσεις διάνοιξης επιμηκών οπών με φορά εκ των άνω προς τα κάτω καταστρέφεται εύκολα η

κεφαλή λόγω της δυσκολίας μετακίνησης των υλικών της διάνοιξης. Η χρήση των τρυπανιών πεπιεσμένου αέρα επιτρέπεται μόνο σε συμπαγείς κατασκευές, ειδικότερα να είναι κατασκευασμένες από λιθοσώματα από πολύ σκληρή πέτρα και πρέπει να διανοιχθούν οπές μεγάλου μήκους.[1,2,4]

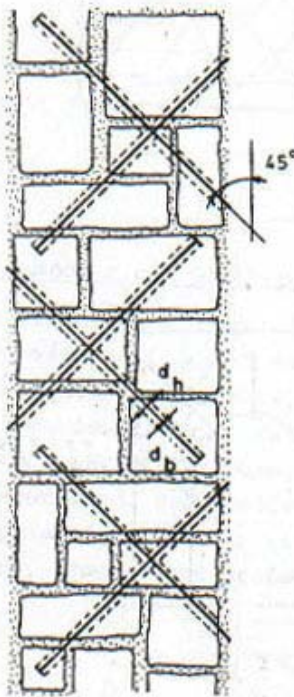
β) Οπλισμοί: Η διάμετρος των οπλισμών κυμαίνεται μεταξύ 8-20mm. Ο αριθμός των ράβδων δε δύναται να προσδιοριστεί βάσει κάποιου τύπου. Εξαρτάται από την κατάσταση της κατασκευής και το λόγο για τον οποίον γίνεται η ενίσχυση. Συνιστάται να τοποθετούνται 3 με 4 ράβδοι ανά τετραγωνικό μέτρο μήκους περίπου φορές το πάχος της τοιχοποιίας. Μεγαλύτερο μήκος των ράβδων δεν εξασφαλίζει κατ'ανάγκη καλύτερα αποτελέσματα ενώ αυξάνει δυσανάλογα το κόστος διάνοιξης των οπών. Ο οπλισμός με ραβδόμορφο χάλυβα εξασφαλίζει καλύτερη συνοχή και αγκύρωση αλλά σε μνημεία και σε κατασκευές σε υγρό περιβάλλον συνιστάται η χρήση ανοξειδωτού χάλυβα.[1,2,4]

Γ) Ενέματα: Η πάκτωση του οπλισμού επιτυγχάνεται με ειδικές τσιμεντοκονίες (π.χ. μη συστελλόμενες) ή με ειδικά κονιάματα (π.χ. κονιάματα τσιμέντου – πλαστικών υλών/ τροποποιημένα ή ρητινικά κονιάματα) που έχουν ως αδρανές ψιλή χαλαζιακή άμμο. Όταν το κονίαμα είναι τσιμεντένεμα ο λόγος νερού – τσιμέντου είναι συνήθως 1,0:1,5. Η πρόσμιξη με άμμο επιτρέπεται μόνο αν υπάρχουν μεγάλα κενά στο εσωτερικό της τοιχοποιίας. Η χρήση εποξικών ή πολυμερικών ρητινών πρέπει να γίνεται μόνο όταν κρίνεται επιβεβλημένη λόγω του μεγάλου κόστους των ρητινών αυτών. Δεν συνιστάται η χρήση τους όταν το ποσοστό κενών της τοιχοποιίας υπερβαίνει το 3-5% του όγκου της. Σε περιπτώσεις λεπτών ενεμάτων είναι καλύτερη η χρήση αντλίας χειρός που επιτρέπει καλύτερο έλεγχο της διαδικασίας της ένεσης. Το γέμισμα των οπών με ένεμα γίνεται υπό χαμηλή πίεση, συνήθως 1-2 atm.

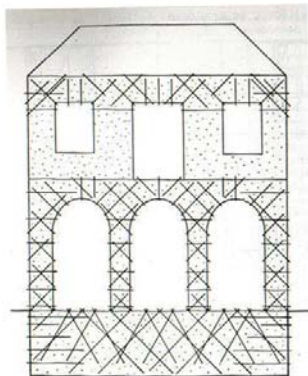
Η μέθοδος εφαρμόζεται με επιτυχία σε τοιχοποιίες πάχους 0,5-2,0 m. Σε περίπτωση τοιχοποιίας πάχους μικρότερου από 0,5m που αποτελείται από αργολιθοδομή από σκληρό πέτρωμα υπάρχει δυσκολία στην διάνοιξη των οπών. Σε οπτοπλινθοδομές, όμως, πάχους 0,35 m η μέθοδος μπορεί εύκολα να εφαρμοσθεί. Η επιλογή του ενέματος και η σωστή και προσεχτική έγχυσή του είναι καθοριστικής σημασίας, αφού αυτό πακτώνει τον οπλισμό και τον προφυλάσσει από διάβρωση.[1,2,4]



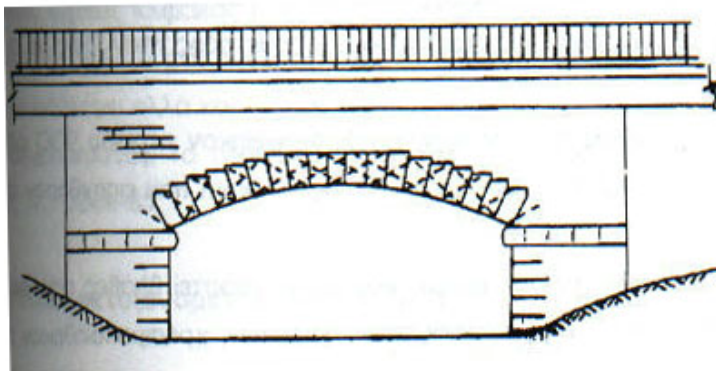
Εικόνα 1. Ριζοοπλισμένη τοιχοποιία [1]



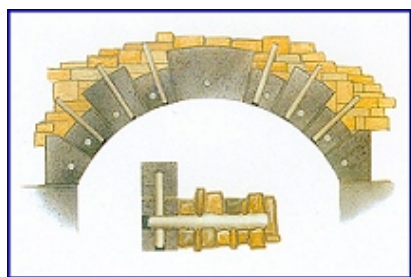
Εικόνα 2. Οριζόντια ή κατακόρυφη τομή [2]



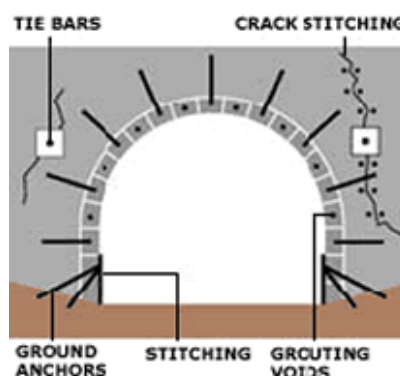
Εικόνα 3. Γενική ενίσχυση [1]



Εικόνα 4. Ενίσχυση γέφυρας [1]



Εικόνα 5. Ενίσχυση γέφυρας [24]



Εικόνα 6. Ενίσχυση αψίδας [25]

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Οι μαθηματικές εκφράσεις, που διέπουν την μηχανική της τοιχοποιίας εκφράζουν με κάποια αβεβαιότητα της ιδιότητες της τοιχοποιίας και αυτό λόγω του ιδιαίτερου αυτού του τρόπου δόμησης. Επειδή η σχετική γνώση είναι μικρή δεν υπάρχουν πολλές ή ακριβείς εκφράσεις εκτίμησης της βελτίωσης της τοιχοποιίας με ριζοοπλισμούς. Ο Τάσιος δίνει τους εξής τύπους για την εκτίμηση της βελτίωσης της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας, όταν είναι ομοιόμορφη η διανομή των πακτωμένων κοντών ράβδων οπλισμού σε όλη την μάζα της τοιχοποιίας [2]:

- ❖ έναντι θλίψεως

$$\Delta\sigma_u \approx (A_m / A_w) * (1 + 10 * \rho_o) * f_{mt} / \gamma_m$$
- ❖ έναντι τέμνουσας

$$\Delta\tau_u \approx (A_m / A_w) * (1 + 10 * \rho_o) * f_{sy} / \gamma_s$$

όπου f_{mt} = εφελκυστική αντοχή ειδικού κονιάματος ($\gamma_m = 1,50$)

f_{sy} = εφελκυστική αντοχή χάλυβα ράβδων ($\gamma_s = 1,15$)

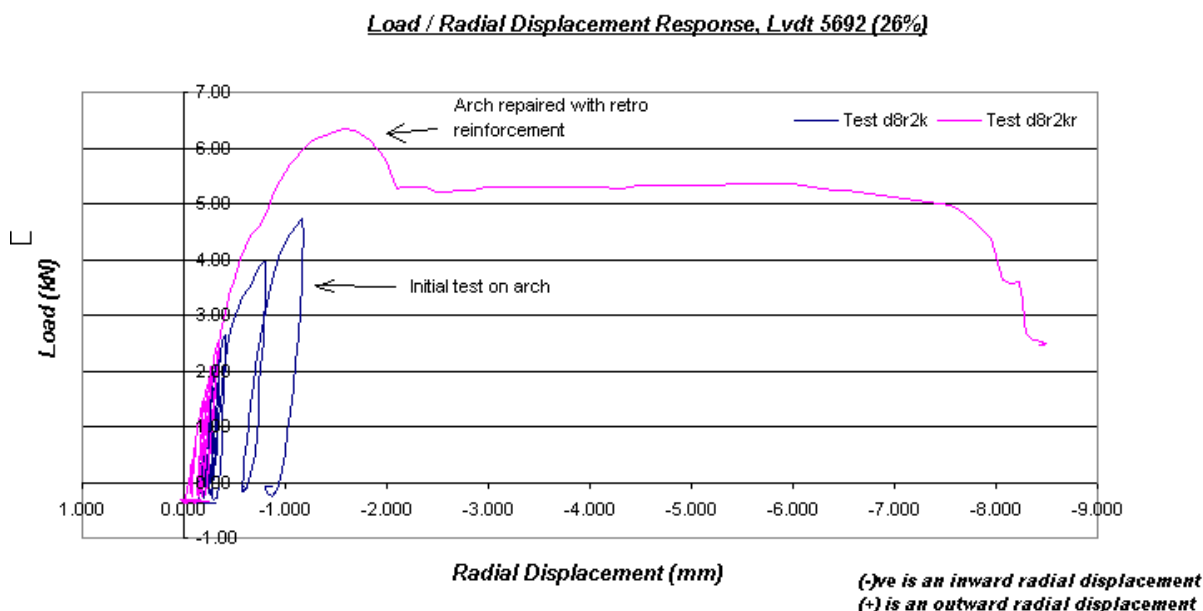
A_m = διατομή τρύπας

A_w = διατομή τοίχου αντιστοιχούσα σε κάθε τρύπα

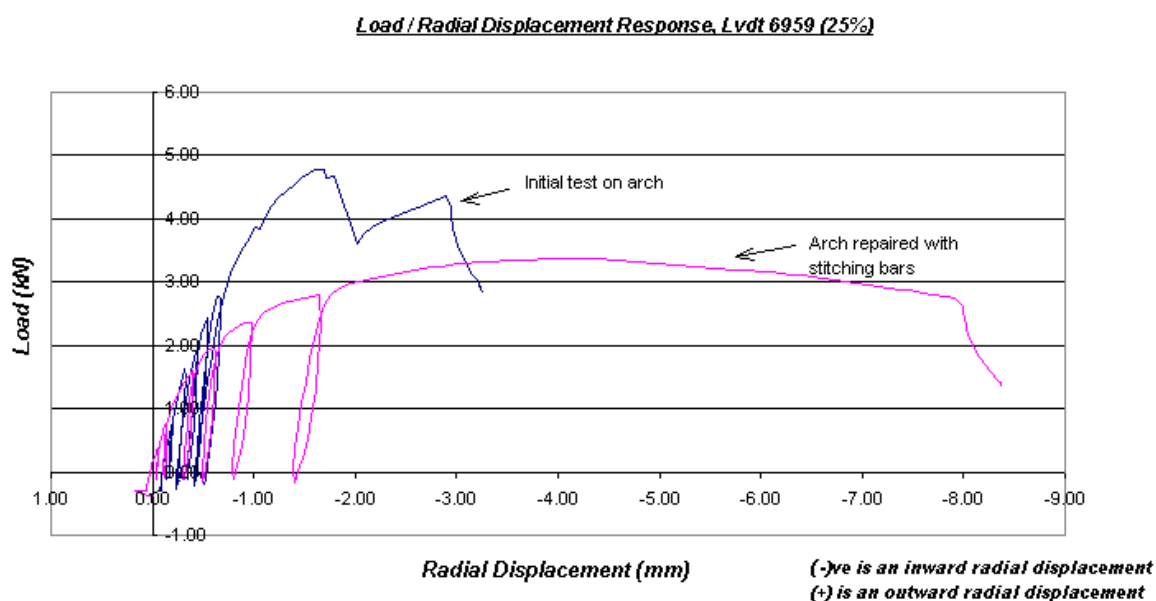
ρ_o = ποσοστό οπλισμού μέσα σε κάθε τρύπα

Π.χ. για $A_m = 3\text{cm}^2$, $A_w = 900\text{cm}^2$, $\rho_o = 0,5$, $f_{mt} = 10\text{MPa}$, $f_{sy} = 400\text{MPa}$ προκύπτει ότι
 $\Delta\sigma_u = 0,15\text{MPa}$ και $\Delta\tau_u = 1,75\text{MPa}$

Από το Πανεπιστήμιο του Cardiff έπειτα από εργαστηριακή έρευνα σε επίπεδο διδακτορικού εξήχθησαν τα εξής γραφήματα, που αφορούν επισκευή αψίδας γέφυρας α) με ριζοοπλισμό στο εσωτερικό της αψίδας και β) με ελικοειδείς ράβδους στο δαχτυλίδι της αψίδας [3]



Διάγραμμα 1. Αψίδα επισκευασμένη με ριζοοπλισμό [3]



Διάγραμμα 2. Αψίδα επισκευασμένη με ράβδους, που ράβουν τις ρωγμές (stitching) [3]

Η χρήση ράβδων FRP αντί για χαλύβδινες ράβδους (λόγω της αντίστασης τους κατά της διάβρωσης και της πολύ μεγάλης εφελκυστικής αντοχής τους) έχει τα εξής μειονεκτήματα:

- έχουν πολύ μικρή διατμητική αντοχή, άρα υπολείπονται του χάλυβα σε αντίσταση στη δράση βλήτρου (αφού τοποθετούνται υπό γωνία 45 μοιρών ή γενικά ακανόνιστα μέσα στην τοιχοποιία φορτίζονται και στις δύο διευθύνσεις: Στην παράλληλη προς τον άξονά τους και εγκάρσια στον άξονά τους)

- έχουν μέχρι στιγμής πολύ υψηλότερη τιμή από τον ανοξεϊδωτο χάλυβα, άρα ο χάλυβας υπερτερεί και στην χρήση σε διαβρωτικά περιβάλλοντα
- έχουν ψαθυρή αστοχία, ενώ ο χάλυβας ως πιο όλκιμος προσφέρει στην ήδη ψαθυρή τοιχοποιία κάποια πλαστιμότητα. [26]

B) ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΧΑΛΥΒΑΙΝΕΣ ΡΑΒΔΟΥΣ – ΡΑΦΗ ΡΩΓΜΩΝ

Η μέθοδος των ριζοοπλισμών εφαρμόζεται ως μέθοδος επισκευής σε μία εναλλακτική μορφή της, όταν θέλουμε απλά να κλείσουμε ρωγμές (stitching= ραφή) ή να μειώσουμε τον κίνδυνο εμφάνισης αυτών. Οι ράβδοι οπλισμού εισέρχονται τώρα στην τοιχοποιία όχι τρυπώντας το σώμα της τοιχοποιίας ως σύνολο (λιθосώματα και κονίαμα) αλλά μέσα στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κατά κόρον στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Αυστραλία και τις Η.Π.Α., όπου χρησιμοποιούνται (πέρα από τις κλασικές ράβδους) και ειδικές ελικοειδείς ράβδοι γι' αυτόν τον σκοπό. Οι ράβδοι για αυτόν τον σκοπό έχουν διαμέτρους που κυμαίνονται από 6mm ως 10mm και μήκη που ξεκινούν από 1m. [6,7,10,11]

ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Οι υποδείξεις, που ακολουθούν έχουν παρθεί από τεχνικά φυλλάδια εταιριών, που επιχειρούν την συγκεκριμένη μέθοδο [6,7,10,11]. Επιστημονικές αποδείξεις αφορούν μόνο τη σωστή επιλογή ενέματος και σωστή τοποθέτηση του, ώστε να πακτώνονται καλά οι ράβδοι και να διαφυλάσσονται από διάβρωση.

- Με χρήση τρυπανιού με διαμαντοκεφαλή ή με χρήση τροχού «σκάβεται» το κονίαμα στην θέση του οριζόντιου αρμού σε πλάτος περίπου 8 mm, βάθος περίπου 25-35 mm και σε μήκος περίπου 0,50 m εκατέρωθεν της ρωγμής. Αν η ρωγμή βρίσκεται κοντά σε γωνία (σε απόσταση μικρότερη των 500mm) ή κοντά σε άνοιγμα (σε απόσταση μικρότερη από 100mm) τότε η ράβδος πρέπει να καμφθεί στην γωνία και να αγκυρωθεί εκεί.[6]
- Απομάκρυνση των υλικών διάνοιξης με χρήση πεπιεσμένου αέρα ή νερού (κατά την διάνοιξη του αρμού με τρυπάνι με διαμαντοκεφαλή πρέπει να απομακρύνονται τα υλικά αυτά κατά την διεργασία ώστε να μην καταστραφεί η κεφαλή του τρυπανιού).[6]
- Απομάκρυνση των ρηγματωμένων τούβλων (το βήμα αυτό μπορεί να παραλείπεται)
- Έγχυση του κονιάματος στο βάθος της διάνοιξης [6]
- Προσεχτική τοποθέτηση της ράβδου ή των ράβδων οπλισμού στη σχισμή με σταδιακή εισχώρηση της ράβδου από το ένα άκρο της σχισμής (μπορεί να τοποθετηθεί εφόσον κριθεί απαραίτητο και δεύτερη ράβδος, αφού προηγηθεί έγχυση κονιάματος) [6]
- Έγχυση του κονιάματος ώστε να καλυφθεί όσο γίνεται περιμετρικά η ράβδος και μέχρι λίγο πριν την εξωτερική επιφάνεια [6]
- Διάστρωση του κονιάματος και απομάκρυνση της περίσσειας αυτού
- Οι ράβδοι τοποθετούνται σε κατακόρυφες αποστάσεις περίπου 34-42cm, (δηλαδή απόσταση 4-5 τούβλων) [6]

Θα μπορούσαμε να μιλήσουμε για μετατροπή της άοπλης τοιχοποιίας σε οπλισμένη. Η χρήση ράβδων FRP πέρα από τα προβλήματα που αναφέρθηκαν στη μέθοδο των ριζοοπλισμών, αντιμετωπίζει και αυτό της μη δυνατότητας κάμψης αυτών σε γωνίες.

Η τεχνική έχει πολλές παραλλαγές ανάλογα το σημείο εμφάνισης ρωγμής (κοντά σε γωνία – αποκόλληση τοίχων , κοντά σε άνοιγμα , σύνδεση εγκάρσιων τοίχων , σύνδεση εξωτερικής στρώσης τοίχου με την εσωτερική κ.α.). Εφαρμόζεται τόσο σε τοίχους από οπτοπλιθοδομή όσο και σε τοίχους από λιθοδομή , τόσο σε οριζόντια διεύθυνση όσο και σε κατακόρυφη , σε επίπεδους τοίχους όσο και κοίλους [6]. Η μέθοδος αυτή μοιάζει με την επισκευή ρηγματωμένων τοιχοποιιών με χρήση προεντεταμένων τενόντων, μόνο που οι ράβδοι δεν προεντείνονται και αγκυρώνονται στο εσωτερικό της τοιχοποιίας με κατάλληλο μήκος αγκύρωσης και χρήση κονιάματος.

Μία άλλη παραλλαγή της μεθόδου είναι αντί για το κονίαμα να ανοίγονται τρύπες στα τούβλα ή αυτά να σκάβονται σε ορισμένο βάθος και η ράβδος οπλισμού να εφαρμόζει στο εσωτερικό των τούβλων και όχι μεταξύ των τούβλων, στον αρμό, μοιάζοντας πολύ στην μέθοδο των ριζοοπλισμών. Αυτή η παραλλαγή προσφέρεται ιδιαίτερα, όταν η ρωγμή έχει δημιουργηθεί κοντά σε γωνία του τοίχου, οπότε τα τούβλα μπορούν να διατρυπούν από την εγκάρσια πλευρά. Σε αυτήν την περίπτωση οι ράβδοι τοποθετούνται σε κατακόρυφη απόσταση 17 cm και πρέπει να εισχωρούν σε βάθος 70 mm πέρα από την ρωγμή [6].

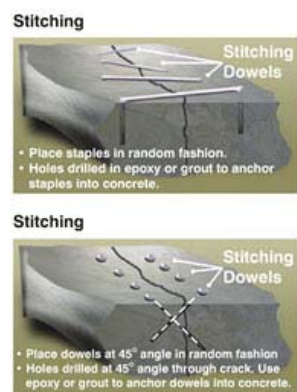
Επίσης, η τοποθέτηση των ράβδων μπορεί να γίνει εισχωρώντας αυτές από την παράλληλη πλευρά του τοίχου μέσα στα τούβλα αφού αυτά έχουν σπαστεί κατάλληλα μέχρι βάθους 35mm ώστε να μην σχηματίζεται μεγάλη αδύναμη περιοχή. [6]

Ακόμη συνίσταται η εκσκαφή του κονιάματος στον αρμό, επειδή έτσι δεν δημιουργείται αδύναμη περιοχή στην τοιχοποιία, ακολουθεί η διάτρηση των τούβλων και τελευταίο έρχεται το σπάσιμο των τούβλων, γιατί έτσι δημιουργείται, αν και μικρή, αδύναμη περιοχή στην τοιχοποιία.

Επίσης, πέρα από την διάνοιξη των διόδων και τοποθέτηση του οπλισμού σε επίπεδο παράλληλο με την τοιχοποιία, μπορεί η ραφή της ρωγμής να γίνει και με τοποθέτηση των ράβδων υπό γωνία τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο του τοίχου, ξεκινώντας από την εσωτερική πλευρά του τοίχου και εγγίζοντας την εξωτερική του επιφάνεια και αντιστρόφως. [6]

Αφού γίνει η ραφή της ρωγμής με οπλισμό, αν δεν αντικατασταθούν τα ρηγματωμένα τούβλα, η ρωγμή καλύπτεται με ειδικό κονίαμα ή εποξική / πολυμερική ρητίνη. [6,7,10,11] Ακολουθούν φωτογραφίες για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου και για την παρουσίαση διαφόρων παραλλαγών αυτής.

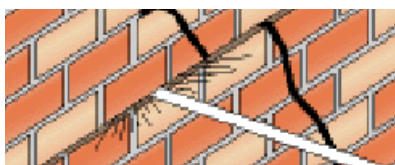
Figure 3: Stitching & Doweling



Εικ.7 Η λογική της ραφής ρωγμής



Εικ.8 - 9 Απομάκρυνση κονιάματος εκατέρωθεν της ρωγμής με τροχό [7,11]



Εικ.102 Καθάρισμα του αρμού με πεπιεσμένο αέρα ή νερό [7]



Εικ.11 Έγχυση πρώτης στρώσης κονιάματος [7]



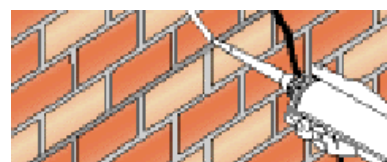
Εικ.12. Εισαγωγή ράβδου με βοήθεια καλεμιού [7]



Εικ.13 Έγχυση παχύτερης στρώσης κονιάματος [7]



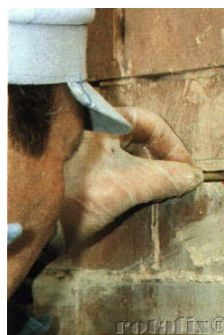
Εικ.14 «Στρώσιμο» του κονιάματος [7]



Εικ.15 Κλείσιμο ρωγμής με χρήση στεγανοποιητικού [7]



Εικ. 16. Εισαγωγή ράβδου σε γωνία τοίχου [7]



Εικ.17 Εισαγωγή ράβδου σε οπτοπλινθοδομή [10]

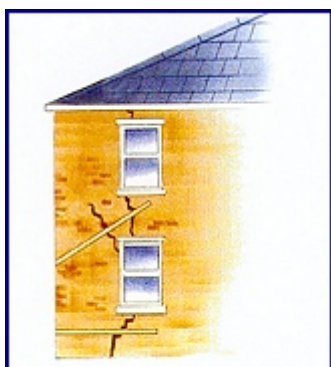


Εικ.18 Εισαγωγή ενέματος [10]



Εικ.19 Εισαγωγή ράβδου σε λιθοδομή [7]

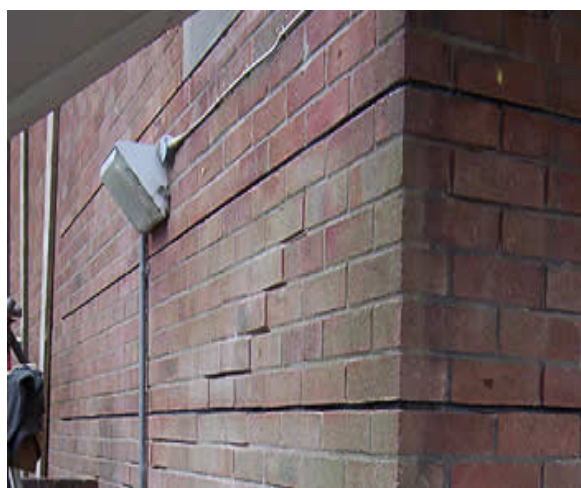
Εφαρμογή σε σπίτια



Εικ.20 Ραφή ρωγμών [24]



Εικ.21. Στροφή ράβδων σε γωνία [7]



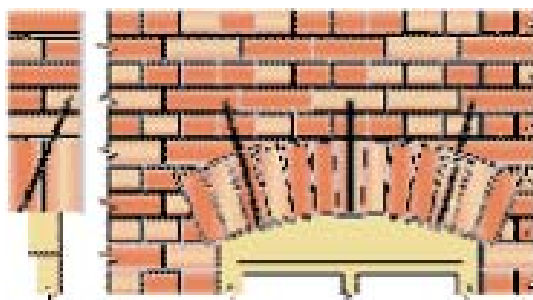
Εικ.22 Εφαρμογή της μεθόδου σε γωνία τοίχου [7]



Εικ.23 Εφαρμογή της μεθόδου [7]

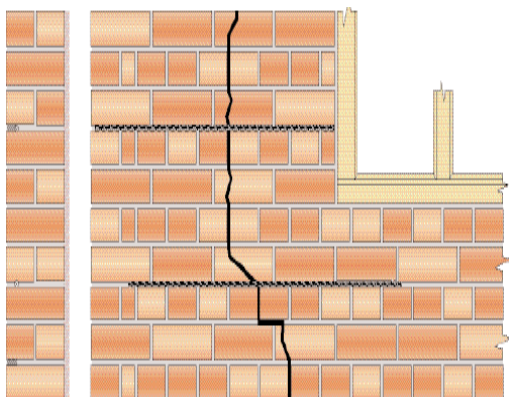


Εικ.24 Εφαρμογή της μεθόδου [7]

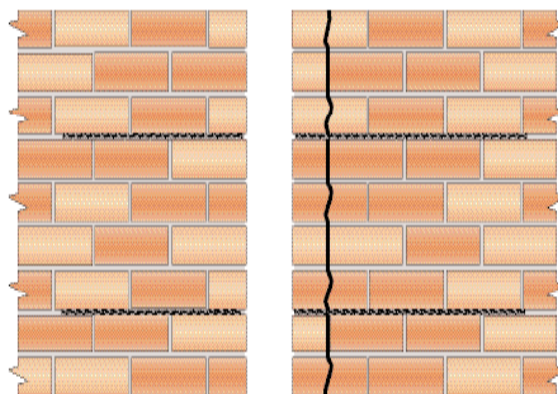


Εικ.25 Στερέωση αψιδωτού ανωφλιού [7]

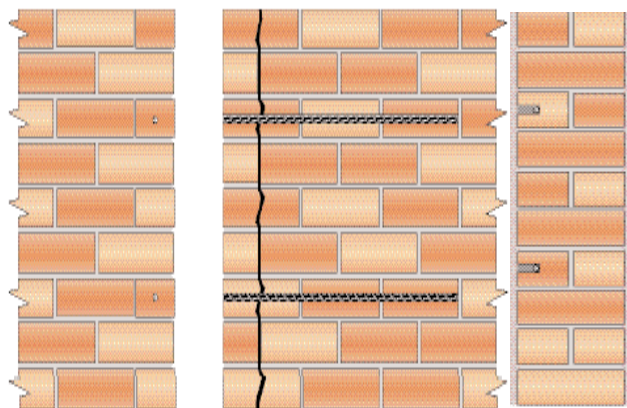
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



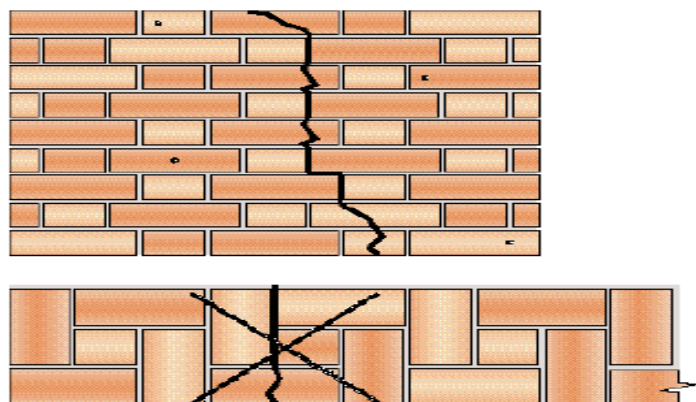
Εικ.26 Εφαρμογή στη θέση του αρμού με ρωγμή στο κέντρο του πεσσού [7]



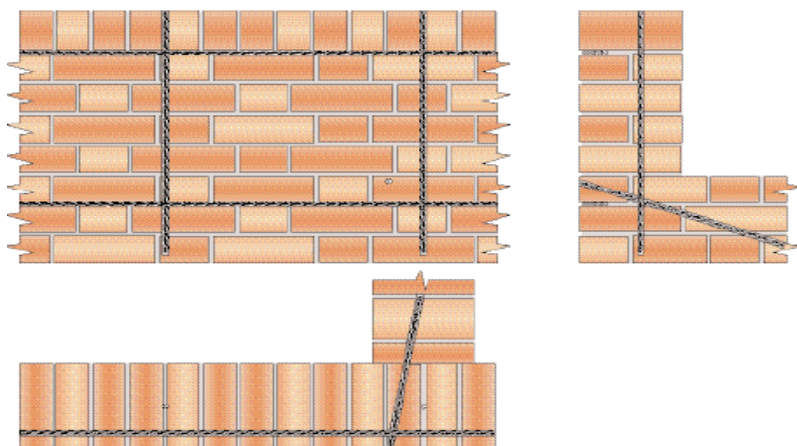
Εικ.27 Εφαρμογή στη θέση του αρμού με ρωγμή κοντά στην γωνία του τοίχου [7]



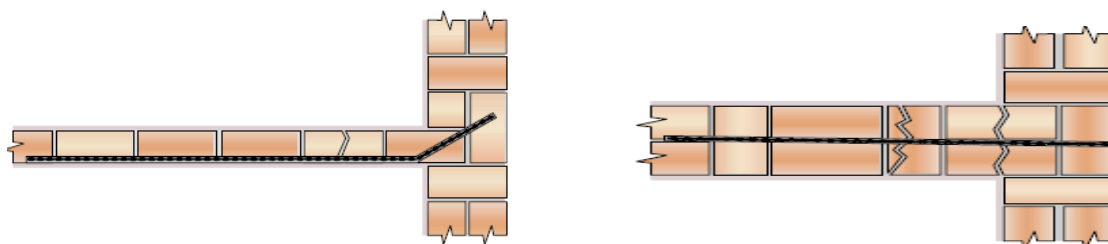
Εικ.28 Ρωγμή στην άκρη του τοίχου και εισαγωγή ράβδου είτε τρυπώντας τον εγκάρσιο τοίχο είτε με χρήση τροχού κάνοντας αυλάκωση στα τούβλα [7]



Εικ.29 Ραφή ρωγμής με χιαστή εισαγωγή ράβδων [7]



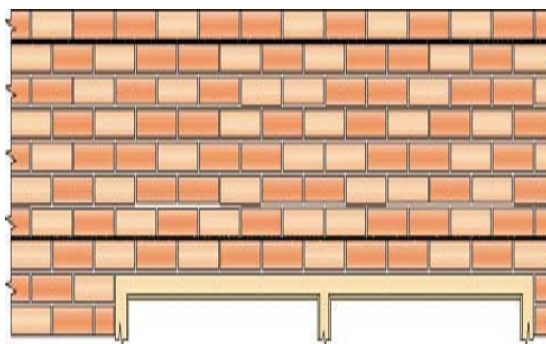
Εικ.30 Τοποθέτηση ράβδων κατακόρυφα και «δέσιμο» εγκάρσιων τοίχων [7]



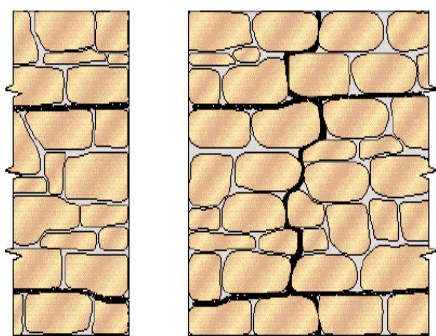
Εικ.30-31 Σύνδεση εγκάρσιων τοίχων και ραφή ρωγμής [7]



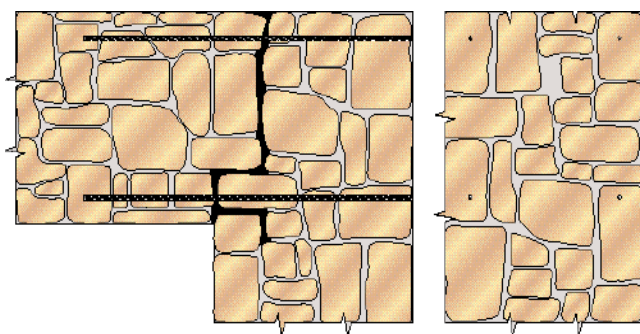
Εικ.32 Ενίσχυση και «δέσιμο» κοίλου τοίχου [7]



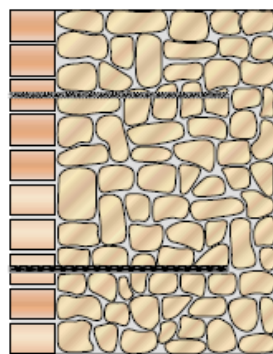
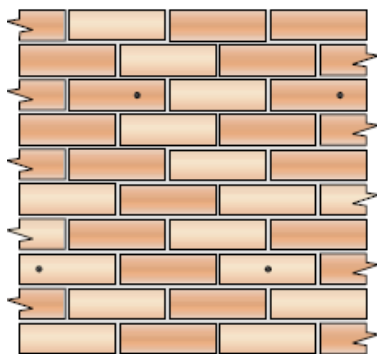
Εικ.33 Ενίσχυση υψίκορμού δοκού πάνω από μεγάλο άνοιγμα [7]



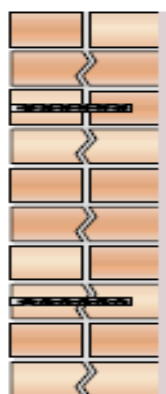
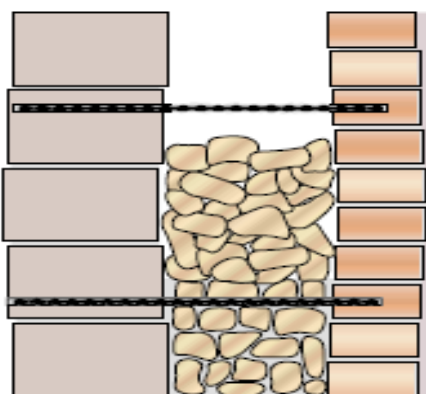
Εικ.34 Εφαρμογή σε αργολιθοδομή [7]



Εικ.35 Ραφή ρωγμής σε αργολιθοδομή κοντά στην γωνία [7]



Εικ.36 Σύνδεση στρώσης επικάλυψης με φέρουσα τοιχοποιία [7]



Εικ.37 Σύνδεση στρώσεων σε χυτή τοιχοποιία και σύνδεση ρηγματωμένου παράλληλα στο επίπεδο του μπατικού τοίχου [7]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τρ.Καραντώνη,2004,**Σχεδιασμός και ανασχεδιασμός κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία** , σελ.127-132 Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών , Πάτρα 2004
2. Θ.Π.Τάσιος, 1992,**Η μηχανική της τοιχοποιίας** (υπό στατικές και σεισμικές συνθήκες) , Σημειώσεις από το προαιρετικό μάθημα του Καθηγητή Θ.Π.Τάσιου , σελ.159-161,171, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992
3. Paul Baralos, **Masonry Research**, (2nd year PhD student of Cardiff University) www.cf.ac.uk/engin/research/concmas/pb2_1.html
4. Fritz Wenzel & Helmut Maus ,**Repair of Masonry Structures** , Karlsruhe University, <http://www.springerlink.com/content/?k=repair+of+masonry+structures>
5. D.F.D. Ayala, Computer Methods in structural masonry , **Numerical Modelling of Masonry Structures Reinforced or Repaired** , <http://people.bath.ac.uk/absdfda/Arstruw2.PDF>
6. <http://www.helifix.com.au/reference.html>
7. [http://www.helifix.co.uk/mainpages/helibeam system.htm](http://www.helifix.co.uk/mainpages/helibeam%20system.htm)
8. <http://www.asrs.co.uk/index.asp>
9. Mason J.A. , Bruce D.A, **Lizzi’s structural system retrofit with reticulated internal reinforcement method** , p107-114 , <http://pubsindex.trb.org/document/view/default.asp?lbid=715883>
10. <http://www.rotafix.co.uk/stitching.htm>
11. <http://www.thorhelical.com/whatdowemake/crackstitchingti.html>
12. **European Cultural Convention , Paris 19 December 1954** , <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/018.htm>
13. **European Convention of the protection of the archaeological heritage ,London 6 May 1969** , <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/143.htm>
14. **Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage, Paris 16 November 1972** , <http://whc.unesco.org/en/conventiontext/>
15. **Αποτελέσματα της Διεθνούς Σύσκεψης της UNESCO στο Νέο Δελχί (1955)** , unesdoc.unesco.org/images/0011/001137/113797E.pdf
16. **Διακήρυξη του Άμστερνταμ (1975)** , www.international.icomos.org/publications/93towns7m.pdf
17. **Χάρτης της Βενετίας (1964)**, http://www.icomos.org/venice_charter.html
18. **Χάρτης Burra (1979)**, <http://www.nsw.nationaltrust.org.au/burracharter.html>
19. **Σύμβαση της Γρανάδας (1985)**, <http://conventions.coe.int/treaty/en/Treaties/Html/121.htm>
20. **Χάρτης για την Προστασία και τη Διαχείριση της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς του ICAHM του 1990**, <http://www.icomos.org/ica hm/charter.html>
21. **Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (1992)** , conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/143.htm
22. <http://www.springerlink.com/content/u7225422g01g25x7/fulltext.pdf>
23. David B. Woodham, P.E , **Strengthening a stone arch-bridge**, <http://www.cintec.com/en/applications/Archtec/documents/newcomer1.htm>
24. www.udpg.co.uk/wallstabilisation.htm
25. www.wtgroup.co.uk
26. Balendran R.V., Rana T.M., Maqsood T., Tang W.C., **Application of FRP bars as reinforcement in civil engineering structures**, Volume 20, Number 2, 2002, pp. 62-72(11) , Emerald Group Publishing Limited