



27^ο ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ 2024

Πρακτικά και Θεωρητικά Ζητήματα Κατάλληλων Επεμβάσεων σε Κατασκευές από Τοιχοποιία της Αρχιτεκτονικής μας Κληρονομιάς

Ανδρονίκη Μιλτιάδου- Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός,
τ. Αναπληρώτρια Καθηγήτρια,
Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, ΕΜΠ

Πάτρα 22 Φεβρουαρίου 2024

Για τη στερέωση & αποκατάσταση των κατασκευών από λιθοδομή

Εφαρμόσθηκαν κατά τον 20^ο αιώνα διάφορες επεμβάσεις για τη επισκευή και ενίσχυση των κτηρίων από τοιχοποιία.

Οι οποίες **στηρίζονταν** κατά κύριο λόγο **στις γνώσεις για την συμπεριφορά των κατασκευών από Ω. Σ. και χάλυβα**, δεδομένου ότι, **μετά από το 2^ο παγκόσμιο πόλεμο**, η έρευνα είχε επικεντρωθεί κατά κύριο λόγο σε αυτά τα υλικά.

Η τοιχοποιία και το ξύλο είχαν περάσει σε δεύτερη μοίρα.

Σημείωση: οι Πολιτικοί Μηχανικοί μέχρι σήμερα δεν διδάσκονται πως συμπεριφέρεται η τοιχοποιία και το ξύλο!!

Μαθήματα επιλογής σε ορισμένες Σχολές !!



ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΤΗΣ ΔΕΚΑΕΤΙΑΣ 1980:

- Αντικατάσταση με πλάκες από Ω. Σ. των ξύλινων πατωμάτων και στεγών
- Χρήση διαζωμάτων από Ω.Σ. στην εσωτερική παρεϊά των πλευρά τοιχοποιιών,
- Κατασκευή μανδυών από Ω.Σ.,
- Τσιμεντέσεις (τσιμέντο και άμμος), χωρίς ελεγχο ενεσιμότητας στις λεπτές ρωγμές της τοιχοποιίας
- Τσιμεντοκονιάματα στα αρμολογήματα

Χρησιμοποιήθηκαν σε πολλές χώρες για την επισκευή και ενίσχυση των κτηρίων μετά από σεισμούς π.χ. σεισμός στο Friuli 1976 και στην Irpinia 1980 στην Ιταλία σεισμός Θεσσαλονίκης 1978 και Αλκυονίδων 1981 στην Ελλάδα.

Επιπλέον, σε κάποιες χώρες, όπως π.χ. στην Ιταλία, τέτοιες τεχνικές χρησιμοποιήθηκαν και στο πλαίσιο επεμβάσεων που χρηματοδοτήθηκαν από το Κράτος για προληπτική ενίσχυση, μετά σεισμούς μικρής έντασης.



Photo: L. Binda

Παράλληλα, άρχισαν να συγκεντρώνονται δεδομένα για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας τέτοιων επεμβάσεων και του τρόπου εφαρμογής τους.

Η συμπεριφορά επισκευασμένων μνημείων στο χρόνο ή σε τυχηματικές δράσεις, όπως ο σεισμός, τεκμηρίωσε την εμφάνιση σημαντικών φθορών και βλαβών λόγω φυσικοχημικής και μηχανικής ασυμβατότητας υλικών και τεχνικών



Τέτοιες επεμβάσεις πολλές φορές **συνέβαλαν, αν όχι προκάλεσαν** καταρρεύσεις και βαριές βλάβες:

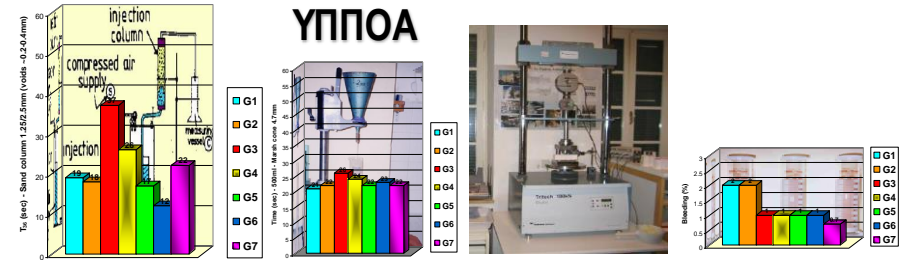
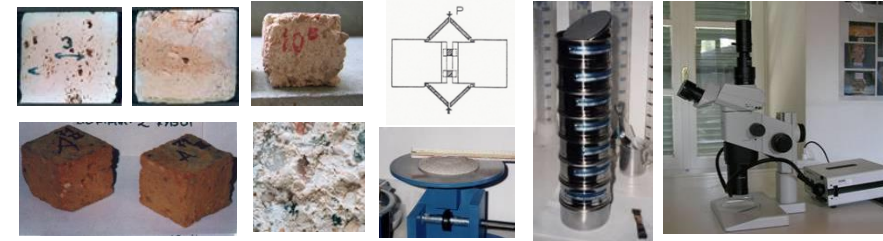
- ✓ είχε αυξηθεί η δυσκαμψία (με μείωση της ικανότητας παραμόρφωσης)
- ✓ είχαν αυξηθεί οι μάζες (με αύξηση των σεισμικών δράσεων)
- ✓ είχε τροποποιηθεί το αρχικό δομητικό σύστημα με τρόπο ασύμβατο με την υφιστάμενη κατασκευή
- ✓ είχε εμποδιστεί η διαπνοή της τοιχοποιίας



Ξεκίνησε έρευνα γύρω από αυτά τα θέματα, ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 80 και φυσικά συνεχίζεται ακόμη σήμερα στον 21^ο αιώνα.

Σε 4 βασικούς άξονες:

- ✓ την **κατανόηση** της συμπεριφοράς υπό διάφορες δράσεις των διαφόρων τύπων υλικών και κατασκευών (αρχιτεκτονικά μέλη, λίθινες κατασκευές εν ξηρώ, ωμοπλινθοδομή, οπτοπλινθοδομή, λιθοδομή, (δίστρωτη, τρίστρωτη, με ή χωρίς ξυλοδεσιές, ...),
- ✓ τη **βελτίωση και ανάπτυξη νέων** διαγνωστικών μεθόδων,
- ✓ την **ανάπτυξη νέων υλικών** και τον **ορθολογικότερο σχεδιασμό** των διαφόρων τεχνικών επισκευής κι ενίσχυσης
- ✓ την **αποτίμηση** της αποτελεσματικότητάς τους



ΥΠΠΟΑ / ΕΜΠ

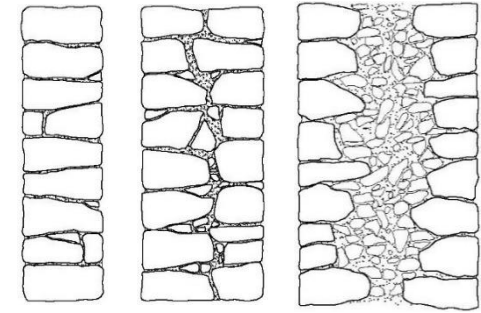


- Η αποτίμηση της συμπεριφοράς παλαιότερων επεμβάσεων
- Τα αποτελέσματα της έρευνας



Προτάσεις για τη μείωση της διακινδύνευσης και τη βελτίωση της συμπεριφοράς

- **εντοπισμός των πιθανών μηχανισμών κατάρρευσης** (με βάση ποιοτική παρατήρηση των βλαβών μετά από σεισμούς σε κτήρια παρόμοιας τυπολογίας)
- **προσεκτική χρήση των αριθμητικών προσομοιωμάτων και βαθμονόμηση της αξιοπιστίας τους** με τη βοήθεια της υφιστάμενης παθολογίας και της ενόργανης παρακολούθησης, ώστε να χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και την αξιολόγηση της επισκευαστικής ικανότητας των διαφόρων σχημάτων επέμβασης
- **χρήση εκ νέου των παραδοσιακών τεχνικών επέμβασης**, που αν σχεδιασθούν σωστά είναι αποτελεσματικές και συμβατές με την αρχική συμπεριφορά των κατασκευών από τοιχοποιία
- **χρήση καινοτόμων υλικών και τεχνικών όταν η αποδοτικότητά τους είναι καλά τεκμηριωμένη**, προσέχοντας την προσθήκη μαζών, την ανθεκτικότητα σε διάρκεια και την αναστρεψιμότητα/ επανεπεμβασιμότητα.



→ Εκπονήθηκαν δε **ειδικοί κανονισμοί** για την τεκμηρίωση, την αποτίμηση και τις επεμβάσεις βελτίωσης της συμπεριφοράς των παλαιών κατασκευών από τοιχοποιία

→ Μεγάλη ποικιλία υλικών, τρόπου δομήσεως μελών και δομικών συστημάτων, παθολογίας

ΚΑΔΕΤ: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΤΙΚΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ (2022)

ΙΤΑΛΙΑ: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (2003) - Ειδικές οδηγίες για τα ιστορικά κτήρια (2005)
ISO 13822 – Ειδικό κεφάλαιο αποτίμησης υπάρχουσών κατασκευών (2001).

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ Η ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

των δομικών συστημάτων στους παραδοσιακούς οικισμούς της χώρας και η περαιτέρω έρευνα

- για την κατανόηση συμπεριφοράς τους και τον εντοπισμό τυχόν εγγενών αδυναμιών
- για τον σχεδιασμό των κατάλληλων επεμβάσεων

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Σήμερα, υπάρχει γνώση για τις κατάλληλες επεμβάσεις, ώστε να μπορέσει να διατηρηθεί ο ιδιαίτερος χαρακτήρας των κτηρίων της παραδοσιακής μας αρχιτεκτονικής



Μια συνθετική παρουσίαση περιέχεται στο Κεφάλαιο 8 του ΚΑΔΕΤ : Επισκευές/Ενισχύσεις, Διαστασιολόγηση. Για την περίπτωση των μνημείων: επιπρόσθετες αρχές και κριτήρια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανάλογα με

(α) τον στόχο της επέμβασης και την διαφορά μεταξύ παρούσας και επιδιωκόμενης συμπεριφοράς,

(β) την στοχευόμενη χρήση του κτηρίου,

(γ) την ιστορική, αρχιτεκτονική, καλλιτεχνική, κοινωνική και οικονομική του αξία,

(δ) την γεωγραφική θέση του και τα διατιθέμενα τεχνικά μέσα, κ.λπ.,

ο Μηχανικός καλείται να επιλέξει τον βέλτιστο συνδυασμό τεχνικών επέμβασης.

Αυτή η επιλογή βασίζεται στην συμπεριφορά του κτηρίου συνολικώς και δεν περιορίζεται σε μέτρα τα οποία βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά (φέρουσας ικανότητας, δυσκαμψίας ή/και παραμορφωσιμότητας) κάθε μεμονωμένου στοιχείου.

Ενδεικτικώς αναφέρεται ότι, στην περίπτωση κατά την οποία αποδεικνύεται ότι η ενίσχυση ορισμένων μεμονωμένων φερόντων στοιχείων δεν επαρκεί για την επίτευξη του στόχου της επέμβασης, συνιστάται να εξετάζονται «**συστημικές**» **επεμβάσεις** όπως η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας πατωμάτων και στέγης, η βελτίωση της σύνδεσης όλων των φερόντων στοιχείων μεταξύ τους, η μετατροπή μη-φερόντων σε φέροντα στοιχεία, κ.λπ., ώστε να αντιμετωπίζονται οι ενδεχόμενες εγγενείς αδυναμίες του αρχικού φέροντος συστήματος.

Αυτό το Κεφάλαιο **δεν περιλαμβάνει θέματα στρατηγικής** των επεμβάσεων, τα οποία αποτελούν αντικείμενο της μελέτης του Πολιτικού Μηχανικού.

Η στρατηγική των επεμβάσεων εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, οι οποίες διαφέρουν από κτήριο σε κτήριο και, επομένως, δεν μπορεί να βασίζεται σε γενικούς κανόνες.

Η στρατηγική των επεμβάσεων διαφέρει από κτήριο σε κτήριο και αποφασίζεται από τον Μηχανικό

Συχνά υπάρχει ανάγκη εφαρμογής περισσότερων από μια τεχνικών. Όταν εντοπίζεται σημαντική ανεπάρκεια συνιστάται η αναζήτηση συστημικών επεμβάσεων ώστε να αντιμετωπίζονται οι εγγενείς αδυναμίες του αρχικού φέροντος συστήματος

Επισκευή: διαδικασία επέμβασης μέσω της οποίας αποκαθίστανται τα προ της βλάβης ή φθοράς μηχανικά χαρακτηριστικά των στοιχείων (καθώς και των συνδέσεών τους με άλλα στοιχεία) και η οποία επαναφέρει τα στοιχεία (και τις συνδέσεις τους) στην προ της βλάβης ή φθοράς κατάστασή τους

Ενίσχυση: επέμβαση μέσω της οποίας αυξάνεται η αντίσταση σε όρους δύναμης ή/και η ικανότητα σε όρους παραμόρφωσης του στοιχείου ή του δομήματος, σε στάθμη υψηλότερη από την αρχική ή την υφιστάμενη.

- ενισχύσεις που στοχεύουν στην βελτίωση των χαρακτηριστικών του υλικού (π.χ. η μέσω εφαρμογής ενεμάτων ομογενοποίηση μάζας της τοιχοποιίας)
- ενισχύσεις οι οποίες στοχεύουν στην βελτίωση της συμπεριφοράς όλου του δομήματος (π.χ. η βελτίωση της διαφραγματικής λειτουργίας πατωμάτων και στέγης).
- ενισχύσεις μπορούν να περιλαμβάνουν και την διάταξη/προσθήκη νέων στοιχείων από φέρουσα τοιχοποιία (ή από άλλο υλικό).

Συνήθεις κατηγορίες

- ✓ Επισκευή ή και ενίσχυση των φερόντων στοιχείων από τοιχοποιία

Αρμολογήματα – Επιχρίσματα.

Πλήρωση ή συρραφή ρωγμών

Αποκατάσταση ή βελτίωση συνδέσεων και συνδέσμων

Τοπική ανακατασκευή (τμήματος ή του συνόλου της διατομής)

Αρμολόγημα βαθύ για πάχος <60 cm

Σύνδεση κατά το πάχος των παρειών της τρίστρωτης τοιχοποιίας

Ενέματα (μάζας για την ομογενοποίηση της τοιχοποιίας)

Αγκύρια (μέ ή χωρίς συνάφεια)

Ενισχυμένες ζώνες (ξυλοδεσιές, μεταλλικά στοιχεία)

Ωπλισμένα επιχρίσματα (κατά προτίμηση με ίνες ή ανθρακονήματα)

Επεμβάσεις
επισκευής της
τοιχοποιίας

Επεμβάσεις
ενίσχυσης της
τοιχοποιίας

- ✓ Αύξηση της δυνατότητας παραλαβής οριζόντιων ωθήσεων τόξων, θόλων και στεγών

Ελκυστήρες, περιδέσεις, αντηρίδες

Επεμβάσεις
ενίσχυσης
του
δομητικού
συστήματος

- ✓ Βελτίωση της ικανότητας παραλαβής κατακόρυφων φορτίων πεσσών και κίωνων.

Περιδέσεις,

- ✓ Βελτίωση των συνδέσεων μεταξύ των στοιχείων από τοιχοποιία, καθώς και μεταξύ των φερόντων στοιχείων από τοιχοποιία και των πατωμάτων και στεγών

Οριζόντια διαζώματα (ξύλο, χάλυβα, ..), αγκύρια, βλήτρα,

Συνήθεις κατηγορίες

✓ Μείωση μαζών

Αντικατάσταση υλικών κεράμωσης, απομάκρυνση επιχρισμάτων μεγάλου πάχους, ...

✓ Μείωση της εντός επιπέδου παραμορφωσιμότητας των πατωμάτων και στεγών και βελτίωση της διαφραγματικής τους λειτουργίας

Ενίσχυση δυστένειας πατωμάτων και στεγών και σύνδεσή τους μέσω περιμετρικών οριζόντιων διαζωμάτων με τις ξύλινες ή μεταλλικές φέρουσες δοκούς και επίσης σύνδεση του όλου συστήματος με τις τοιχοποιίες και στις δυο διευθύνσεις

✓ Τροποποίηση της κατανομής των φερόντων στοιχείων για αποφυγή ακανονικοτήτων σε κάτοψη και καθ' ύψος.

Τοίχιση ανοιγμάτων, αποκατάσταση επεμβάσεων καθαίρεσης φερόντων στοιχείων,

✓ Εισαγωγή νέων φερόντων στοιχείων ή και νέου φέροντος οργανισμού σε τμήμα ή στο σύνολο της κατασκευής.

Ελκυστήρες, θλιπτήρες, σφενδόνια, πρόσθετες διαφραγματικές διατάξεις σε ενδιάμεσες στάθμες,

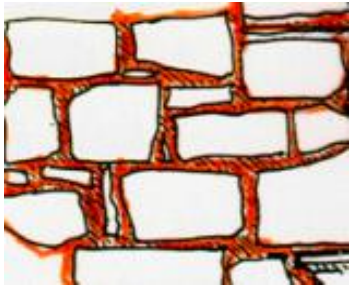
✓ Επισκευή και ενίσχυση στοιχείων θεμελίωσης.

Διαπλάτυνση θεμελίων, υποθεμελίωση, μικροπιάσσαλοι

Μόνον αν αποδειχθεί η αναγκαιότητά τους

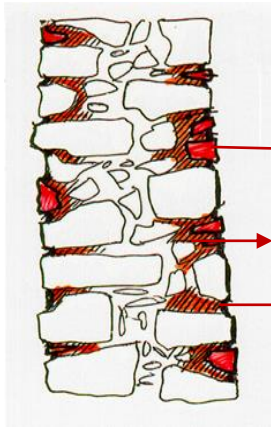
Επεμβάσεις
ενίσχυσης
του
δομητικού
συστήματος

ΤΕΛΙΚΟ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ - ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ



Αντικατάσταση κονιάματος επιφανειακού αρμολογήματος ή κατασκευή επιχρίσματος για την πλήρωση των αρμών ή και κάλυψη κυρίως για προστασία του εσωτερικού της τοιχοποιίας από περιβαλλοντικές δράσεις, και για την αισθητική αποκατάσταση

ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ ΣΕ ΤΟΙΧΟΥΣ ΠΑΧΟΥΣ > 60 cm



«τσιβίκια»

βαθύτερα «χέρια»

τελικό «χέρι»

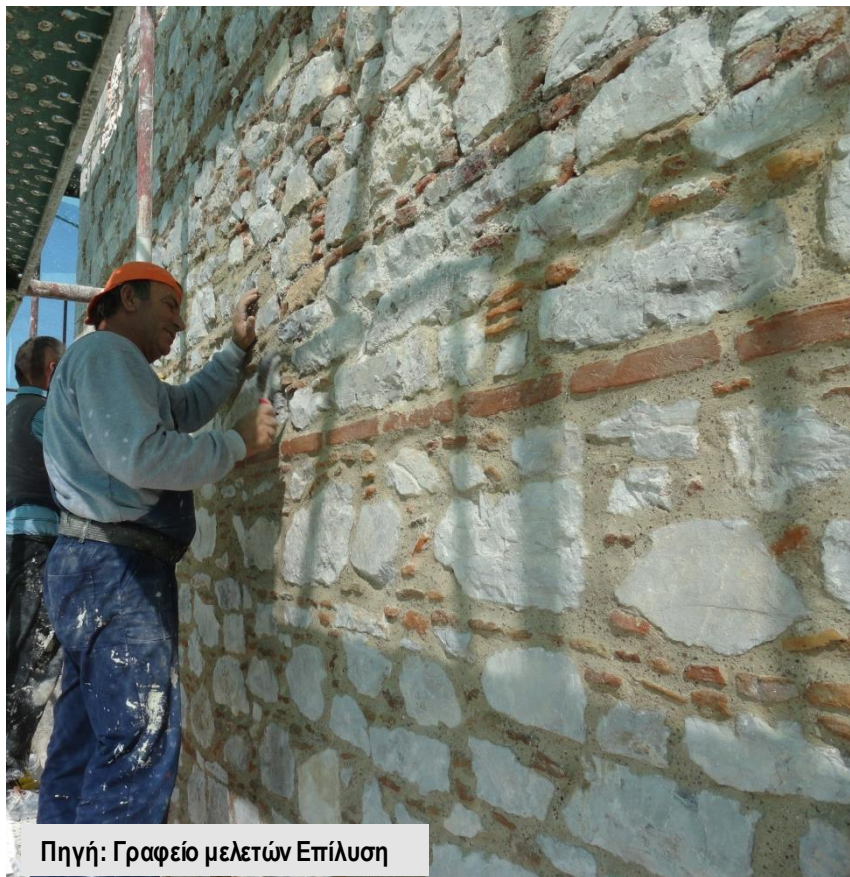
Επισκευή ή ενίσχυση :: = f (πάχος της τοιχοποιίας)

Αντικατάσταση κονιάματος δόμησης και αποκατάσταση της συνάφειας με τα λιθοσώματα της παρειάς σε βάθος.

Επισκευή της αντοχής των παρειών, όταν συνδυάζονται με κλειδιά συρραφής, αντικαταστάσεις λιθοσωμάτων ή τοπικές αναδομήσεις και ενέματα στις ρωγμές

Το βαθύ αρμολόγημα πρέπει να εφαρμόζεται σε στρώσεις πάχους περίπου 2-3 εκατοστών, προκειμένου να αποφεύγεται η μεγάλη συστολή ξήρανσης με εργαλεία κατάλληλου μεγέθους ώστε να μην λερώνονται τα παρακείμενα λιθοσώματα και κυρίως οι πλίνθοι (μικρές σπάτουλες) και συμπίεση του κονιάματος.

Απαιτείται πολύ καλή ανάμιξη, μικρή περιεκτικότητα σε νερό, λήψη μέτρων κατάλληλης συντήρησης για την αποφυγή γρήγορης εξάτμισης του νερού

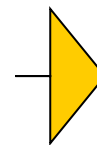


Πρόκειται για μέθοδο επισκευής

Η μέθοδος από μόνη της αναμένεται να βελτιώσει την αντοχή μόνον σε τοιχοποιίες σχετικώς μικρού πάχους (μέχρι 60 cm)



Η τεχνική και η οικονομική σημασία των αρμολογημάτων και βλάβες μετά από επεμβάσεις



Συστηματικές έρευνες

- ▶ Απέδειξαν την **ακαταλληλότητα των τσιμεντοκονιαμάτων**
- ▶ Και την **ανάγκη εξέτασης των επί τόπου υλικών** για το σχεδιασμό της κατάλληλης σύνθεσης με εξασφάλισης της φυσικοχημικής και μηχανικής συμβατότητας
- ▶ Υδράσβεστος,
Υδράσβεστος + ποζολάνη **Συνιστώνται**
Υδραυλική άσβεστος
- ▶ Τσιμέντο **Μόνον σε χαμηλό ποσοστό σε συνδυασμό με ποζολάνη και υδράσβεστο**

Υπάρχει εκτενής βιβλιογραφία και διεθνείς προδιαγραφές από Τεχνική Επιτροπή της RILEM.

Κατάλληλου μεγέθους εργαλεία (μικρές σπάτουλες) για καλή συμπίεση του κονιάματος και πλήρωση των αρμών και για αποφυγή λερώματος παρακείμενων λιθοσωμάτων .



ΠΡΟΣΟΧΗ: Συντήρηση επί τόπου με φύλλα νάilon και βρεγμένες λινάτσες για τις πρώτες 14 ημέρες

Τεχνοτροπία εφαρμογής: ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο δομήσεως της λιθοδομής

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Σύσταση	(%κ.β.)	Ηλικία	Κάμψη (MPa)	Θλίψη (MPa)
Ασβέστης πολτός	18%	1μήνας	0.99	3.59
Ποζολάνη LAVA	22%			
Άμμος (0/4mm)	45%			
Ρυζάκι λευκό (4/8mm)	9%			
Χαλίκι λευκό	6%			



ΜΟΝΗ ΔΑΦΝΙΟΥ ΠΤΕΡΥΓΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΟΛΟΥ (Μιλτιάδου, Αναγνωστοπούλου, Καλαγρή, Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Αναστηλώσεων, ΕΤΕΠΑΜ, 2006)

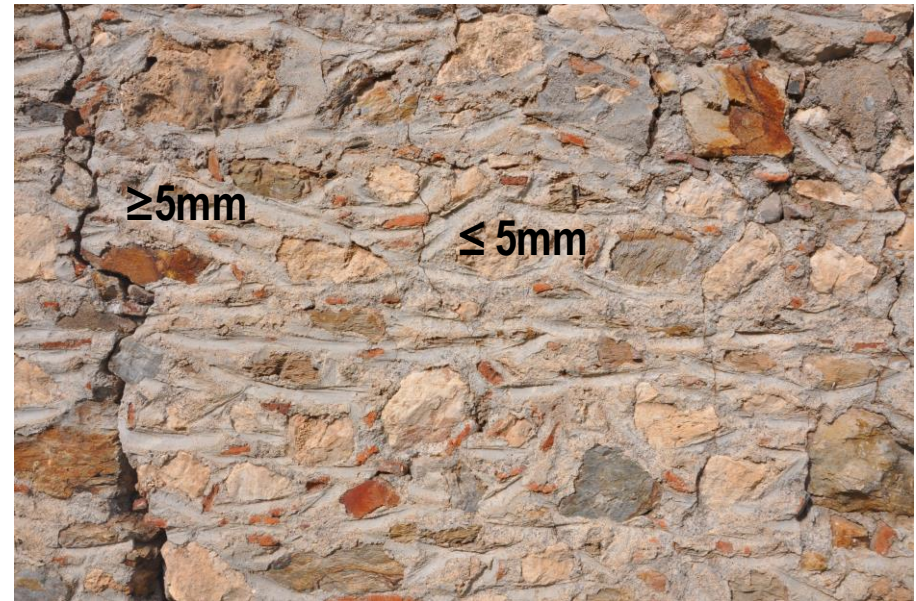
Περίπτωση ρωγμών των οποίων το εύρος δεν υπερβαίνει τα 5mm: πλήρωση με ενέματα σε μεμονωμένες ή σε πολλαπλές ρωγμές κατακόρυφες, λοξές ή χιαστί

(υπό την προϋπόθεση ότι δεν είναι διαμπερείς και δεν εμφανίζεται ούτε τοπική αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας)

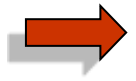
Περίπτωση ρωγμών μεγάλου εύρους : πλήρωση πρώτα με ένεμα με άμμο και μετά με λεπτόρρευστα ενέματα μάζας

Συρραφή των ρωγμών πριν την πλήρωση με ενέματα: επιβάλλεται, σε περιπτώσεις έντονων διαμπερών ρωγμών (με εύρος μεγαλύτερο από 5mm)

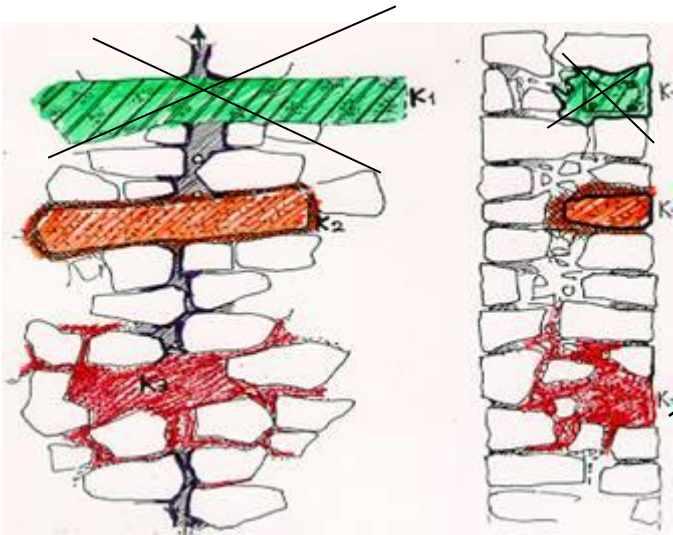
Η συρραφή είναι μονόπλευρη ή-όταν η ρωγμή είναι διαμπερής- αμφίπλευρη (κατ' εναλλαγή στις δύο παρειές) και πραγματοποιείται είτε μέσω λιθωμάτων τα οποία γεφυρώνουν την ρωγμή, είτε μέσω κατάλληλων μεταλλικών συνδέσμων.



Η τεχνική αυτή επιτρέπει το ράψιμο της ρωγμής



Ανάλογα με τον τύπο της τοιχοποιίας, το βαθμό βλάβης και τη διαθεσιμότητα των υλικών:



ΛΙΘΟΙ ή ΠΛΙΝΘΟΙ

Εύκολη εφαρμογή υπό την προϋπόθεση ότι η απομάκρυνση των παρακείμενων λίθων ή πλίνθων είναι επιτρεπτή και δεν είναι επικίνδυνη

ΚΟΝΙΑΜΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΟΓΚΟΥ

Είναι η μόνη λύση στις περιπτώσεις ιδιαίτερα αποδιοργανωμένων περιοχών όταν η απομάκρυνση λίθων είναι επικίνδυνη ή μη επιτρεπτή για άλλους λόγους. Χρησιμοποιούνται συνήθως προ-αναμεμιγμένα κονιάματα με βάση κατά προτίμηση την υδραυλική άσβεστο.

~~ΩΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ~~

~~Χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν αλλά τώρα δεν συνιστάται~~

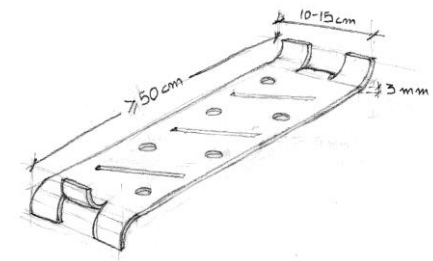
- ~~• Δύσκολη εφαρμογή~~
- ~~• Μεγάλες διαστάσεις~~
- ~~• Εκτεταμένη επέμβαση~~

ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΛΑΜΕΣ ΣΤΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ

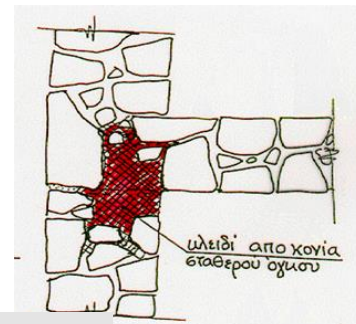
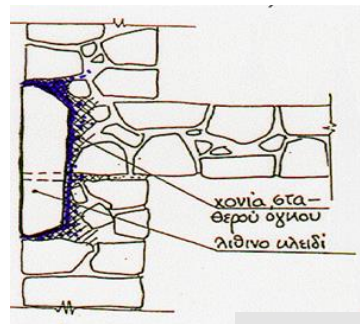
Εισαγωγή μεταλλικών λαμών τιτανίου ή ανοξείδωτου χάλυβα



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΠΛΗΡΩΣΗ Ή ΣΥΡΡΑΦΗ ΡΩΓΜΩΝ



Πηγή: Γραφείο μελετών Επίλυση



Πηγή: Ε. Δεληνικόλα



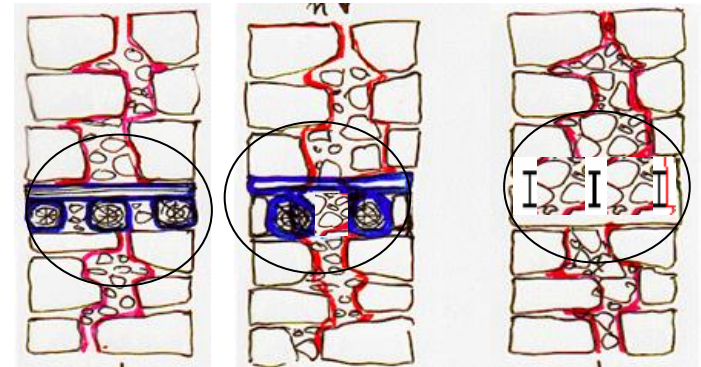
Αφορά κάθε είδους συνδέσεις ή συνδέσμους (χαλύβδινους, ξύλινους) μεταξύ τοίχων (στις συναντήσεις τους), στα σώματα των τοίχων ή των δίσκων πάνω ή κάτω από ανοίγματα, μεταξύ τοίχων και πατωμάτων ή δωματίων, μεταξύ τοίχων και στέγης κ.λπ.



Τέτοιες συνδέσεις συμβάλλουν ουσιαστικά στην συνολική συμπεριφορά του κτηρίου και στην αντίστασή του, είτε σε όρους δυνάμεων, είτε σε όρους παραμορφώσεων

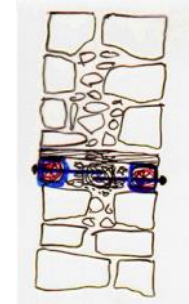
Για παράδειγμα,

τα ξύλινα (ξυλοδεσιές) ή μεταλλικά διαζώματα τοποθετημένα στις εξωτερικές παρειές της τοιχοποιίας ή και στο εσωτερικό της



Αποκατάσταση των φθαρμένων ξυλοδεσιών ή υποκατάσταση της συμβολής τους αν αυτό δεν είναι εφικτό

Αφαίρεση φθαρμένων εξωτερικών ξυλοδεσιών και αντικατάστασή τους με νέα ξύλα κατάλληλα συνδεδεμένα κατά το μήκος μεταξύ τους ή με τα παλαιά υγιή με εντορμίες και συνδέσμους. Σύνδεση μεταξύ τους με στριφόνια κατά το πάχος της τοιχοποιίας, καθώς και με την εσωτερική ξυλοδεσιά εφόσον διατηρείται ή υπάρχει. **Εφικτό όταν τα κενά των ξυλοδεσιών είναι προσβάσιμα**

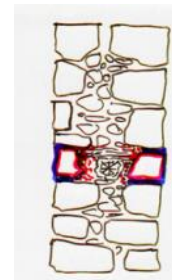


Αντικατάσταση με μεταλλικές δοκούς που τοποθετούνται στα κενά των ξυλοδεσιών. **Εφικτό όταν τα κενά των ξυλοδεσιών είναι προσβάσιμα**

Αντικατάσταση με ένα είδος διαζώματος κατά μήκος του τοίχου από κονία σταθερού όγκου, κατά προτίμηση με βάση την υδραυλική άσβεστο, ελαφρώς οπλισμένο με ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα. **Εφικτό όταν υπάρχει αρκετός χώρος ώστε να προσεγγιστούν τα κενά των ξυλοδεσιών**

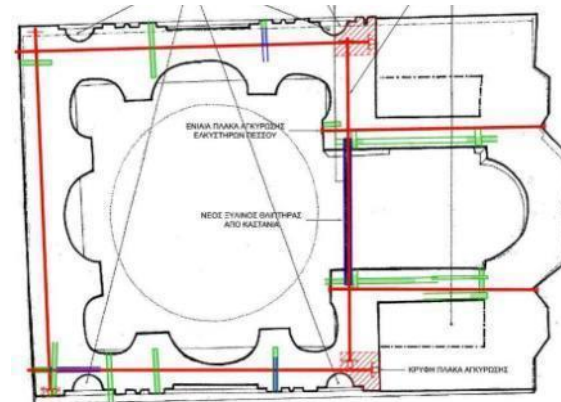
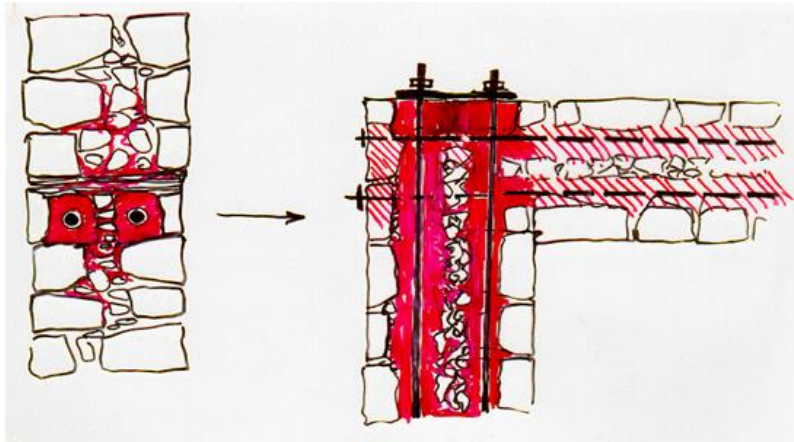


Αντικατάσταση με λίθους ή πλίνθους (απλή πλήρωση των κενών χωρίς αποκατάσταση της λειτουργίας των ξυλοδεσιών). **Εφικτό όταν τα κενά είναι στις εξωτερικές παρειές, αλλά δεν συνιστάται καθώς δεν αποκαθίσταται η ευεργετική λειτουργία των ξυλοδεσιών**



Αποκατάσταση των φθαρμένων ξυλοδεσιών ή υποκατάσταση της συμβολής τους αν αυτό δεν είναι εφικτό

▶ Πλήρωση των κενών με κατάλληλο ένεμα. Διάνοιξη οπών μέσω διατρήσεων και εισαγωγή μεταλλικών ελκυστήρων από ανοξείδωτο χάλυβα ή τιτάνιο που αγκυρώνονται στους εξωτερικούς τοίχους με κατάλληλα σχεδιασμένες μεταλλικές αγκυρώσεις στις όψεις του τοίχου ή στο εσωτερικό του (οι ελκυστήρες μπορούν να τοποθετηθούν εντός σωλήνων χωρίς συνάφεια ή σε οπές που πληρώνονται με ένεμα ή σε ειδικές κάλτσες που πληρώνονται με ένεμα).



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΔΕΣΙΩΝ



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΔΕΣΙΩΝ



Πηγή: Γραφείο Μελετών Επίλυση



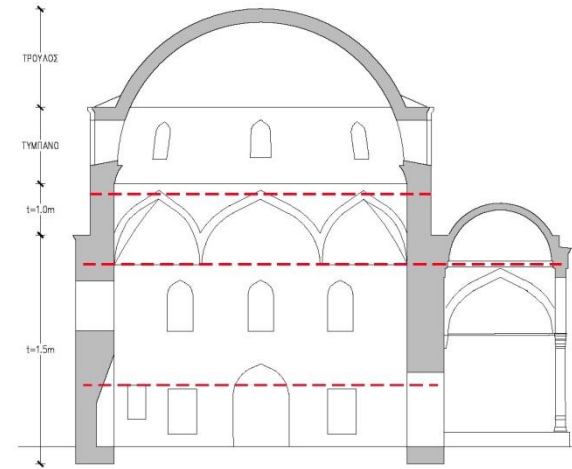
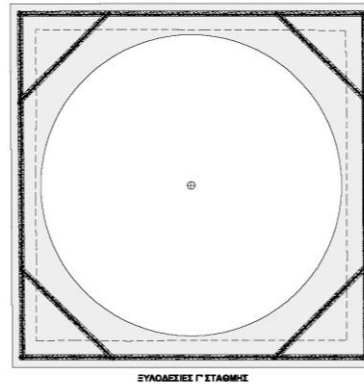
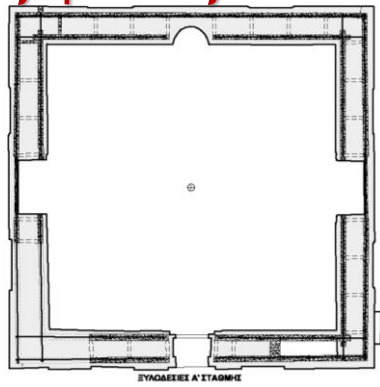
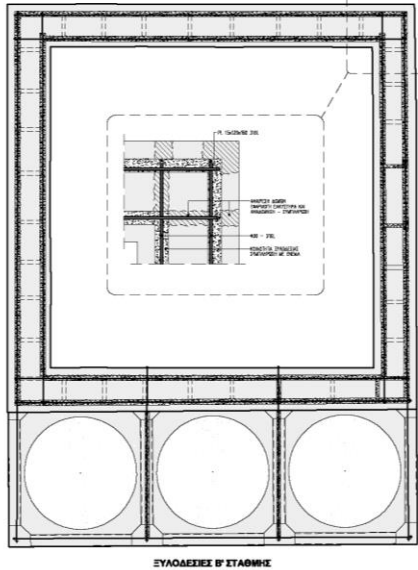
Τζαμί Ρετζέπ Πασά
στην Πόλη της Ρόδου



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΔΕΣΙΩΝ



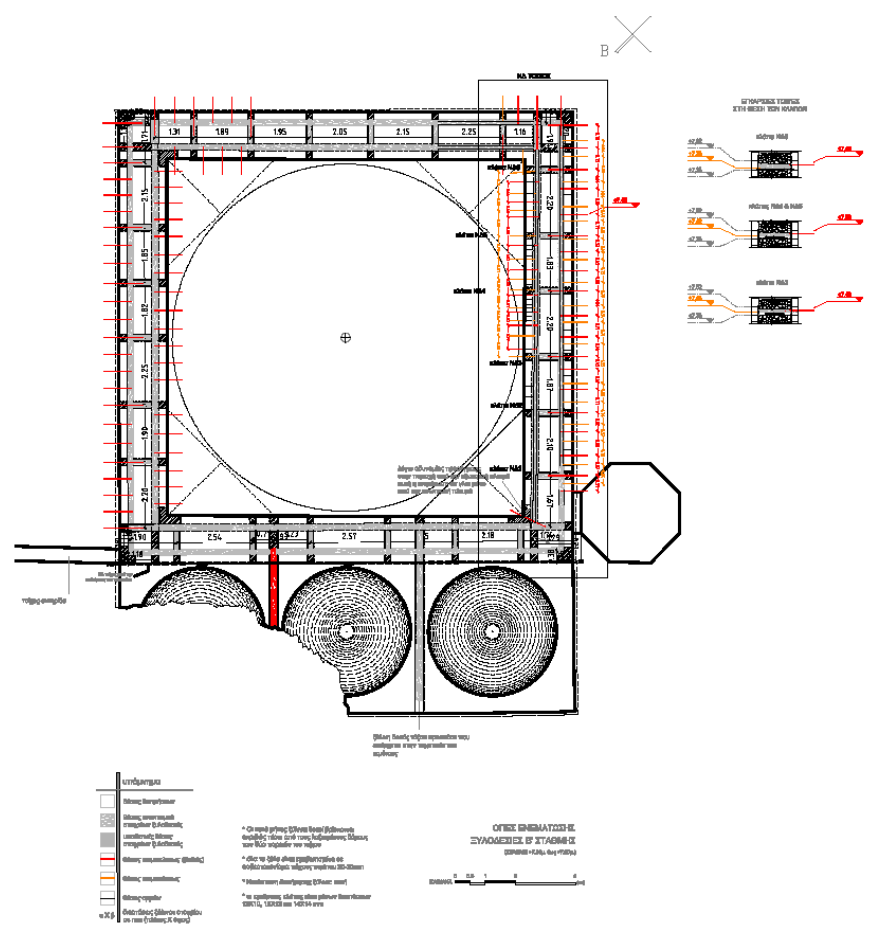
Τζαμί Ρετζέπ Πασά



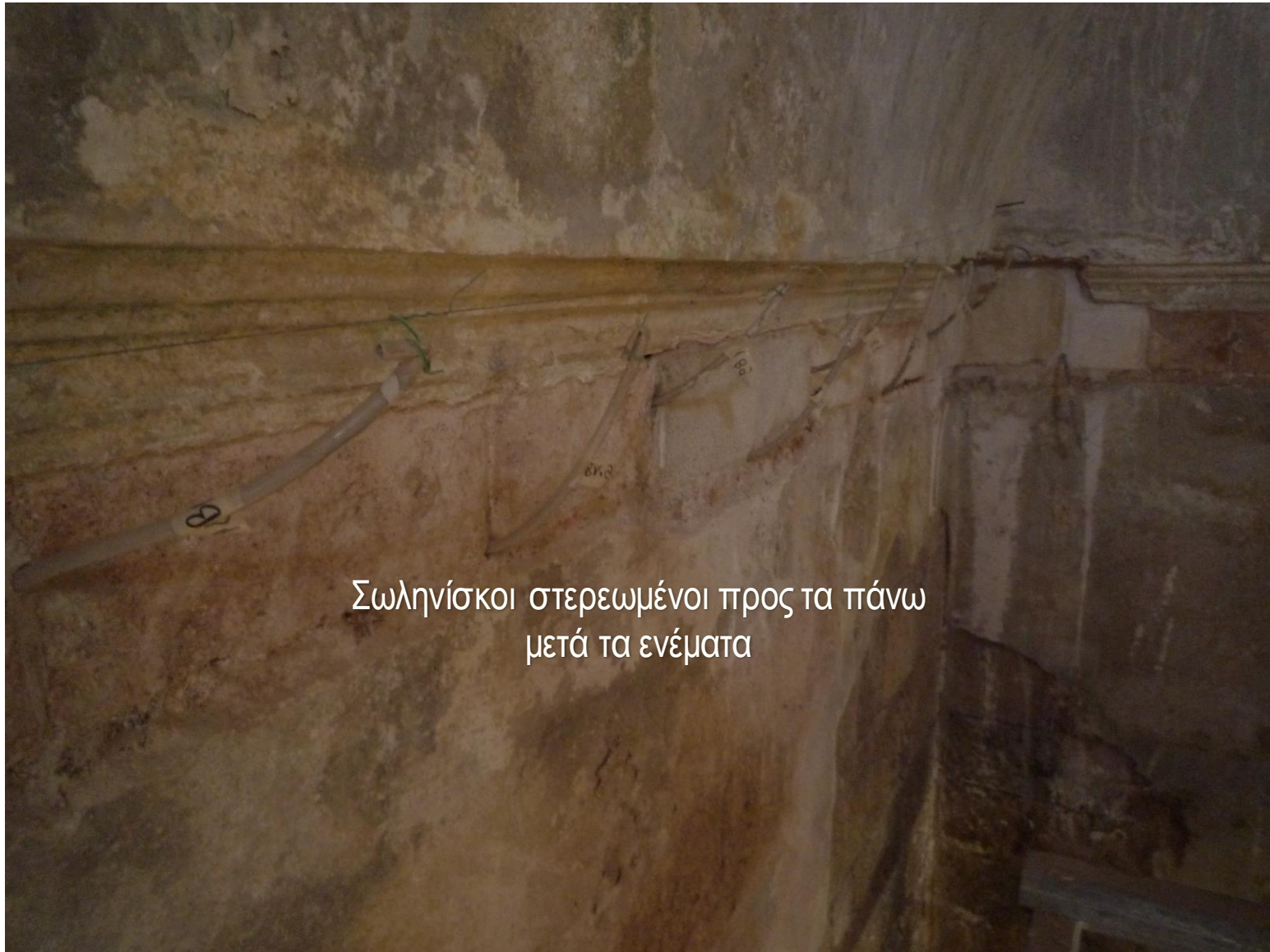
Επιστημονική Επιτροπή για την αποκατάσταση των Μνημείων της Ρόδου, Υπουργείο Πολιτισμού.
Ομάδα Μελέτης: Γ. Κίζης, Γ. Ντέλλας, Ε. Παπαγεωργίου, Α. Παπαθανασίου, Α. Ζαγκότσης, Α. Μιλτιάδου-Fezans, Α. Καλαγρή

Τζαμί Ρετζέπ Πασά

ΟΠΕΣ ΕΝΕΜΑΤΩΝ



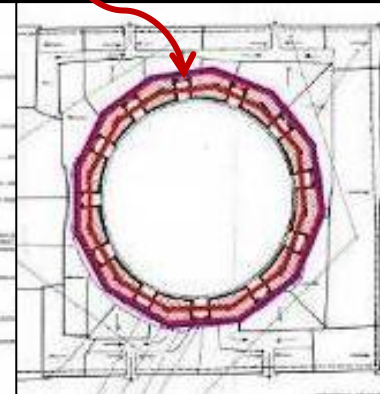
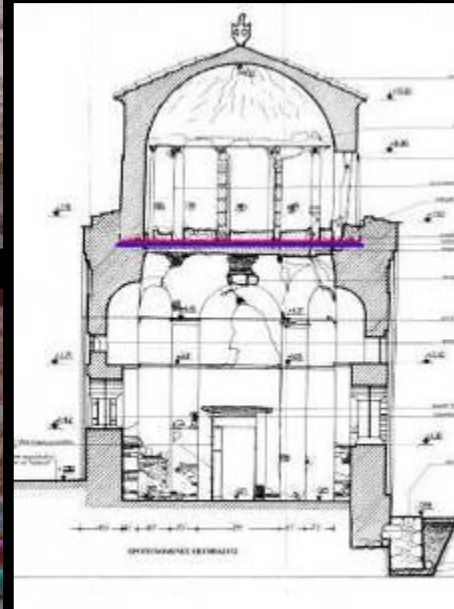
Τζαμί Ρετζέπ Πασά στην Πόλη της Ρόδου



Σωληνίσκοι στερεωμένοι προς τα πάνω
μετά τα ενέματα

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΔΕΣΙΩΝ

Αντικατάσταση του εξωτερικού και εσωτερικού δακτυλίου στη βάση του τυμπάνου του τρούλου με κονίαμα υδραυλικής ασβέστου, ελαφρώς οπλισμένου με ράβδους ανοξείδωτου χάλυβα



ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΡΗΝΑ ΣΤΗ ΧΙΟ

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ

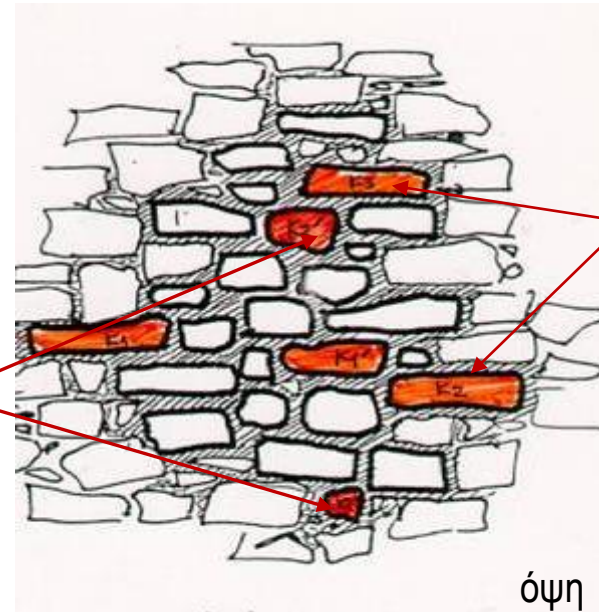
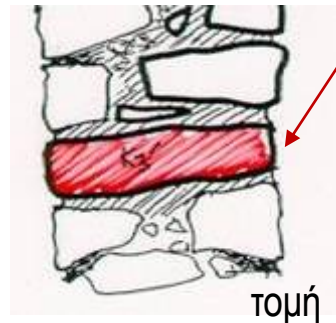
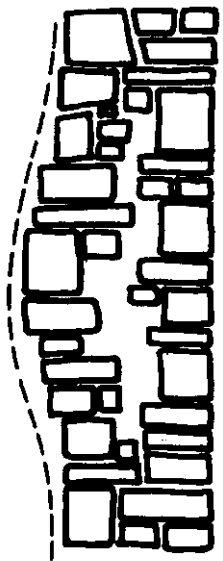
Περιμετρική περίσφιξη της βάσης με ειδικά σχεδιασμένη λάμα από ανοξείδωτο χάλυβα



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΘΑΙΡΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Ενός κατεστραμμένου τμήματος της εξωτερικής παρειάς ή του συνόλου της διατομής του φέροντος στοιχείου της κατασκευής

Αποκατάσταση της συνεργασίας ανάμεσα στο παλιό και το νέο τμήμα και σύνδεση των παρειών μεταξύ τους και με το υλικό πλήρωσης: **διαμήκη και εγκάρσια κλειδιά και ενέματα**



Διαμήκη κλειδιά

Εγκάρσια κλειδιά

- Λίθινα ή πλίνθινα κλειδιά (K1, K1', K2, K2', ...) και στις δύο διευθύνσεις (διαμήκη και εγκάρσια) και εφαρμογή ενεμάτων στα όρια της ανακατασκευασμένης περιοχής
- Τα νέα λιθοσώματα και κονιάματα πρέπει να έχουν παρόμοια φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά με τα παρακείμενα παλαιά υλικά
- Τα τμήματα της παλαιάς περιοχής που συνορεύουν με εκείνη που ανακατασκευάστηκε πρέπει να επισκευασθούν επίσης με βαθύ αρμολόγημα και ενέματα, ανάλογα με την κατάσταση διατήρησής τους.

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ - ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΘΑΙΡΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ



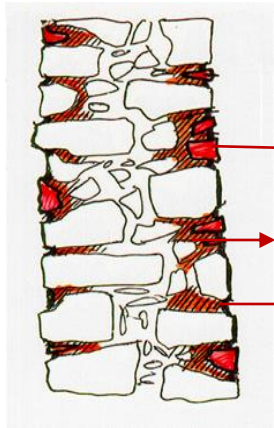
πριν

Καθολικό Μονής Δαφνίου

μετά



ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΝ ≤ 60 cm



«τσιβίκια»

βαθύτερα «χέρια»

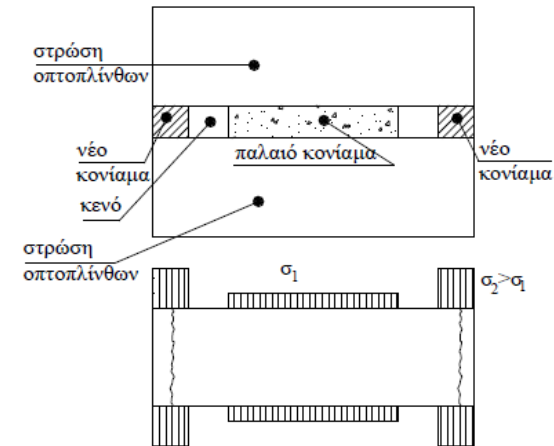
τελικό «χέρι»

Τα αμφίπλευρα, καθολικά, βαθιά αρμολογήματα, με κατάλληλα νέα κονιάματα, σε στοιχεία περιορισμένου πάχους (μέχρι 0,60m) και σχετικώς χαμηλών αρχικών μηχανικών χαρακτηριστικών, μπορούν να θεωρηθούν ως μέθοδος ενίσχυσης. Το βάθος της αμφίπλευρης αρμολόγησης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με 50mm. Η επιλογή κονιάματος, η προετοιμασία της τοιχοποιίας και ο τρόπος εφαρμογής ακολουθούν κατάλληλες προδιαγραφές (Σχόλια ΚΑΔΕΤ).

Απαιτείται:

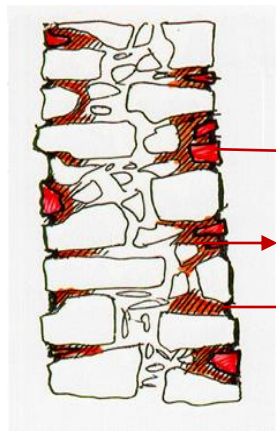
- πλήρες γέμισμα των αρμών με νέο κονίαμα σε όλη την έκταση της τοιχοποιίας και
- τα μηχανικά χαρακτηριστικά του νέου κονιάματος να μην είναι πολύ υψηλά σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των λιθοσωμάτων

Διαφορετικά: κίνδυνος μεγάλης συγκέντρωσης θλιπτικών τάσεων σε μικρές περιοχές, πρόωρης αποφλοίωσης των λιθοσωμάτων και, εν τέλει, ακόμη και μείωσης της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας.



Πηγή: Ε. Βιντζηλαίου, 2001

ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΙΧΩΝ ≤ 60 cm



«τσιβίκια»

βαθύτερα «χέρια»

τελικό «χέρι»



Στην περίπτωση συμπαγών κατά το πάχος τους τοίχων (μονόστρωτων), τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας μετά από την εφαρμογή βαθύς αρμολογήματος, μπορούν να εκτιμώνται κατά τα αναφερόμενα στον ΚΑΔΕΤ, υπό την προϋπόθεση τήρησης όλων των όρων του

Συνιστάται να μη λαμβάνεται υπόψη αντικατάσταση κονιάματος οριζόντιων αρμών σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30% ($\delta \leq 0.30$) καθώς και αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30%.

Σε κάθε περίπτωση για την εφαρμογή της σχέσης (8.1) η αντοχή του κονιάματος αρμολόγησης δεν επιτρέπεται να λαμβάνεται μεγαλύτερη από το διπλάσιο της αντοχής του αρχικού κονιάματος.



(α) Συμπεριφορά σε θλίψη

Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας η οποία έχει ενισχυθεί με αμφίπλευρα, βαθειά και καθολικά αρμολογήματα, μπορεί να υπολογίζεται με εφαρμογή της σχέσης η οποία χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αρχικής θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, με αντικατάσταση της αντοχής του κονιάματος από την αντοχή του «μικτού» κονιάματος, η οποία υπολογίζεται κατά την ακόλουθη σχέση:

$$f_{m,f} = f_j \delta + f_{m,o} (1 - \delta) \quad (8.1)$$

όπου:

$f_{m,f}$, $f_{m,o}$, f_j : η θλιπτική αντοχή του μικτού και του αρχικού κονιάματος και του κονιάματος αρμολόγησης αντίστοιχα

δ : ο λόγος του αθροίσματος των βαθών της αμφίπλευρης αρμολόγησης προς το πάχος της τοιχοποιίας

- α) Μέσω ενεμάτων,
και, αν απαιτείται
- β) μέσω εγκάρσιων συνδέσμων

Προσοχή στον σχεδιασμό της
όλης επέμβασης:

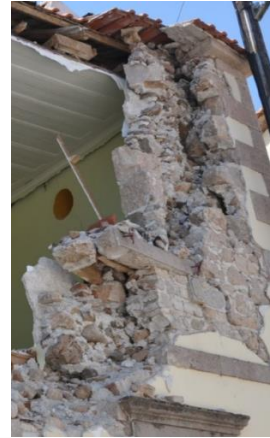
- **Ανθεκτικότητα:** π.χ. ανοξείδωτος χάλυβας, ή κατάλληλη προστασία έναντι διάβρωσης του χάλυβα ή χρήση σύνθετων υλικών.
 - **Διάμετρος συνδέσμων:** $6\text{mm} < d < 12\text{mm}$.
 - **Κατ' ελάχιστον 2cm^2 ανά m^2 όψεως**
 - **(4) σύνδεσμοι ανά m^2 όψεως του τοίχου (2 σε κάθε παρειά, κατ' εναλλαγήν).**
 - **Μήκος αγκύρωσης $\geq 85\%$ του πάχους του τοίχου και σε κάθε παρειά να αγκυρώνονται σε μήκος $\geq 250\text{mm}$.**
- Διαφορετικά διαμπερείς όλοι.
Σε κάθε περίπτωση μερικοί θα είναι
διαμπερείς



Λ'Aquila, 2009



Σάμος, 2020



Βρύσα, 2017



Photos: Modena et al. 2009

Adequate nuts are used to fix the bars
to the wall's surface

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ – ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ



Τα οπλισμένα επιχρίσματα αποτελούνται από κονίαμα κατάλληλης σύνθεσης και έχουν μικρό πάχος, κατά τα επόμενα, φέρουν οπλισμό (μεταλλικό, σε μορφή ράβδων ή πλέγματος) και εφαρμόζονται στις δύο ή στην μια παρειά στοιχείων από τοιχοποιία, καταλλήλως συνδεόμενα με αυτά. Για επεμβάσεις με χρήση μη μεταλλικού οπλισμού, βλ. § 8.9.8.

Δεν είναι δόκιμη η εφαρμογή οποιασδήποτε «εξωτερικής» επέμβασης σε στοιχεία από άοπλη τοιχοποιία, εάν προηγουμένως δεν έχει κατά το δυνατόν εξασφαλισθεί το μονολιθικόν της συμπεριφοράς τους.

Καθώς ο κίνδυνος αποκόλλησης των παρειών μιας δίστρωτης ή μιας τρίστρωτης τοιχοποιίας, εάν δεν έχει ήδη συμβεί, είναι πολύ πιθανός κατά την διάρκεια ενός σεισμού, η εξωτερική επέμβαση (η οποία δεν μειώνει αυτόν τον κίνδυνο) θα είναι αναποτελεσματική.

Για να συνιστούν τα οπλισμένα επιχρίσματα ενίσχυση για το στοιχείο από τοιχοποιία, θα πρέπει το πάχος της τοιχοδομής να είναι περιορισμένο, έτσι ώστε το πάχος του επιχρίσματος (το οποίο δεν υπερβαίνει το πάχος συνήθους επιχρίσματος, δηλαδή, τα 40mm περίπου) να συνιστά ουσιώδες ποσοστό του προκύπτοντος μετά την επέμβαση συνολικού πάχους του στοιχείου.

Η συμβολή των οπλισμένων επιχρισμάτων εντοπίζεται κυρίως στην παραλαβή της εκτός επιπέδου κάμψης των στοιχείων από τοιχοποιία, μέσω ενίσχυσης της εφελκόμενης ζώνης τους, καθώς και στην παραλαβή εντός επιπέδου τέμνουσας και κάμψης.

Επομένως, συνιστάται να εφαρμόζονται και στις δυο παρειές της τοιχοποιίας (αμφίπλευρα). Στην περίπτωση μονόπλευρου οπλισμένου επιχρίσματος, αυτό - για να είναι αποτελεσματικό έναντι εκτός επιπέδου κάμψεως - θα πρέπει να κατασκευάζεται στην εξωτερική παρειά των περιμετρικών τοίχων.

Σε περίπτωση αντικειμενικής αδυναμίας εφαρμογής οπλισμένου επιχρίσματος στην εξωτερική παρειά του τοίχου (όταν, π.χ. αυτή παραμένει ανεπίχριστη) επιτρέπεται η εφαρμογή μονόπλευρου επιχρίσματος στην εσωτερική παρειά υπό τον όρο ότι διασφαλίζεται και η εξωτερική παρειά του.

Διασφάλιση της εξωτερικής παρειάς!
Πώς όμως θα γίνει αυτό;;

Στην
εξωτερική
παρειά!



8.9.4 ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

Τα οπλισμένα επιχρίσματα θεωρούνται τεχνική ενίσχυσης, υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

(α) Έχει προηγηθεί επισκευή του στοιχείου στο οποίο εφαρμόζονται. Εάν η επισκευή δεν κρίνεται επαρκής, της εφαρμογής των οπλισμένων επιχρισμάτων πρέπει να προηγείται η εφαρμογή τεχνικών ενίσχυσης στο σώμα της τοιχοποιίας (π.χ. ενεμάτων μάζας).

Ενίσχυση με ενέματα μάζας πρώτα

Πάχος τοίχου μικρό

(β) Είτε είναι αμφίπλευρα, είτε κατασκευάζονται στην εξωτερική παρειά της τοιχοδομής.

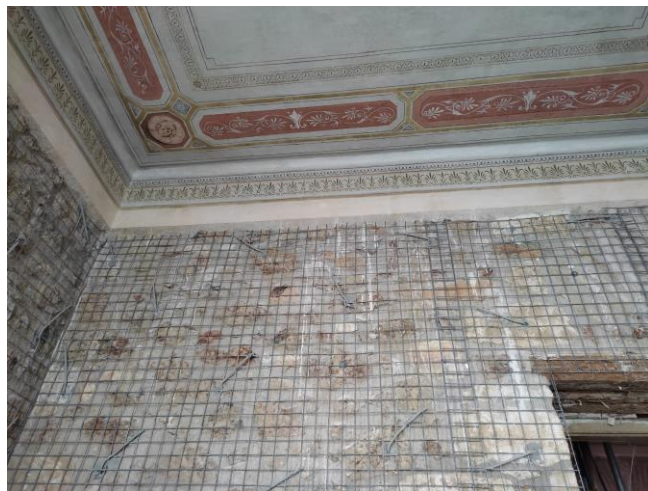
Επίχρισμα
στην
εσωτερική
παρειά !!!



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ – ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ



Πηγή: Ο. Σπυριδάκη

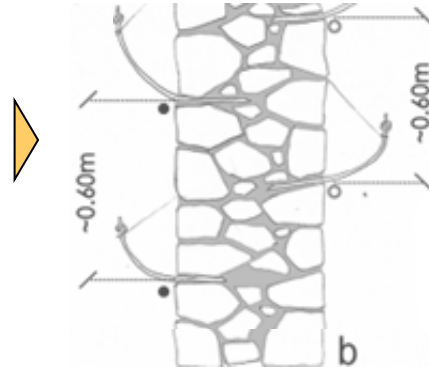


Η επιλογή των κατάλληλων υλικών (ανθεκτικότητα), η προετοιμασία της τοιχοποιίας, η αγκύρωση και ο τρόπος εφαρμογής ακολουθούν κατάλληλες προδιαγραφές (Σχόλια ΚΑΔΕΤ). *Συνιστάται:*

- Το επίχρισμα να έχει βάση τον ασβέστη για να μην υπάρχει σημαντική επίπτωση στη συμπεριφορά της τοιχοποιίας έναντι της κίνησης της υγρασίας και των υδρατμών. Όταν χρησιμοποιείται τσιμεντοκονίαμα, μειώνεται η δυνατότητα διαπνοής του τοίχου. Αλλάζει επομένως και η θερμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας.
- Η χρήση κατάλληλου ανοξείδωτου ή μη-μεταλλικού οπλισμού από ινοπλέγματα σε κονίαμα υδραυλικής ασβέστου.

Η πρόσθετη μάζα και η πρόσθετη δυσκαμψία που προκύπτουν από την εφαρμογή των οπλισμένων επιχρισμάτων λαμβάνονται υπ' όψη στο υπολογιστικό προσομοίωμα του δομήματος για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών στην φάση μετά την ενίσχυση.

Εξαιρετικά ενδιαφέρουσα τεχνική για την επισκευή μνημείων και ιστορικών κατασκευών από λιθοδομή



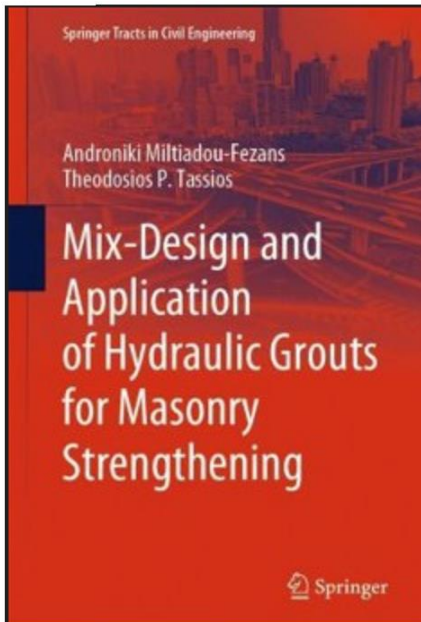
Αποκατάσταση της **συνέχειας**, **συνοχής** και **αντοχής** χωρίς αλλοίωση της εξωτερικής μορφής και γεωμετρίας και χωρίς αλλαγή του δομητικού συστήματος

ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΤΙΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΔΕΚΑΕΤΙΕΣ

ΣΗΜΕΡΑ ΔΙΑΘΕΤΟΥΜΕ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΛΙΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΑΠΟ ΤΙΣ ΡΗΤΙΝΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΜΑΤΑ ΠΕΡΑΣΑΜΕ ΣΕ

- **ΕΝΕΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΛΕΠΤΟΚΚΟΚΗ ΠΟΖΟΛΑΝΗ Ή/ ΚΑΙ ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟ, ΚΑΙ**
- **ΕΝΕΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΥ**



<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-85965-7>



8.9.5 ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ (ΜΕΣΩ ΕΝΕΣΕΩΝ)

Προϋπόθεση για την επιλογή της τεχνικής των ενέσεων είναι:

1. Η συστηματική διερεύνηση/τεκμηρίωση (βλ. Κεφ. 3) για τα υλικά, τον τρόπο δόμησης, την κατάσταση του εσωτερικού του τοίχου, κ.λπ., και ιδιαιτέρως η εκτίμηση του ελάχιστου ονομαστικού εύρους των ρωγμών-κενών- ασυνεχειών, το οποίο χαρακτηρίζει την τοιχοδομή και στο οποίο πρέπει να μπορεί να διεισδύσει το ένεμα.
2. Η κατάλληλη τεκμηρίωση ότι τα ενέματα αποτελούν πρόσφορο τρόπο ενίσχυσης λαμβάνοντας υπόψη τα υλικά και τον τρόπο δόμησης, καθώς και την παθολογία της υπό εξέταση τοιχοποιίας,
3. Ο προσδιορισμός των απαιτήσεων από πλευράς μηχανικών χαρακτηριστικών και ανθεκτικότητας της ενισχυμένης με ενέματα τοιχοποιίας, με βάση τα αποτελέσματα των σχετικών αναλύσεων και υπολογισμών.

Η ομογενοποίηση της μάζας των τοίχων (με διαδικασία ενέσεων, υπό ελεγχόμενη πίεση) εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο σε περιπτώσεις τοιχοδομής μικτής κατά πάχος, π.χ. δίστρωτης χωρίς ή με αραιά διάτονα λιθοσώματα ή τρίστρωτης αργολιθοδομής, ενώ, σε περιπτώσεις αποδεδειγμένης και εκτεταμένης εσωτερικής αποκόλλησης, συνιστάται να εφαρμόζεται μετά την σύνδεση των παρειών των τοίχων (§ 8.9.2) ή την τοπική ανακατασκευή τυχόν διογκωμένων παρειών ή την λήψη μέτρων αντιστήριξης της εξωτερικής παρειάς προς αποφυγή διάρρηξης της τοιχοποιίας λόγω της υδροστατικής πίεσης κατά την εφαρμογή της τεχνικής.

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται και σε μονόστρωτες τοιχοποιίες ή δίστρωτες με πυκνά διάτονα λιθοσώματα, όταν υπάρχουν κενά και ασυνέχειες στο κονίαμα δόμησης των αρμών ή στις διεπιφάνειες με τα λιθοσώματα, οι οποίες υπήρχαν εξαρχής λόγω πλημμελούς δόμησης ή έχουν δημιουργηθεί λόγω μηχανικών ή άλλων δράσεων.

Τρίστρωτες

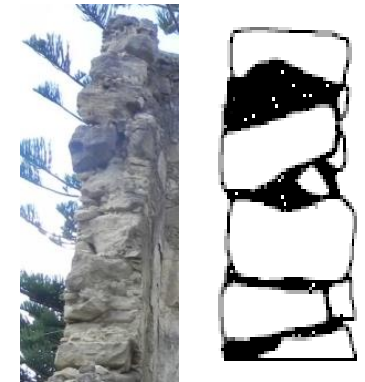


Δίστρωτες



Πηγή: Ε. Τσακανίκα

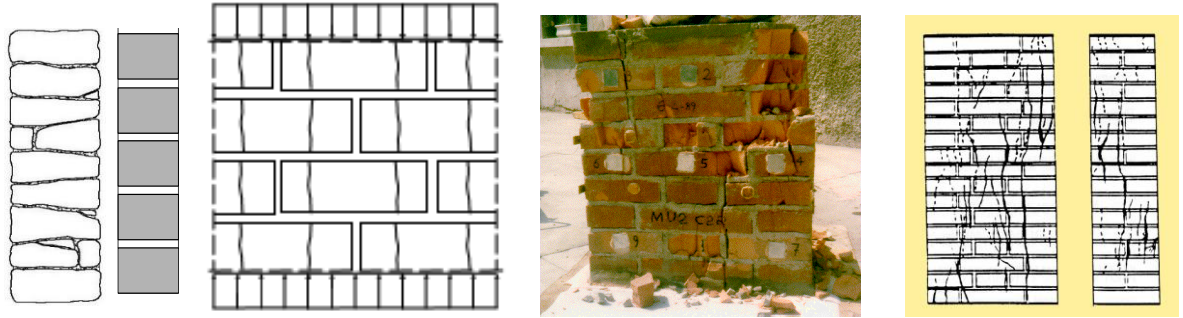
Μονόστρωτες



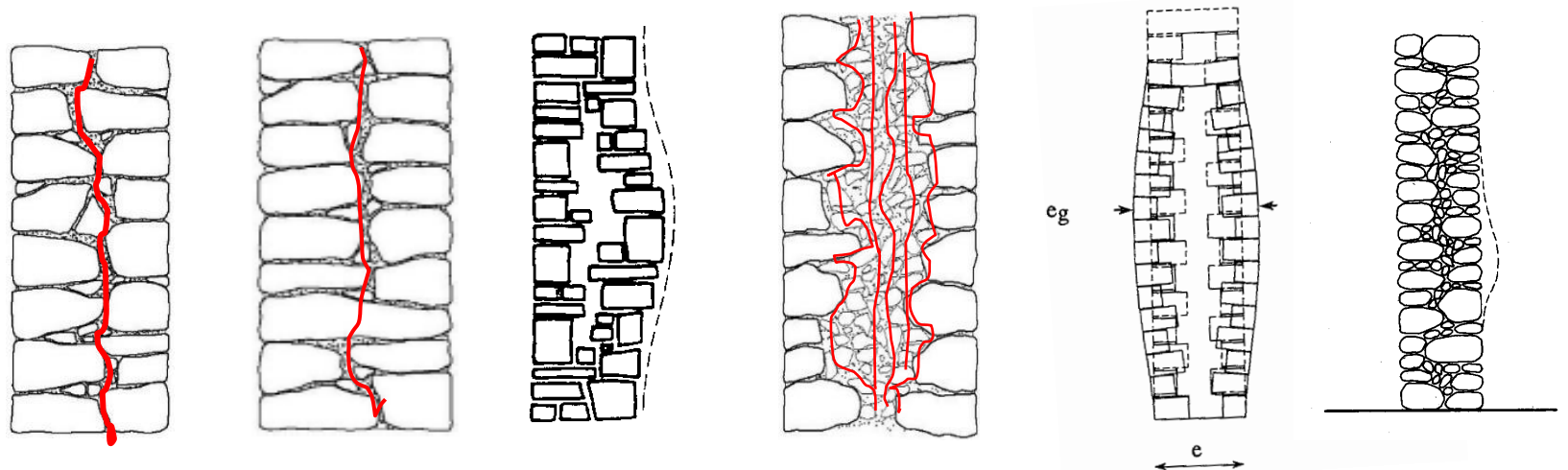
Πηγή: Ε. Τσακανίκα

Η μορφολογία της αστοχίας μια τοιχοποιίας υπό θλίψη

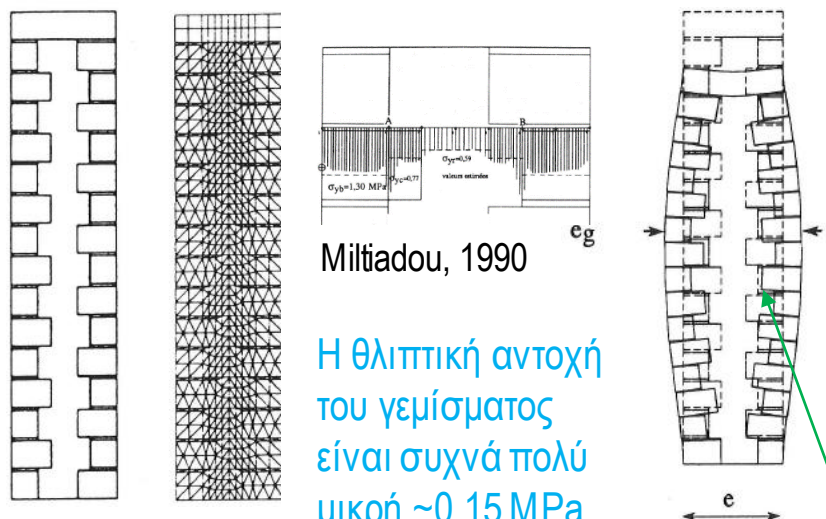
- **Μονόστρωτη:** κατακόρυφες ρηγματώσεις λόγω εγκάρσιων εφελκυσμών και διόγκωσης οι οποίες διαπερνούν τους αρμούς του κονιάματος, ή και τα λιθοσώματα.



- Στην περίπτωση **δίστρωτης ή τρίστρωτης** λιθοδομής, παρατηρείται κατακόρυφο επίπεδο ρηγμάτωσης – διαχωρισμού κατά το πάχος του τοίχου που εκδηλώνεται με μονόπλευρο ή αμφίπλευρο φούσκωμα της τοιχοποιίας. Οι ρωγμές διαπερνούν τόσο τους αρμούς κονιάματος και το υλικό πληρώσεως, όσο και τα λιθοσώματα

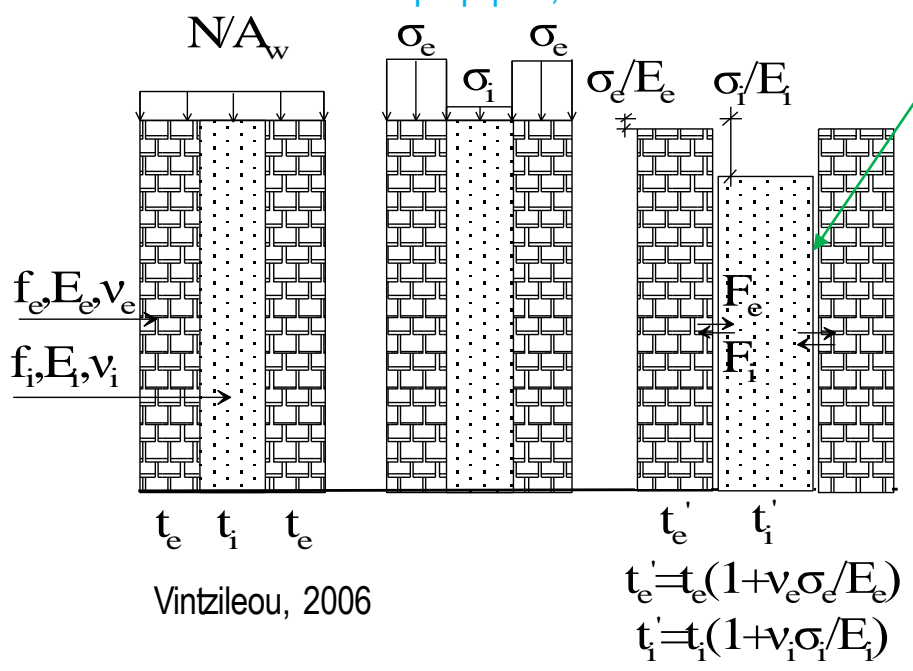


ΕΝΕΜΑΤΑ: ΥΠΕΝΘΥΜΙΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ



Η θλιπτική αντοχή του γέμισματος είναι συχνά πολύ μικρή $\sim 0,15 \text{ MPa}$

Παρά την ομοιόμορφη κατανομή του φορτίου σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας, **οι πιο ισχυρές εξωτερικές παρειές αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου**, ενώ **το ασθενές γέμισμα αναλαμβάνει μικρότερες θλιπτικές τάσεις**. Όμως **το γέμισμα παραμορφώνεται περισσότερο από τις εξωτερικές παρειές** και **κατακόρυφα και οριζόντια και ασκεί προς τα έξω οριζόντιες τάσεις στις εξωτερικές παρειές**. Επομένως **οι εξωτερικές παρειές υποβάλλονται ταυτόχρονα σε σημαντικές κατακόρυφες και οριζόντιες τάσεις**.



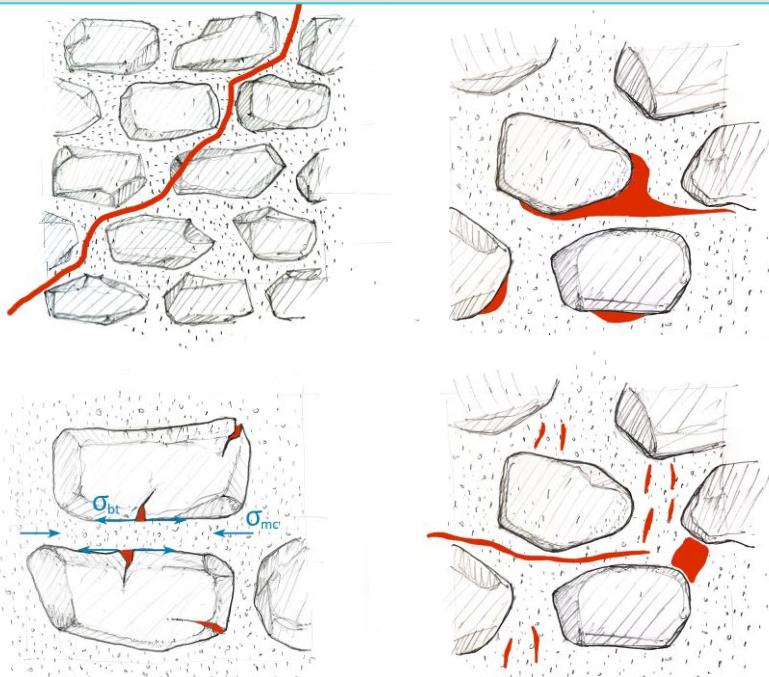
Όταν ξεπεραστεί η αντοχή σε συνάφεια, τότε οι εξωτερικές παρειές αστοχούν σε εκτός επιπέδου κάμψη!
Δημιουργούνται επομένως ρωγμές και ασυνέχειες πολύ μικρού εύρους

Η ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΜΕ ΕΝΕΜΑΤΑ ΣΤΟΧΕΥΕΙ ΣΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ ΑΥΤΩΝ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΝ

ΕΝΕΜΑΤΑ: Γιατί μας ενδιαφέρουν οι λεπτές ρωγμές και ασυνέχειες;

- a) Περιοχές γενικευμένων εφελκυστικών ή διατμητικών ρωγμών
- b) Στις διεπιφάνειες λιθοσωμάτων- κονιάματος- υλικού πλήρωσης
- c) Στα λιθοσώματα
- d) Στο εσωτερικό του κονιάματος ή του υλικού πλήρωσης

ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΛΗΘΟΣ
ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ



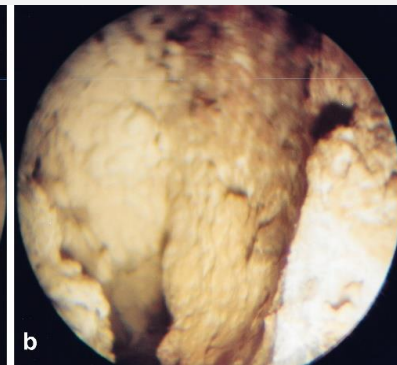
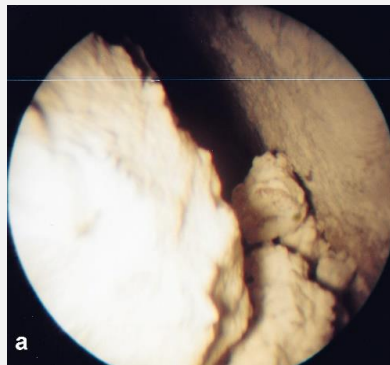
Miltiadou-Fezans, Tassios 2022

- Η πλήρωση τους με κατάλληλο ένεμα μπορεί να οδηγήσει σε **σημαντική βελτίωση της συμπεριφοράς**.
- Αρκεί δε **η πλήρωση των ασυνεχειών εύρους μεγαλύτερου από 0,1-0,3 mm**.
- Επιτυγχάνεται επομένως **αύξηση αντοχών χωρίς να παρεμποδίζεται η αναπνοή της τοιχοποιίας**
- Επιπλέον, αποτελούν **υποχρεωτικό πέρασμα** για την προσέγγιση άλλων μεγαλύτερου εύρους κενών

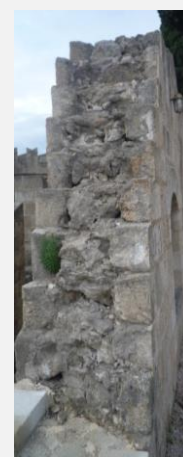
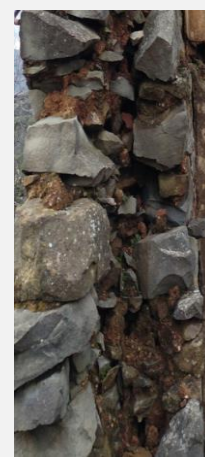
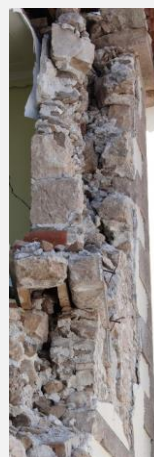
Επειδή δε τα υδραυλικά ενέματα έχουν κόκκους **ο Μηχανικός** καλείται να εκτιμήσει για την εκάστοτε τοιχοποιία το **ελάχιστο ονομαστικό εύρος των προς πλήρωση ρωγμών W_{nom}** (ΚΑΔΕΤ: μπορεί να λαμβάνεται $\sim 0.25mm$).

ΕΝΕΜΑΤΑ: Γιατί μας ενδιαφέρουν οι λεπτές ρωγμές και ασυνέχειες;

Συνύπαρξη μεγάλου και μικρού εύρους ρωγμών και ασυνεχειών



Εκτίμηση από το Μηχανικό του W_{nom} :
ονομαστικού εύρους των ρωγμών



Απαιτείται ολιστικός και ορθολογικός σχεδιασμός του ενέματος και των ενέσεων

Υδραυλικά ενέματα: κατάλληλες τριμερείς συνθέσεις με χαμηλό ποσοστό τσιμέντου ή ενέματα με βάση την υδραυλική άσβεστο

4. Ο σχεδιασμός της κατάλληλης σύνθεσης προκειμένου να εξασφαλιστούν:
- υψηλή ενεσιμότητα, ώστε το ένεμα να είναι ικανό να διεισδύσει σε εύρος ρωγμών και κενών μεγαλύτερο ή ίσο με το ελάχιστο ονομαστικό εύρος, όπως αυτό εκτιμάται για την τοιχοδομή με αξιοποίηση των διερευνήσεων του Κεφ. 3 από τον Μελετητή,
 - κατάλληλες αντοχές: υψηλή σε εφελκυσμό ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή συνάφεια με τα υφιστάμενα υλικά της τοιχοποιίας και χαμηλή σε θλίψη -κατά το δυνατόν, σύμφωνα και με τον στόχο της ενίσχυσης- ώστε η εφαρμογή των ενεμάτων να μην προσδώσει υπέρμετρα υψηλή δυσκαμψία,
 - φυσικοχημική ανθεκτικότητα υπό τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες και αποφυγή εσωτερικής χημικής ασυμβατότητας με τα υφιστάμενα υλικά και τα τυχόν νοσογόνα στοιχεία του περιβάλλοντος, τα οποία έχουν διεισδύσει στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.

Ενεσιμότητα (υψηλή διεισδυτικότητα, ρευστότητα και σταθερότητα) ώστε να πληρώνονται οι ρωγμές και ασυνέχειες με ευρος $\geq W_{nom.}$ υπό χαμηλή πίεση,

Αντοχή: επαρκής βελτίωση μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας

Ανθεκτικότητα και συμβατότητα με τα κατά χώραν υλικά

ΕΝΕΜΑΤΑ: ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

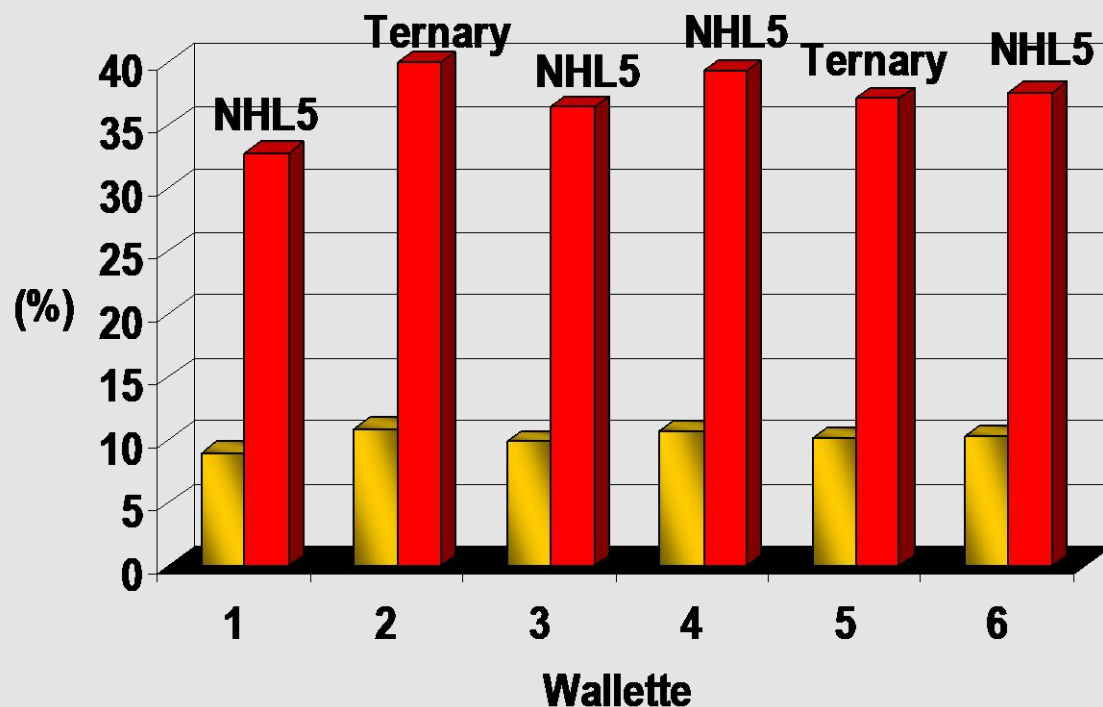
Ερευνητικό Πρόγραμμα ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟΑ με ΕΩΣ/ ΕΜΠ για το Καθολικό της Μονής Δαφνίου



Vintzileou E., Miltiadou-Fezans A.: "Mechanical properties of three-leaf stone masonry grouted with ternary or hydraulic lime-based grouts", *Engineering Structures*, Volume 30, Issue 8, August 2008, Pages 2265-2276

ΕΝΕΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μεθοδολογία εφαρμογής των ενεμάτων στους τοιχίσκους **επέτρεψε την μέτρηση της κατανάλωσης του ενέματος ανά τοιχίσκο**



Επιβεβαίωση της αρχικής εκτίμησης ~ 40% κενών του υλικού πλήρωσης ή 10% του συνολικού όγκου του τοιχίσκου

- Volume of voids/Total volume of wallette ~10%
- Volume of voids/Volume of infill material ~40%

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΥΤΗΣ

- Αποτελεσματικός σχεδιασμός σταθερών, ρευστών και υψηλής διεισδυτικότητας ενεμάτων και τρόπου εφαρμογής τους:
Και τα δύο ενέματα αποδείχτηκαν ικανά να διεισδύσουν και να γεμίσουν κενά και ρωγμές μικρού εύρους

- Από μηχανικής απόψεως, και με τα δύο ενέματα επιτυγχάνεται:
 - ✓ Σημαντική αύξηση της θλιπτικής και εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας.
 - ✓ Ομογενοποίηση της τοιχοποιίας και σημαντική καθυστέρηση του διαχωρισμού των εξωτερικών στρώσεων από το υλικό πλήρωσης
 - ✓ Αύξηση της αντοχής χωρίς σημαντική αύξηση της δυσκαμψίας της τοιχοποιίας.

- Επιλογή της χρήσης ενέματος με βάση την υδραυλική άσβεστο στο Καθολικό της Ι.Μ. Δαφνίου : Σημαντική αύξηση της (θλιπτικής και εφελκυστικής) αντοχής στους ενισχυμένους τοιχίσκους + Περισσότερο πλάσιμη συμπεριφορά υπό διαγώνια θλίψη.

Αποτελέσματα δοκιμών σε θλίψη: Τάση vs. Κατακόρυφη παραμόρφωση

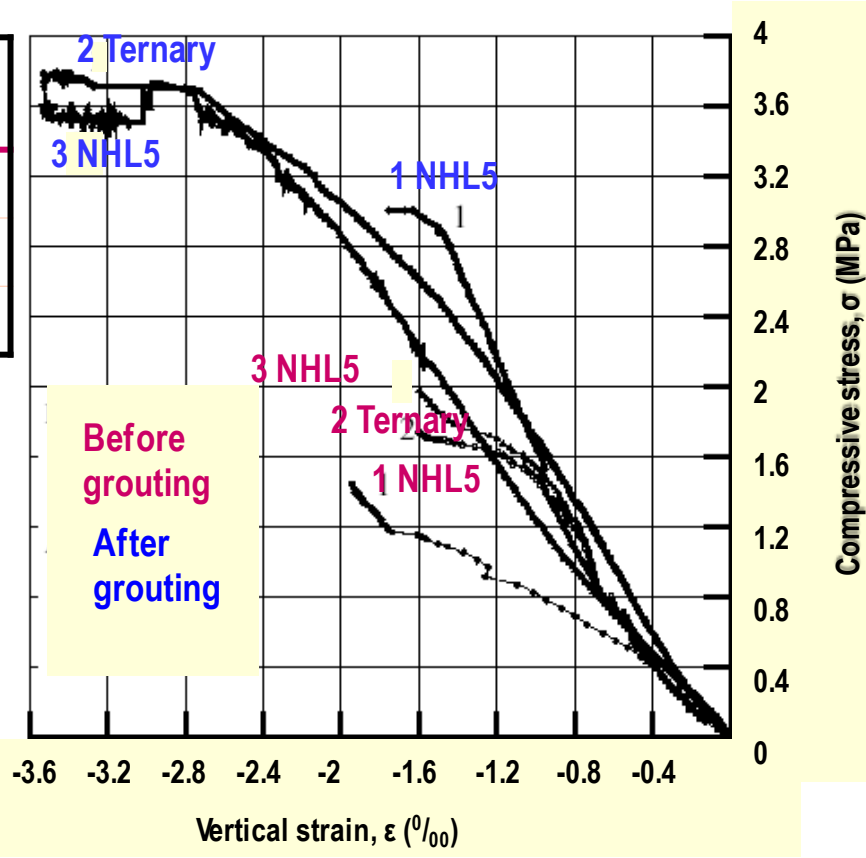
W	f_{w0} (MPa)	f_{ws} (MPa)	$\frac{f_{ws}}{f_{w0}}$	ϵ_{v0} (0/00)	ϵ_{vs} (0/00)	E_0 (MPa)	E_s (MPa)
1	1.82	3.00	1.65	*	-1.76	1,000	1,200
2	1.74	3.75	2.16	-1.60	-2.50	1,440	1,550
3	2.26	3.73	1.65	-2.25	-3.39	1,500	1,300

Σημαντική αύξηση της αντοχής:

- Ένεμα NHL5 : $f_{wc,s}$ κατά 65% > $f_{wc,i}$
- Τριμερές ένεμα: $f_{wc,s}$ κατά 116% > $f_{wc,i}$

Η τελική αντοχή η οποία επιτυγχάνεται και στις δύο περιπτώσεις δεν διαφέρει σημαντικά.

Χωρίς σημαντική αύξηση της δυσκαμψίας της τοιχοποιίας.



Η θλιπτική αντοχή παρουσιάζεται σε σημαντικά μεγαλύτερη κατακόρυφη παραμόρφωση σε σύγκριση με αυτή πριν τα ένεμα

Μεγάλη μείωση του εύρους των ρωγμών και στις δυο κατευθύνσεις.



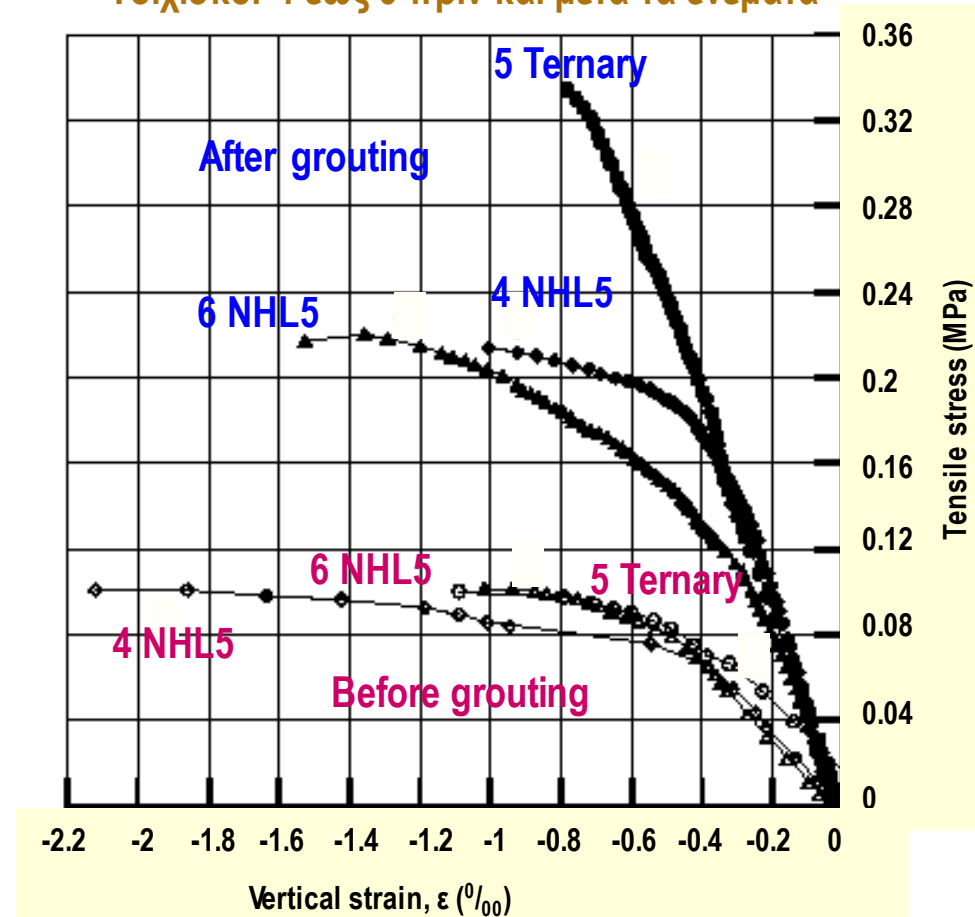
Αποτελέσματα μηχανικών δοκιμών σε διαγώνια θλίψη: αντοχή vs. Κατακόρυφης παραμόρφωσης

Εφελκυστική

Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας διπλασιάστηκε μετά την εφαρμογή του ενέματος της υδραυλικής ασβέστου

Η χρήση του τριμερούς ενέματος τριπλασίασε την εφελκυστική αντοχή.

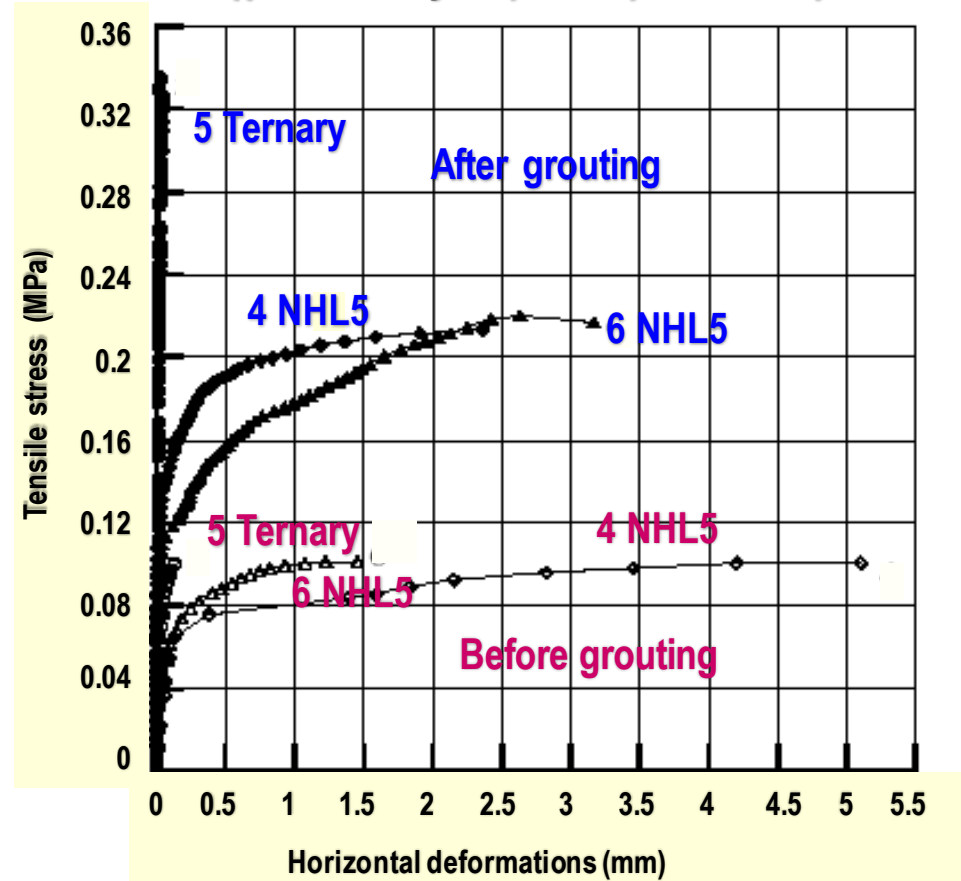
Τοιχίσκοι 4 έως 6 πριν και μετά τα ενέματα



Αποτελέσματα μηχανικών δοκιμών σε διαγώνια θλίψη: Εφελκυστική αντοχή – Εύρος ρωγμών

Το τριμερές ένεμα οδήγησε σε κατά κάποιο τρόπο ψαθυρή συμπεριφορά, αφού η αστοχία του Τοιχίσκου 5 εμφανίστηκε κάτω από μικρή κατακόρυφη παραμόρφωση ενώ η διεύρυνση των κατακορύφων ρωγμών ήταν πολύ απότομη.

Τοιχίσκοι 4 έως 6 πριν και μετά τα ενέματα



Εφελκυστική αντοχή – εύρος ρωγμών στο μέσον του ύψους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΘΛΙΨΗ: ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ – ΕΥΡΟΣ ΡΩΓΜΩΝ



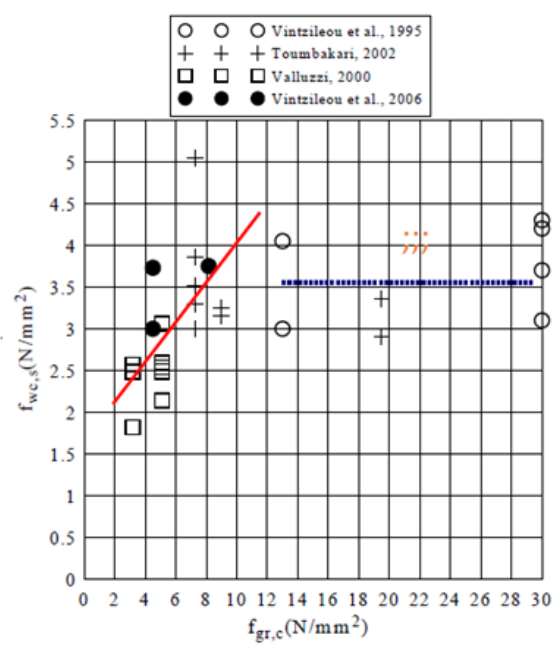
Τοιχίσκος 5 ενισχυμένος με τριμερές
ένεμα λευκού τσιμέντου Δανίας
(30%)– υδρασβέστου (25%)-
ποζολάνης (45%)-1%SP- Νερό 80%
0,1 MPa → 0,33 MPa

Το τριμερές
ένεμα
οδήγησε
σε κατά κάποιο
τρόπο
ψαθυρή
συμπεριφορά

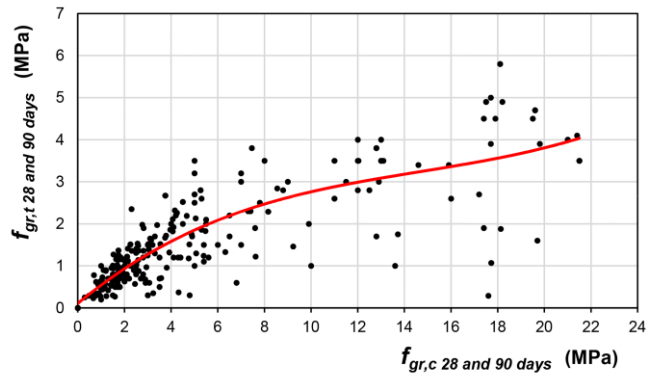
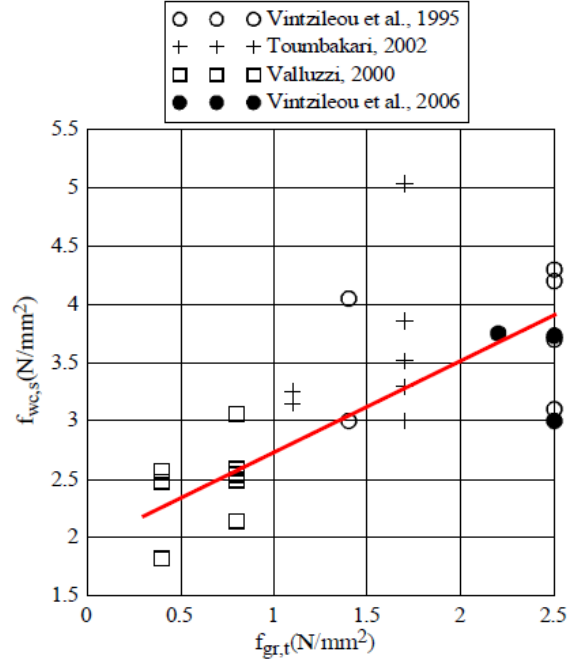


Τοιχίσκος 4 ενισχυμένος με
ένεμα υδραυλικής ασβέστου
NHL5 – 1%SP-Νερό 80%
0,1 MPa → 0,22 MPa

Μηχανικά χαρακτηριστικά μετά τα ενέματα από πολλές σχετικές έρευνες



Βιντζηλαίου, 2011



Μιλτιάδου-Fezans – Τάσιος, 2022

Από τα πειράματα αυτά προκύπτει

- γιατί δεν χρειαζόμαστε τα τσιμεντενέματα
- Και προτιμώνται τριμερείς συνθέσεις με μικρό ποσοστό τσιμέντου ή ενέματα υδραυλικής ασβέστου



ΕΝΕΜΑΤΑ: Δοκιμές σε Βυζαντινό Σταυροθόλιο στη σεισμική τράπεζα

Διερεύνηση επίδρασης των ενεμάτων στη συμπεριφορά κατασκευών από τοιχοποιία



**ΚΑΘΟΛΙΚΟ ΜΟΝΗΣ ΔΑΦΝΙΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΟΥ ΣΤΑΥΡΟΘΟΛΙΟΥ
ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΟΥ ΕΜΠ, ΠΡΙΝ ΚΑΙ
ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΕΜΑΤΩΝ**



ΕΝΕΜΑΤΑ: Δοκιμές σε διώροφα σπιτάκια στη σεισμική τράπεζα

Πειράματα σε σπιτάκια από τοιχοποιία με ξύλινα πατώματα που έγιναν στο ΕΜΠ

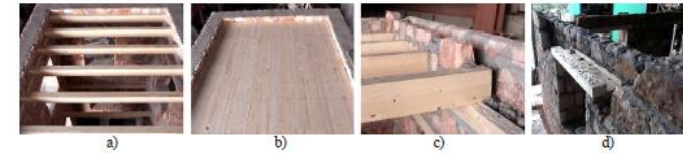


Fig. 2 Structural details of the wooden floor

Vintzileou et al. 2015

2.2. Test setup

The tests were carried out on the shaking table facility of the LEE/NTUA. The specimen was securely fastened on the shaking table through a rigid steel base. The instrumentation used in the shaking table experiments was designed to measure the accelerations and absolute displacements along X and Y directions at both levels during each test; their locations are shown in Figure 3. The self weight of the model was approximately equal to 14.5 Mgr. Additional masses (7.5 Mgr) were placed on the two floors, namely, 4.5 Mgr and 3M gr on the floor of the 1st and 2nd level respectively.

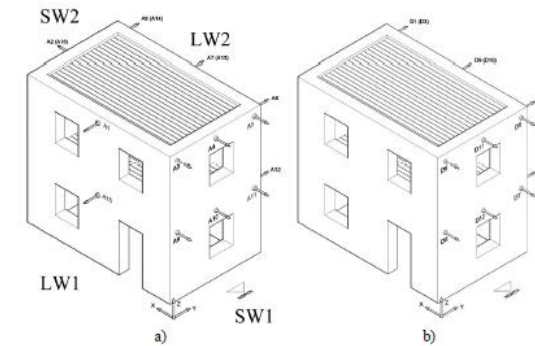
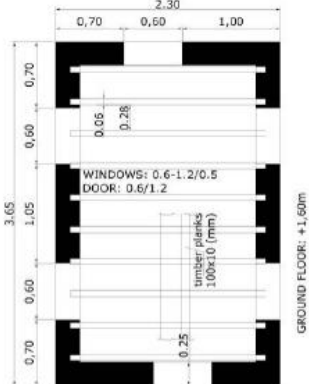


Fig. 3 Measurement points of a) acceleration and b) displacement

FLOOR PLAN: +3,20m



a)



b)

Fig. 1 a) Typical plan; b) The two storey building model on the shaking table

Table 2 As-built model (BS). Test protocol

No. of test	Excitation	Direction of excitation	Scale of original record	Base acceleration [g]	
				X	Y
1BS	Sine	X	-	-	-
2BS	Sine	Y	-	-	-
3BS	Kalamata	X&Y	15%	0.04	0.037
4BS	Kalamata	X&Y	30%	0.10	0.09
5BS	Kalamata	X&Y	45%	0.14	0.13
6BS	Kalamata	X&Y	60%	0.18	0.16
7BS	Kalamata	X&Y	75%	0.22	0.21
8BS	Kalamata	X&Y	90%	0.29	0.24

Table 3 Strengthened model (AS). Test protocol

No. of test	Excitation	Direction of excitation	Scale of original record	Base acceleration [g]	
				X	Y
1AS	Sine	X	-	-	-
2AS	Sine	Y	-	-	-
3AS	Kalamata	X&Y	15%	0.04	0.04
4AS	Kalamata	X&Y	30%	0.10	0.09
5AS	Kalamata	X&Y	45%	0.14	0.13
6AS	Kalamata	X&Y	60%	0.19	0.17
7AS	Kalamata	X&Y	75%	0.23	0.20
8AS	Kalamata	X&Y	90%	0.29	0.25
9AS	Kalamata	X&Y	100%	0.33	0.27
10AS	Kalamata	X&Y	120%	0.40	0.32
11AS	Kalamata	X&Y	140%	0.49	0.37
12AS	Kalamata	X&Y	160%	0.55	0.39
13AS	Irpinia	X&Y	100%	0.16	0.16
14AS	Irpinia	X&Y	200%	0.34	0.29
15AS	Irpinia	X&Y	300%	0.48	0.43
16AS	Irpinia	X&Y	400%	0.62	0.72
17AS	Irpinia	X&Y	400%R	0.54	0.66

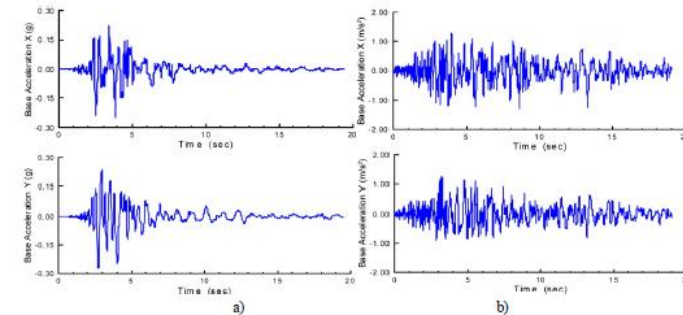


Fig. 4 Base acceleration time histories along X & Y direction for a) Kalamata earthquake and b) Irpinia earthquake

ΕΝΕΜΑΤΑ: Δοκιμές σε διώροφα σπιτάκια στη σεισμική τράπεζα

Table 4 Main mechanical and injectability characteristics of grout

Composition [%-wt]				Mechanical properties		
NHL5	P*	SP**	water	age [days]	f_{gc}^{***} [MPa]	$f_{g,d}^{****}$ [MPa]
90	10	0.70	82.5	28	1.70	0.60
				90	2.90	0.60
Injectability characteristics						
T ₃₆ Sand column 1.25/2.00 mm				Marsch Cone t ₄ =4.7 mm		Bleeding [%]
16.39 [s]				25.30 [s]		2

* Pozzolan, ** Superplasticizer, *** Compressive strength, **** Flexural strength

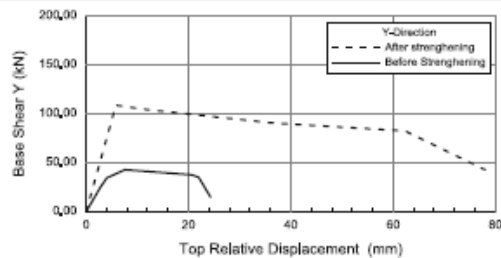


Fig. 5 Grouting of three-leaf masonry walls



Fig. 6 Strengthened model a) general view and b) view from the top

Fig. 8.35 Envelop of hysteresis loops for a plain masonry building model tested on the shaking table before and after strengthening (Mouzakis et al. 2012a)



Vintzileou et al. 2015

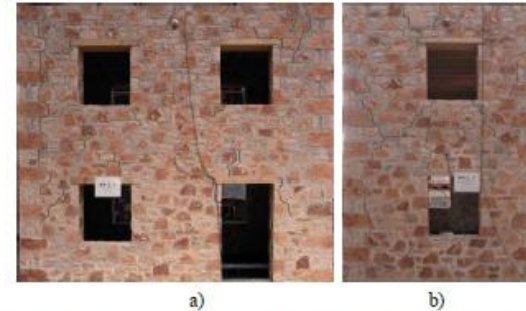


Fig. 8 As built specimen. Observed damages at a) the long wall 1 (LW1) and b) the short wall 1 (SW2); at 90% of Kalamata earthquake

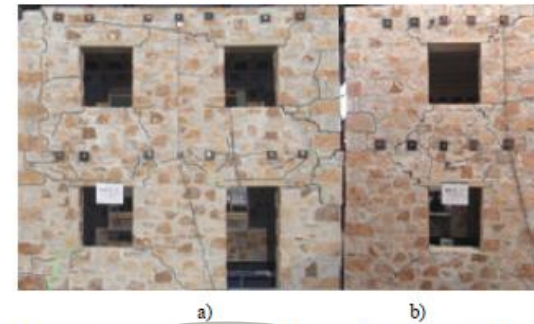


Fig. 9 Strengthened model. Observed damages at a) the long wall 1 (LW1) and b) the short wall 2 (SW2); at 400%R of Irpinia earthquake

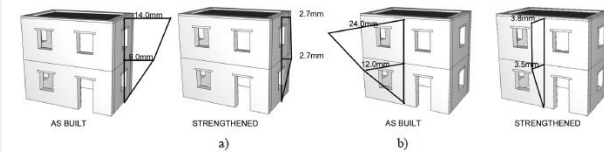


Fig. 13 Maximum displacement along a) X and b) Y direction of the as built and strengthened models; at 90% of Kalamata earthquake

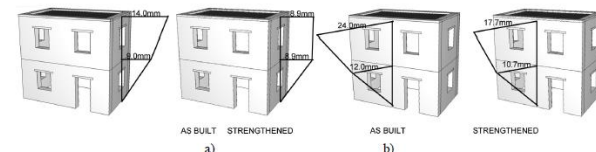


Fig. 14 Maximum displacement along a) X and b) Y direction of the as built model (at 90% of Kalamata earthquake) and strengthened model (at 400% of Irpinia earthquake)

ΕΝΕΜΑΤΑ: Δοκιμές σε διώροφα σπιτάκια στη σεισμική τράπεζα

Πειράματα σε σπιτάκια με τοιχοποιία ενισχυμένη με ξυλοδεσιές και ξύλινα πατώματα στο ΕΜΠ

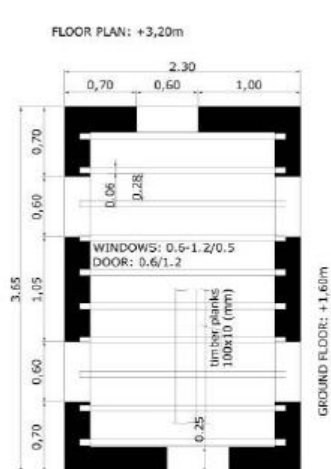


Fig. 1 Typical plan and picture of timber-laced specimen

Mouzakis et al. 2017



Στον ΚΑΔΕΤ δίδονται πολλές οδηγίες στα σχόλια του κανονισμού για τον **σχεδιασμό της κατάλληλης σύνθεσης και για τον τρόπο εφαρμογής και τον ποιοτικό έλεγχο του ενέματος και της εφαρμογής. (Σχόλια ΚΑΔΕΤ).**

Υπό τους όρους που ορίζονται στον ΚΑΔΕΤ **δίδονται σχέσεις** για την εκτίμηση των βελτιωμένων χαρακτηριστικών των ομογενοποιημένων τοιχοποιιών

A) για μονόστρωτες ή δίτρωτες τοιχοποιίες με διάτονα λιθοσώματα

B) για τρίστρωτες τοιχοποιίες

Συνιστάται να **μή χρησιμοποιείται ένεμα πολύ υψηλής θλιπτικής αντοχής** και να **μή λαμβάνεται υπόψη όγκος ενέματος μεγαλύτερος του 8 % του όγκου της τοιχοποιίας ή αύξηση αντοχής μεγαλύτερη του 50 % της αντοχής προ των ενεμάτων για τις μονόστρωτες /δίτρωτες τοιχοποιίες**, και για **τις τρίστρωτες αντίστοιχα να μή λαμβάνεται υπόψη όγκος ενέματος μεγαλύτερος του 15% του όγκου της τοιχοποιίας, ή αύξηση αντοχής μεγαλύτερη του 100 % της αντοχής προ των ενεμάτων (κρατείται το δυσμενέστερο όριο).**

ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗΣ

- ✓ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΝΕΜΑΤΟΣ
- ✓ ΤΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΡΩΓΜΩΝ ΚΑΙ ΚΕΝΩΝ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
- ✓ ΤΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

ΣΧΟΛΙΑ
ΚΑΔΕΤ

ΕΤΕΠ
14-02-04

«ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΝ»

Miltiadou-Fezans and Tassios (2022): Mix design and application of hydraulic grouts for masonry strengthening, Springer 2022

Μιλτιάδου-Fezans & Τάσιος: Πρακτικά 3^{ου} Εθνικού Συνεδρίου “Ηπιες επεμβάσεις για την προστασία των ιστορικών κατασκευών”, Θεσσαλονίκη 2009.

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ



- ✓ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΧΑΛΑΡΑ ΥΛΙΚΑ
- ✓ ΔΙΥΓΡΑΝΣΗ
- ✓ ΛΙΘΟΣΥΡΡΑΦΕΣ
- ✓ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΩΛΗΝΙΣΚΩΝ
- ✓ ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ ΟΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ



Απαραίτητη η αρίθμηση των σωληνίσκων και η αποτύπωσή τους σε σκαριφήματα



ΛΑΘΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΕΜΑΤΩΝ

Ταχύπηκτο τσιμέντο, έλλειψη κάθε έννοιας κανάβου,
αδιαφανείς σωληνίσκοι μεγάλης διαμέτρου, μη
επαρκές μήκος προεξέχοντος τμήματος, ...





**Τα κοινά
επιχρίσματα
πρέπει να
απομακρύνονται**



**Όταν υπάρχει τοιχογραφικός ή
ψηφιδωτός διάκοσμος ή
επιχρίσματα που πρέπει να
διατηρηθούν λαμβάνονται
κατάλληλα μέτρα και τα
ενέματα πραγματοποιούνται
χωρίς την απομάκρυνσή τους**



ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΝΕΡΟΥ

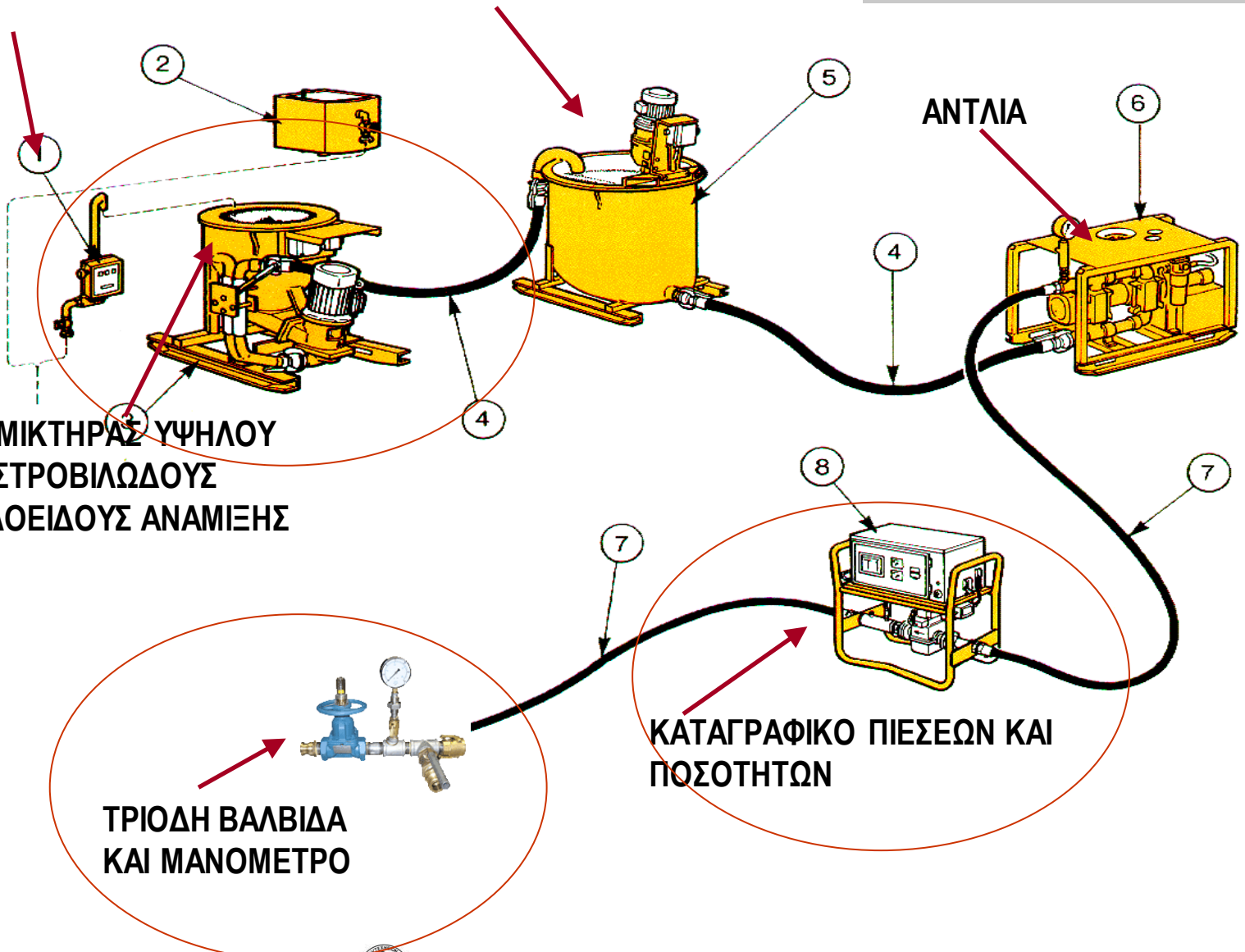
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑΣ

ΑΝΤΛΙΑ

ΑΝΑΜΙΚΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΟΥ
ΣΤΡΟΒΙΛΩΔΟΥΣ
ΚΟΛΛΟΕΙΔΟΥΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

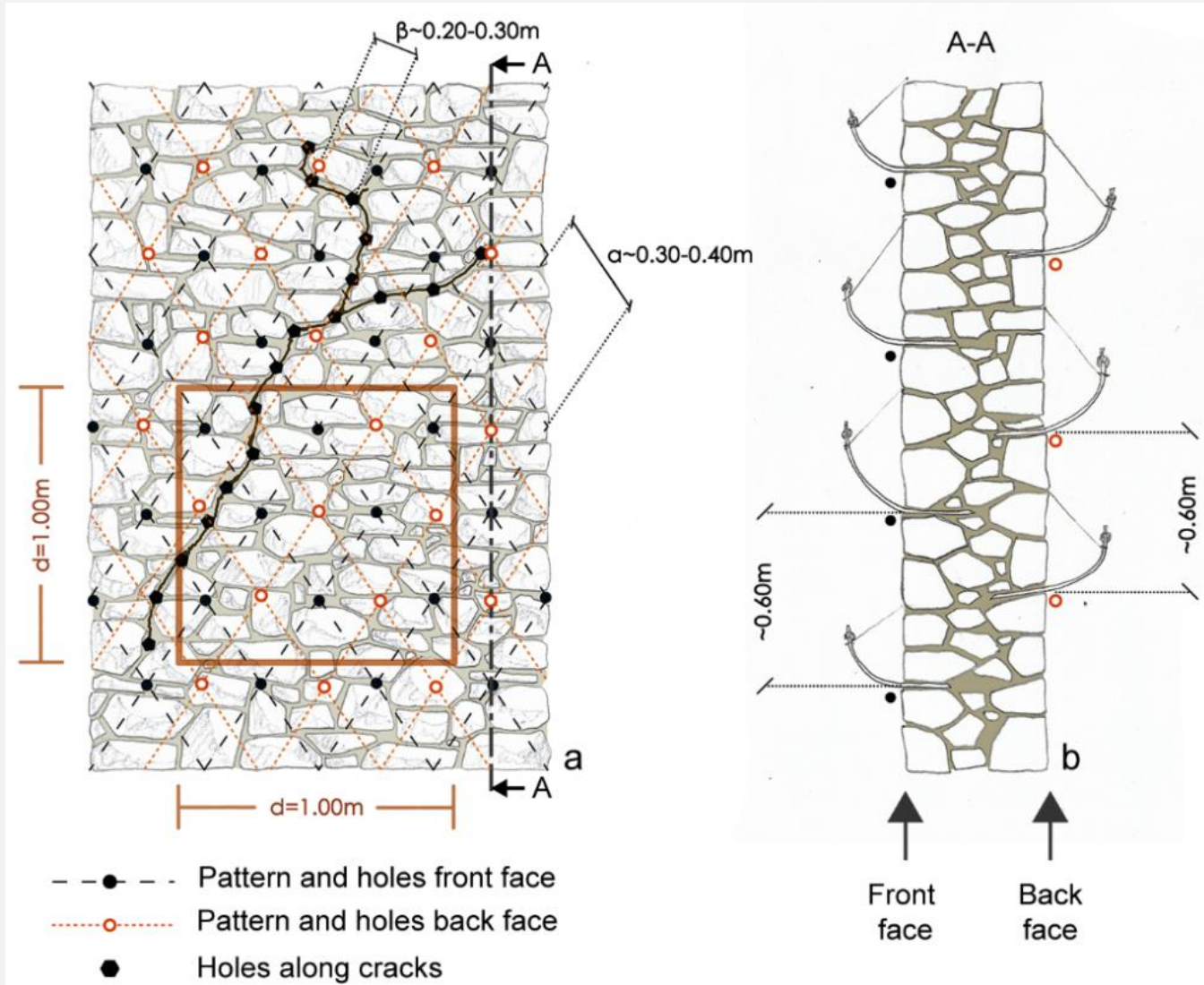
ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ ΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΙ
ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ

ΤΡΙΟΔΗ ΒΑΛΒΙΔΑ
ΚΑΙ ΜΑΝΟΜΕΤΡΟ



Προετοιμασία και εφαρμογή

Miltiadou-Fezans, Tassios 2022



Προετοιμασία και εφαρμογή



Τα ιστορικά
κονιάματα
διατηρούνται



Απαραίτητη η
αρίθμηση των
σωληνίσκων



Προετοιμασία και εφαρμογή

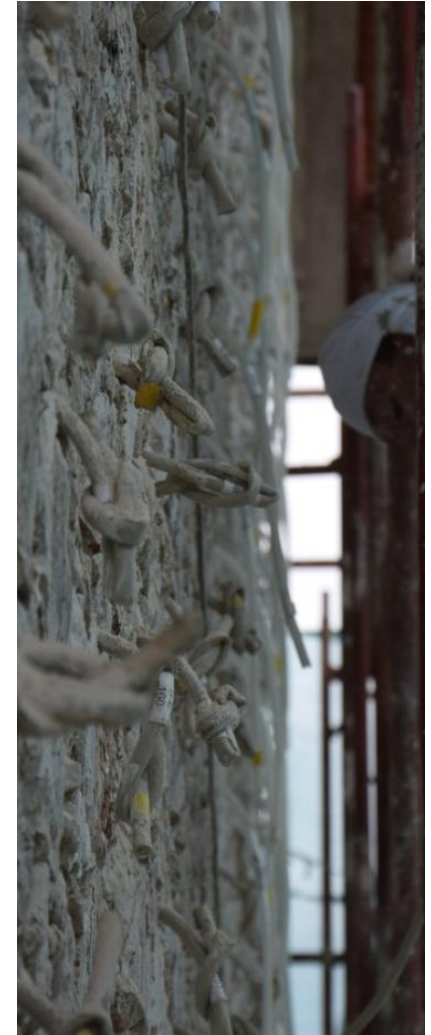
- Η ένεση αρχίζει από κάτω προς τα πάνω και δεν διακόπτεται για αλλαγή θέσεως εισόδου μέχρις ότου διαπιστωθεί αύξηση της πίεσεως ($>1\text{atm}$ στο ακροφύσιο) και αδυναμία εισόδου του ενέματος.
- Συνεχής παροχή ενέματος, αποφυγή διακοπής της ένεσης όταν τελειώνει το χαρμάνι (αναμικτήρας + αναδευτήρας).
- Απαιτείται έλεγχος της πίεσης εισόδου του ενέματος στην τοιχοποιία με **ευαίσθητα μανόμετρα** στο ακροφύσιο, **max 1atm**.
- Με τη χρήση τρίοδης βαλβίδας το ένεμα εκτονώνεται άμεσα σε βοηθητικό δοχείο



Εκτέλεση ενέσεων



Πηγή: Γραφείο μελετών Επίλυση



Ποιοτικός έλεγχος κατά την εφαρμογή



Εκτέλεση ενέσεων



Παλαιά
κονιάματα

**ΜΕ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΟΙ
ΣΩΛΗΝΙΣΚΟΙ ΑΦΑΙΡΟΥΝΤΑΙ ΔΕΝ
ΚΟΒΟΝΤΑΙ**

Οι θέσεις εξόδου του ενέματος σφραγίζονται αφού εξέλθει ο αέρας και τρέξει καθαρό ένεμα. Οι σωληνίσκοι στερεώνονται προς τα πάνω.

Διαρροές σφραγίζονται με ποζολάνη σε μορφή σκόνης ή πάστας. Όχι τσιμέντο



Ποιοτικός έλεγχος ενέματος

Τουλάχιστον 2 φορές την ημέρα μετρώνται

- ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΙΞΩΔΕΣ,
- Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΡΕΥΣΤΟΤΗΤΑΣ

- Η ΕΞΙΔΡΩΣΗ

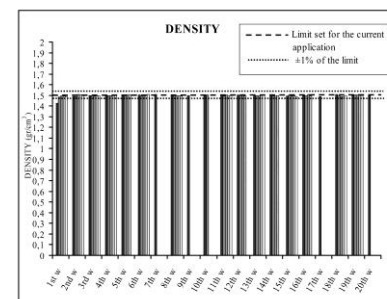
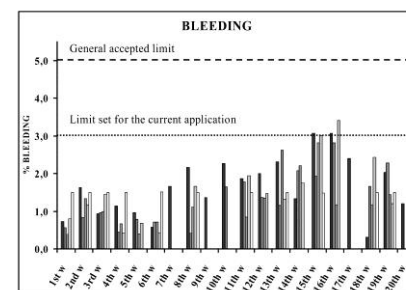
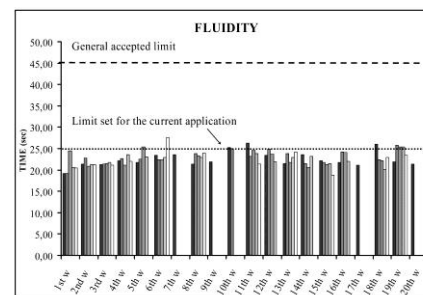
- Η ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΙΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟ ΕΚΡΟΕΣ

Σε τακτά χρονικά διαστήματα μετρώνται

- ΑΝΤΟΧΕΣ

ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΕΙΔΙΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ



Καθημερινές καταγραφές των ποσοτήτων που εισήχθησαν στην τοιχοποιία

- ✓ των θέσεων εξόδου του ενέματος που αντιστοιχούν σε κάθε είσοδο,
- ✓ του αντίστοιχου καταναλισκόμενου όγκου και
- ✓ των διακυμάνσεων των πιέσεων που αναπτύσσονται.

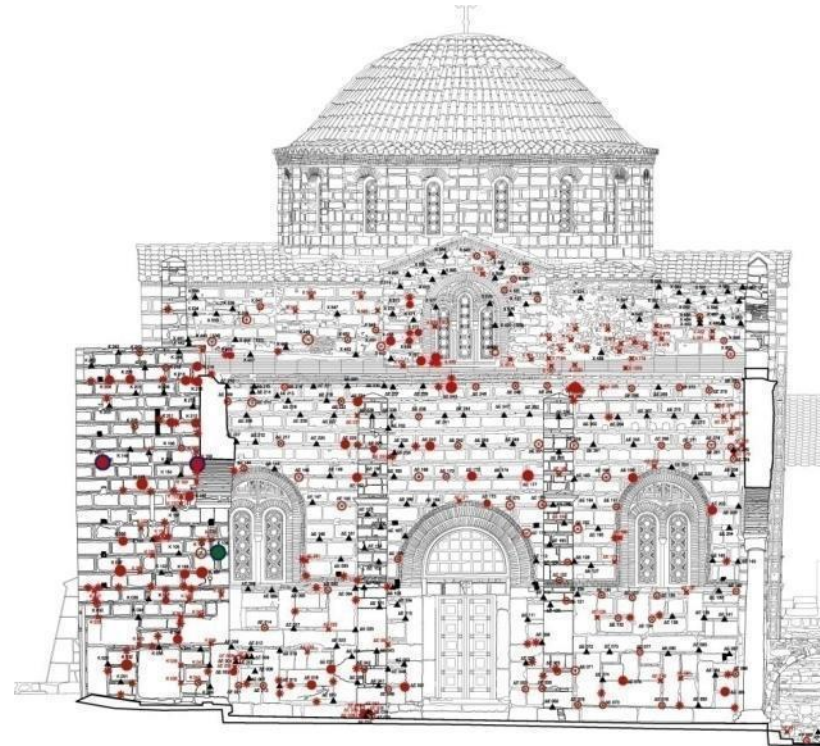
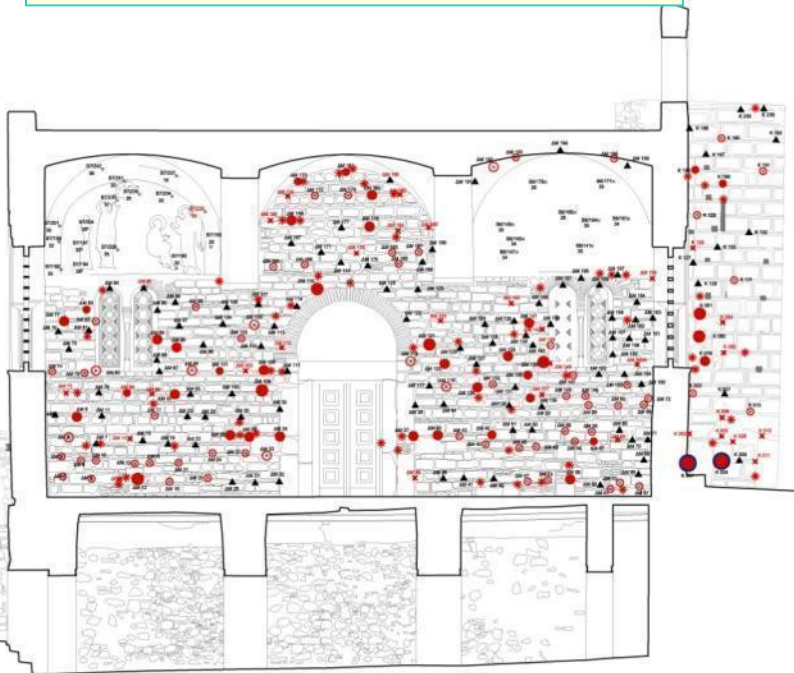


DAILY PROTOCOL OF INJECTION AT ENTRANCE TUBES					
Project:				Drawing or photo to note daily the position of grouting application	
Date:					
Code numbers of the batches:					
Number of page:					
N° of entrance tube	Code number of the outflow tube or location of leakage area	Times	Pressure at entrance tube (Atm)	Grout quantity entered (lit)	Uncontrolled areas of overflow
X14	-	10:00			
	AE18	10:01			
X29	-	10:20			
	XE32	10:21			



Σχεδιαστική απόδοση καταγραφής καταναλισκόμενου όγκου

Καθολικό Μονής Δαφνίου,
Δυτικός τοίχος



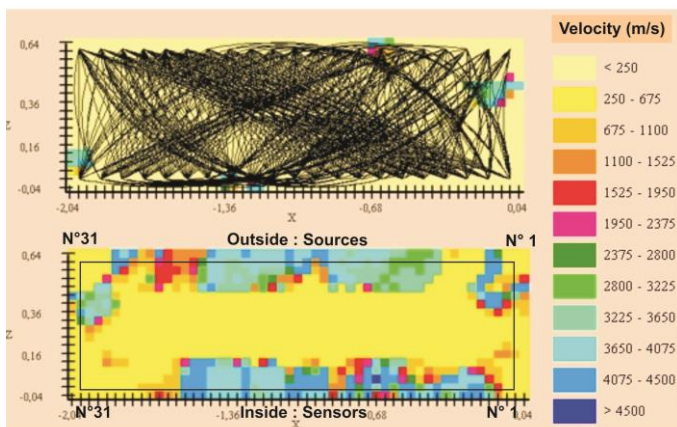
**Στην περίπτωση του δυτικού τοίχου ο όγκος του ενέματος ανήλθε περίπου στο 2,5-3,0 % του όγκου του τοίχου, ενώ στον ανατολικό τοίχο του 11ου αιώνα αυτός ανήλθε στο 6,5-7,0% του όγκου του τοίχου.
(ο τοίχος αυτός έχει ανακατασκευαστεί στα τέλη του 19^{ου} αιώνα).**

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

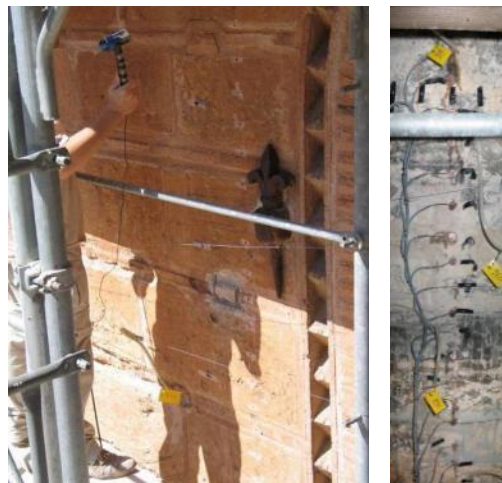


ΠΥΡΗΝΟΛΗΣΙΑ

ΗΧΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ



Χωρίς ενέματα



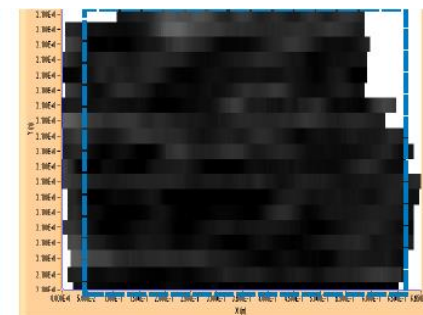
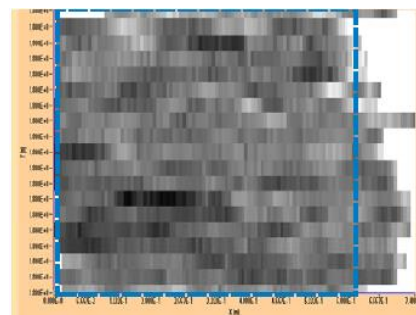
Καθολικό Μονής Δαφνίου

ΡΑΝΤΑΡ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

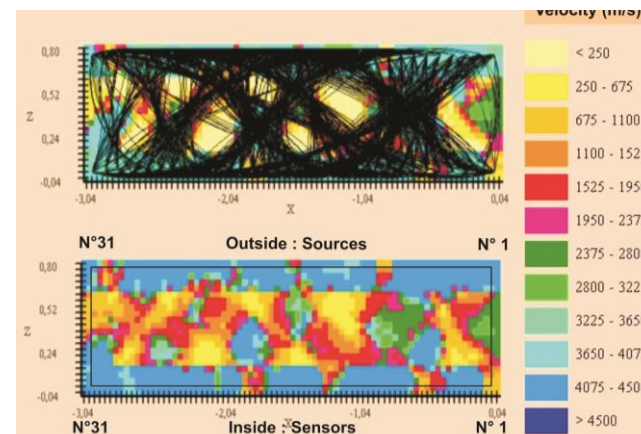
Ψηφιδωτό Ι.Μ. Δαφνίου

Πριν τα ενέματα

Μετά τα ενέματα



ΥΠΠΟ/ΔΙΤΕΑ + LCRC ΓΑΛΛΙΑΣ



Με ενέματα

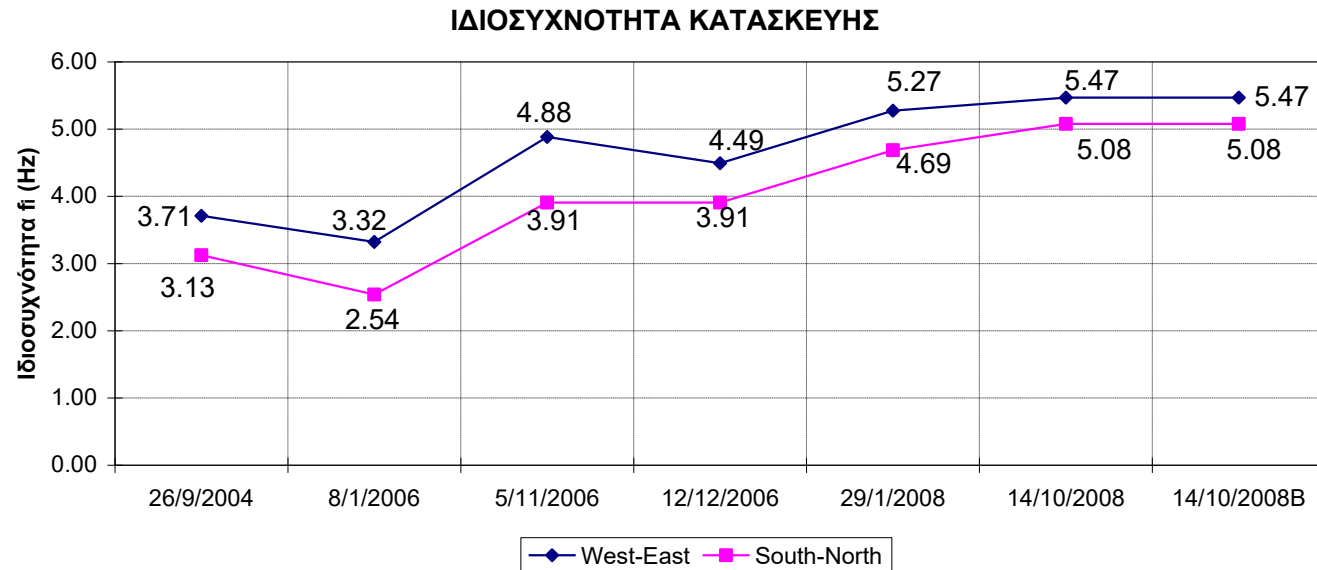
Συνεργασία με Εργαστήριο Αντισεισμικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ, Καθ. Χ. Μουζάκη

Από καταγραφές δυναμικών χαρακτηριστικών

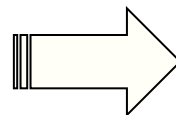
+

Από πειράματα αύξηση της αντοχής

- Αύξηση της ιδιοσυχνότητας,
- μείωση της ιδιοπεριόδου και
- μείωση της απόσβεσης
- παραμένουσα παραμόρφωση στη διεύθυνση Β-Ν



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ



ΓΙΑ ΤΟΝ ΙΔΙΟ ΣΕΙΣΜΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑ 70%

ΥΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΗ ΟΤΙ ΘΑ ΜΠΟΥΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ

ΕΝΕΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

Πηγή: Ε. Τσακανίκα



Ανακατασκευή λιθοδομών και ξυλοδεσιών και πραγματοποίηση αρμολογημάτων και ενεμάτων υδραυλικής ασβέστου, για την αποκατάσταση της νότιας όψης.

Τομή τριστρωτης αργολιθοδομής με πολλά κενά και ισχνό πηλοκονίαμα



Πηγή: Ε. Τσακανίκα

ΕΝΕΜΑΤΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

Μετά τις ανακτίσεις και την εφαρμογή αρμολογημάτων και ενεμάτων



Πηγή: Ε. Τσακανίκα

ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΣΑΚΑΝΙΚΑ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ELEFTHERIA TSAKANIKAS ASS. PROFESSOR



ΕΝΕΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

Μετά τα ενέματα: Η τοιχοποιία έγινε συμπαγής και οι παρειές συνδέθηκαν μεταξύ τους.



Πηγή: Ε. Τσακανίκα

ΕΝΕΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

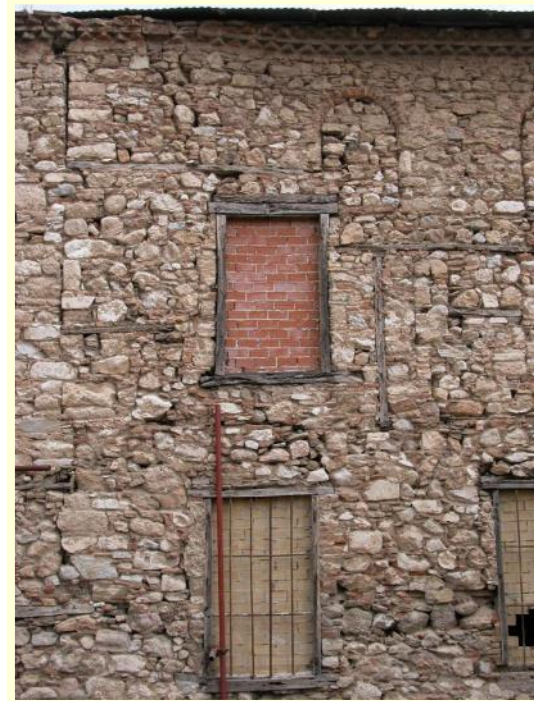
Εφικτή η διαμόρφωση ανοίγματος μετά τα ενέματα



Πηγή: Ε. Τσακανίκα

ΕΝΕΜΑΤΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

Μετά τα ενέματα και το τελικό αρμολόγημα,
η επέμβαση είναι απολύτως αφανής



ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΤΣΑΚΑΝΙΚΑ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ELEFTHERIA TSAKANIKAS ASS. PROFESSOR

Ο ΚΑΔΕΤ ΑΠΟΘΑΡΥΝΕΙ ΤΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΑΝΔΥΩΝ

8.9.7 ΜΑΝΔΥΕΣ

(α) Πρόκειται για πολύ επεμβατική τεχνική, η οποία εφαρμόζεται στην περίπτωση κατά την οποία η αποτίμηση του κτηρίου υποδεικνύει σημαντικό έλλειμμα φέρουσας ικανότητας των δομικών στοιχείων, έναντι της ζητούμενης.

(β) Οι αποτελεσματικοί (από απόψεως φέρουσας ικανότητας) αμφίπλευροι μανδύες έχουν σημαντική επίπτωση στη συμπεριφορά της τοιχοποιίας έναντι της κίνησης της υγρασίας και των υδρατμών, λόγω μείωσης της δυνατότητας διαπνοής του τοίχου. Αλλάζουν επομένως και την θερμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας.

(γ) Η επαρκής αγκύρωση των μανδύων, προϋπόθεση για την εξασφάλιση της συμβολής τους, οδηγεί σε μεταβολή των διαστάσεων των ανοιγμάτων, καθώς και της γεωμετρίας των εσωτερικών χώρων και των εξωτερικών διαστάσεων του κτηρίου.

(δ) Οι μανδύες αυξάνουν τη μάζα και τη δυσκαμψία, επομένως και τα σεισμικά φορτία. Σημαντική αύξηση της μάζας ενδέχεται να οδηγήσει στην ανάγκη επεμβάσεων και στη θεμελίωση.

Για τους λόγους αυτούς, η εφαρμογή αυτής της τεχνικής δεν προβλέπεται προκειμένου περί ιστορικών κτηρίων και μνημείων, δεν συνιστάται δε ούτε στην περίπτωση κτηρίων που δεν κατατάσσονται στις κατηγορίες των προστατευόμενων κατασκευών.

Όταν διαπιστώνεται σημαντική απόσταση μεταξύ σκοπούμενης και διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας, συνιστάται εναλλακτικώς η εφαρμογή άλλων επεμβάσεων, οι οποίες να βελτιώνουν την εν γένει συμπεριφορά του κτηρίου (όπως, π.χ. η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας των πατωμάτων και της στέγης, η κατασκευή νέων φερόντων στοιχείων στο εσωτερικό του κτηρίου ή η μετατροπή μη φερόντων στοιχείων σε φέροντα, κ.λπ.).

Πρέπει να συνδυάζονται με :

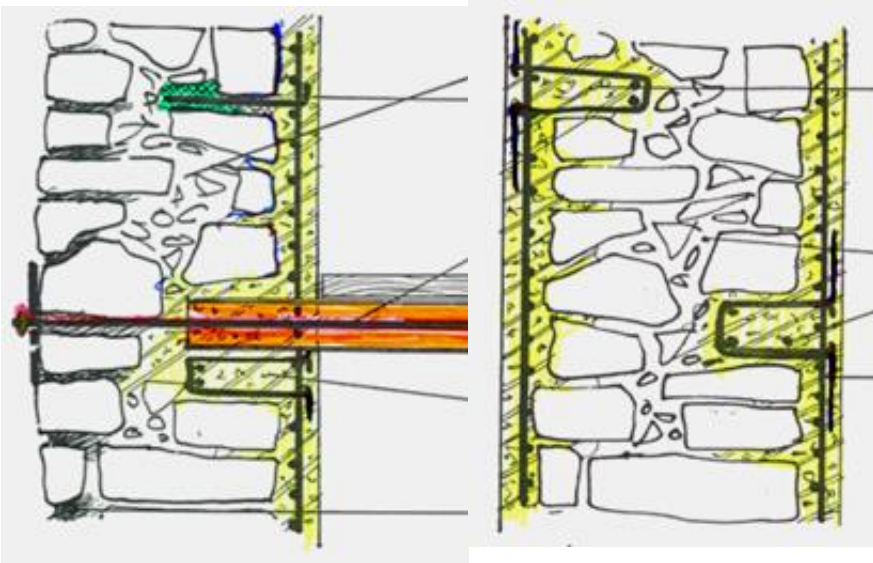
Βαθύ αρμολόγημα, κλειδιά συρραφής ανακτίσεις και ενέματα

ΜΑ ΑΝ ΓΙΝΟΥΝ ΟΛΑ ΑΥΤΑ ΧΡΕΙΑΖΟΝΤΑΙ ΜΑΝΔΥΕΣ;;

Μειώνεται η δυνατότητα διαπνοής

Μειώνεται η διάρκεια ζωής του κτηρίου λόγω και της μειωμένης ανθεκτικότητας

ΜΑΝΔΥΕΣ ΑΠΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ Ή ΧΥΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ: ΝΑ ΑΠΟΦΕΥΓΟΝΤΑΙ



ΜΟΝΟΠΛΕΥΡΟΙ ΜΑΝΔΥΕΣ Ή ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΔΕΝ ΣΥΝΙΣΤΩΝΤΑΙ

Απαιτείται καλή σύνδεση με τη λιθοδομή και τα πατώματα (βέλτιστη συνάφεια, βλήτρα, φωλεές, ...).



Αποκόλληση
μανδύα από
την
τοιχοποιία,
οξείδωση
οπλισμών

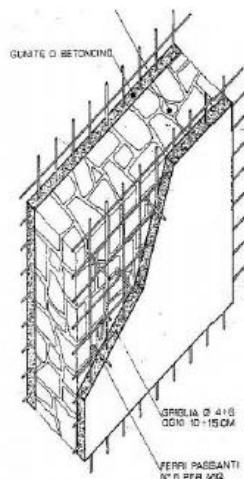
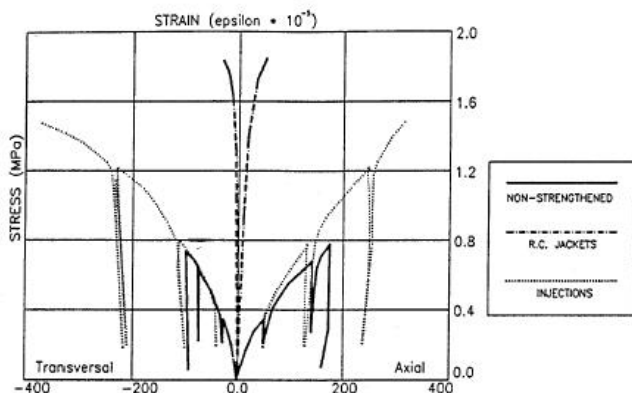


Πηγή: Ο. Σπυριδάκη

Νέο ιταλικό κανονισμό: η χρήση τους προτείνεται να περιορισθεί σε τοπικές επεμβάσεις όταν πράγματι δεν μπορεί να βρεθεί άλλη λύση. Η συστηματική χρήση δεν συνιστάται

Italian Guidelines – § 6 – Seismic Improvement and Intervention Techniques Criteria

- Jacketing:**
- scarce transversal connection
 - scarce efficacy in the corners
 - oxidation problems
 - high stiffness



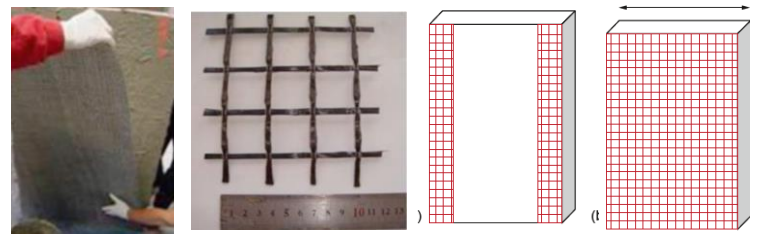
Πηγή: Prof. Modena



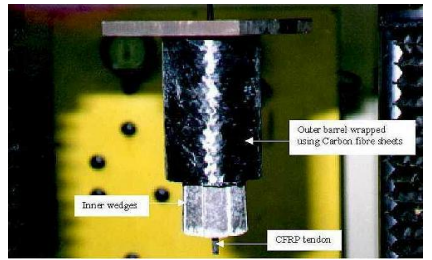
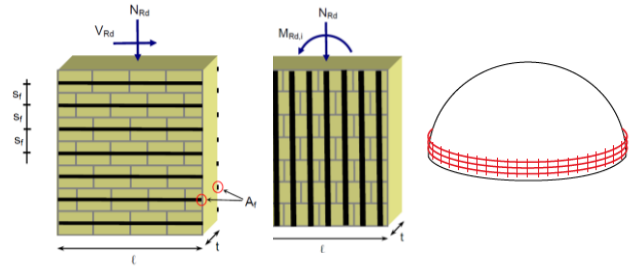
Jacketing the masonry wall with reinforced plaster can be useful in case of heavily damaged and incoherent masonry, in which other types of interventions may not be effectively possible, or in limited portions of masonry heavily damaged by vertical loads. The systematic use of this intervention over all the walls of the building is not advisable due to the considerable increase in the stiffness and mass, apart from reasons of conservation and functionality. This intervention is effective only if the reinforced plaster is applied to either sides of the wall with adequate transverse connections (injected bars).

ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ: ΙΝΕΣ, ΠΛΕΓΜΑΤΑ, ΡΑΒΔΟΙ, ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Τα ινοπλισμένα υλικά εφαρμόζονται για την παραλαβή εφελκυστικών τάσεων, ως ενίσχυση φερόντων στοιχείων έναντι εντός και εκτός επιπέδου κάμψεως, έναντι τέμνουσας, καθώς και για την περιδέρση στοιχείων



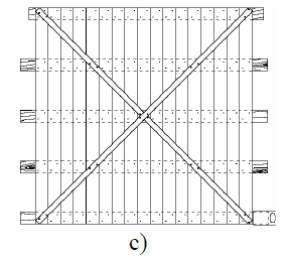
Πηγή: Α. Τριανταφύλλου



ISIS CANADA PROJECT 4.4

Ίνες : άνθρακα, υάλου, βασάλτη, PBO (Poly-p-Phenylene Benzobisoxazole)

Τοποθετούνται: Εσωτερικά ως οπλισμός, εξωτερικά σε ζώνες, στην περίμετρο με μορφή κλειστών διατομών, σε οριζόντια στοιχεία σε ζώνες για ενίσχυση της εντός επιπέδου δυσκαμψίας



Valluzzi et al. EU NIKER research program

Εφαρμόζονται

- είτε μέσω ρητινών, (ινοπλισμένα πολυμερή)
- είτε μέσω ανόργανων υλικών, τσιμεντιτικών ή υδραυλικής ασβέστου, (ινοπλέγματα ανόργανης μήτρα)
- είτε μέσω ειδικών αγκυρώσεων

Η χρήση ινοπλεγμάτων συνιστάται να γίνεται μέσω κονιαμάτων υδραυλικής ασβέστου.

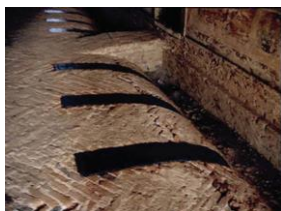
Στη δε περίπτωση της χρήσης σύνθετων υλικών για περιδέσεις να μελετώνται προσεκτικά κατάλληλες αγκυρώσεις



Παρουσιάζουν ενδιαφέρον, αρκεί να υπάρχει εξειδικευμένη μελέτη τοποθέτησης και αγκύρωσή τους.

Πλεονεκτήματα

- πολύ υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό
- μικρές διατομές και βάρη
- σχετικά εύκολη εφαρμογή



Megliadino S. Vitale,
Padua, Valluzzi 2008



Figure 27. Collapse mechanism of a vault strengthened using CFRP strips; [32].

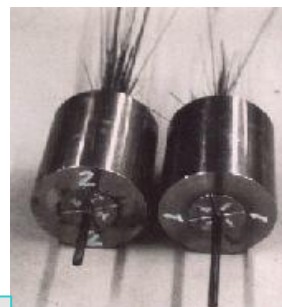
Valluzzi et al. 2001

Μειονεκτήματα

- Κίνδυνος αποκόλλησης
Κρίσιμη η επαρκής αγκύρωσή τους για αξιοποίηση της υψηλής τους εφελκυστικής αντοχής και για μείωση του κινδύνου αστοχίας όταν υποβάλλονται και σε θλίψη
- Ανθεκτικότητα στο χρόνο ;

Πολύ ενδιαφέροντα υλικά

για ελκυστήρες και περιδέσεις, υπό την προϋπόθεση ότι θα μελετηθούν σωστά και θα χρησιμοποιηθούν κατάλληλες αγκυρώσεις.

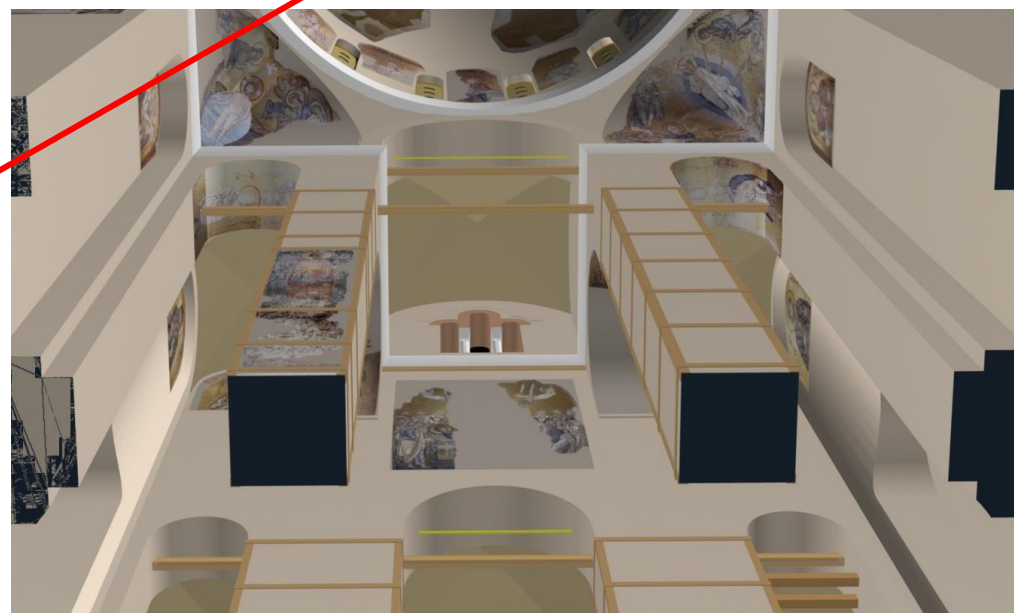
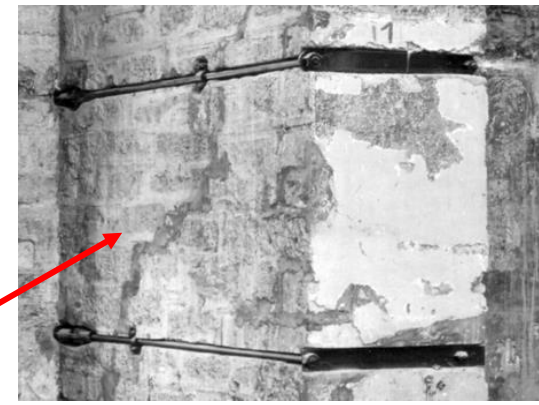


ISIS CANADA PROJECT 4.4



Μεγάλη εξέλιξη: αλλά χρειάζεται ακόμη προσοχή όταν τα χρησιμοποιούμε σε μνημεία

Καθολικό Μονής Δαφνίου



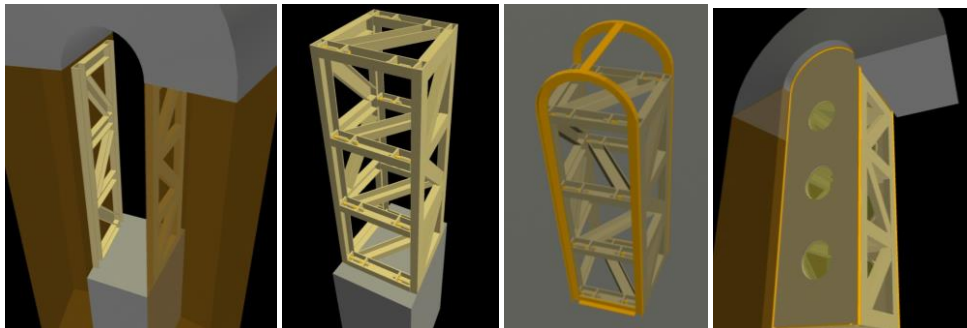
ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ Ή ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ



Τα προστιθέμενα πλαίσια ή η προστιθέμενη τοιχοποιία λαμβάνονται καταλλήλως υπ' όψη στο υπολογιστικό ομοίωμα της κατασκευής.

Αντί της έμφραξης των ανοιγμάτων, όταν το πάχος της τοιχοποιίας είναι επαρκώς μεγάλο, μπορεί να εξετάζεται και η λύση πλαισιωμάτων δικτυωματικής μορφής στην περίμετρο των ανοιγμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση, διατάσσονται δυο (μεταλλικά ή ξύλινα) πλαισιώματα (από ένα σε κάθε παρειά του τοίχου), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους κατά το πάχος της τοιχοποιίας.

Καλύτερη σύνδεση μεταξύ υφιστάμενης και προστιθέμενης τοιχοποιίας ή μεταξύ πλαισιώματος και τοιχοποιίας μπορεί να επιτυγχάνεται μέσω εφαρμογής ενέσεων κατά την περίμετρο του ανοίγματος.



ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ: Α. Μιλτιάδου-Fezans, Ν. Δεληνικόλας, Ε. Βιντζηλαίου, Χ. Μουζάκης, Ι. Ντουρακόπουλος, Π. Γιαννόπουλος,
ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ: Β. Σιδεράκη, Σ. Χριστοδούλου.

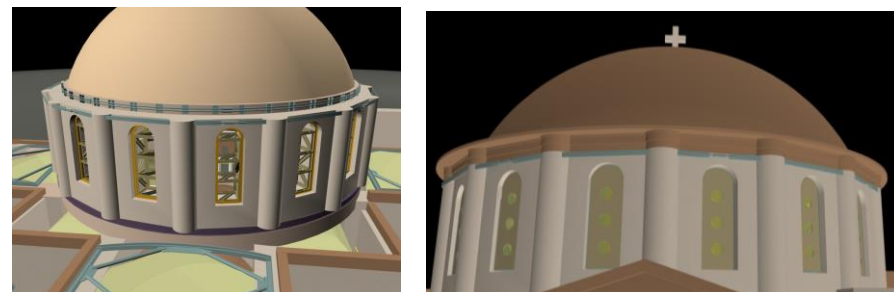
8.9.9 ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ Ή ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Η μέθοδος της πλαισίωσης ή συμπλήρωσης («κτισίματος») των ανοιγμάτων ή μεγάλων εσοχών στα σώματα των τοίχων συνιστά ενίσχυση και μπορεί να εφαρμοστεί ως μόνιμη επέμβαση, κυρίως κοντά στις γωνίες (ή σε κρίσιμες περιοχές) του κτηρίου.

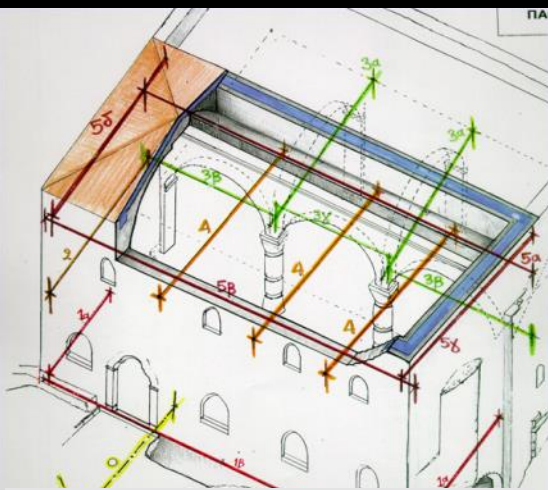
Τα πλαισιώματα (συνήθως μεταλλικά ή ξύλινα) πρέπει να είναι υποχρεωτικώς «κλειστά» και να διαθέτουν ισχυρούς «κόμβους» στις γωνίες, ενώ η συμπλήρωση (το «κτίσιμο») πρέπει να γίνεται με ισχυρότερη τοιχοδομή (π.χ. μονόστρωτη, σχεδόν ημι-λαξευτή) από την υφιστάμενη και να καλύπτει τουλάχιστον το 85% του πάχους του τοίχου.

Στην περίμετρο του πλαισιώματος ή γεμίματος διατάσσονται και κατάλληλες συνδέσεις με την υφιστάμενη τοιχοποιία (βλ. και § 8.5), π.χ. κατά τα αναφερόμενα στην § 8.9.2, έτσι ώστε να διατίθενται τουλάχιστον δύο συνδέσεις ανά μέτρο μήκους ακμής.

Καθολικό Μονής Δαφνίου



ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ/ΠΕΡΙΔΕΣΕΙΣ



Μελέτη Ταξιαρχών Αναβάτου
Ε. Δεληνικόλα, Αρχ. Μηχ.

Τοποθέτηση
ελκυστήρων για την
παραλαβή των
οριζόντιων
ωθήσεων των τόξων
και θόλων.



Ροτόντα

Παναγία Κρήνα Χίου



Πηγή: Π. Κουφόπουλος, Καθ. Παν. Πατρών

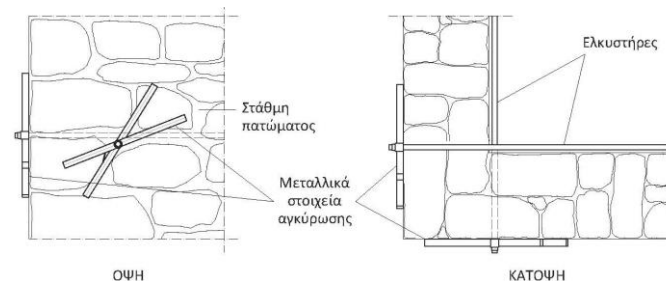
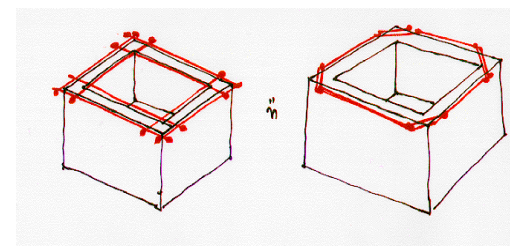


Για την **σύνδεση των τοίχων μεταξύ τους** τοποθετούνται **εσωτερικά ή/και εξωτερικά ελκυστήρες** στις παρειές των τοιχοποιιών, οι οποίοι μπορούν να είναι προεντεταμένοι ή παθητικοί..

Οι ελκυστήρες αυτοί μπορούν να είναι και εγκιβωτισμένοι στην τοιχοποιία, με ή χωρίς συνάφεια.



Διπλοί ελκυστήρες: ΒΑ Σπίτι Ανατολικής Πτέρυγας Κελιών Ι.Μ. Οσίου Λουκά

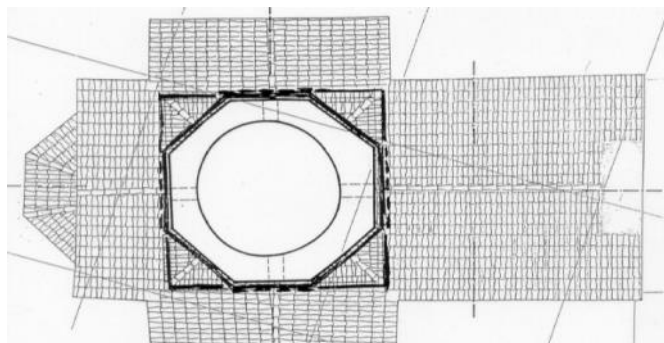
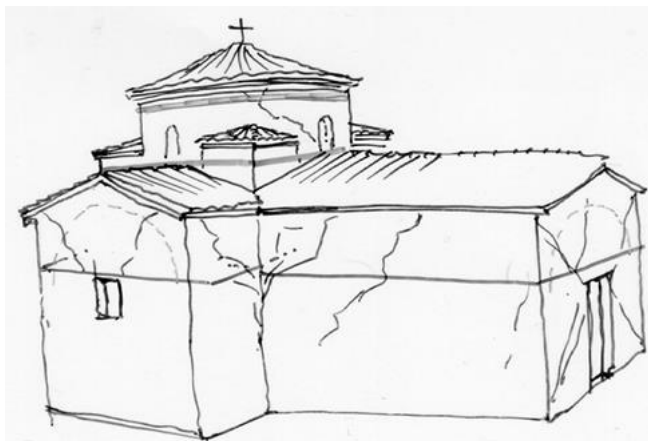


Μονοί ελκυστήρες. Σχέδιο: ΚΑΔΕΤ 2022

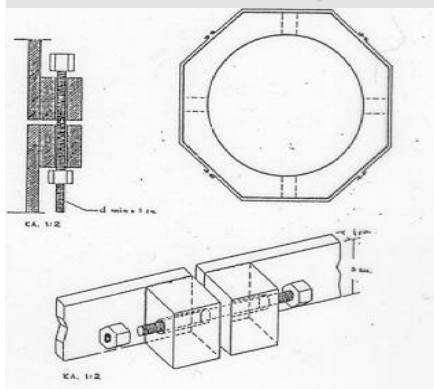
Μεταλλικές λάμες ή ράβδοι ή καλώδια χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για **την εξωτερική περίδεση μιας κατασκευής**



Παναγία Αντιβουνώπισσα, Κέρκυρα



Καθολικό Ι. Μ. Μαρδακίου, Μεσσηνίας



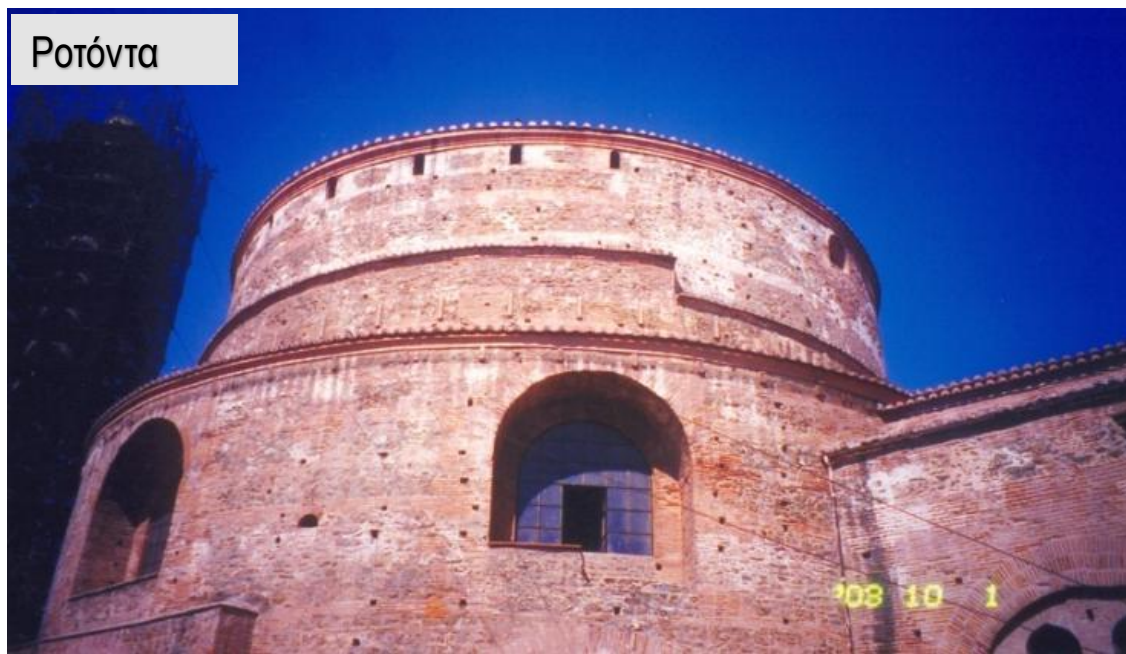
Περίδεση με τοποθέτηση μεταλλικών λαμών ή ράβδων στη βάση ή τη στέψη του τυμπάνου τρούλου.

Χτίσιμο παραθύρων τρούλου

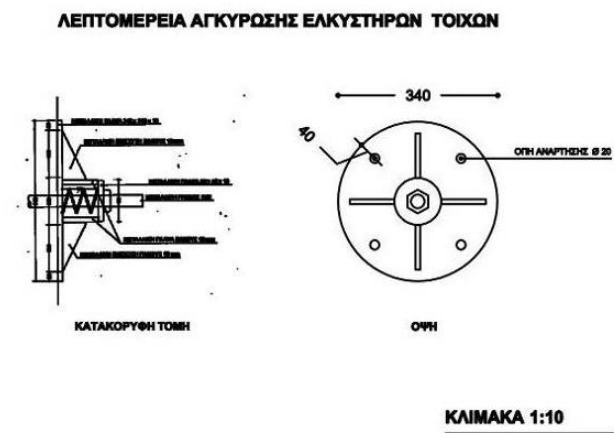
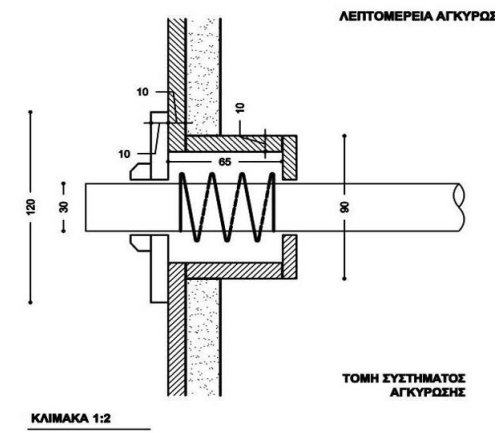
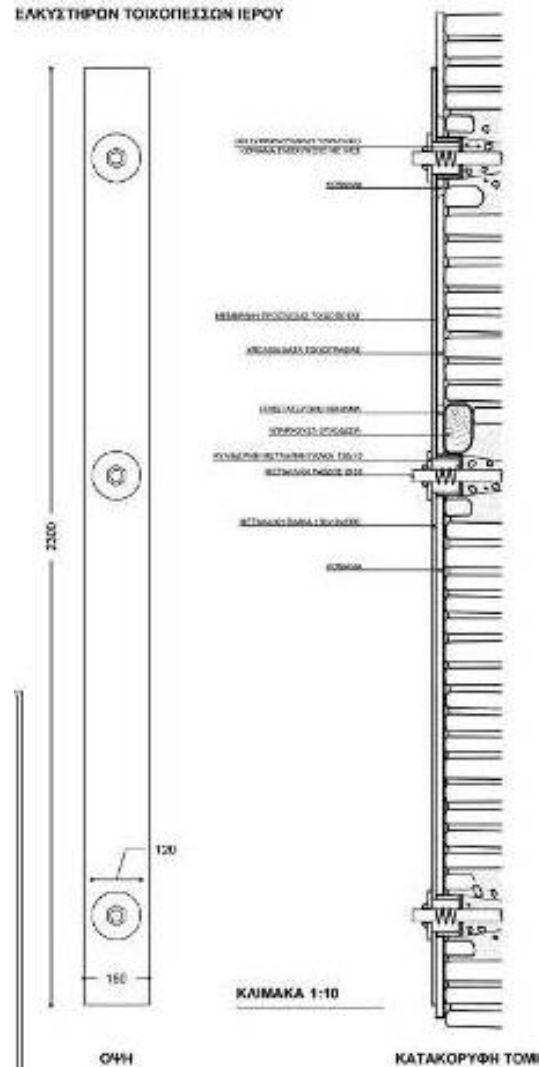
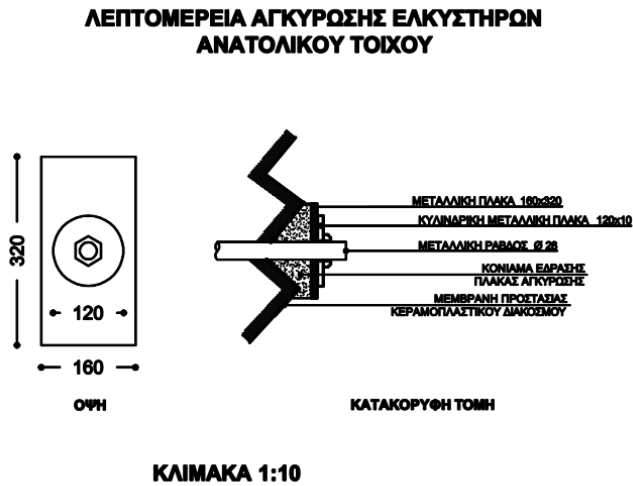


Καθολικό Μονής Οσίου Λουκά

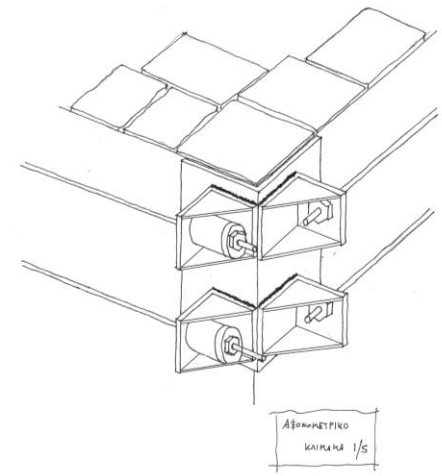
Ροτόντα



ΟΙ ΠΛΑΚΕΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ ΜΕΛΕΤΩΝΤΑΙ



I. N. ΠΑΝΑΓΙΑΣ ΚΡΗΝΑΣ



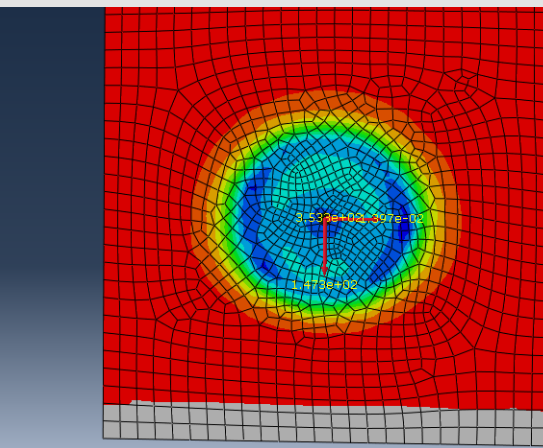
Διπλή πλάκα αγκύρωσης

$d=20-34\text{cm}$, $t=2\text{cm}$

ΚΑΘΟΛΙΚΟ ΜΟΝΗΣ ΔΑΦΝΙΟΥ

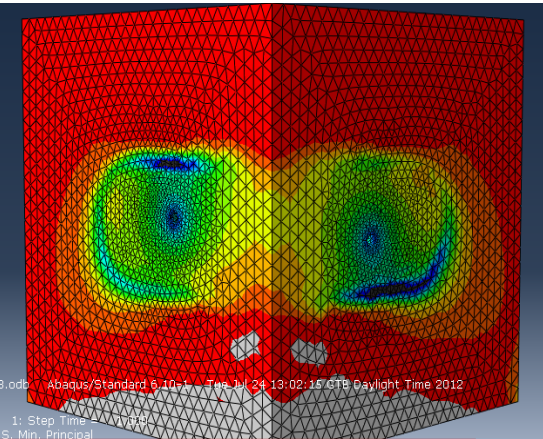
S, Min. Principal
(Avg: 75%)

+	3.527e+02
+	0.000e+00
-	3.083e+02
-	6.167e+02
-	9.250e+02
-	1.233e+03
-	1.542e+03
-	1.850e+03
-	2.158e+03
-	2.467e+03
-	2.775e+03
-	3.083e+03
-	3.392e+03
-	3.700e+03
-	4.008e+03
-	4.316e+03
-	4.624e+03



S, Min. Principal
(Avg: 75%)

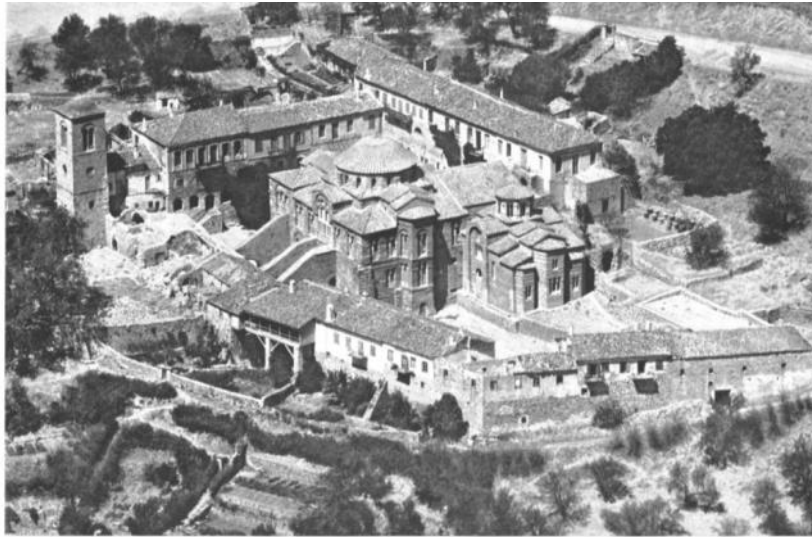
+	9.541e+02
+	0.000e+00
-	3.083e+02
-	6.167e+02
-	9.250e+02
-	1.233e+03
-	1.542e+03
-	1.850e+03
-	2.158e+03
-	2.467e+03
-	2.775e+03
-	3.083e+03
-	3.392e+03
-	3.700e+03
-	4.008e+03
-	4.316e+03
-	4.624e+03



Διπλές Γωνιακές πλάκες με ημικυκλικές απολήξεις $d=30\text{cm}$, $t=2\text{cm}$

Παραμετρική διερεύνηση πλακών αγκύρωσης με κριτήριο τον έλεγχο θλιπτικής και εφελκυστικής αντοχής τοιχοποιίας

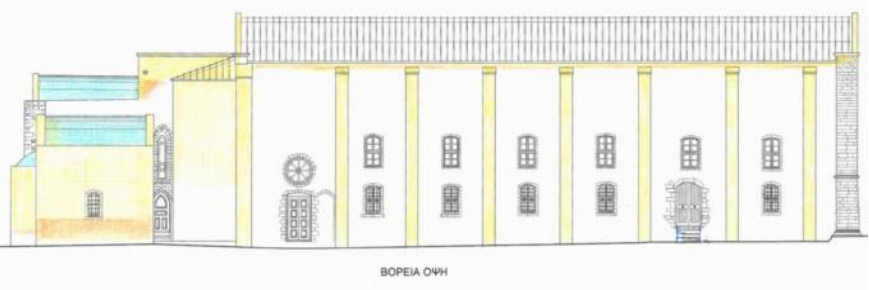
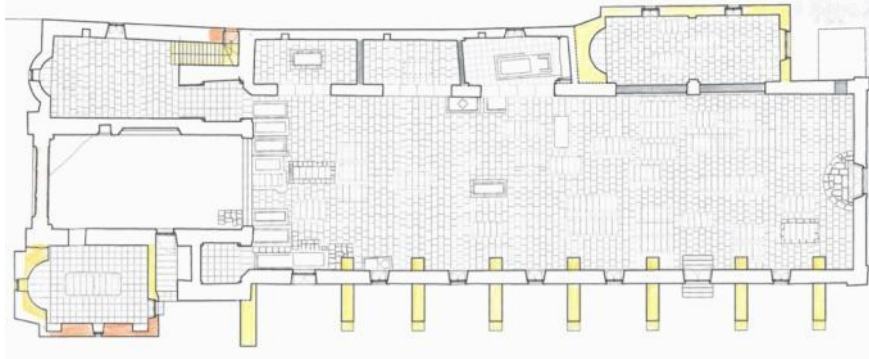
ΣΥΝΗΘΗΣ ΛΥΣΗ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ. ΕΠΙΛΕΓΕΤΑΙ ΚΑΙ ΣΗΜΕΡΑ ΣΕ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ



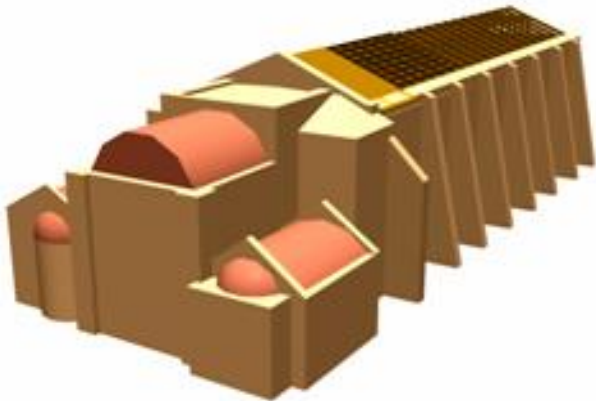
130. Kloster Hosiou Loukas, Bithynien, Ansicht von Südost, um 1500



ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΝΗΡΗΔΩΝ



Πηγή: Ε. Δεληνικόλα, Αρχιτέκτων Αναστηλώτρια

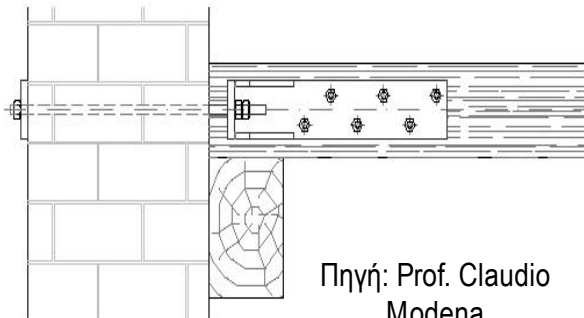


ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ

Στη στέψη των τοίχων τα διαζώματα μπορούν να είναι ανάλογα με την περίπτωση: από χάλυβα, από ξύλο, από ωπλισμένη τοιχοποιία, από ωπλισμένο σκυρόδεμα, κλπ.



Σε ενδιάμεσες στάθμες **αστοχίες τεκμηρίωσαν την ακαταλληλότητα του σκυροδέματος.** Προτείνεται η τοποθέτηση ξύλινων ή μεταλλικών δοκών παράλληλα με το τοίχο και η σύνδεση των φερουσών δοκών μεταξύ τους, αλλά και με την τοιχοποιία.



Πηγή: Prof. Claudio
Modena



ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ



Πλάκα και διαζώματα στο ισόγειο
Μόνον διαζώματα στη στέγη
Μη επισκευασμένη λιθοδομή

Πηγή: Ε. Βιντζηλαίου



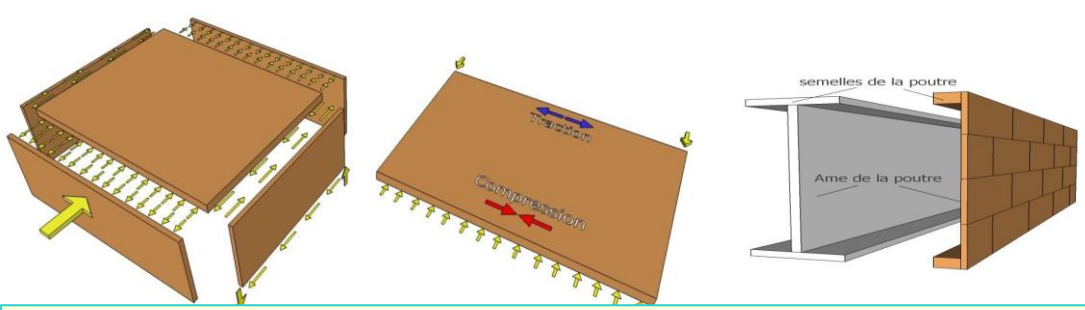


**Βρίσα Λέσβου:
Διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα στη
στέψη μιας μη επισκευασμένη λιθοδομής**



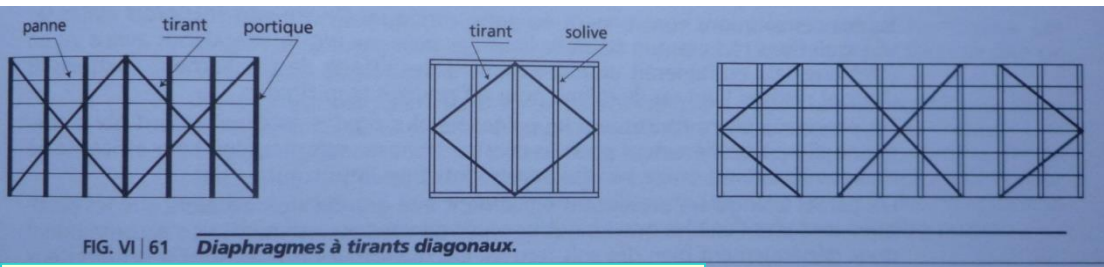
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ

Κατατάσσονται σε: ευπαραμόρφωτα, απαραμόρφωτα, δυσπαραμόρφωτα



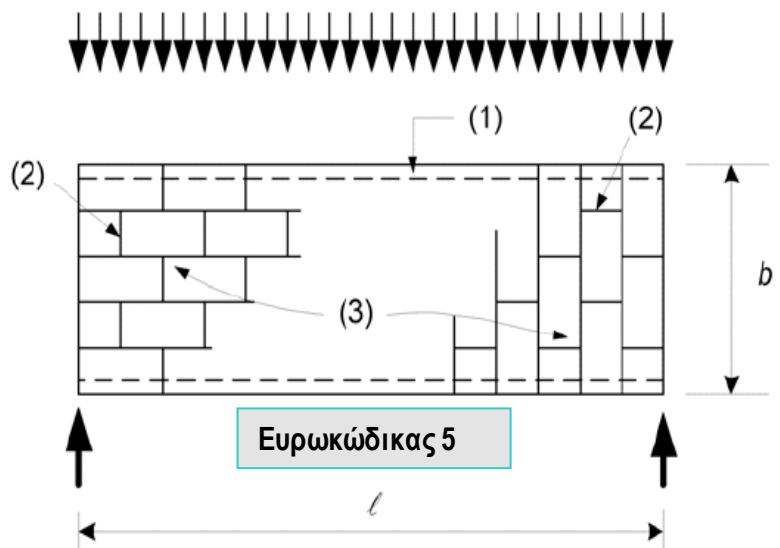
Πηγή εικόνας. Fuentes et al. 2010. "Evaluation de la semi-rigidité des diaphragmes en bois-Modélisation numérique".

Τα εντατικά μεγέθη υπό προϋποθέσεις μπορούν να υπολογισθούν με προσομοίωση του διαφράγματος ως υψίκορμης δοκού, ή ως επίπεδου δικτυώματος, ή ως συστήματος θλιπτήρων - ελκυστήρων επί ελαστικών στηρίξεων

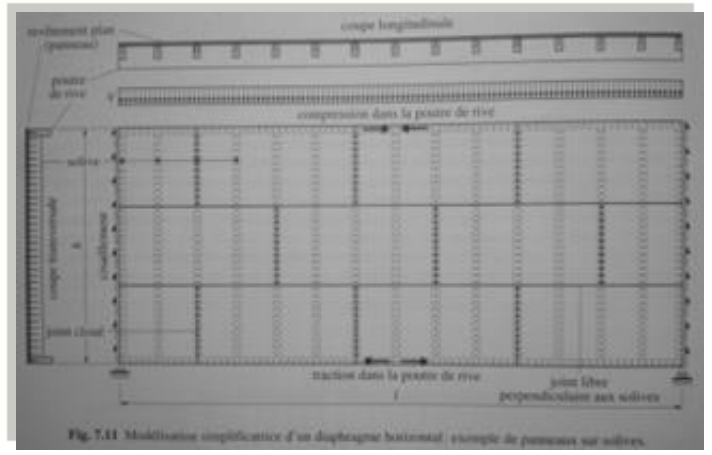


Πηγή: Milan Zacek, 1996. "Construire parasismique"

Το άνοιγμα l είναι από $2b$ έως $6b$, όπου b είναι το πλάτος του διαφράγματος



Υπόμνημα:
 (1) Ακραία δοκός του διαφράγματος
 (2) Μη συνεχόμενοι αρμοί ξυλοπλακών
 (3) Διατάξεις ξυλοπλακών



8.9.13 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ

Η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας πατωμάτων και στέγης και η κατάλληλη σύνδεσή τους με τα διαζώματα και τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία αποτελεί αποτελεσματική επέμβαση, μέσω της οποίας εξασφαλίζεται η από κοινού παραμόρφωση των κατακόρυφων στοιχείων και η εν γένει μείωση των παραμορφώσεων στις οποίες υποβάλλεται το σύνολο του κτηρίου.

Η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας επιτυγχάνεται υπό την προϋπόθεση:

- (i) κατάλληλης επισκευής και ενίσχυσης των τοιχοδομών με τις οποίες συνδέονται τα δύσκαμπτα διαφράγματα και
- (ii) τοποθέτησης οριζόντιων περιμετρικών διαζωμάτων που θα μορφώνουν κλειστά πλαισιώματα,
- (iii) εφαρμογής επεμβάσεων αύξησης της δυσκαμψίας εντός του επιπέδου των υφιστάμενων οριζόντιων φερόντων στοιχείων (πατώματα ή στέγες ή θολωτές κατασκευές),
- (iv) κατάλληλης σύνδεσης των διαφραγμάτων με τα διαζώματα/περιμετρικά πλαισιώματα και τους υποκείμενους ή παρακείμενους τοίχους.

Η διεπιφάνεια μεταξύ διαφράγματος και υποκείμενου τοίχου πρέπει να αναλαμβάνει την (οριζόντια) δύναμη η οποία προκύπτει από τους υπολογισμούς κατά το μήκος του τοίχου. Τα οριζόντια διαζώματα/πλαισιώματα που τοποθετούνται στη στέψη ή παράλληλα με τους τοίχους (στις δυο διευθύνσεις) πρέπει να είναι ικανά να αναλαμβάνουν αυτήν τη δύναμη (§ 8.9.12).

Ελλείψει κατάλληλων στοιχείων και επί το δυσμενέστερον, η μεταφορά της τέμνουσας μπορεί να αναλαμβάνεται μόνον μέσω δράσεως βλήτρου μεταλλικών συνδέσμων μετά από κατάλληλο υπολογισμό.

ΤΡΕΙΣ ΑΞΟΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

1. ΣΤΗΝ ΣΤΕΨΗ/ΠΑΡΕΙΑ ΤΟΙΧΩΝ



Τοποθέτηση διαζωμάτων στην στέψη των τοίχων ή αν δεν είναι εφικτό στην παρειά τους που κατά περίπτωση μπορούν να είναι από χάλυβα, ξύλο ή ωπλισμένο σκυρόδεμα. Πρόκειται για την περιμετρική δοκό του διάφραγματος (το άνω και κάτω πέλμα της υψίκορμης)

2. ΣΤΑ ΠΑΤΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΕΓΕΣ



Προσθήκη επιφανειακών ή γραμμικών μελών από μέταλλο ή ξύλο για βελτίωση της δυσκαμψίας και μείωση παραμορφωσιμότητας. ΠΡΟΣΟΧΗ: αποφυγή μετατροπής των εύκαμπτων πατωμάτων σε ιδιαίτερα δύσκαμπτα, όταν η τοιχοποιίες είναι χαμηλής ποιότητας

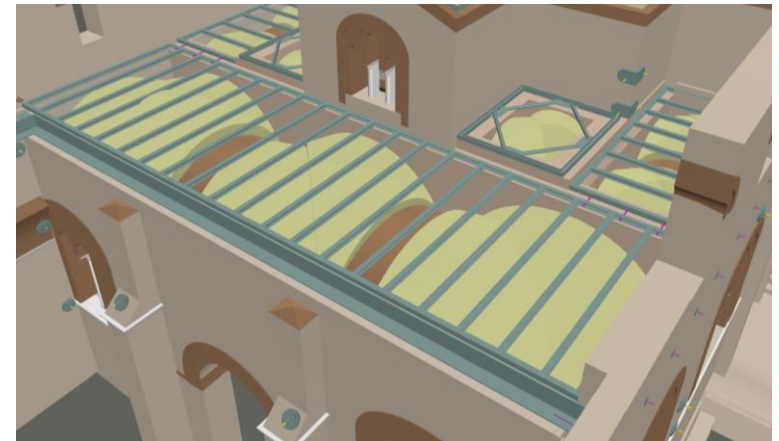
3. ΣΤΙΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Τοποθέτηση κατά περίπτωση αγκυρίων ή βλήτρων ή ακόμη και ελκυστήρων, περιδέσεων, για τη βελτίωση των συνδέσεων των τοίχων μεταξύ τους, καθώς και με τα πατώματα και στέγες.

1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΣΤΕΨΗ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Οριζόντια διαζώματα ή περιμετρικές δοκοί αντίστοιχα, που μπορούν να είναι ανάλογα με την περίπτωση: από χάλυβα, από ξύλο, από ωπλισμένο σκυρόδεμα, από ωπλισμένη τοιχοποιία, κλπ.



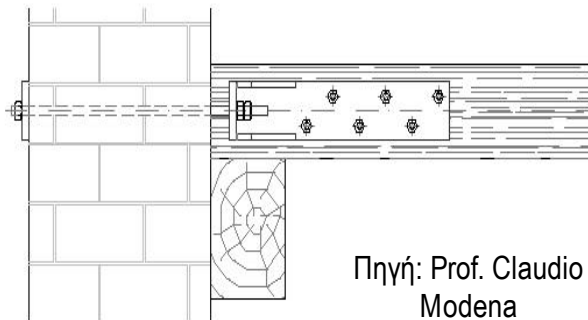
Φωτ.: Ε. Τσακανίνα



1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ

Σε ενδιάμεσες θέσεις το ωπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να αποφεύγεται. Παλαιότερες επεμβάσεις είχαν μεγάλο ποσοστό αστοχιών.

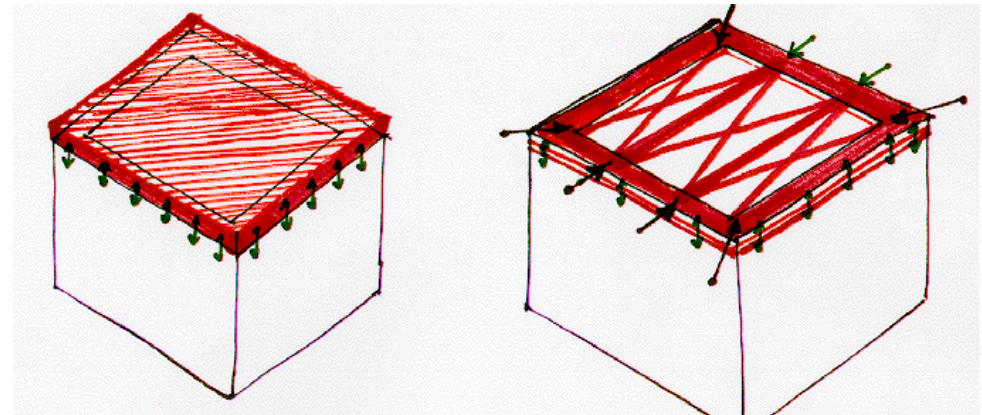
Προτείνεται η τοποθέτηση ξύλινων ή μεταλλικών δοκών παράλληλα με τον τοίχο ή επί της τυχόν διαπλάτυνσής του, αν υπάρχει, η οποία συνδέεται με τις φέρουσες δοκούς και με την τοιχοποιία.



2. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

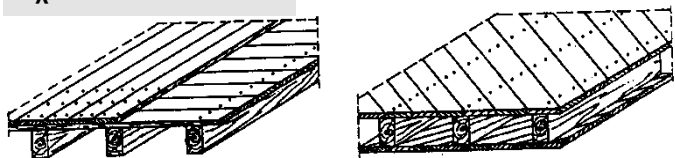
- ▶ Βελτίωση της δυσκαμψίας των οριζόντιων φερόντων στοιχείων (μεσοπατωμάτων ή στεγών) μέσα στο επίπεδό τους, έτσι ώστε να μειώνεται η παραμορφωσιμότητά τους και να εξασφαλίζεται η συμμετοχή τους στην ανάληψη, μεταφορά και κατανομή στις τοιχοποιίες των αδρανειακών φορτίων λόγω σεισμού.
- ▶ Πολύ καλή σύνδεση μεταξύ των οριζοντίων και κατακόρυφων φερόντων στοιχείων, ώστε να είναι δυνατή η συνεργασία τους και η ανάληψη και μεταφορά των σεισμικών δράσεων.

Η βελτίωση της συμπεριφοράς συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με την βελτίωση των συνδέσεων τοίχων με πάτωμα και τοίχων με στέγη (ίσως παίζει σπουδαιότερο ρόλο από ότι η βελτίωση της δυσκαμψίας).



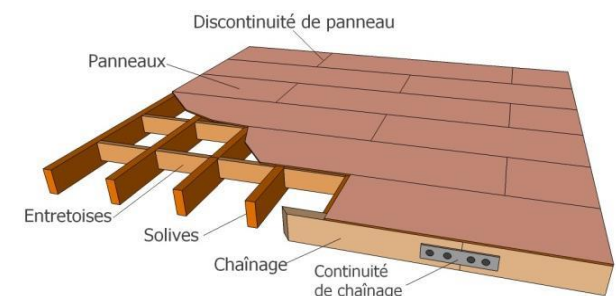
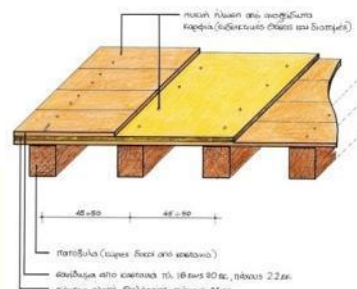
2. ΑΥΞΗΣΗ ΔΥΣΤΕΝΕΙΑΣ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΓΩΝ

Σχέδιο: Tomazevic M.

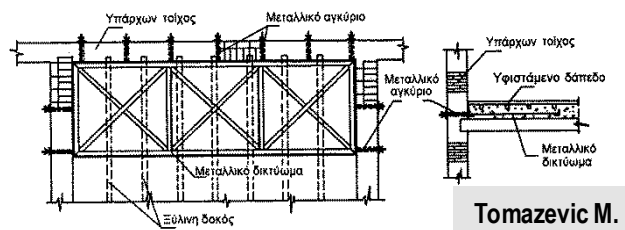
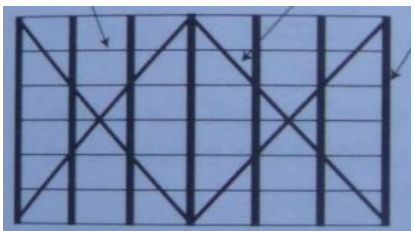


Σχ. 5.4 Αύξηση της δυσκαμψίας των ξύλινων δαπέδων.

Πρόσθετο σανίδωμα καθέτως προς το υπάρχον, προσθήκη μιας ή δύο στρώσεων από ξυλόπλακες διαφόρων τύπων (κόντρα πλακέ θαλάσσης, LVL τύπου Kerto Q, κλπ).



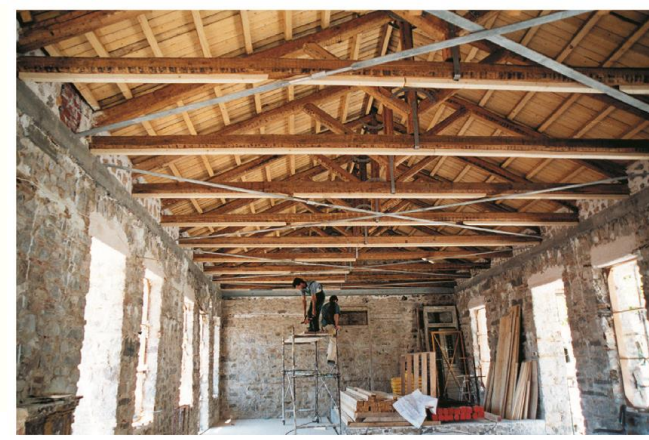
Fuentes et al., 2010



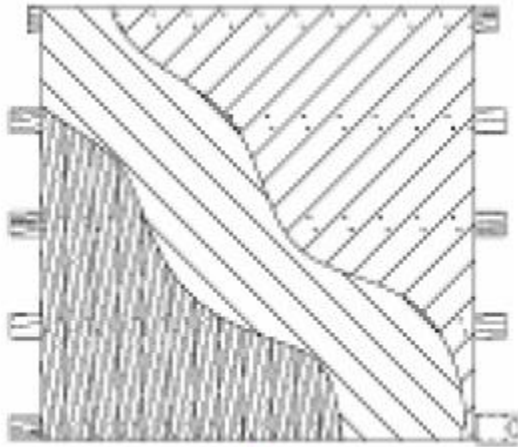
Σχ. 10.28 Στήριξη ξύλινου πατώματος μεγάλου ανοίγματος με μεταλλικό δικτύωμα.

Tomazevic M.

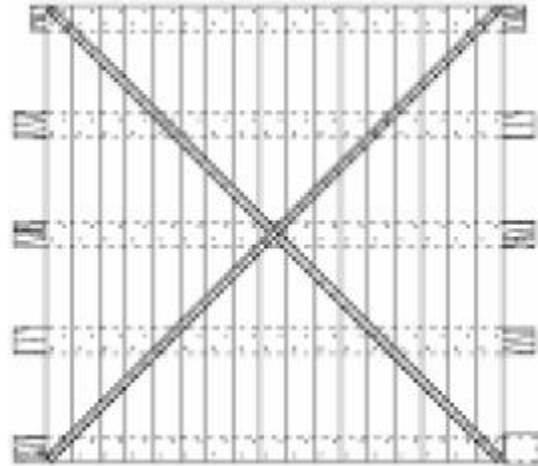
Κατάλληλα ξύλινα ή/ μεταλλικά δικτυώματα, ή ξύλινα στοιχεία για τη θλίψη και μεταλλικά για τον εφελκυσμό ή μεταλλικά για θλίψη και εφελκυσμό.



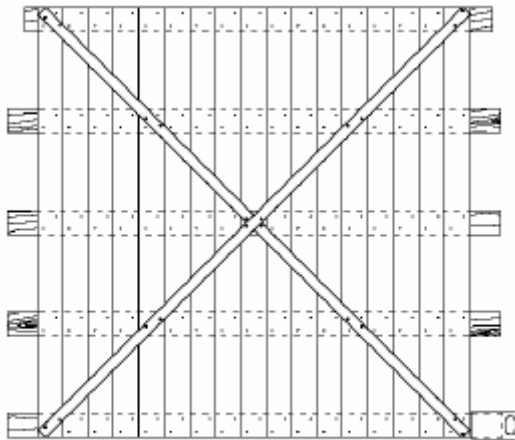
2. ΑΥΞΗΣΗ ΔΥΣΤΕΝΕΙΑΣ ΠΑΤΩΜΑΤΩ ΚΑΙ ΣΤΕΓΩΝ



a)



b)



c)



M.R. Valluzzi , NIKER Research Program

Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών συνδέσμων δεν πρέπει να υπολείπεται του 10πλάσιου της διαμέτρου των βλήτρων και δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,0m περίπου. Συνιστάται η διάταξη περισσότερων βλήτρων μικρής διαμέτρου που να μην υπερβαίνει τα 12mm περίπου, ώστε να αποφεύγεται το ενδεχόμενο τοπικής αστοχίας της τοιχοποιίας και, επομένως, και της σύνδεσης.

Στην περίπτωση που τα διαζώματα τοποθετούνται παράλληλα με τους τοίχους οι σύνδεσμοι μπορεί να είναι διαμπερείς ή τυφλοί ανάλογα και με τον τύπο της τοιχοποιίας. Σε κάθε περίπτωση το ήμισυ των συνδέσμων θα είναι αποχρεωτικώς διαμπερείς.

Ενδεικτικώς αναφέρονται μερικές από τις διαθέσιμες μεθόδους:

(α) Τοποθέτηση δεύτερου δαπέδου (σανιδώματος), υπό γωνία ως προς το υφιστάμενο (είτε πάνω από το υφιστάμενο, είτε κάτω από τις δοκούς του πατώματος).

(β) Διάταξη πλακών από τεχνητή ξυλεία σε συνδυασμό με τα υπάρχοντα σανιδώματα.

(γ) Διάταξη συστήματος χαλύβδινων ελκυστήρων/ελασμάτων (υπό μορφή οριζόντιου δικτυώματος).

(δ) Κατασκευή λεπτής στρώσης από οπλισμένο ελαφροσκυρόδεμα χωρίς απομάκρυνση των υφιστάμενων οριζόντιων φορέων (ξύλινων ή μεταλλικών), οπλισμένης με γαλβανισμένο πλέγμα που θα συνδέεται με διατμητικούς συνδέσμους με τα ξύλινα ή μεταλλικά υποκείμενα φέροντα στοιχεία και θα αγκυρώνεται κατάλληλα στην τοιχοποιία, (ε) κατασκευή σύμμικτης πλάκας, κ.λπ.

Για τις δυο τελευταίες περιπτώσεις η αύξηση της μάζας και η αγκύρωση της πλάκας στην τοιχοποιία πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη και να μελετώνται αντιστοίχως.

Η αντικατάσταση του ξύλινου πατώματος με πλάκα από σκυρόδεμα και περιμετρική έδραση στην τοιχοποιία δεν συνιστάται, αφενός λόγω της αυξημένης μάζας που θα προστεθεί και αφετέρου επειδή δεν είναι πρακτικώς εφικτό να κατασκευαστεί διάζωμα πλάτους ίσου με αυτό της τοιχοποιίας, χωρίς σημαντική διατάραξη της περιοχής στήριξης, για την υποχρεωτικώς τμηματική κατασκευή του.

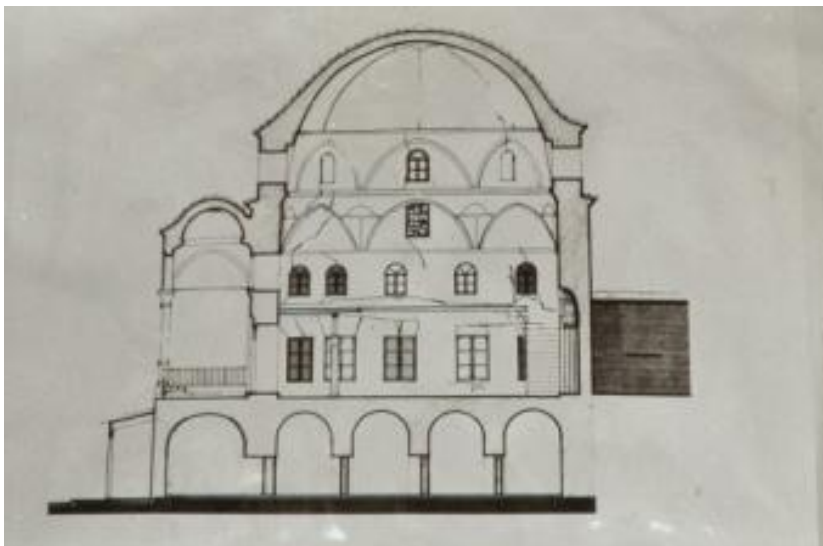
Αν πάρα ταύτα επιλεγεί να κατασκευαστεί πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα θα πρέπει να προβλεφθεί η εξασφάλιση επαρκούς στήριξης της πλάκας και σύνδεσης της με την τοιχοποιία (π.χ. μέσω μεταλλικών δοκών που διήκουν παράλληλα με τους τοίχους στην εσωτερική όψη της τοιχοποιίας, συνδεδεμένων με βλήτρα με την πλάκα και με την τοιχοποιία διαμπερώς). Η αγκύρωση των συνδέσεων επί της εξωτερικής όψεως της τοιχοποιίας γίνεται με μεμονωμένες μεταλλικές πλάκες ή ένα συνεχές έλασμα ή ακόμη καλύτερα με μια δοκό που τοποθετείται παράλληλα με την εξωτερική όψη της τοιχοποιίας.

Αναλόγως με τα διαθέσιμα μέσα και τους γεωμετρικούς και άλλους περιορισμούς (π.χ. παρουσία προστατευόμενων οροφωγραφιών, περιορισμοί στην αύξηση του πάχους των φορέων των πατωμάτων, κ.λπ.), επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος για την πρόσδοση εντός επιπέδου δυσκαμψίας στα πατώματα και στην στέγη.

ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΙΣ ΠΛΑΚΕΣ ΑΠΟ Ω.Σ.



Η συνύπαρξη πλακών από Ω. Σ., που τοποθετούνται ως ενισχυτικό μέτρο, και λιθοδομών, ιδιαίτερα χαμηλής ποιότητας, δημιουργεί προβλήματα



Παρόμοια συμπεράσματα και σε άλλες χώρες

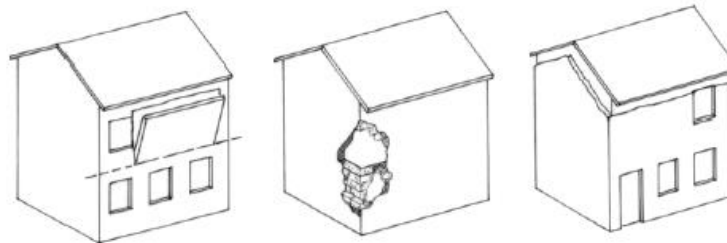
Italian Guidelines – § 6 – Seismic Improvement and Intervention Techniques Criteria

The execution of interventions that locally change the stiffness of the structure has to be adequately evaluated. The **renovation of flexible floors into stiff floors** cause a different distribution of seismic actions that can be favourable/unfavourable and has to be taken into account into the modelling and analysis phases.

It was abandoned the idea that it is possible to confer to each structure a “box” behaviour, by means of indiscriminate “a priori” interventions, considering that, for example, **a stiff R.C. floor is not crucial for the safety of a masonry ordinary building.**



Some effects of the introduction of R.C. elements in masonry existing buildings



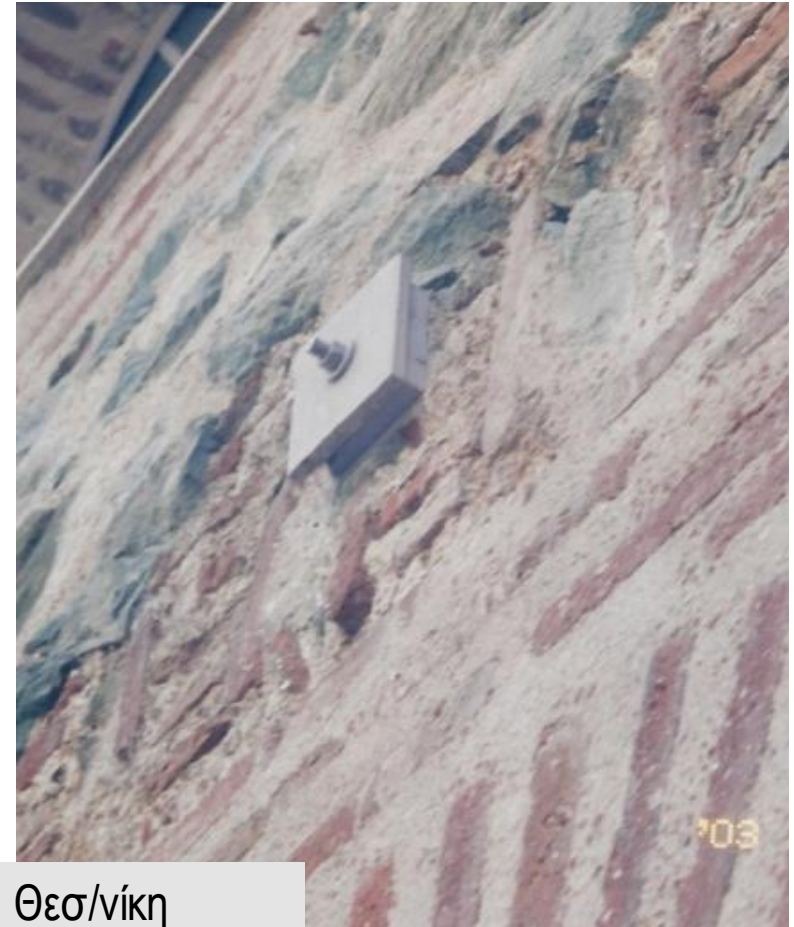
The orthogonal walls are not adequately connected each other and to the new R.C. slabs



Πηγή: Prof. Claudio Modena, Advanced Masters in Structural Analysis of Monuments and Historical Constructions.

3. ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

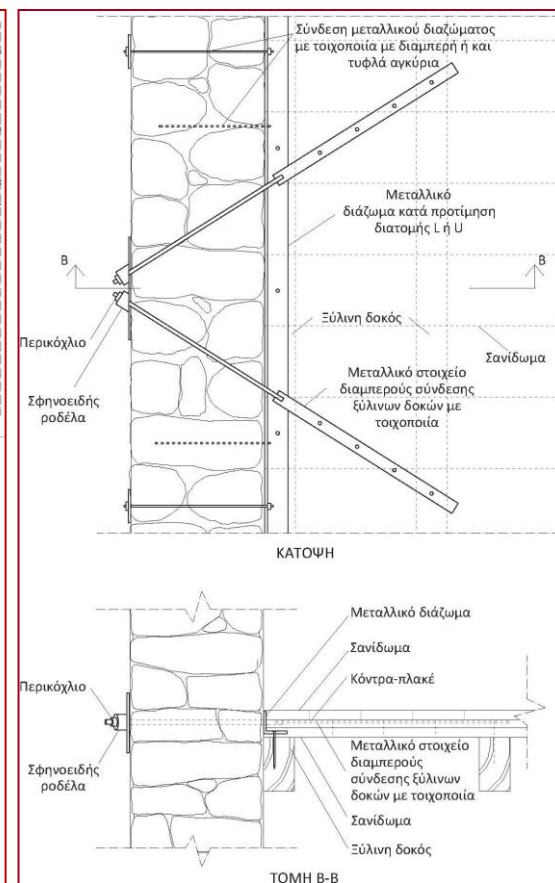
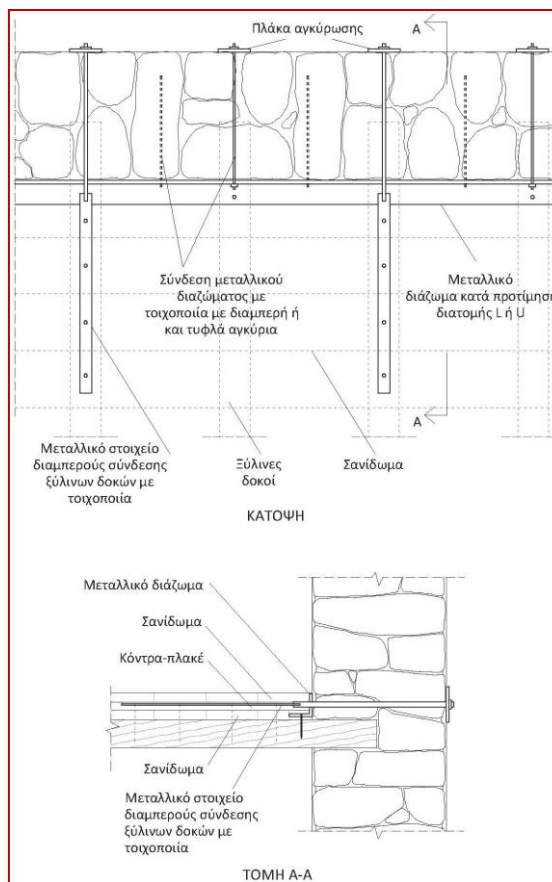
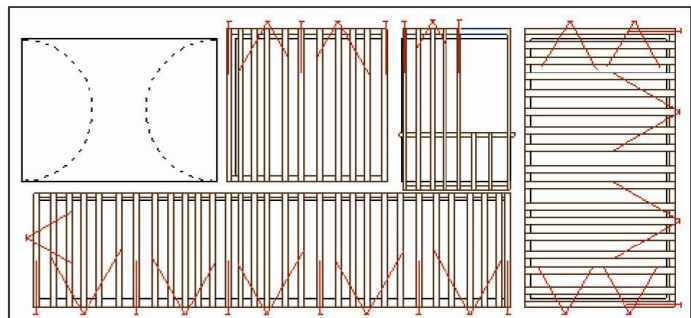
Τοποθέτηση κατά περίπτωση αγκυρίων ή βλήτρων ή ακόμη και ελκυστήρων, περιδέσεων, ...



Αχειροποίητος Θεσ/νίκη

3. ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

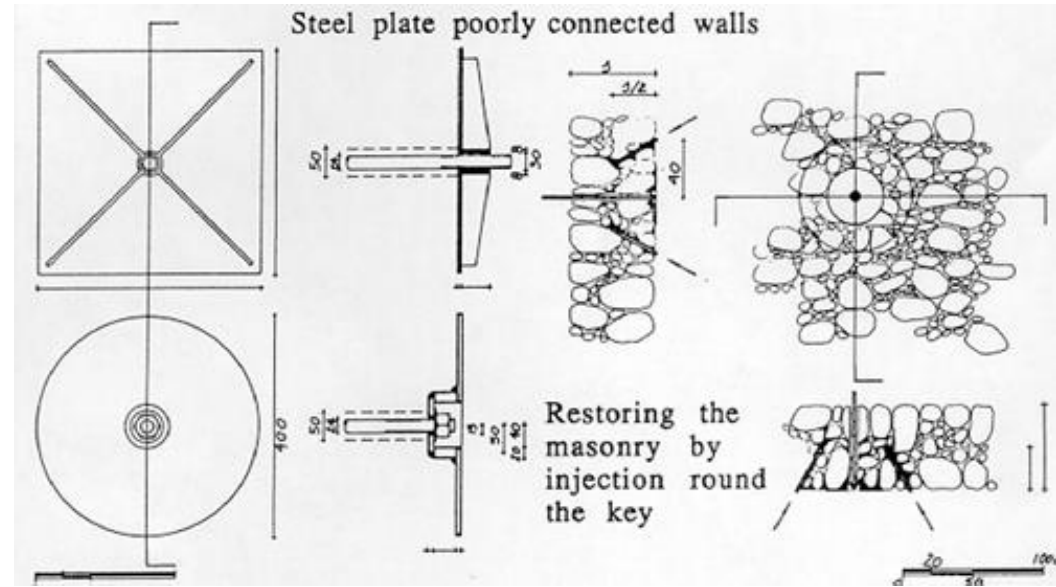
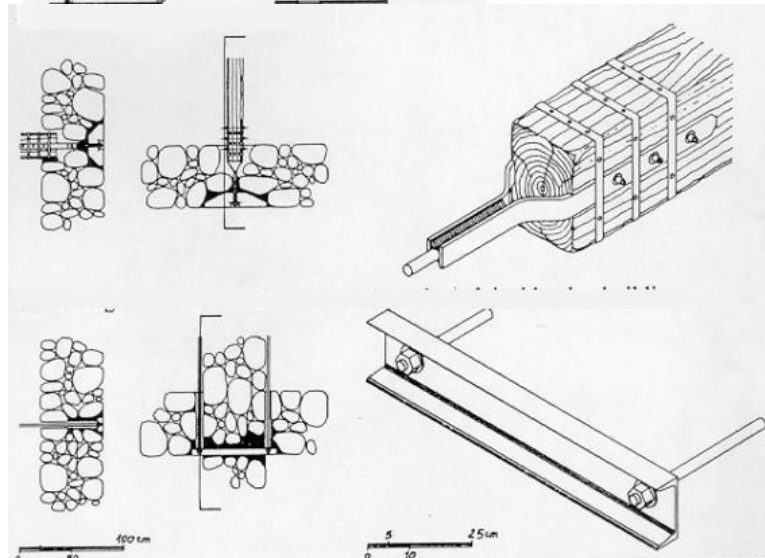
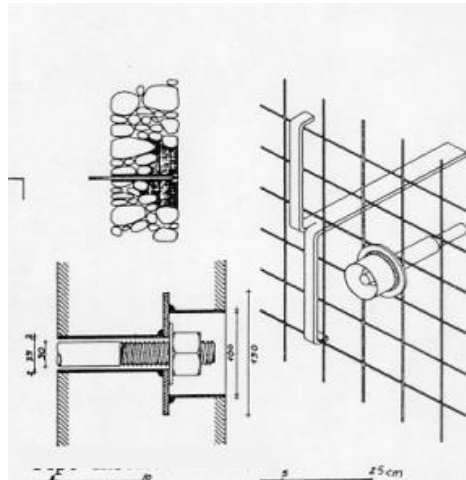
ΒΑ Σπίτι Ανατολικής Πτέρυγας Κελιών Ι.Μ. Οσίου Λουκά



Πηγή: ΚΑΔΕΤ 2022

ΠΛΑΚΕΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ

- ✓ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΟΠΙΚΗΣ ΘΛΙΨΕΩΣ
- ✓ ΚΑΛΗ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ



Σχέδια A. Giuffré

**ΟΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ
ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΠΛΑΚΕΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ
ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ**

Όπως είδαμε τα τελευταία 40 χρόνια έγινε μεγάλη πρόοδος στον τομέα των επεμβάσεων σε κτήρια από τοιχοποιία. Από τα **ενέματα με εποξειδικές ρητίνες, τα κονιάματα τσιμέντου** και τους **μανδύες από ωπλισμένο σκυρόδεμα** φτάσαμε σήμερα, τόσο στη χώρα μας όσο και διεθνώς, να χρησιμοποιούμε επεμβάσεις πιο συμβατές με τα κατά χώραν υλικά και με τα παραδοσιακά δομικά συστήματα

Στόχος η επισκευή και ενίσχυση του δομήματος ώστε να εξασφαλίσουμε:

- ✓ **την ασφάλεια του ιδίου και των επισκεπτών του**
- ✓ **τη διατήρηση στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό του αρχικού δομικού συστήματος,**
- ✓ **την οικονομία, το περιβάλλον και την αειφορία**

**Ευχαριστώ πολύ για την
προσοχή σας !!!**