

## Τύποι επεμβάσεων ΚΤΗΡΙΩΝ - ΜΝΗΜΕΙΩΝ

### ΑΡΧΕΣ:

- Θα πρέπει να σέβονται τις ιστορικές αξίες / θα πρέπει να εξετάζονται περισσότερες από μία εναλλακτικές.
- Ελάχιστη δυνατή παρεμβατικότητα.
- Συμβατά υλικά με τα αρχικά (ως προς τη φυσικοχημική μηχανική συμπεριφορά, να μην ενθαρρύνουν διάβρωση ή και αποσύνθεση των υλικών της πρωτογενούς δόμησης.)

### Στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα

- Αύξηση της αντοχής του κτιρίου
- Αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης των μελών
- Διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών και μη-κανονικοτήτων

### Στρατηγικές διαχειριστικού χαρακτήρα

- Περιορισμός ή αλλαγή της χρήσης του κτιρίου
- Μερική ή ολική καθαίρεση (π.χ. ορισμένων ορόφων)
- Μονολιθική μεταφορά του δομήματος σε άλλη θέση!!!
- Απόφαση για «καμία επέμβαση». Στην περίπτωση αυτή μπορεί να γίνει αποδεκτή και μια μείωση της απομένουσας τεχνικής διάρκειας ζωής του δομήματος, υπό τον όρο ότι η μετά ταύτα κατεδάφιση του κτιρίου είναι εγγυημένη.

## Τύποι επεμβάσεων ΚΤΗΡΙΩΝ - ΜΝΗΜΕΙΩΝ

### Στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα



- Αύξηση της αντοχής του κτιρίου
- Αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης των μελών
- Διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών και μη-κανονικοτήτων

Η αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας επιτυγχάνεται εναλλακτικά με την επιλεκτική ή συνολική ενίσχυση των δομικών στοιχείων ή με προσθήκη νέων στοιχείων που αναλαμβάνουν μέρος των σεισμικών δράσεων (π.χ. νέες φέρουσες τοιχοποιίες, τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα ή δικτυώματα από χάλυβα, τοιχοποιίες πλήρωσης κ.λπ.). → ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον σχεδιασμό της θεμελίωσης λόγω της αύξησης της μάζας του δομήματος.

- Προσθήκη νέου δομικού συστήματος για την παραλαβή σημαντικού μέρους ή και του συνόλου της σεισμικής δράσης. Κατά ΕΚ 8-3, Κεφ. 5.

Η αύξηση της μετελαστικής ικανότητας παραμόρφωσης της τοιχοποιίας επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους όπως η περίδεση, η όπλιση, η προσθήκη οριζόντιων και κατακόρυφων διαζωμάτων κ.λπ.

# Τύποι επεμβάσεων ΚΤΗΡΙΩΝ - ΜΝΗΜΕΙΩΝ

## Στρατηγικές τεχνικού χαρακτήρα

- Αύξηση της αντοχής του κτιρίου
- Αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου
- Αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης των μελών
- Διόρθωση κρίσιμων ανεπαρκειών και μη-κανονικοτήτων



- Προσθήκη ειδικών συνδέσμων μεταξύ της ψαθυρής τοιχοποιίας και του περιβάλλοντος στοιχείου, όταν τούτο επιτρέπεται από την αντοχή της τοιχοποιίας
- Ενίσχυση ανεπαρκών ενώσεων μεταξύ τοίχων ή μεταξύ τοίχων και πατωμάτων.
- Τοπική ή συνολική τροποποίηση δομικών στοιχείων που έχουν ή δεν έχουν πάθει βλάβες
- Πλήρης αντικατάσταση ανεπαρκών μελών ή μελών που έχουν πάθει εκτεταμένες βλάβες
- Ανακατανομή έντασης (π.χ. μέσω εξωτερικής προέντασης)
- Ενίσχυση υφιστάμενων μη φερόντων στοιχείων με στόχο τη μετατροπή τους σε φέροντα.

## ΗΠΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ - ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

*Οι ήπιες επεμβάσεις ενίσχυσης, κυρίως λόγω της ανάγκης να μείνει η φυσιογνωμία της κατασκευής αναλλοίωτη:*

**αρμολόγημα**

**υδραυλικά ενέματα**

**συρραφή ρωγμών με διατμητικούς συνδέσμους**

**τοπική ανακατασκευή**

**οπλισμένα επιχρίσματα**

**αγκύρια, ελκυστήρες, περιδέσεις, διαζώματα κτλ.**

**τοποθέτηση ΙΟΠ υφασμάτων σε φέρουσες τοιχοποιίες.**

## ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ (ήπια παρέμβαση)



### ΠΟΤΕ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ

- Όταν το συνδετικό κονίαμα έχει υποστεί **ΔΙΑΒΡΩΣΗ** (απώλεια μέρους λόγω επίδρασης νερού - έκπλυση) → αποκατάσταση του αρχικού πάχους της τοιχοποιίας
- Όταν έχει απολέσει την αντοχή του στο χρόνο – ανθεκτικότητα (τρίβεται ή αποκολλάται, αιτία το πορώδες, κύκλοι ψύξης /απόψυξης)
- Ως προετοιμασία για την εφαρμογή ενεμάτων!!!

# ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ (ήπια παρέμβαση)

## ΠΟΤΕ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ

- Όταν είναι φτωχής αντοχής (πηλός ως συνδετικό υλικό)
- Όταν έχει αλλοιώσεις από μούχλα και βλάστηση ή κρυστάλλωση αλάτων
- Όταν έχει ρηγματωθεί (με εύρος ~ 1cm)



## ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ (ήπια παρέμβαση)

- **ΣΚΕΠΤΙΚΟ:** αντικατάσταση μέρους του συνδετικού κονιάματος σε βάθος ανάλογο του βαθμού αλλοίωσής του (;), με νέο κονίαμα συναφούς σύνθεσης, ισχυρότερο (;

(συμβατότητα: καλή γνώση των χαρακτηριστικών και της συμπεριφοράς των παλαιών υλικών και της ιστορικής τοιχοποιίας ως δομικό στοιχείο)



### Καθολική αντιμετώπιση:

Σε όλη την επιφάνεια του κτιρίου

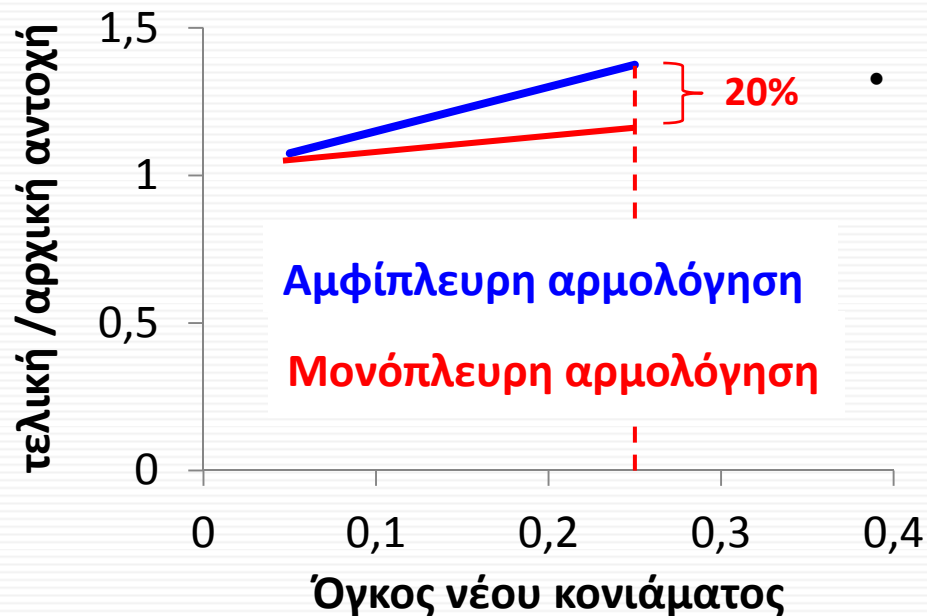
Και στις δύο παρειές της τοιχοποιίας



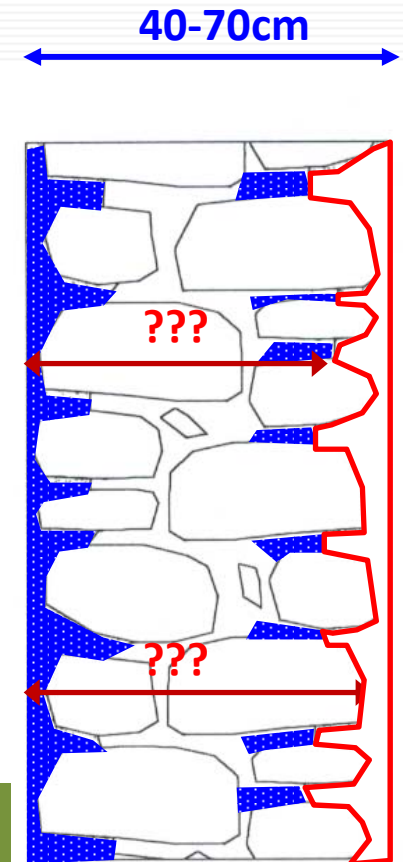
# ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ (ήπια παρέμβαση)

- ΣΚΕΠΤΙΚΟ: αντικατάσταση μέρους του συνδετικού κονιάματος σε βάθος ανάλογο του βαθμού αλλοίωσής του(;) , με νέο κονίαμα συναφούς σύνθεσης, ισχυρότερο (;

$$f_{wc} = f_{wc,0} [1+k \cdot V_{new}/V_{tot}], k=1.5$$



- Αλλάζει και το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας
- Αλλάζει και η διατμητική αντοχή (συνοχή)



βάθος του αρμού: μειώνει το πάχος της τοιχοποιίας, χαλάρωμα της συνοχής ακόμη και με απόσπαση των λιθοσωμάτων της τοιχοποιίας κατά την διάρκεια των εργασιών

Βαθύ αρμολόγημα: όταν το πάχος είναι <30εκ. → μέθοδος ενίσχυσης και όχι αποκατάστασης



# ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ (ήπια παρέμβαση)

- **ΣΚΕΠΤΙΚΟ:** αντικατάσταση μέρους του συνδετικού κονιάματος σε βάθος ανάλογο του βαθμού αλλοίωσής του(;) , με νέο κονίαμα συναφούς σύνθεσης, ισχυρότερο (;

## Βήματα εργασιών

1<sup>ο</sup> Καθαίρεση επιχρίσματος

2<sup>ο</sup> Καθαίρεση παλαιού συνδετικού κονιάματος: χέρι, χρήση ύδατος (0.5-1MPa με ακροφύσιο διαμέτρου 1 – 2 mm), αέρας υπό πίεση (σκόνη), αμμοβολή



## ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ (ήπια παρέμβαση)

- ΣΚΕΠΤΙΚΟ: αντικατάσταση μέρους του συνδετικού κονιάματος σε βάθος ανάλογο του βαθμού αλλοίωσής του(;) , με νέο κονίαμα συναφούς σύνθεσης, ισχυρότερο (;)

### Βήματα εργασιών

1<sup>ο</sup> Καθαίρεση επιχρίσματος

2<sup>ο</sup> Καθαίρεση παλαιού συνδετικού κονιάματος: χέρι, χρήση ύδατος ( $0,7\text{N/mm}^2$  με ακροφύσιο διαμέτρου 1 – 2 mm), αέρας υπό πίεση (σκόνη), αμμοβολή

3<sup>ο</sup> Διαβροχή και Νέο κονίαμα, συμβατό και ελαφρώς ισχυρότερο (;)



Με μηχανικά μέσα



Με το χέρι

Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

## Κονίαμα: κονία + άμμος + νερό



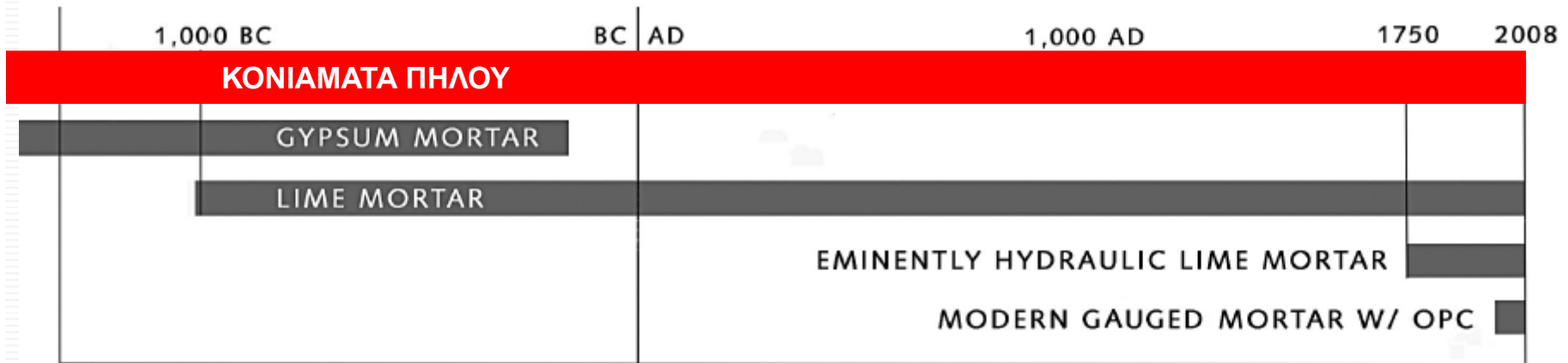
- Πηλός, γύψος, ασβέστης  
(αερικές κονίες)
- Φυσικό τσιμέντο/ποζολάνη  
κουρασάνι (πούδρα κεραμικών),  
υδραυλική άσβεστος  
(υδραυλικές κονίες)

### Σκλήρυνση δομής:

- ⇒ Ενανθράκωση –  
απορροφώντας CO<sub>2</sub> από  
το περιβάλλον
- ⇒ Ενυδάτωση – παρουσία  
νερού

# Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ



Σουμέριοι (4000 π.Χ.), Μυκηναίοι (1400 π.Χ.), Βαβυλώνιοι (700 π.Χ.)



- αντοχή κατά την ξήρανση
- $f_t < 0.5 \text{MPa}$ , πορώδες 30-40%
- Με κεραμάλευρο: ασθενές «τσιμέντο»

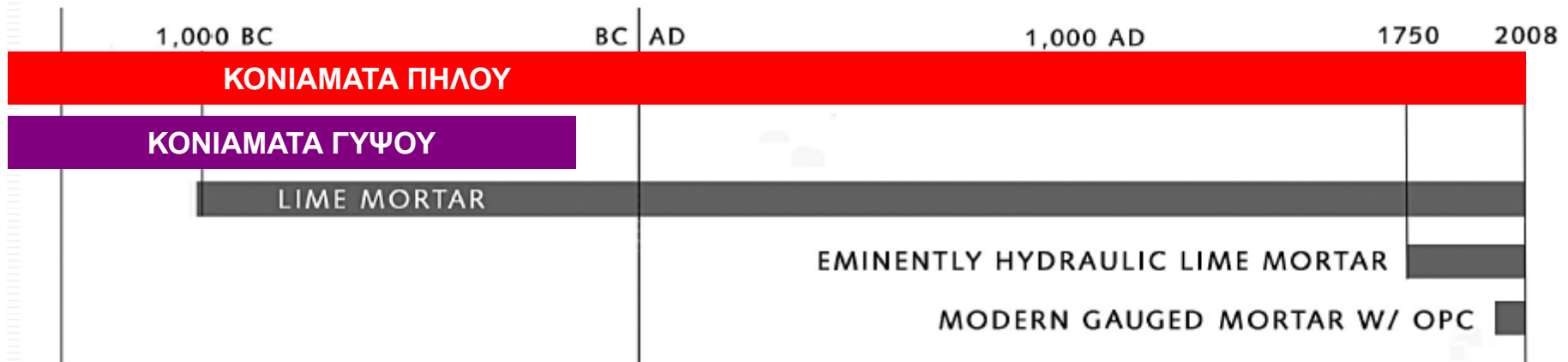
### Πρόσθετα:

**Ίνες (μικρο-δομή):** μαλλί, άχυρο  $\Rightarrow$  αυτο-ίαση (υδροφιλία - ένυδρα) & γεφύρωση ρηγμάτωσης

**Στάχτη (νάνο-δομή):** πυκνότερη δομή

# Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ



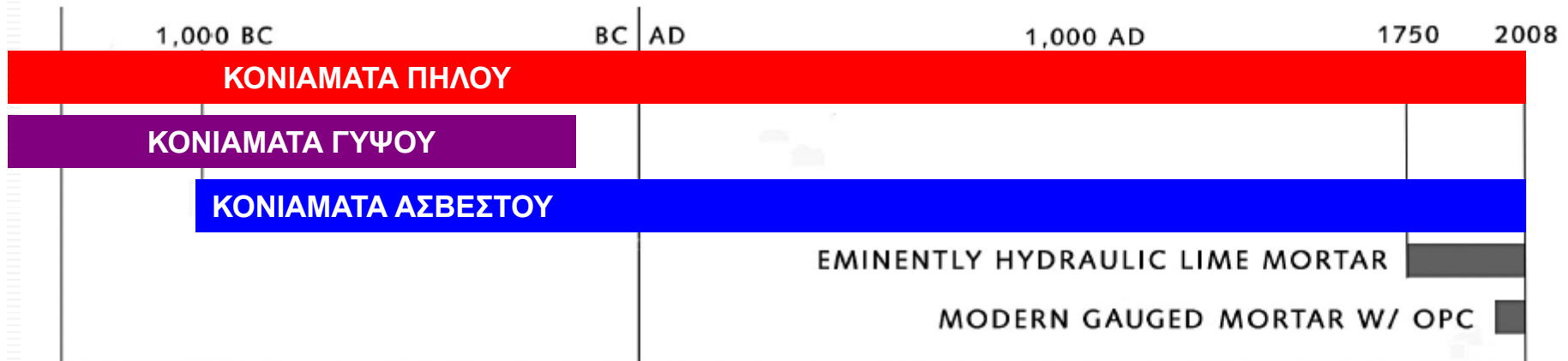
Αιγύπτιοι στις Πυραμίδες: ορυκτό του ασβεστίου  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (διένυδρο θεικό ασβέστιο). Η γύψος όταν ψηθεί και ανακατευτεί με το νερό γίνεται σκληρή και συμπαγής

- συνδετικό μεταξύ λίθων
- Εσωτερικό επίχρισμα (βραδύκαυστο)



# Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ



Μηνωίτες (<1500π.Χ.) : σβησμένη άσβεστος + άμμος + κεραμάλευρο

Ρωμαίοι (8<sup>ος</sup> π.Χ): Βελτίωσαν την τεχνική των κονιαμάτων: ηφαιστειακές πρώτες ύλες (Ποζολάνες) και ακριβείς αναλογίες ⇒ υδραυλικότητα

Μέχρι το τέλος του 19ου αι. τα ασβεστοπουζολανικά κονιάματα κυριαρχούν στην κατασκευή έργων λόγω της ανθεκτικότητάς τους σε υγρό περιβάλλον  
(Αντοχή σε θλίψη 4MPa, πορώδες 20%, Παπαγιάννη ΑΠΘ)

**ΚΟΥΡΑΣΑΝΙ** (ρωμαϊκή κονία):

Άσβεστόλιθο + κεραμάλευρο (900°C):  
πιο ανθεκτικό στην υγρασία

- Άσβεστος χωρίς προσμίξεις
- Δολομιτική άσβεστος
- Μαγνησιακή άσβεστος



Οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν την άσβεστο και την ποζολάνη ως κύριο συστατικό των κονιαμάτων κατά το τέλος του 3ου αι. π.Χ. (Adam, 1994, σ.79), ενώ η παραγωγή της ασβέστου αποτέλεσε ένα σημαντικό τομέα της ρωμαϊκής οικονομίας (Wright, 2005α, σ.176). Παράλληλα, κατά τη ρωμαϊκή περίοδο ξεκίνησε και η συστηματική χρήση κεραμάλευρου και θραυστού κεραμικού στα κονιάματα, προκειμένου να βελτιωθούν τα υδραυλικά χαρακτηριστικά τους (Παπαγιάννη, Στεφανίδου, 1998).

Η χρήση κεραμάλευρου και θραυστού κεραμικού επεκτείνεται και συστηματοποιείται στη Βυζαντινή περίοδο. Τα κονιάματα παρουσίαζαν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην υγρασία και εμφάνιζαν τη χαρακτηριστική ρόδινη χροιά των βυζαντινών κονιαμάτων. Τα αναμίγματα ήταν συνήθως συνδυασμός ασβέστου, κεραμάλευρου, θραυστού κεραμικού και αδρανών, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν ασβεστο-ποζολανικά κονιάματα (Parayianni, Stefanidou, 2000) (Parayianni, Theocharidou, 2003).

Στην Οθωμανική περίοδο ακολουθούνται οι παραδοσιακές τεχνικές και τα υλικά κατασκευής είναι ανάλογα των τοπικά διαθέσιμων πρώτων υλών. Συνήθως χρησιμοποιούνταν αμιγή ασβεστοκονιάματα, ωστόσο σε ειδικές κατασκευές όπου απαιτούνταν υψηλή ανθεκτικότητα σε υγρασία (λουτρά) παρατηρείται προσθήκη κεραμάλευρου, θραυστού κεραμικού και φυσικής ποζολάνης (Parayianni, 1997). Κατά το 19ο και 20ο αιώνα, τα κονιάματα ποικίλουν ανάλογα με τις τοπικές παραδόσεις και τους τύπους των κτιρίων. Οι ιδιωτικές οικίες (αργολιθοδομές, ωμοπλινθοδομές) παρουσιάζουν κονιάματα βασισμένα στην άσβεστο, στον πηλό ή σε ανάμειξή τους, με χαμηλή σχετικά μηχανική αντοχή (Παπαγιάννη κ.α., 2009). Σε σημαντικότερες κατασκευές (δημόσια κτίρια, επαύλεις) παρουσιάζουν υψηλότερη ανθεκτικότητα και είναι συνήθως ασβεστο-ποζολανικά (Παπαγιάννη κ.α., 2010) (Parayianni, Pacht, 2008).

# Κονιάματα & Ιστορική εξέλιξη

## **Καταγραφές...**

**Πουζολάνη** - αναφέρεται από τον Αριστοτέλη (384-322π.Χ.)

Ο Στράβωνας (63-64π.Χ.–23μ.Χ.) : αναφέρει τη χρήση της στην κατασκευή λιμενικών έργων, λόγω της ιδιότητας της να στερεοποιείται και να πήζει γρήγορα «...και κόλλησιν ισχυράν και πήξιν λαμβάνει...»

**Άμμος - Βιτρούβιος (80π.Χ. – 15μ.Χ)** «...Η καλύτερη άμμος είναι αυτή, που όταν τριφτεί στο χέρι 'τρίζει'. Αν έχει μέσα της χώμα, τότε δεν είναι [τόσο] αδρή. Η άμμος είναι κατάλληλη για κτίσιμο, αν, βάζοντας τη σε λευκό ύφασμα και τινάζοντάς την, δεν το λερώνει και δεν αφήνει χώμα...».

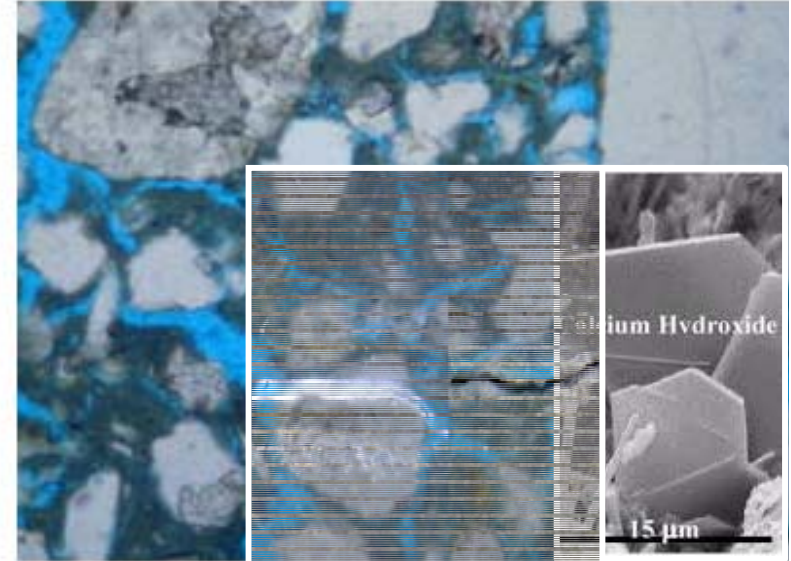
**Πρόσμικτα - Πλίνιος (1<sup>ος</sup> αι. μ.Χ.):** το αίμα, ασπράδι αυγού, χοιρινό λίπος

**Πρόσθετα - Βιτρούβιος (80π.Χ. – 15μ.Χ):** Καλάμια(micro\*), στάχτη(nano\*)



## Χαρακτηριστικά κονιαμάτων με βάση τον ασβέστη

- Διαπερατό (πορώδες 25-40%, ↓ όταν γίνεται χρήση πουζολάνης για λόγο νερού προς κονία  $\leq 0.85$ ) επιτρέποντας τη διέλευση των υδρατμών → Προστασία έναντι μούχλας
- Αν η υγρασία δεν μπορεί να εξατμισθεί μέσω των πόρων του κονιάματος τότε θα εξατμισθεί μέσω των λίθων – efflorescence → δημιουργία αλάτων που κρυσταλλοποιούνται εντός του λιθοσώματος και αποφλοιώνουν/βάφουν το λιθόσωμα.
- Προστασία λιθοσωμάτων έναντι κύκλων ψύξης απόψυξης
- Έχουν χαμηλότερη θλιπτική αντοχή/Μέτρο ελαστικότητας σε σχέση με τα τσιμεντούχα κονιάματα δημιουργώντας ένα «μαξιλάρι» μεταξύ των λιθοσωμάτων: καθώς τα λιθοσώματα μετακινούνται και καθιζάνουν τα κονιάματα των αρμών παραμορφώνονται για να παραλάβουν τις αλλαγές της γεωμετρίας προστατεύοντας έτσι τα λιθοσώματα.



### Εύκολη αποτίμηση in situ του είδους της κονιάς:

Δείγμα από το ιστορικό κονίαμα → θρυμματισμός → ανάδευση σε αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος → αν έντονη χημική αντίδραση (με φυσαλίδες) με «εξαφάνιση» της κονιάς και απομεινάρι την άμμο τότε η κονία είναι ασβέστης.

Το τσιμέντο αφήνει ένα σκούρο υγρό και η διάλυση διαρκεί μερικές μέρες...

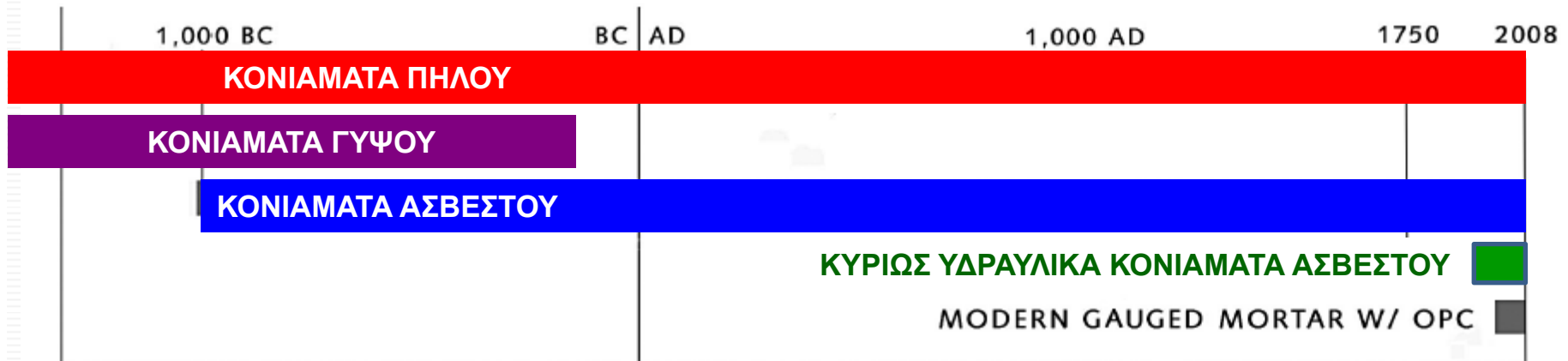
**Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κονίαμα ασβέστου;**



**Δίον Περίας (ναός Ίσιδας, 4<sup>ος</sup> αι. πΧ)**

# Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

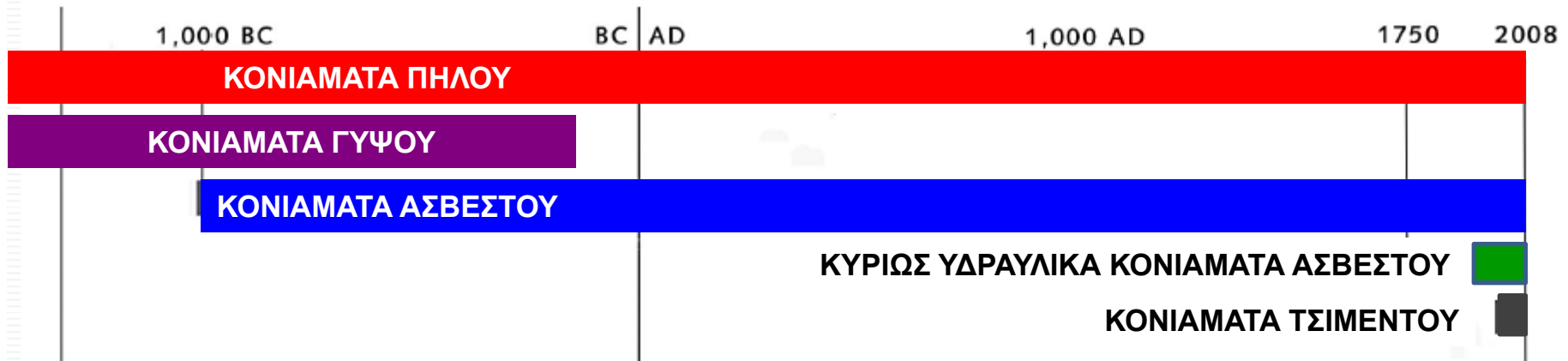
## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ



- **1750: Υδραυλική Άσβεστος (Smeaton)**
- **όπτηση αργιλικών ασβεστόλιθων = πηλός με ασβεστόλιθο (1100°C)**
- **χρώμα τέφρας ή καφέ ανοικτού → Φυσικό Τσιμέντο (χωρίς την C<sub>3</sub>S, 1450°C)**
  - καλές μηχανικές ιδιότητες
  - σκλήρυνση και αύξηση αντοχής παρουσία υγρασίας
  - αδιαπερατότητα
  - βραδεία ανάπτυξη αντοχής

# Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

## ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ



- Τσιμέντο Πόρτλαντ: Από το 1824 στην Αγγλία με καύση Ασβεστόλιθου και πυριτικής άμμου σε θερμοκρασία 1450°C → Κλίνκερ, λόγω πρώιμης ενυδάτωσης  $C_3S$  → Σκληρότερο προϊόν από την Υδραυλική Άσβεστο

## ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

- Εττρινγκίτης (γύψος) → Διογκωτικά παραπροϊόντα
- 2πλάσιος Συντελεστής Θερμικής διαστολής της πέτρας → Μηχανικές πιέσεις στα λιθοσώματα
- αυξημένη συστολή ξήρανσης – συρρίκνωση κατά την εξάτμιση νερού / εξουδετέρωση σε υγρές συνθήκες
- **Μικρό πορώδες (μικρότερο από οπτόπλινθους) → Πυκνή δομή & Δύσκολη «διαπνοή» της τοιχοποιίας**
- Φορέας διαλυτών αλάτων - εξανθήματα: διοχέτευση διαλυτών αλάτων στα ιστορικά υλικά και κρυστάλλωση τους κατά την εξάτμιση νερού (πιέσεις)

Ρηγμάτωση τοιχοποιίας



# Νέο κονίαμα, **ΣΥΜΒΑΤΟ** και ελαφρώς ισχυρότερο (;)

## Δεδομένο: κάθε περίπτωση αποκατάστασης είναι **ΜΟΝΑΔΙΚΗ**

✓ *Αυθεντικά υλικά μπορούν να αναπαραχθούν αφού ληφθούν δείγματα για εργαστηριακή τεκμηρίωση*



## μελέτη των ιστορικών κονιαμάτων

◆ ποια η κονία, ◆ ποια η κοκκομετρική διαβάθμιση άμμου και τι σύστασης (πυριτική/ ασβεστολιθική, και με θραυστά κεραμικά), ◆ σε τι αναλογία τα υλικά, ◆ ποια η εργασιμότητα, ◆ ο χρόνος πήξης, ◆ το πορώδες, ◆ υπήρχαν πρόσθετα, π.χ. στάχτη ή ίνες;

# Αποκατάσταση Τοιχοποιίας Αγίας Σοφίας - Κωνσταντινούπολη

Αρμός κονιάματος = 1.5 x πάχος κεραμικού  
→ ο αρμός ΦΟΡΕΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ και όχι μόνο σύνδεσης!!

**Δοκιμαστικά μείγματα με συμβατά υλικά με εργαστηριακή τεκμηρίωση**

Κονίαμα  
ασβέστη με  
μηλαϊκή γη  
(ποζολάνη)

Κονίαμα υδρ.  
ασβέστη με  
κεραμάλευρο

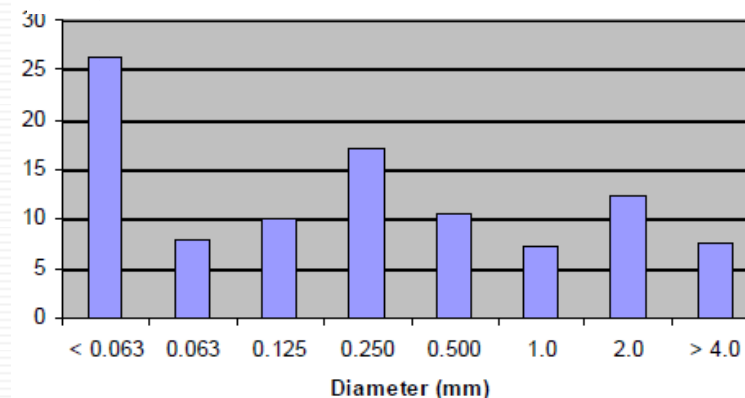
Κονίαμα  
ασβέστη με  
κεραμάλευρο



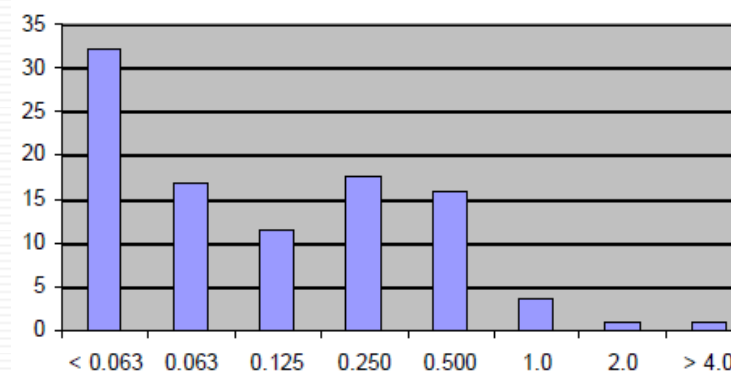
**Χρόνος πήξης: έως και 7 μέρες ανάλογα την θερμ. περιβάλλοντος !**

Κοκκομετρικές άμμου

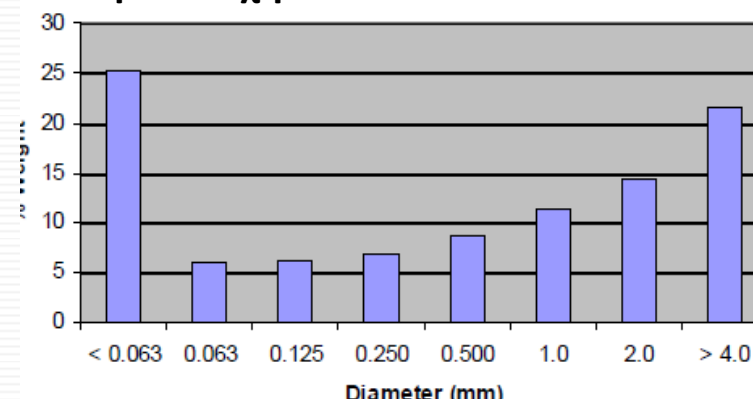
ασβέστης + ποζολάνη, P=30%



υδραυλική άσβεστος+ κεραμ., P=20%



ασβέστης+κεραμ.: P=30-40%,  
εφ. αντοχή 0.5-1.2MPa



## Ροτόντα Θεσσαλονίκης (ομοιάζει με το Πάνθεον της Ρώμης)



- Η τοιχοποιία έχει αποκατασταθεί με ήπιες επεμβάσεις (αρμολόγημα) **όμως ...**



Αισθητήρας για παρακολούθηση της εξέλιξης της ρηγμάτωσης



## Ροτόντα Θεσσαλονίκης (ομοιάζει με το Πάνθεον της Ρώμης)



- Η τοιχοποιία έχει αποκατασταθεί με ήπιες επεμβάσεις (αρμολόγημα)
- Ο μιναρές με μεταλλικές περιδέσεις





**Λέσβος: Σεισμός στην Βρύσα, 12-06-2017 (6.3R): Ελαιοτριβείο**

## Νέο κονίαμα, συμβατό και ΕΛΑΦΡΩΣ ΙΣΧΥΡΟΤΕΡΟ (;)

Βασική οδηγία - τα κονιάματα αρμολόγησης πρέπει να είναι:

➤ ασθενέστερα και πιο διαπερατά

των **λίθων /πλίνθων**

➤ όχι πολύ ισχυρότερα ή πιο αδιαπέρατα

απ' ότι τα **ιστορικά κονιάματα**

Αποφυγή βλάβης

των λίθων/πλίνθων

➔ ➔ Απαίτηση για πειραματική αποτίμηση των ιστορικών κονιαμάτων σε σχέση με τοιχοποιία ίδιας δομής αλλά ισχυρότερου κονιάματος

**Το λάθος κονίαμα μπορεί να καταστρέψει το δόμημα!**

## Νέο κονίαμα, συμβατό και ΕΛΑΦΡΩΣ ΙΣΧΥΡΟΤΕΡΟ (;)

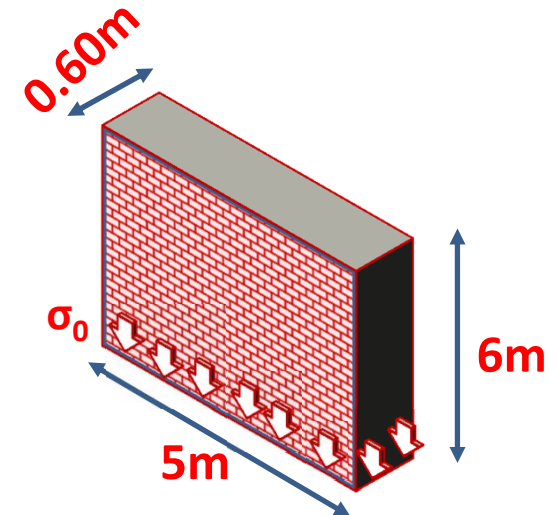
### Συσχέτιση αντοχών λίθων/πλίνθων & κονιάματος δόμησης

- Αν κριτήριο είναι η αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας:

**Θλιπτικές Τάσεις στην βάση της τοιχοποιίας:**

$$\sigma_0 = \text{Ειδικό βάρος} * H = 25 \text{ kN/m}^3 * 6 \text{ m} = 0.15 \text{ MPa}$$

**Θλιπτική αντοχή λιθοδομών (όχι λίθων)  $\approx 1-3 \text{ MPa!!!}$**



## Μείγματα για Κονιάματα (όχι ιστορικά!!) σύμφωνα με τους Κανονισμούς

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6.1:** Αναλογία κατ' όγκον υλικών κονιαμάτων κατά DIN 1053

Αναλογία κατ' όγκον						
Ομάδα Κονιάματος	Τσιμέντο	Άσβεστος			Υπερ-υδραυλική άσβεστος	Άμμος (φυσική)
		Πολτός	Υδράσβεστος	Υδραυλική άσβεστος		
MI		1	1			3.5
				1		3
MII	1	1.5				8
	1		2		1	8
MIII						3
	1					4

**Κριτήριο Τάσσιου ιστορικών κονιαμάτων :**  $f_t/f_c = 1/4-1/6$   
(ελαστικότητα & ικανότητα για απορρόφηση ενέργειας από μηχανική καταπόνηση)

**Από Παπαγιάννη (ΑΠΘ):**  
Σχέση κονιάς – άμμου 1: 2.5  
(όσο πιο λεπτή η άμμος τόσο εντονότερες οι μεταβολές όγκου λόγω συρρίκνωσης ή ερπυσμού)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6.2:** Αναλογία κατ' όγκον υλικών κονιαμάτων κατά EN 998-2

Ποιότητα Κονιάματος	Χαρακτηριστική Θλιπτική Αντοχή (MPa)	Κατ' όγκον αναλογία		
		Τσιμέντο	Άσβεστος	Άμμος
M 2.5	2.5	1	3	9
M 5	5.	1	2	6
M 10	10.	1	0.5	5
M 20	20.	1	-	3

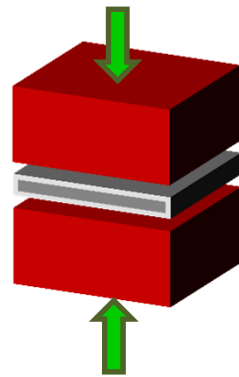
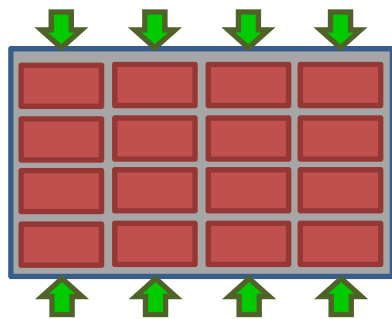
Τυπικές αναλογίες κ.ο. (τσιμέντο C : ασβέστης: άμμος)  
1 : 2 : 9 (υψηλή περιεκτικότητα C) → αυξημένη αντοχή  
1 : 3 : 12 → μέτρια αντοχή  
0: 3 : 12 (ή 1 : 4, χωρίς C) → χαμηλή αντ. (ανθεκτικότητα)

## Συσχέτιση αντοχών λίθων/πλίνθων & κονιάματος δόμησης

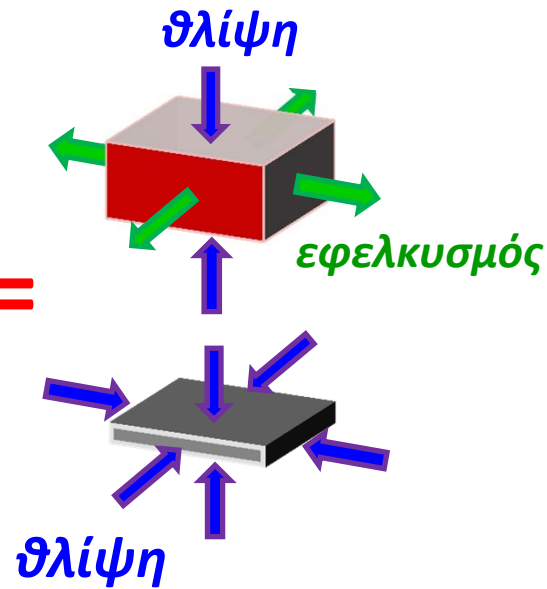
- ✓ Συνήθως η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας είναι μικρότερη των λίθων & μεγαλύτερη του συνδετικού κονιάματος (είδος κονιάματος & πάχος αρμού)

μέτρο ελαστικότητας:  $E_{\text{λίθων}} > E_{\text{κονιάματος}}$

λόγος Poisson:  $\nu_{\text{λίθων}} < \nu_{\text{κονιάματος}}$



=



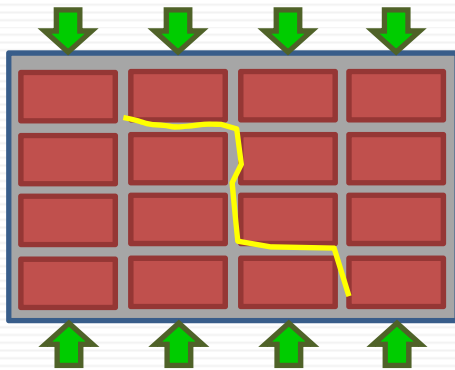
Λίθος /πλίνθος:  
δυσμενής ένταση

Κονίαμα:  
περίσφιγξη

## Συσχέτιση αντοχών λίθων/πλίνθων & κονιάματος δόμησης

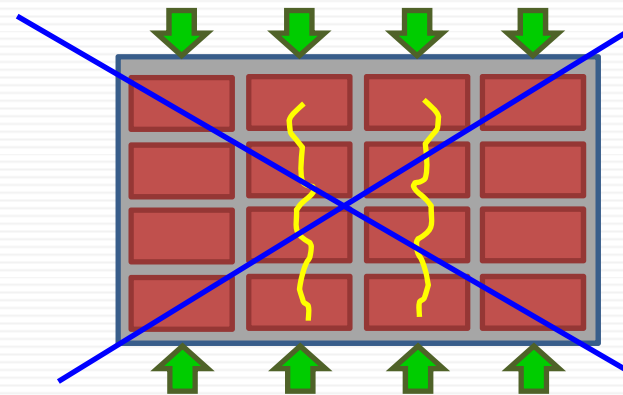
Οι παραδοσιακοί πλίνθοι του παρελθόντος → **μαλακότεροι**  
Αν χρησιμοποιηθεί ισχυρό κονίαμα για την αρμολόγηση τότε  
η τοιχοποιία μπορεί να υποστεί βλάβες λόγω κύκλων ψύξης /  
απόψυξης.

➤ **Επιθυμητές βλάβες**  
(επαν-επεμβασιμότητα)



Ρωγμές στο συνδετικό  
κονίαμα (αντοχή λίθων >  
κονιάματος)

➤ **Ανεπιθύμητες βλάβες**



Ρωγμές στους πλίνθους  
(ισχυρότερο το συνδετικό!)



## Από την εμπειρία πρότερων επεμβάσεων αποκατάστασης Ιστορικών Τοιχοποιιών με ΑΣΥΜΒΑΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ (συνήθως και με τσιμέντο)



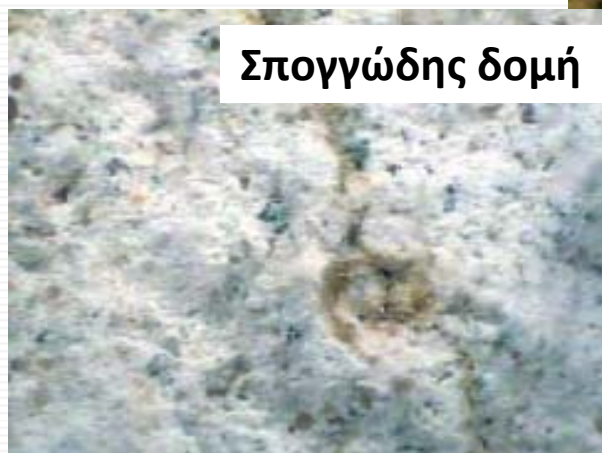
Κρατήρες

Κατάργηση δυνατότητας για επαν-επεμβασιμότητα/αναστρεψιμότητα

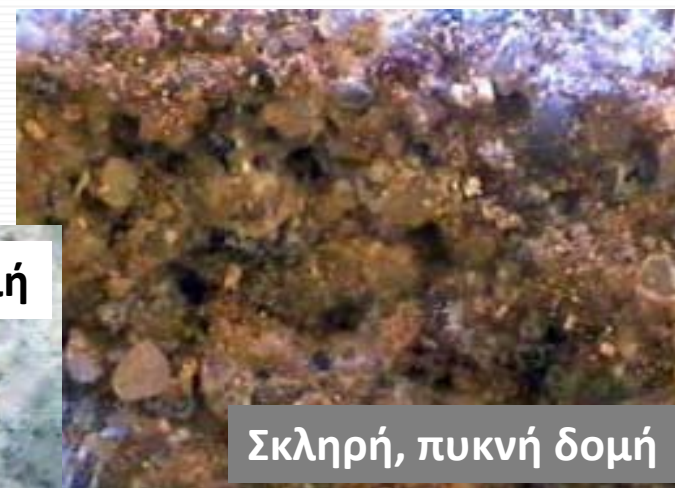
Διάβρωση πωρόλιθου (Μεσαιωνική Πόλη Ρόδου)

Προβλήματα στα κονιάματα που περιέχουν ταυτόχρονα ΤΣΙΜΕΝΤΟ (<50%) + ΑΣΒΕΣΤΗ →

- στην πήξη
  - ασβέστης σε ξηρό περιβάλλον
  - τσιμέντο σε υγρό περιβάλλον
- **Ανομοιογενής, Ανισότροπη μικροδομή:** διαχωρισμός των φάσεων τσιμέντου & ασβέστη



Σπογγώδης δομή



Σκληρή, πυκνή δομή

Διαφορετικό Συντελεστή Υδατοαπορρόφησης



## ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ (ήπια παρέμβαση)

**Ίδια φιλοσοφία όπως και με τα συνδετικά κονιάματα:**

➤ **Συμβατότητα με τα κατά χώραν υλικά, διασφάλιση διαπνοής τοιχοποιίας**

επιχρίσματα με βάση το τσιμέντο: παγιδεύουν την υγρασία στην τοιχοποιία και ελευθερώνουν επιβλαβή άλατα

Εξωτερικά επιχρίσματα → κατά βάση ασβεστιτικά

Εσωτερικά επιχρίσματα → ως βάση την γύψο  
(πυράντοχο υλικό, προστασία ξυλόπλεκτης δομής )



## Βήματα εργασιών:

- Έναρξη αφού έχει σκληρυνθεί το συνδετικό κονίαμα

(οι αρμοί θα πρέπει να **εισέχουν** για στήριξη του επιχρίσματος)



- Διαβροχή της τοιχοποιίας και προετοιμασία

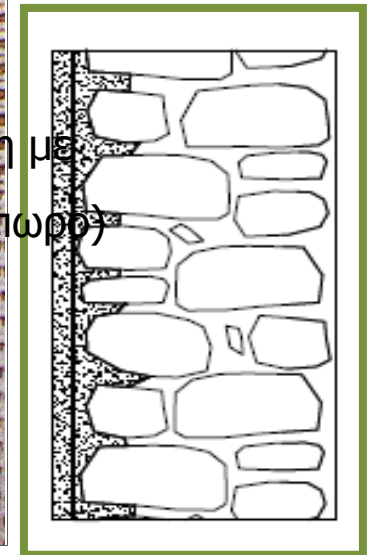
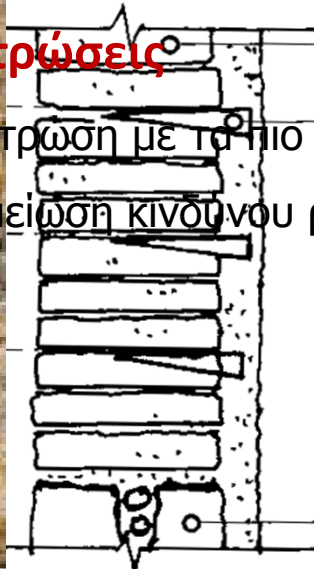
### ΣΤΗΡΙΞΗΣ του επιχρίσματος

**Στο παρελθόν:** Ξύλινες σφήνες ή καρφιά

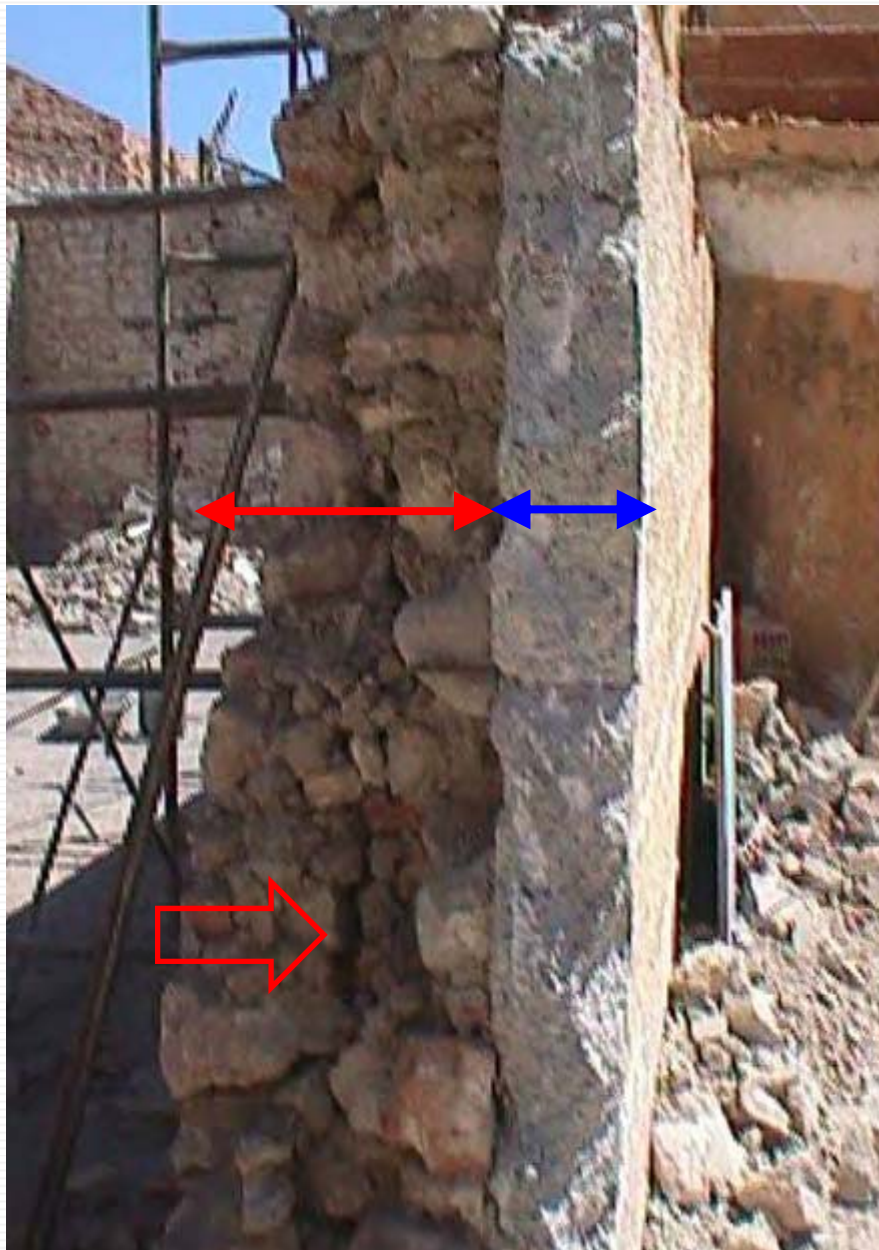
**Σήμερα:** Ανάλογα με τον βαθμό αυθεντικότητας που επιζητείται: **ίδια μέσα**, είτε **αγκυρωμένα πλέγματα**

- Επίχριση σε στρώσεις

από την πιο παχιά στρώση με τα πιο χονδρόκοκκα, στην πιο λεπτή στρώση με λεπτόκοκκα υλικά, μείωση κινδύνου ρηγματώσης (καλύτερα άνοιξη-φθινόπωρο)



## Παραδείγματα ... προς αποφυγή!



## Συμπερασματικά....

- Κονιάματα ασβέστη αναπτύσσουν αργά αντοχές (ενανθράκωση)
- Όσο περισσότερο υδραυλικό είναι ένα κονίαμα τόσο μεγαλύτερη η αντοχή του (πρόσμικτα: κεραμάλευρο, ποζολάνες)
- Οι ποζολάνες καταναλώνουν άσβεστο για ανάπτυξη αντοχής, μειώνοντας την ικανότητα για αυτοϊαση ρωγμών
- Η προσθήκη τσιμέντου θα πρέπει να γίνεται με φειδώ (για αύξηση αντοχής της τοιχοποιίας), επιλογή κατάλληλων τύπων τσιμέντων (χωρίς υδατοδιαλυτά άλατα, ή λευκό για αισθητική συμβατότητα)
- Η άμμος: θραυστή, χωρίς προσμίξεις, διαβαθμισμένη



## Συμπερασματικά....

- **Πρόσθετα: συμβατότητα ινών**
- **Ίνες φυσικές:** μαλλί (αλογότριχες, κατσικότριχες), λινάρι, ίνες bamboo: αυτο-ίαση μικρο-ρωγμών λόγω **υδρόφιλης** φύσης (υγρασία → ένυδρα)



- **Σύνθετες ίνες:** γυαλί, πολυπροπυλένιο κ.α. (υδρόφοβες, ευπαθείς σε αλκαλικότητα, UV)



## ΗΠΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ - ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

*Οι ήπιες επεμβάσεις ενίσχυσης, κυρίως λόγω της ανάγκης να μείνει η φυσιογνωμία της κατασκευής αναλλοίωτη:*

**αρμολόγημα**

**υδραυλικά ενέματα**

**συρραφή ρωγμών με διατμητικούς συνδέσμους**

**τοπική ανακατασκευή**

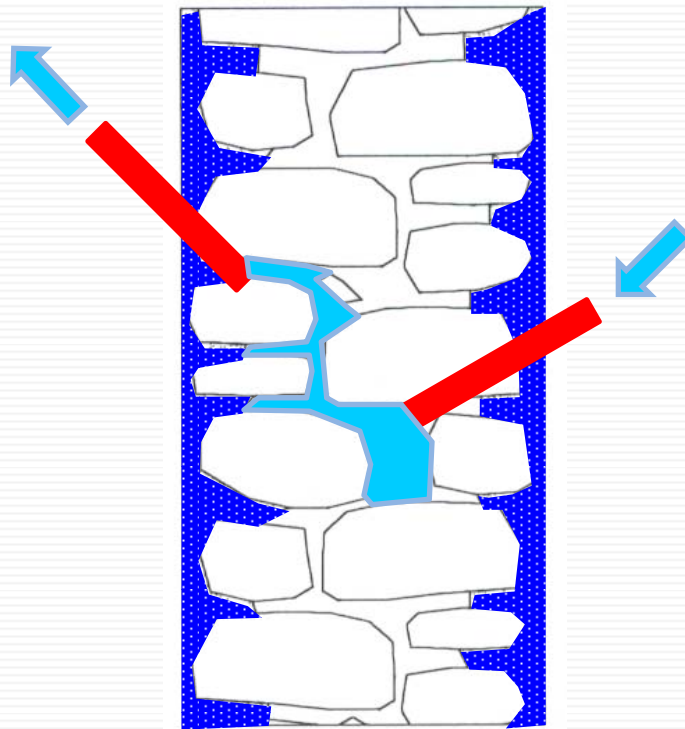
**οπλισμένα επιχρίσματα**

**αγκύρια, ελκυστήρες, περιδέσεις, διαζώματα κτλ.**

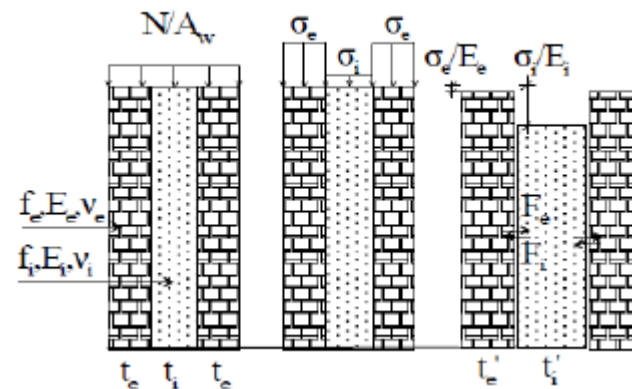
**τοποθέτηση υφασμάτων σε φέρουσες τοιχοποιίες.**

**Ένεμα (ένεση):** Ρευστός πολτός, για πλήρωση ρωγμών ( $> \sim 0.1\text{mm}$ ) και κοιλοτήτων που εισάγεται υπό πίεση ( $< 1\text{Atm} = 1\text{Kg/cm}^2$ )

- ✓ αποκατάσταση συνέχειας αποσαθρωμένων ή ρηγματωμένων τμημάτων τοιχοποιίας (χωρίς γεωμετρική αλλοίωση)
- ✓ Ενίσχυση μηχ. ιδιοτήτων



(α) στην περίπτωση δίστρωτων τοιχοποιιών, η βελτίωση οφείλεται στην βελτιωμένη συνάφεια μεταξύ των κατά χώραν υλικών, (β) στην περίπτωση των τρίστρωτων τοιχοποιιών, η βελτίωση οφείλεται στην ενίσχυση του εσωτερικού (χαμηλής αντοχής) πυρήνα της τοιχοποιίας, καθώς και στην αύξηση της αντοχής συναφείας μεταξύ των υφιστάμενων υλικών.



Γενί – Τζαμί, Μυτιλήνη (1830)





Γενί – Τζαμί, Μυτιλήνη (1830)



## Ένεμα (ένεση): Ρευστός πολτός, για πλήρωση ρωγμών ( $> \sim 100\mu\text{m}$ ) και κοιλοτήτων

- ✓ στερέωση π.χ. ψηφιδωτού διάκοσμου, νωπογραφιών



# Κατηγορίες Ενεμάτων

**ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ**

**ΠΟΛΥΜΕΡΗ**  
(ρητίνες, σιλικόνες)

**ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ: συνάφεια έναντι αντοχής**



## ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΕΝΕΜΑΤΑ (ρητίνες, σιλικόνες)

### ➤ Πλεονεκτήματα:

ιξώδες ανάλογο του εύρους της μικρο-ρωγμής ( ↑↑ διεισδυτικότητα )  
χωρίς κοκκώδη υφή → αναγκαία η χρήση τους μόνο σε μικρορωγμές  
(0.05-0.1mm) & σε υλικά μεγάλης αντοχής και πολύ μικρού πορώδους!  
Πολύ καλή πρόσφυση

### ➤ Μειονεκτήματα:

- ΑΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ → Διαφορετικά μηχανικά/φυσικά χαρακτηριστικά από της παραδοσιακής λιθοδομής (π.χ. σε χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνεται η ψαθυρότητα τοιχοποιίας με ρητινενέματα)
- ΜΗ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΗ ΕΠΕΜΒΑΣΗ
- ΕΥΠΑΘΕΙΑ σε υψηλές θερμοκρασίες ( >70°C, διόγκωση & μαλάκωμα)
- ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ λόγω ΥΓΡΑΣΙΑΣ → ακατάλληλα για επισκευή λιθοδομών που εκτίθενται στο περιβάλλον
- ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ → διάρκεια ζωής τους σε σχέση με της κατασκευής



## ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ

- **Ανόργανα υλικά:** υδραυλική άσβεστος, υδράσβεστος, πουζολάνες, τσιμέντο  
**Τσιμέντο + υδραυλική άσβεστος → ένεμα υψηλής αντοχής**  
**Τσιμέντο + πουζολάνη → ένεμα χαμηλής αρχικής αλλά υψηλότερης τελικής αντοχής**  
**Υδράσβεστος + πουζολάνη → ένεμα μικρότερης αντοχής και ↑ πορώδους**
- **Υδραυλικά:** μετά την σκλήρυνση, αδιάλυτα σε νερό
- **ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ** με τα κατά χώρας υλικά της λιθοδομής
- **ΣΥΝΑΦΕΙΑ:** συνεργασία με λίθους/πλίνθους, και με αρχικό κονίαμα
- **Τυπικοί λόγοι στερεών προς νερό 1:3 ή 1:4 → ΠΟΛΥ ΥΔΑΡΗ**
- **Τσιμέντο με φειδώ (<30% κ.ο)**



## ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ

ποζολάνη + Υδράσβεστος + αδρανή + πρόσμικτα



- Συμβατό με τα κατά χώραν υλικά της τοιχοποιίας
  - Φυσικές (ηφαιστειογενούς προέλευσης - π.χ. Μηλαϊκή Γη)
  - Τεχνητές (κεραμάλευρο – κουρασάνι)
- Φορέας αντοχής
- Χαμηλή περιεκτικότητα σε  $SO_3$   
(αποτροπή σχηματισμού γύψου – ετρινγκίτη → διόγκωση, ρηγμάτωση)
- Μηχανικές ιδιότητες (Συνάφεια  $\approx 1\text{MPa}$ , Θλιπτική Αντοχή  $\approx 5\text{MPa}$ , κριτήριο όμως η συνάφεια, Εφελκυστική Αντοχή  $\approx 1\text{-}2\text{MPa}$ , ευάλωτη στις μικρορηγματώσεις)



## ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ

ποζολάνη + Υδράσβεστος + αδρανή + πρόσμικτα



Συμβατό με τα κατά χώραν υλικά της τοιχοποιίας

Ενεργοποιεί την ποζολάνη για να δώσει τα Ασβεστο-πυριτικά ένυδρα

Περίσσεια CH: προσλαμβάνει CO<sub>2</sub> για σκλήρυνση (CaCO<sub>3</sub>)

➤  $V_{CaCO_3} < V_{Ca(OH)_2} \Rightarrow$  αύξηση του πορώδους

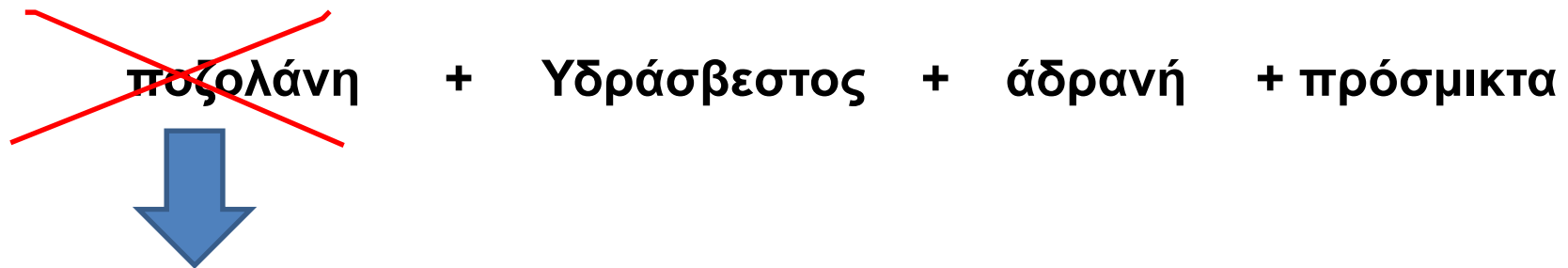
➤ CaO: ρηγματώση κατά την δημιουργία CH ( $V_{CH} > V_{CaO}$ )

Ευπάθεια σε υγρασία – αποσύνθεση (**επαν-επεμβασιμότητα**)

Αναλογία υδρασβέστου : ποζολάνης = 1:2



## ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ



Μερική αντικατάσταση με τσιμέντο (π.χ. λευκό) → θλιπτική αντοχή ↑↑  
(υδράσβεστος : Τσιμέντο : ποζολάνη = 2 : 1 : 1)

- Περιεκτικότητα σε θείο ( $SO_3$ ) → πολύ χαμηλή!!!
- υδατοδιαλυτά αλκάλια → Σχηματισμός αλάτων (Λεκέδες)
- Μείωση της διεισδυτικότητας → ρευστοποιητής!!!





## ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ

Υδράσβεστος + ποζολάνη + αδρανή + πρόσμικτα



Μαρμαρόσκονη, μπετονίτης  
πολύ λεπτή άμμος (κόσκινο < 0.5mm)  
Ρευστότητα - διεισδυτικότητα

Η κοκκομετρία επιλέγεται ανάλογα του εύρους της ρωγμής  
π.χ. άμμος με κόκκο 1mm  $\Rightarrow$  διείσδυση σε ρωγμή > 1cm



# ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ

Υδράσβεστος + ποζολάνη + άμμος + πρόσμικτα

Επιταχυντές (0,2-0,4%) κ.β. υδραυλικής κονίας

Επιβραδυντές (0,5-0,6%) κ.β. υδραυλικής κονίας

Αερακτικά (0,05-0,1%) κ.β. υδραυλικής κονίας

Πλαστικοποιητές (0,3-0,5%) κ.β. υδραυλικής κονίας

Ρευστοποιητές (0,8-2%) κ.β. υδραυλικής κονίας

+ νερό

απορρόφηση από στεγνά υλικά της λιθοδομής  $\Rightarrow$

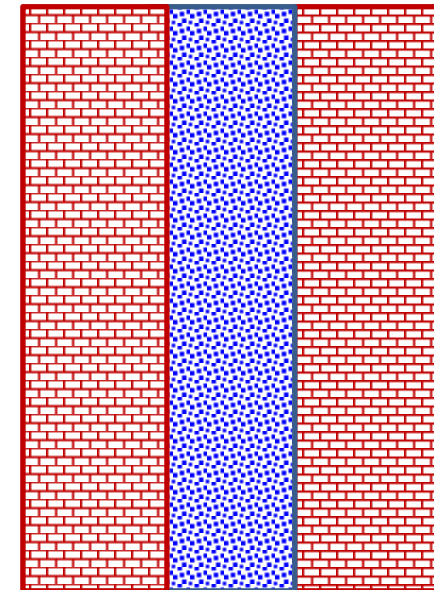
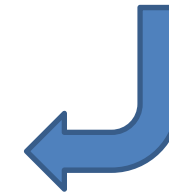
Αλλαγή σύστασης του ενέματος προ πήξης

✓ Ύγρυνση & ειδικά πρόσμικτα για συγκράτηση νερού

Προσοχή: Αλλαγή μηχανικής συμπεριφοράς:

**δύο δομημένες παρειές**

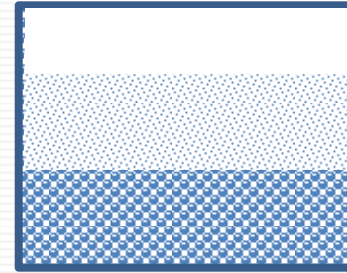
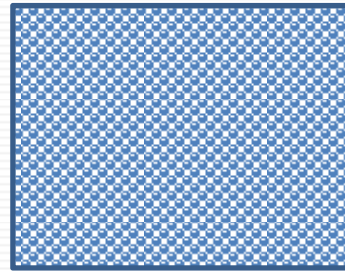
**υλικό πλήρωσης: υψηλό πορώδες και χαμηλή αντοχή**  
(τυχαία τοποθετημένους λίθους και λίγο κονίαμα)



# Υδραυλικά Ενέματα – ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

## 1. Σταθερότητα

(ομοιογένεια κατά την έγχυση & πήξη)



απόμιξη



Εξίδρωση

Βαρύτητα, τριβή, Δυνάμεις Van Der Waal

2. Ρευστότητα → Ιξώδες = αντίσταση υγρών σε ροή  
Καθορίζεται: νερό/στερεά σωματίδια, ειδική επιφάνεια των σωματιδίων ⇒ απαιτούμενη πίεση (χαμηλή) κατά την εφαρμογή του ενέματος

Ο κώνος Marsh είναι μια απλή συσκευή που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ρευστότητας (ιξώδες) των ενεμάτων/κονιαμάτων. Η δοκιμή μπορεί να γίνει επί τόπου, την ώρα που αναμιγνύεται το ένεμα. Είναι μία γρήγορη και απλή δοκιμή → ένδειξη για τις αλλαγές στις ιδιότητες του ενέματος (παρουσίαση Μιλτιάδου – ΤΕΕ)

Κώνος Marsh



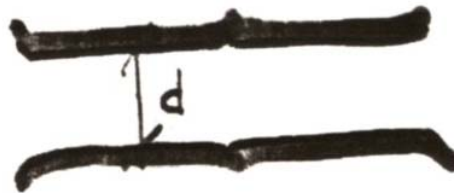
- τσιμέντο:  $D_{\text{στομίου εξόδου}} = 4\text{mm}$ ,  $t = 30-45\text{sec}$

- κονία + άμμος:  $D_{\text{στομίου εξόδου}} = 10\text{mm}$ ,  $t = 13-25\text{sec}$

## Υδραυλικά Ενέματα – ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

1. Σταθερότητα (ομοιογένεια μέχρι την πήξη)
2. Ρευστότητα
3. Διεισδυτικότητα ( $d_{\text{κόκκου}} \leftrightarrow$  εύρος ρωγμής)  $\Rightarrow$  απόμιξη, έμφραξη

Π.χ. μέγεθος κόκκου 0.2mm, ακατάλληλο για ρωγμή <2mm  
Τσιμεντένεμα με άμμο  $d_{\text{max}}=1\text{mm}$ , εύρος ρωγμής 1-2cm



## Υδραυλικά Ενέματα – ΡΕΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

1. Σταθερότητα (ομοιογένεια μέχρι την πήξη)
2. Ρευστότητα
3. Διεισδυτικότητα ( $d_{\text{κόκκου}} \leftrightarrow$  εύρος ρωγμής)  $\Rightarrow$  απόμιξη, έμφραξη

## Υδραυλικά Ενέματα – ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

1. Χαμηλή θερμότητα ενυδάτωσης  
(η θερμοκρασία μπορεί να επιδεινώσει την συνάφεια με το υπόστρωμα)
2. Χαμηλή συστολή ξήρανσης (αποφυγή ρηγμάτωσης)
3. Χρόνος σκλήρυνσης  
(συναρτάται με την υγροσκοπικότητα = πρόσληψη υγρασίας από το περιβάλλον)



# Βήματα εφαρμογής:

## 1. Αφαίρεση επιχρίσματος, νέο αρμολόγημα & σφράγιση των ρωγμών



σφράγιση ρωγμών



## 2. Διάνοιξη οπών (αποστάσεις <πάχος τοιχοποιίας & κατά μήκος των ρωγμών)



## 4) Με εφαρμογή υπερήχων στην περιοχή που θα πραγματοποιηθεί η έγχυση: εκτίμηση του όγκου των κενών

## 3. τοποθέτηση δικτύου σωληνίσκων (αριθμημένα ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ)



## Βήματα εφαρμογής:

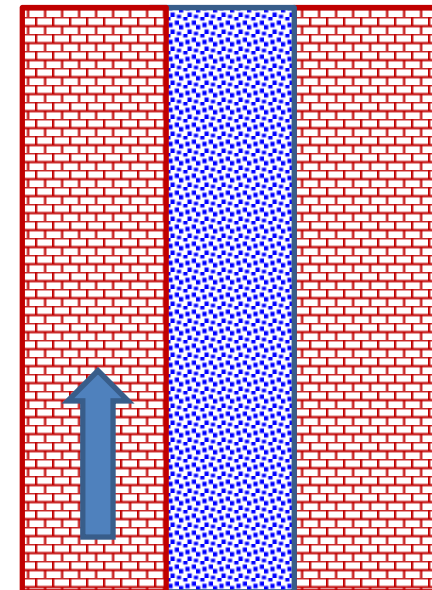
5. Εφαρμογή από την βάση προς την κορυφή της τοιχοποιίας
6. Καταγραφή: σωληνάκια εισόδου – εξόδου
7. Καταγραφή ποσότητας ενέματος που καταναλώνεται

*(1m σε ύψος / μέρα σε τοιχοποιίες με εκτενή βλάβη)*

### 6. Μέτρα συντήρησης – αποκοπή ενέσεων

→ επαναμέτρηση με υπερήχους για εκτίμηση του βαθμού πλήρωσης των κενών

### 7. Εφαρμογή του ΝΕΟΥ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ





## ΗΠΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ - ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

*Οι ήπιες επεμβάσεις ενίσχυσης, κυρίως λόγω της ανάγκης να μείνει η φυσιογνωμία της κατασκευής αναλλοίωτη:*

**αρμολόγημα**

**υδραυλικά ενέματα**

**συρραφή ρωγμών με διατμητικούς συνδέσμους**

**τοπική ανακατασκευή**

**οπλισμένα επιχρίσματα**

**αγκύρια, ελκυστήρες, περιδέσεις, διαζώματα κτλ.**

**τοποθέτηση υφασμάτων σε φέρουσες τοιχοποιίες.**

## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΗΠΙΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

(1) ΕΛΑΦΡΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ: το πλάτος της ρωγμής είναι σχετικά μικρό (π.χ. <math><10\text{ mm}</math>)

→ μικρού πάχους δομές (<math><30\text{ cm}</math>)

Καθαίρεση επιχρίσματος σε μεγάλο μέρος γύρω από τη ρωγμή,  
Διεύρυνση του χείλους της ρωγμής με τοπικό σπάσιμο των λιθοστρωμάτων,

Σχολαστική απομάκρυνση των σαθρών υλικών

Πλύσιμο με νερό υπό πίεση

Εξωτερικό αρμολόγημα και τελικό επίχρισμα



## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΗΠΙΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

(1) ΕΛΑΦΡΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ: το πλάτος της ρωγμής είναι σχετικά μικρό (π.χ. <math><10\text{ mm}</math>)

→ μικρού πάχους δομές (<math><30\text{cm}</math>)

Καθαίρεση επιχρίσματος σε μεγάλο μέρος γύρω από τη ρωγμή,  
Διεύρυνση του χείλους της ρωγμής με τοπικό σπάσιμο των λιθοστρωμάτων,

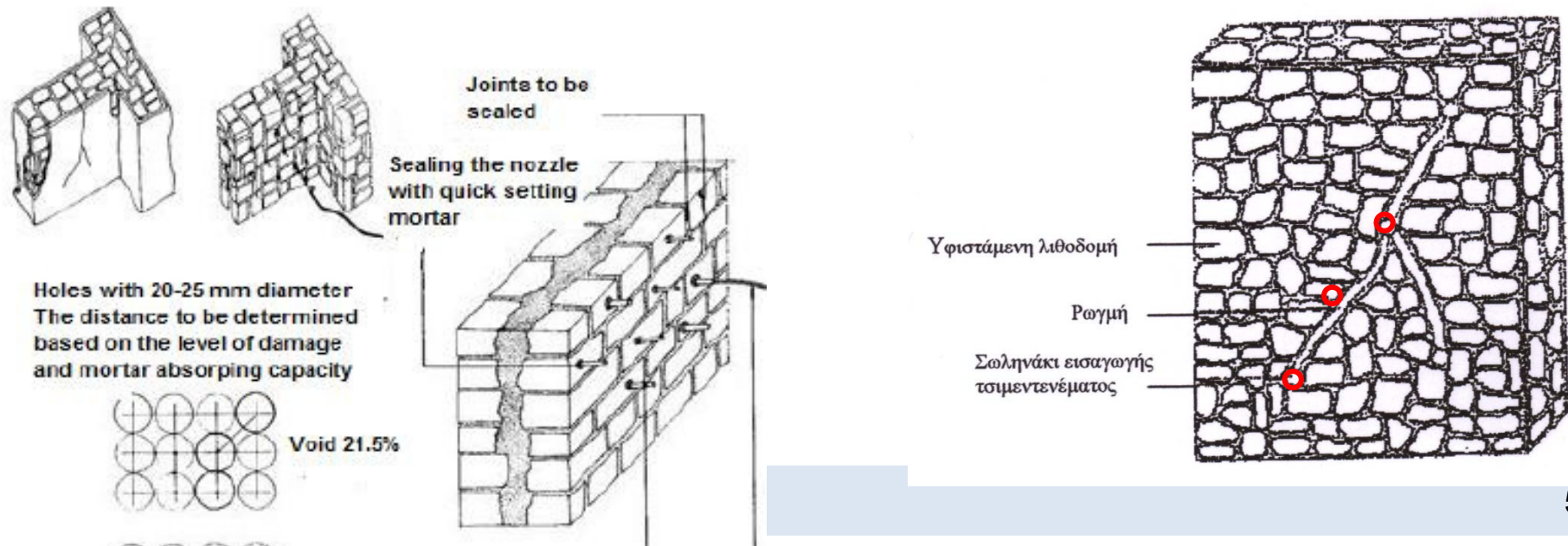
Σχολαστική απομάκρυνση των σαθρών υλικών

Πλύσιμο με νερό υπό πίεση

Κονίαμα - εξωτερικό αρμολόγημα και επίχρισμα

→ μεγάλου πάχους δομές (>math>>30\text{cm}</math>)

και ενέματα ⇒ αποκατάσταση της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας  
και όχι σημαντική αύξησή της



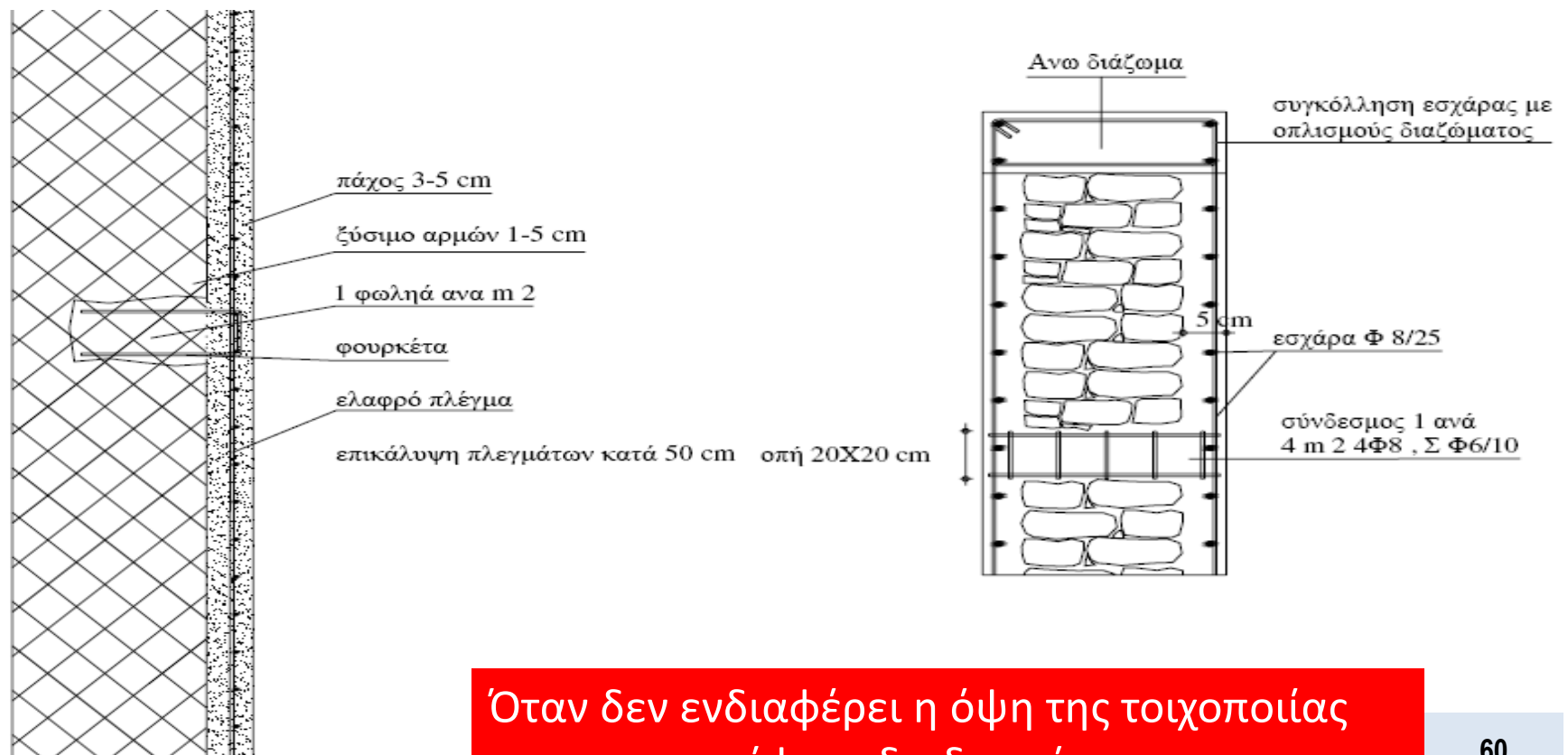
# ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΥΨΗΛΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

## (2) ΕΝΤΟΝΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

→ μικρό εύρος (<10mm) & πυκνή διάταξη

**Ελαφρά οπλισμένους μανδύας με χρήση & εκτοξευόμενου σκυροδέματος**

- αυξάνονται σημαντικά η θλιπτική, εφελκυστική & διατμητική αντοχή της δομής
- όταν εκτείνεται σε όλη την κατασκευή, προσδίδεται σε μεγάλο βαθμό μονολιθικότητα στην κατασκευή (αμφίπλευρος – συμμετρική αντιμετώπιση)



Εχ. 6.5.19 Ελαφρά οπλισμένους μανδύας [2]

Όταν δεν ενδιαφέρει η όψη της τοιχοποιίας – μη αναστρέψιμη διαδικασία

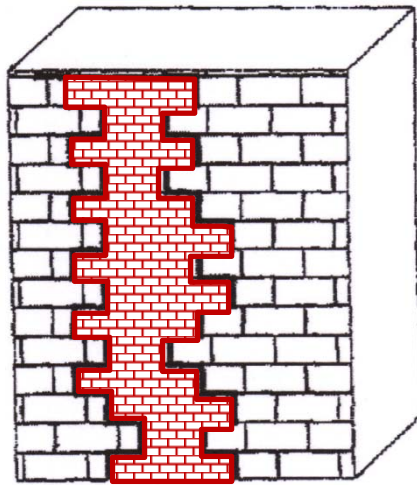
# ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

## (2) ΕΝΤΟΝΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

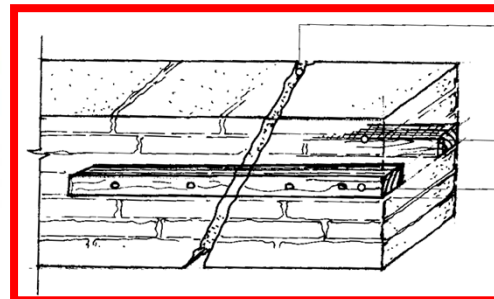
→ μικρό εύρος & πυκνή διάταξη

→ μεγάλο εύρος (π.χ., > 10 mm): αφαιρούνται τα λιθοσώματα σε πλάτος 15 έως 20 cm από τη ρωγμή

Συρραφή - ανακατασκευή με χρήση: μακρόστενων πλίνθων ή λίθων συρραφής και μεταλλικών λαμών – τζινετιών, ριζο-οπλισμών

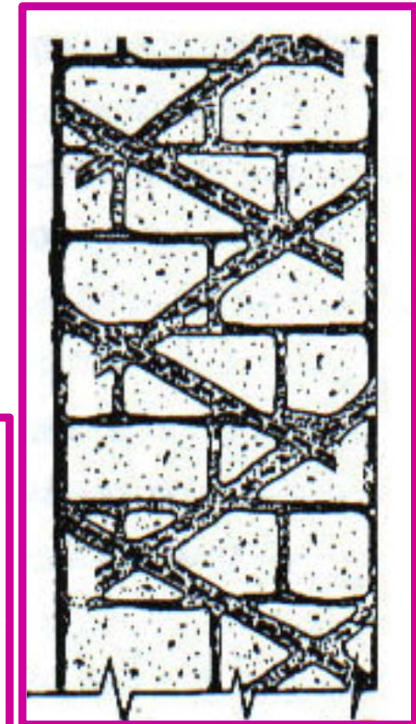
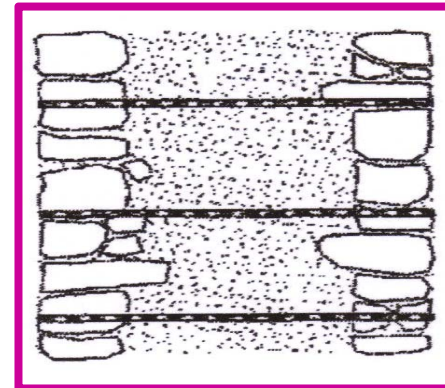


Ξαναχτίσιμο σε όλο το πλάτος έτσι ώστε να γεφυρώνεται η ρωγμή



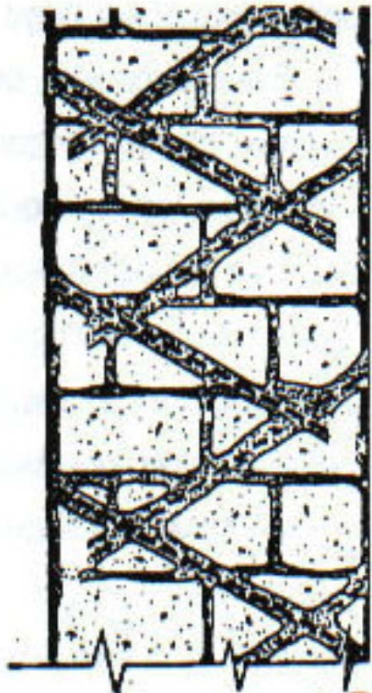
↑ θλιπτικής αντοχής

↑↑ διατμητικής αντοχής



## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

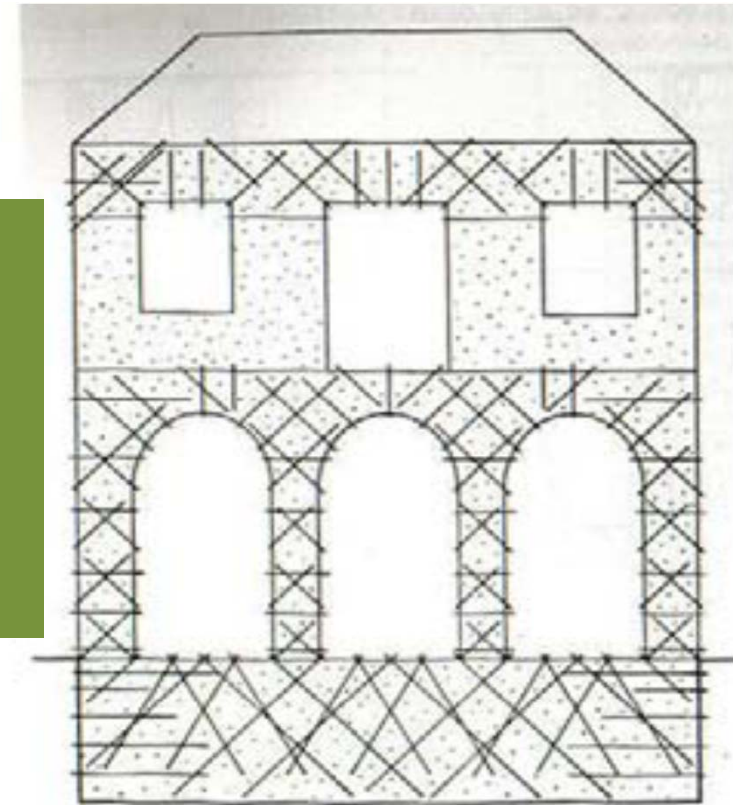
- ❖ Τεχνική του 2<sup>ο</sup> Παγκοσμίου Πολέμου για ενίσχυση κατασκευών με σοβαρές βλάβες
- ❖ σταθεροποίηση της τοιχοποιίας με την είσοδο χαλύβδινων ράβδων οπλισμού



↑ θλιπτικής αντοχής

↑↑ διατμητικής αντοχής

Τέχνη παρά επιστήμη  
(θέμα ποσοτικοποίησης εισφοράς)



## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

### Εξέλιξη του ριζοπλισμού ως τεχνική: ενεματωμένος ριζοπλισμός

MMC - metal matrix composite, Padova 1989

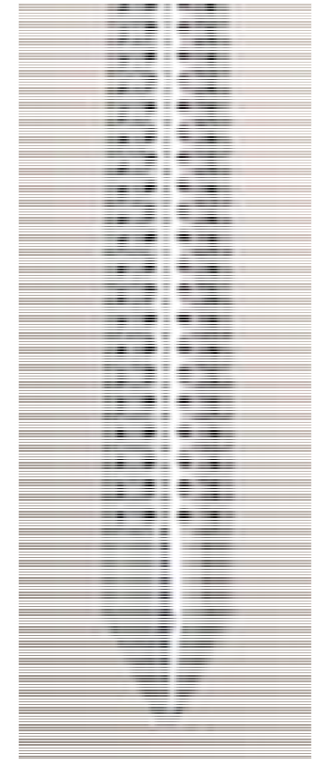
Διάτρητοι σωλήνες που ενσωματώνονται μέσα στην λιθοδομή ώστε να ενισχύσουν τοιχοποιία ή αποκαταστήσουν ρηγματώση οι οποίοι γεμίζουν με ένεμα.

Εξοπλισμός: καρτιέρα, διάτρητοι σωλήνες (πάχος τοιχώματος σωλήνα 2-18mm, κράματα 500-2200MPa ή PVC carbon fiber reinforced), μηχανή ενέματος (καζάνακι).



## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ – ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

**Εξέλιξη του ριζοπλισμού ως τεχνική: ενεματωμένος ριζοπλισμός**





## ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΤΟΙΧΩΝ (μέσης στάθμης)

### (3) ΕΝΤΟΝΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΩΝΙΩΝ:

- από σεισμό όταν δεν υπάρχουν σενάζ/διαζώματα στην στέψη
- από κακή αλληλεμπλοκή των γωνιόλιθων
- από διαφορικές καθιζήσεις (αντιμετώπιση του αιτίου – θεμελίωση)

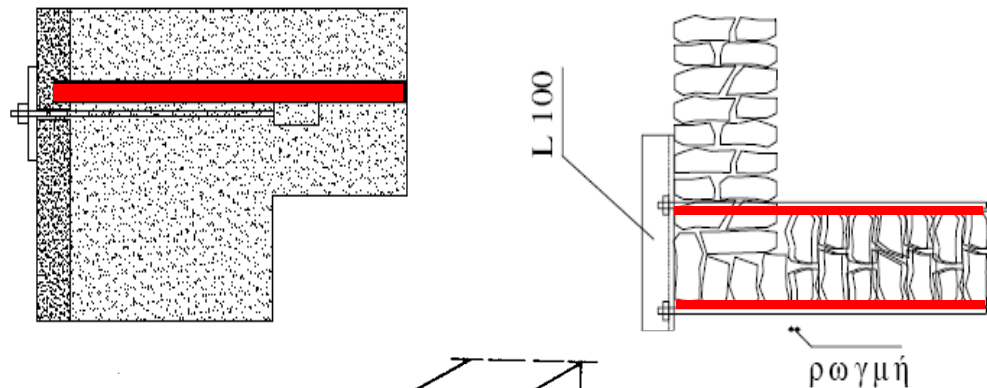


# ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΤΟΙΧΩΝ (μέσης στάθμης)

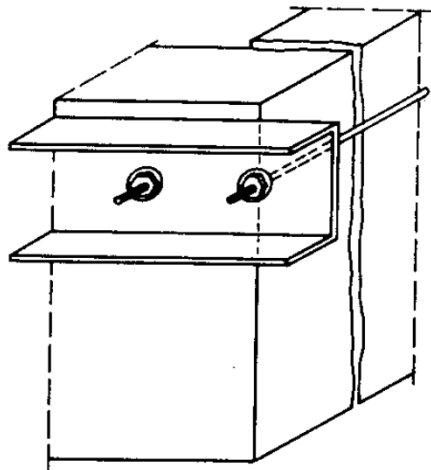
## (3) ΕΝΤΟΝΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΩΝΙΩΝ

→ Συρραφή με ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

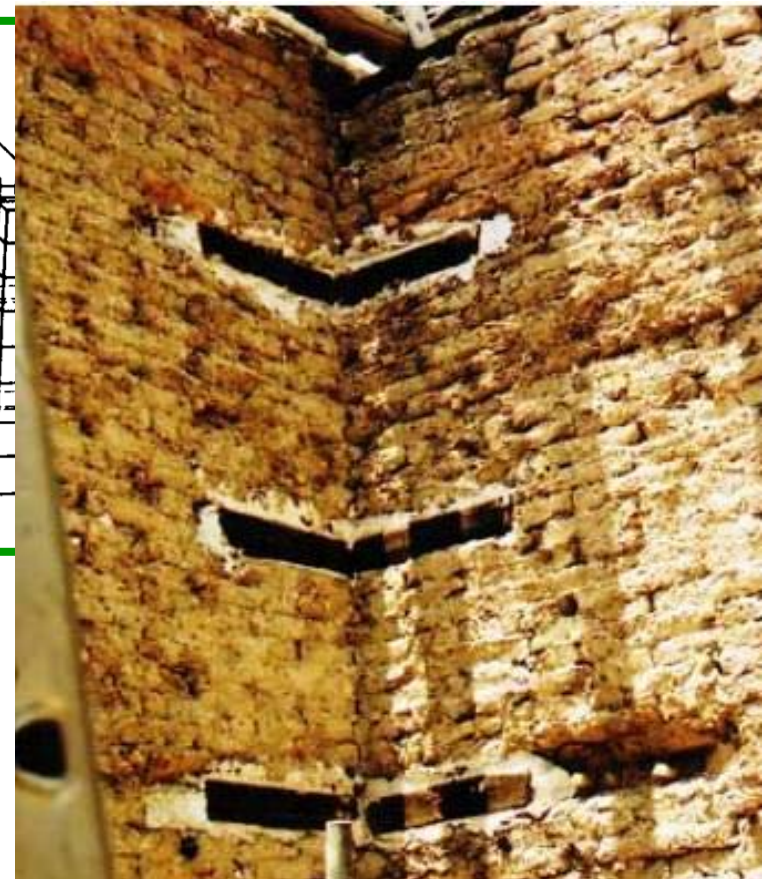
- ❖ Για αποκόλληση διασταυρούμενων τοίχων
- ❖ Για βελτίωση της θλιπτικής συμπεριφοράς (σύνδεση τμημάτων)
- ❖ Βελτίωση της τοιχοποιίας έναντι οριζοντίων μετακινήσεων



Σχ. 6.6.31



[11]



## Εναλλακτικά...



**Ενίσχυση γωνιών και με  
αντηρίδες που μπορούν να  
προστεθούν εκ των υστέρων  
– πάντα με την ίδια πέτρα  
και μορφή δόμησης**

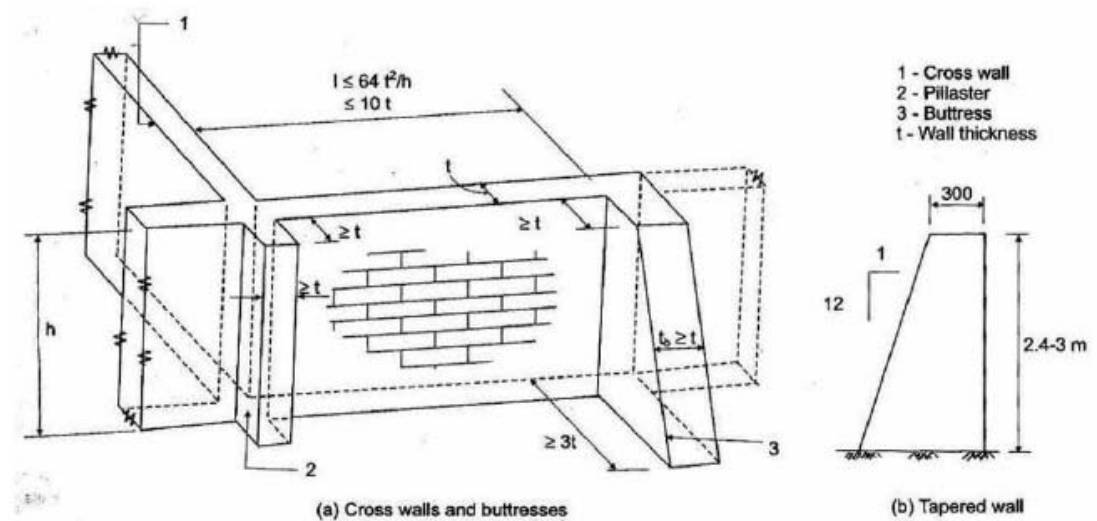


Figure 4.20 Guidelines for wall construction with buttresses and pilasters (source: IAEE 1986)

## Άγιος Δημήτριος - Θεσσαλονίκη



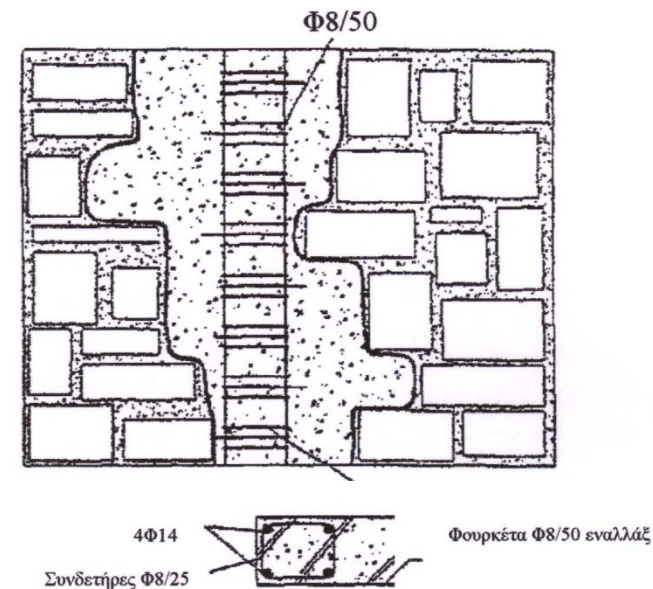
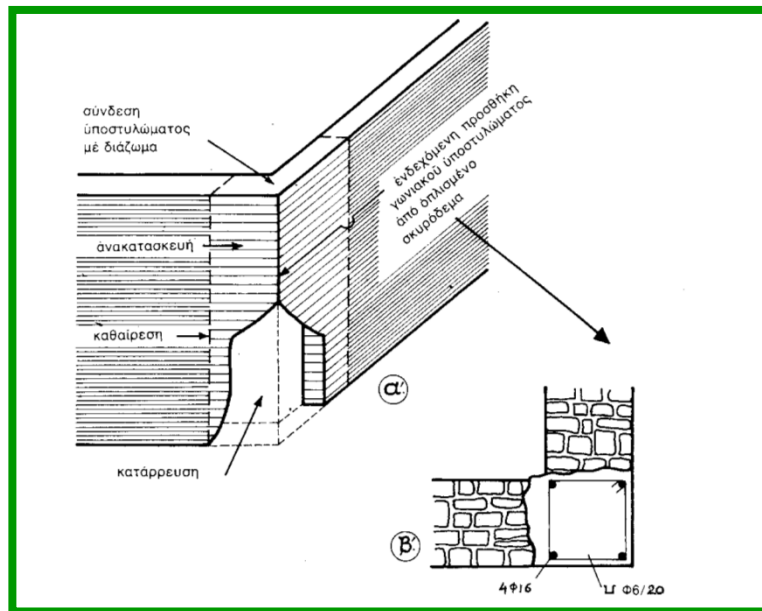
# ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΤΟΙΧΩΝ (υψηλής στάθμης)

## (3) ΕΝΤΟΝΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΓΩΝΙΩΝ

→ Συρραφή με ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

→ Συρραφή με χύτευση στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος

Μη αναστρέψιμη διαδικασία με έντονη παρέμβαση στη δομή της τοιχοποιίας



Οι βασικές αρχές της μεθόδου αφορούν σε:

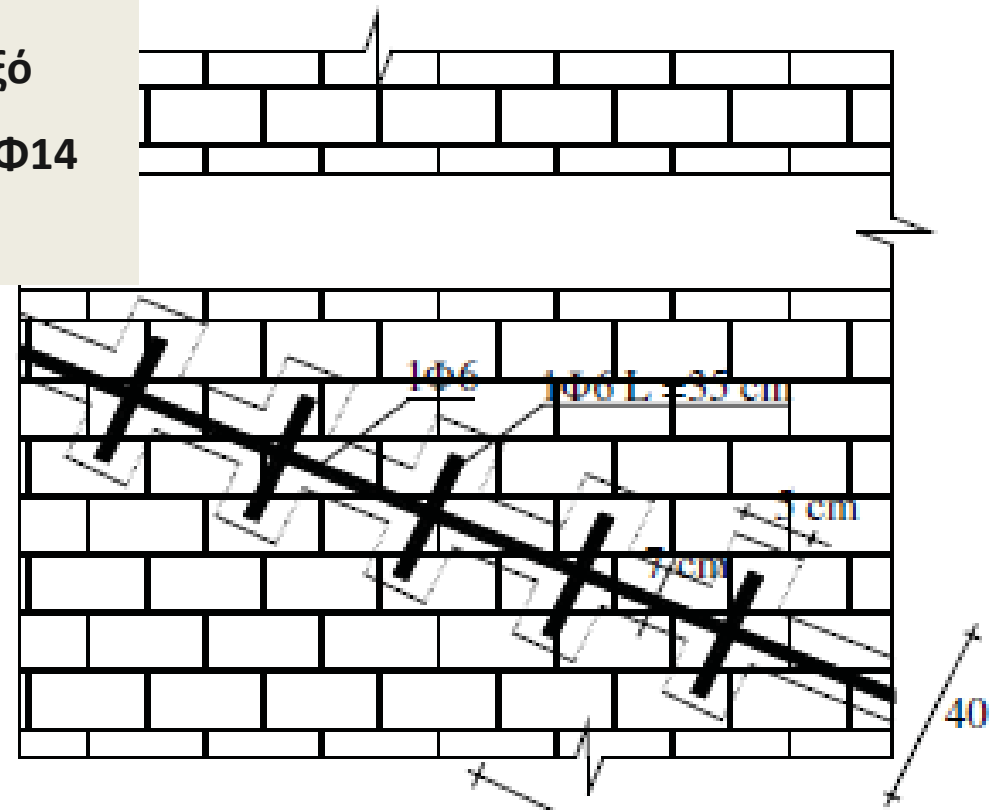
- ❖ Καθαίρεση λίθων ή πλίνθων σε πλάτος συνολικά 30 cm περίπου γύρω από τις ρωγμές.
- ❖ Χύτευση υποστρώματος με Οπλισμένο Σκυρόδεμα με οπλισμό 4Φ14, συνδετήρες Φ8/25 και φουρκέτες Φ8/50 εναλλάξ.
- ❖ Τοποθέτηση τελικού επιχρίσματος το οποίο είναι συνήθως οπλισμένο.

# ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΤΟΙΧΩΝ (υψηλής στάθμης)

## (4) ΕΝΤΟΝΗ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ → Συρραφή ΜΕ «λοξό» σενάζ

Οι βασικές αρχές της μεθόδου αφορούν σε:

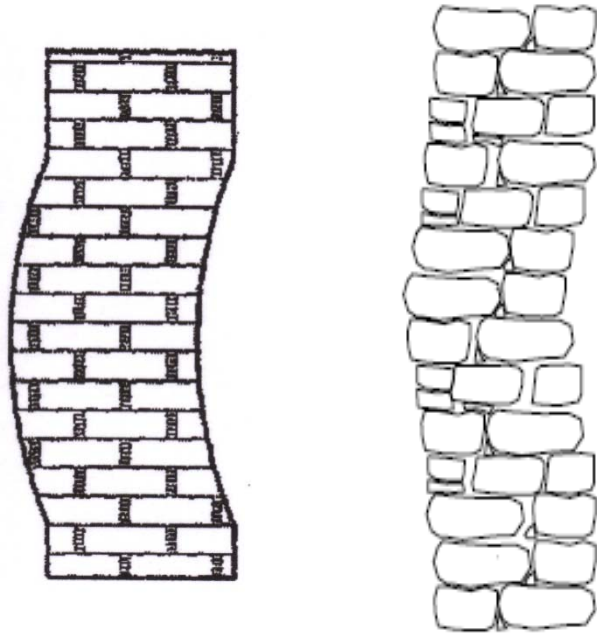
Αφαιρούνται πλίνθοι/λίθοι 15-20 cm κατά την έννοια του μήκους του τοίχου και 10-15 cm σε βάθος, έτσι ώστε το κενό να γεμίσει με λοξό διάζωμα στο σώμα του τοίχου (οπλισμός 2Φ14 κατά μήκος και αγκράφες Φ8/50)



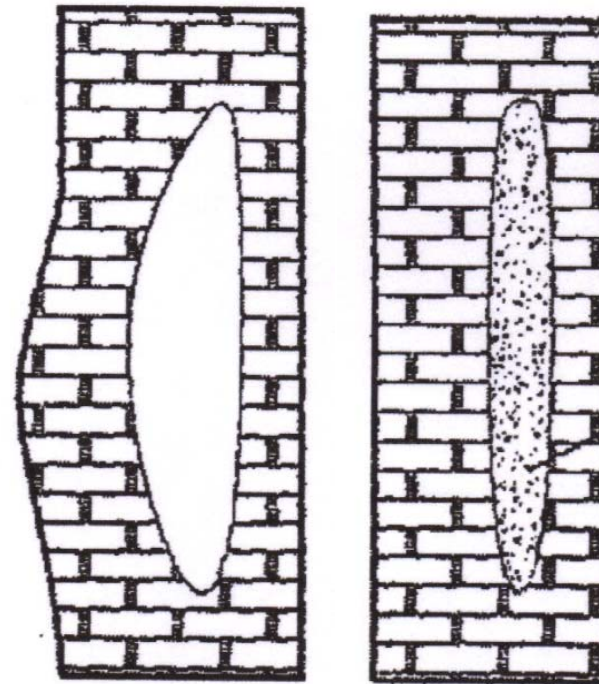
# ΗΠΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

## (5) ΕΚΤΡΟΠΗ ΠΑΡΕΙΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

→ φούσκωμα και των δύο παρειών της τοιχοποιίας: απαιτείται ανακατασκευή



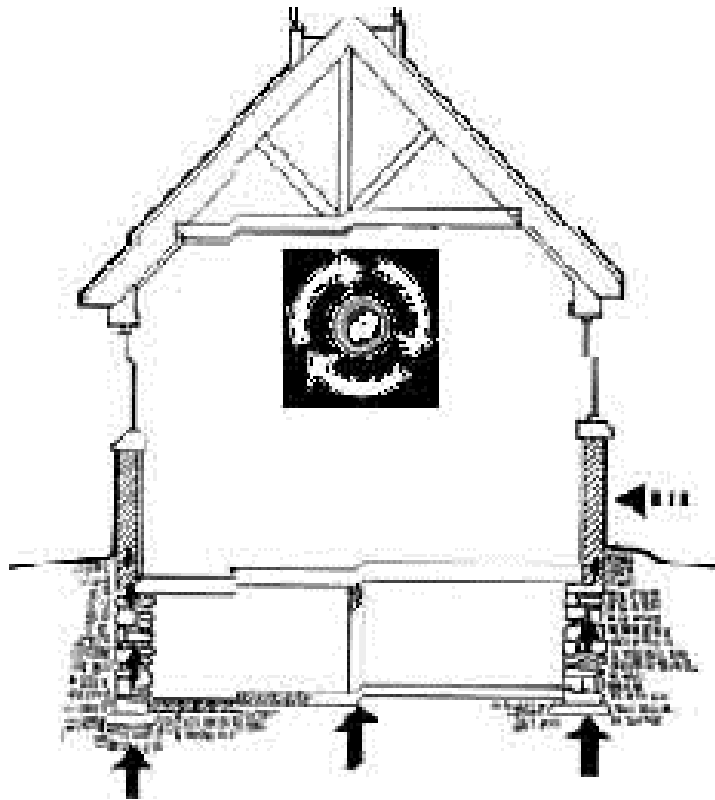
→ φούσκωμα της μίας παρειάς της τοιχοποιίας: λόγω έλλειψης μπατικών πλίνθων/λίθων



Ξαναχτίσιμο και τμηματικό γέμισμα του κενού με τσιμεντοκονία

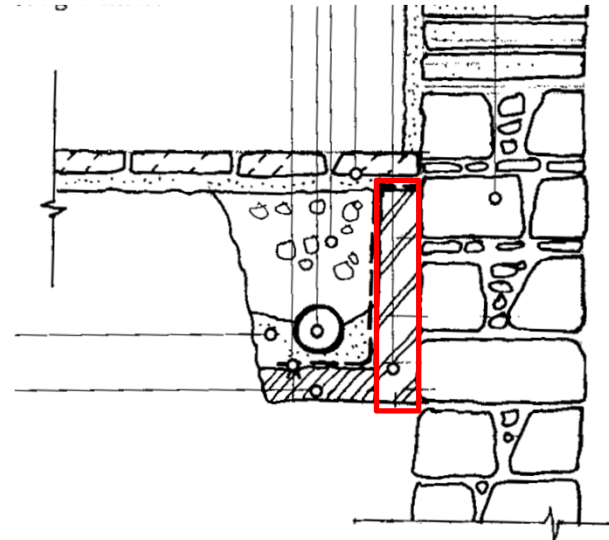


## ΗΠΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ– Επεμβάσεις στη θεμελίωση



**Η παρεμπόδιση της ροής υγρασίας μέσα στο κτίριο από την θεμελίωση!**

Συνδυασμός εγκατάστασης μονωτικής μεμβράνης και αποστραγγιστικού συστήματος περιμετρικά του κτιρίου ⇒ η πλέον αποτελεσματική μέθοδος



**Ως πιο αποτελεσματική μέθοδος ενίσχυση της θεμελίωσης: η κατασκευή περιμετρικής δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα**



## Αναφορές

1. Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια, [www.oasp.gr](http://www.oasp.gr)
2. Θ. Τάσιος, Η Μηχανική της Τοιχοποιίας, Έκδοση ΕΜΠ, 1986
3. Από διαλέξεις Σ. Πανταζοπούλου, Καθηγήτρια York Univ. (πρώην ΔΠΘ)
4. Από διαλέξεις & δημ. εργασίες Ε. Βιτζηλαίου, Καθηγήτρια ΕΜΠ
5. Από διαλέξεις Α. Μοροπούλου, Καθηγήτρια ΕΜΠ
6. Α. Μιλτιάδου, Δρ. Πολιτικός Μηχ., ΥΠΠΟ
7. Ε.Ε. Τουμπακάκη, Δρ. Πολιτικός Μηχ., ΥΠΠΟ
8. Από διαλέξεις Παπαγιάννη, Καθηγήτρια ΑΠΘ

