





Οργανισμός
 Αντισεισμικών Κατασκευών
 και Προστασίας
 (O.A.E.B.)

Earthquake
 Planning and Protection
 Organization
 (E.P.P.O.)

EUROPA
 EUR-OPA MAJOR HAZARDS AGREEMENT
 ACCORD EUR-OPA RISQUES MAJEURS

Επιμέλεια της Έκδοσης
 Ευρωπαϊκό Κέντρο Πρόληψης
 και Προστασίας του Περιβάλλοντος
 (E.C.P.P.)

Council of Europe
 European Centre on Prevention
 and Control of Earthquakes
 (E.C.P.E.)

«Training Course on Seismic Risk Assessment in Specific Areas with Monumental Structures»

Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης για την κατανόηση της συμπεριφοράς σε σεισμό ιστορικών κατασκευών: παραδείγματα από Βυζαντινά μνημεία

Ανδρονίκη Μιλτιάδου-Fezans,
 Δρ. Πολιτικός Μηχανικός,
 Προϊσταμένη της Διεύθυνσης Μελετών Μουσείων
 και Πολιτιστικών Κτηρίων του ΥΠΠΟΤ



Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης


Ένα από τα βασικότερα θέματα που επηρεάζουν

Δομητική τεκμηρίωση

- την κατανόηση της συμπεριφοράς σε σεισμό και
- τον σχεδιασμό των επεμβάσεων αντισεισμικής προστασίας των μνημείων



Πρόκειται για την αναγνώριση, την καταγραφή και τον χαρακτηρισμό της υπάρχουσας κατάστασης, η οποία διαφέρει σημαντικά από μνημείο σε μνημείο ή πολλές φορές από τμήμα σε τμήμα του ίδιου μνημείου

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός




Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης

Απαιτείται λεπτομερής εξέταση και καταγραφή, διότι δεν πρόκειται για συνήθεις νέες κατασκευές που έχουν χτιστεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες σύλληψης και δόμησης, αλλά για παλαιές κατασκευές για τις οποίες συνήθως δεν διατίθενται σχέδια και οι οποίες επιπλέον έχουν υποστεί βλάβες και πολλές φορές και επεμβάσεις

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός



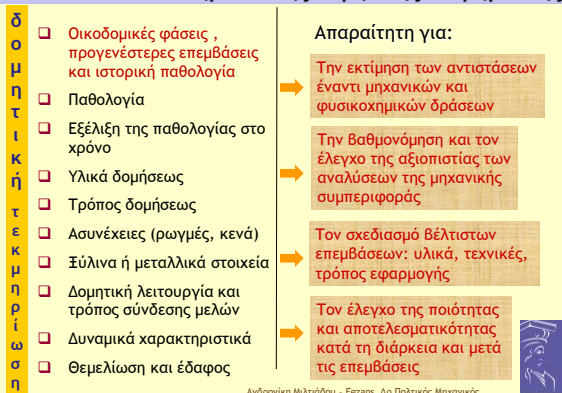
Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης




Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός



Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης



Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης

Γενικά απαιτούνται λεπτομερείς παρατηρήσεις, διερευνήσεις και καταγραφές

Συνδυασμό των δυνατοτήτων πολλών απλών με ποια μέσα; αλλά και εξειδικευμένων μεθόδων ανάλογα με το μνημείο και την παθολογία του

- ✓ Επί τόπου οπτική παρατήρηση και μετρήσεις
- ✓ Επί τόπου ερευνητικές εργασίες με μη καταστρεπτικές και μικρο-καταστρεπτικές μεθόδους
- ✓ Λήψη δοκιμών και εργαστηριακές μετρήσεις και δοκιμές
- ✓ Κατασκευή ομοιωμάτων σε κατάλληλη κλίμακα και εργαστηριακές μετρήσεις και δοκιμές
- ✓ Ενόργανη παρακολούθηση

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης

Με βάση την ιστορική και αρχιτεκτονική τεκμηρίωση και την επί τόπου παρατήρηση προτείνεται μια πρώτη σειρά επί τόπου και εργαστηριακών ερευνών

Αξιολόγηση των ευρημάτων

Επάρκεια στοιχείων

Ανεπάρκεια

Ανάγκη ειδικότερων ερευνών

Η σταδιακή αυτή προσέγγιση είναι σημαντική για να τεκμηριώνεται κάθε φορά η ανάγκη πραγματοποίησης των διαφόρων ερευνών με βάση την συνθετική αξιολόγηση των επί μέρους αποτελεσμάτων (οικονομία χρόνου και πόρων)

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Η σημασία της δομητικής τεκμηρίωσης

Η εισήγηση αυτή στηρίζεται στα κείμενα που έχουν συνταχθεί από την Ομάδα Εργασίας του ΟΑΣΠ και του ΕΚΠΠΣ για τη «Σύνταξη Ρυθμιστικού κειμένου για τις δομητικές επεμβάσεις και την αντισεισμική προστασία των ελληνικών μνημείων»

- ✓ Θα παρουσιάσουμε τα βασικά επί μέρους αντικείμενα της δομητικής τεκμηρίωσης
- ✓ Θα αναφερθούμε επιλεκτικά για κάθε περίπτωση στις συνηθέστερες επί τόπου και εργαστηριακές έρευνες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν
- ✓ Θα δείξουμε χαρακτηριστικά παραδείγματα κυρίως από βυζαντινά μνημεία

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση στοιχείων ιστορικής και αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

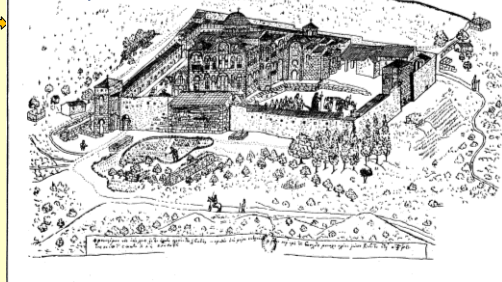
1. Ιστορικά στοιχεία ενδιαφέροντα από δομητική άποψη



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση στοιχείων ιστορικής και αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

Ι. Μονή Οσίου Λουκά



Εκτ. 39. Σχηματική της μονής του Όσιου Λουκά, ανεγέρθη επί του Πλάτου μοναχού και κατεργαστή Βασιλῆϊ κατά τὴν ἔσιν 1310 ἐκ νέου ἀπεκατέστη τὴν μονήν.

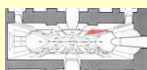
Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση στοιχείων ιστορικής και αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

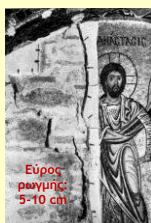
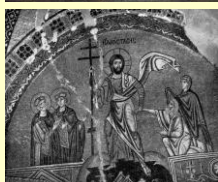
Φωτογραφία
σήμερα



Ψηφιδωτό:
Ανάσταση



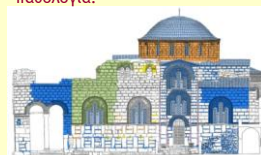
Φωτογραφίες
Στίκα κατά τις
επεμβάσεις του
20^{ου} αϊ.



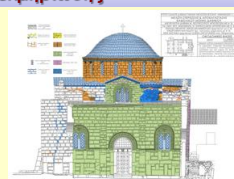
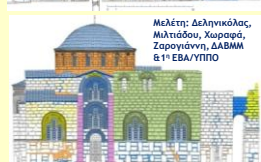
Εύρος
ρωγμής:
5-10 cm

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση στοιχείων ιστορικής και αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

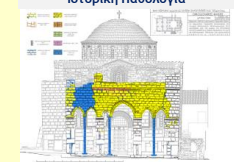
2. Αρχιτεκτονική τεκμηρίωση, φάσεις κατασκευής και επεμβάσεων - ιστορική παθολογία.



Μελέτη: Δεληγιάννης,
Μιλτιάδου, Χωροστά,
Ζαρογιάννη, ΔΔΒΜΜ
8^η ΕΒΑ/ΥΠΠΟ



Καθολικό Ι. Μονής Δαφνίου
Ιστορική Παθολογία



Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση στοιχείων ιστορικής και αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

3. Στοιχεία συμπεριφοράς προγενέστερων δομητικών επεμβάσεων, που μπορεί και να μην σώζονται μέχρι σήμερα

Περιγραφή προγενέστερων δομητικών επεμβάσεων, προκειμένου:

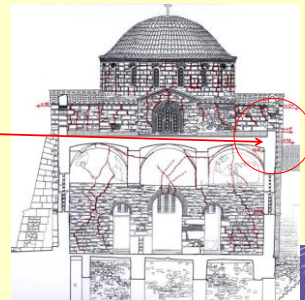
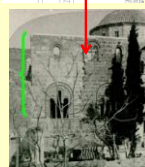
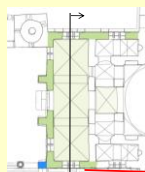
- (i) να εντοπισθούν εύτρωτα σημεία του δομητικού συστήματος,
- (ii) να χρονολογηθούν προγενέστερες έντονες δράσεις και
- (iii) να κριθεί η αποδοτικότητα των επεμβάσεων εκείνων.

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση στοιχείων ιστορικής και αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

Καθολικό Μονής Δαφνίου:
Εγκάρσια τομή στο νάρθηκα

Μελέτη: Δεληγιάννης, Μιλτιάδου, Χωροφά, Σαραγιάννη, ΔΑΒΜ & 1^η ΕΒΑ/ΥΠΠΟ

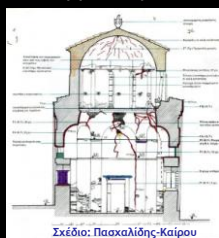


Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση ιστορικής παθολογίας

ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΡΗΝΑ ΧΙΟΥ
(ΣΕΙΣΜΟΣ: 1881 ΚΑΙ ΙΣΩΣ 1389)

- ✓ Μεγάλες βλάβες στον ημισφαιρικό θόλο του τρούλου του κυρίως ναού
- ✓ Κατάρρευση του δυτικού μετώπου των τοικοπεσών του ιερού
- ✓ Αποκλίσεις
- ✓ Εκτεταμένες ρωγμές και αποδιοργανώσεις



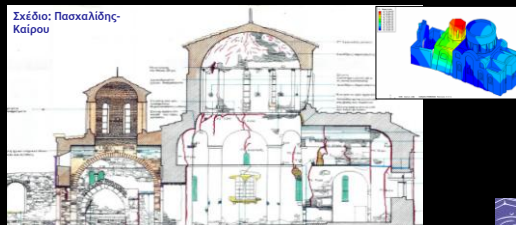
Σχέδιο: Πασκαλίδης-Καίρου

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αξιοποίηση ιστορικής παθολογίας

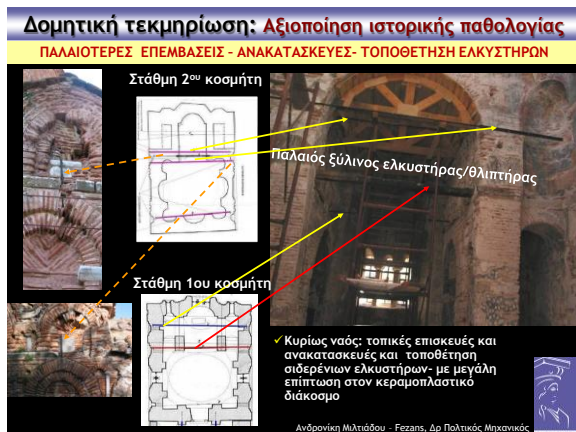
ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΡΗΝΑ ΧΙΟΥ
(ΣΕΙΣΜΟΣ: 1881)

- ✓ Κατάρρευση όλης της θολοδομίας, του δυτικού και των ανώτερων τμημάτων του Β και Ν τοίχου και του συνόλου του δυτικού τοίχου του νάρθηκα



Μιλτιάδου & Δεληγιάννης, ΕΤΕΠΑΜ 2009

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός



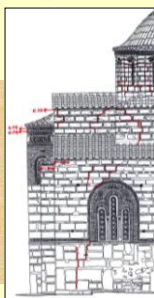
Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

«Παθολογία»: καταγραφή των βλαβών και φθορών επισκευασμένων και μη, καθώς και της εξέλιξής των εν χρόνω μετά την έναρξη της Μελέτης.

Οι βλάβες αποτυπώνονται στα σχέδια της αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

ΠΡΟΣΟΧΗ

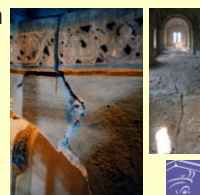
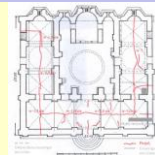
Κατά την εκπόνησή τους απαιτείται κατάλληλη οργάνωση των εργασιών πεδίου (τοπογραφικών, φωτογραμμετρικών, σάρωσης με λέιζερ, κλπ), ώστε να αποτυπωθεί η παραμορφωμένη γεωμετρία του μνημείου.



Ανδρονίκη Μελτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

3. Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

- ✓ Ρωγμές (Μήκος, Βάθος, εύρος ανά τακτά διαστήματα,...)
- ✓ Ολισθήσεις (κατά μήκος ρωγμών, μεταξύ λιθοσωμάτων ή θολιτών, ...)
- ✓ Μετακινήσεις εκτός επιπέδου
- ✓ Αποδόμηση πλέξης λιθοσωμάτων ή αποσύνθεση θόλων
- ✓ Τοπικές θραύσεις από θλίψη
- ✓ Καταρρεύσεις τμημάτων ή τοπική αποδιοργάνωση
- ✓



Ανδρονίκη Μελτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

Τα μέσα (1)

- ✓ Έμφωνη και συστηματική οπτική παρατήρηση όλων των λεπτομερειών κάθε δομικού μέλους του Μνημείου.
- ✓ Επιτόπου συμπληρωματικές μετρήσεις, τουλάχιστον με στοιχειώδη μέσα όπως μεροταινία, νήμα της στάθμης και αλφάδι.



Ανδρονίκη Μελτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

Τα μέσα (2)

- ✓ Εφόσον απαιτηθεί επιστρατεύονται:
 - υπέρχοι για το βάθος των ρωγμών,
 - παραμορφωσιόμετρα για το εύρος των ρωγμών,
 - Κλισιόμετρα - εκκρεμή για τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις,
 - κ.λ.π.
- ✓ Μετρητικές και Πειραματικές Μέθοδοι για την διερεύνηση των υλικών και την εντόπιση τυχόν βλαβών κρυμμένων κάτω από μεταγενέστερες επιχρίσεις ή άλλες επεμβάσεις

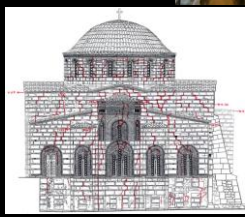
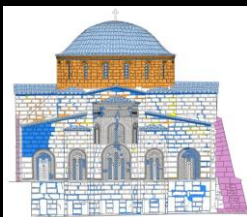
Ανδρονίκη Μελτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία -Παράδειγμα

Καθολικό Ι. Μονής Δαφνίου

Σύγκριση ιστορικής και πρόσφατης παθολογίας

Μελέτη: Δεληγκάλας, Μιλτιάδου, Χωραφά, Ζαρογιάννη, ΔΑΒΜΜ 6^{1η} ΕΒΑ/ΥΠΠΟ



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

Καθολικό Ι. Μονής Δαφνίου

Διαμήκειες αξονικές τομές

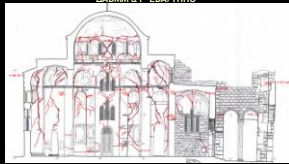
Μεγαλύτερες βλάβες στο Δυτικό τμήμα

Προς ανατολάς υπάρχουν οι τοικοπεσσοί του ιερού που συνδέονται με τον πτυχωτό Ανατολικό τοίχο

Προς δυσμάς οι κεντρικοί πεσσοί στέκουν ελεύθεροι και απομονωμένοι από τους περιμετρικούς τοίχους και ο νάρθηκας δεν διαθέτει άλλα τοιχώματα εκτός των εξωτερικών



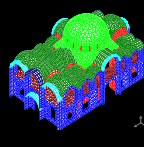
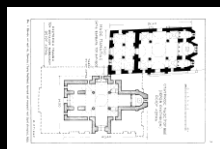
Μελέτη: Μιλτιάδου, Δεληγκάλας, Χωραφά, Ζαρογιάννη, ΔΑΒΜΜ 6^{1η} ΕΒΑ/ΥΠΠΟ



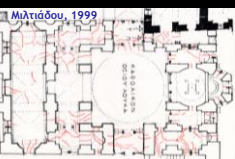
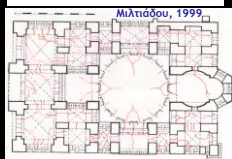
Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

Καθολικό Ι. Μονής Οσίου Λουκά



MILTADOU ET AL SAHC 2010, SHANGHAI



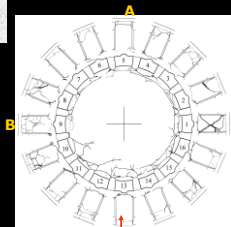
Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία

Πολλές φορές απαιτείται η εκπόνηση ειδικών σχεδίων ή αξονομετρικών σκαριφημάτων προκειμένου να αποδοθούν με εποπτικότερο τρόπο οι βλάβες.

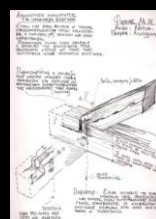
Βλάβες τρούλου Καθολικού Ι. Μονής Δαφνίου

Μελέτη: Δεληγκάλας, Μιλτιάδου, Χωραφά, Ζαρογιάννη, ΔΑΒΜΜ 6^{1η} ΕΒΑ/ΥΠΠΟ



Κάτοψη στάθμης παρεθύρων-πесών τρούλου. Προβολή ρωγμών ημισφαιρικού καλύφους. Κατάκλιση εσωτερικών ύψων πесών.

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός



Π. Τουλιάτος Αγία Παρασκευή Χαλκίδας

Δομητική τεκμηρίωση: Εν χρόνω παρακολούθηση εξέλιξης βλαβών

Η εν χρόνω εξέλιξη των βλαβών μετά την έναρξη διερεύνησης ενός μνημείου παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και οφείλει να παρακολουθείται ανάλογα με τα προβλεπόμενα στη σύμβαση ανάθεσης της μελέτης:

✓ Είτε μέσω κατά διαστήματα μετρήσεων από επί τόπου παρατηρητή

➔ Απλά συστήματα Εξέλιξη βλαβών λόγω στατικών φορτίων

✓ Είτε μέσω εγκατεστημένου συστήματος Ενόργανης Παρακολούθησης και Καταγράφησης (ΕΝΠΑΚ-monitoring) με τρόπο ηλεκτρονικό

➔ Αυτόματα συστήματα Εξέλιξη βλαβών λόγω στατικών και δυναμικών φορτίων

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη Παρακολούθηση

Είδος μετρήσεων-οργάνων

Μετακινήσεις: Σύρματα, εκκρεμή, κλισιόμετρα, Λέηζερ,

Υποχωρήσεις: Υδραυλικά σταθμιμετρικά συστήματα, κλισιόμετρα.

Εσωτερικές δυνάμεις: Ενσωματούμενα δυναμόμετρα.

Υγρασία: Θερμογραφία, Ραντάρ.

Ρωγμές: Παραμορφωσιόμετρα, (ηλεκτρομηκυνσιόμετρα, μηχανικά βελόμετρα)

Σεισμικές δράσεις: Σεισμομέτρα, Επιταχυνσιογράφοι,

Περιβαλλοντικές δράσεις: Θερμόμετρα, Μετρητές ηλιακής ακτινοβολίας, ανεμόμετρα.

Στάθμη υπογείου οριζόντος: Πιεζόμετρα.

Είδος μετρήσεων- οργάνων

1. Μετακινήσεις κατά και μετά το σεισμό: Δυναμικά βελόμετρα
2. Επιταχύνσεις σε διάφορα τμήματα: Επιταχυνσιόμετρα

Με το δυναμικό σύστημα

καταγράφονται επίσης πολύ χρήσιμα δεδομένα για τα δυναμικά χαρακτηριστικά του μνημείου

Τα στοιχεία αυτά συνδυάζονται και με αυτά που μετρούνται με τη μέθοδο των μικροδονήσεων

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

1. Γυάλινοι μάρτυρες



2. Πλαστικά ρωγμόμετρα



3. Πούλιες και μηχανικά βελόμετρα



4. Ηλεκτρονικά βελόμετρα



5. Ασύρματα ρωγμόμετρα



6. Αισθητήρες οπτικών ινών



Εξέλιξη της τεχνολογίας στα όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Από τα «γυαλάκια» στη δεκαετία του 1960, έχουμε σήμερα ασύρματα ρωγμόμετρα και αισθητήρες οπτικών ινών

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

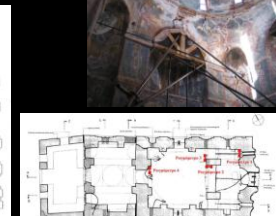
3. Δομητική τεκμηρίωση: Παθολογία- Παρακολούθηση της εν χρόνω εξέλιξης των βλαβών

Ι. Ναός Παναγίας Κρήνας, Χίου

ΥΠΠΟ/ΔΙΤΕΑ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
Α. ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ, Α. ΚΟΥΜΑΝΤΟΣ

Παρακολούθηση κατακόρυφων ρωγμών κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων



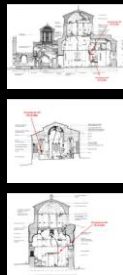
Τοποθέτηση 4 ασύρματων ρωγμομέτρων και κεντρικού συστήματος συλλογής δεδομένων

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

Ι. Ναός Παναγίας Κρήνας, Χίου

Αυτόνομα ρωγμόμετρα εκτελούν μία μέτρηση ανά ώρα. Μέσω σύνδεσης με ασύρματο πομπό στέλνουν τα δεδομένα στην κεντρική μονάδα καταγραφής. Η κεντρική μονάδα αποθηκεύει τα δεδομένα και τα στέλνει στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω σύνδεσης κινητής τηλεφωνίας.



Κεντρική μονάδα καταγραφής



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

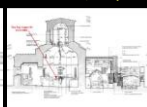
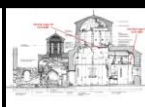
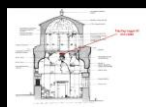
Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

Ι. Ναός Παναγίας Κρήνας, Χίου



4 θερμομέτρα-υγρόμετρα με ενσωματωμένη μονάδα καταγραφής δεδομένων τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό του μνημείου

Λήψη όλων των δεδομένων με ηλεκτρονικό υπολογιστή

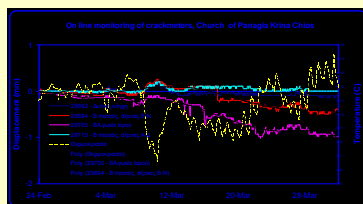


Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

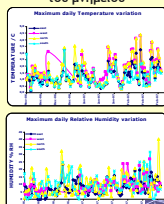
Ι. Ναός Παναγίας Κρήνας, Χίου

ΥΠΠΟ/ΔΙΤΕΑ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
Α. ΜΙΑΤΙΑΔΟΥ, Α. ΚΟΥΜΑΝΤΟΣ

Διαγράμματα μεταβολής θερμοκρασίας και υγρασίας στους τοίχους του μνημείου



Διαγράμματα μεταβολής του εύρους των ρωγμών και της θερμοκρασίας και υγρασίας

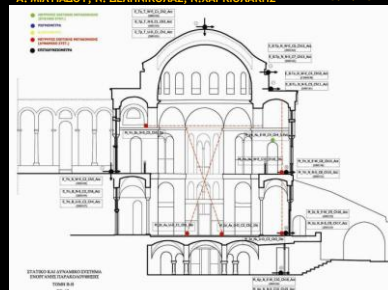


Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΥΠΠΟ
Α. ΜΙΑΤΙΑΔΟΥ, Ν. ΔΕΛΗΓΙΚΟΛΑΣ, Ν.ΧΑΡΚΙΟΛΑΚΗΣ

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΜΠ,
ΚΑΘ. Π. ΤΟΥΛΙΑΤΟ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Χ. ΜΟΥΣΑΚΗ

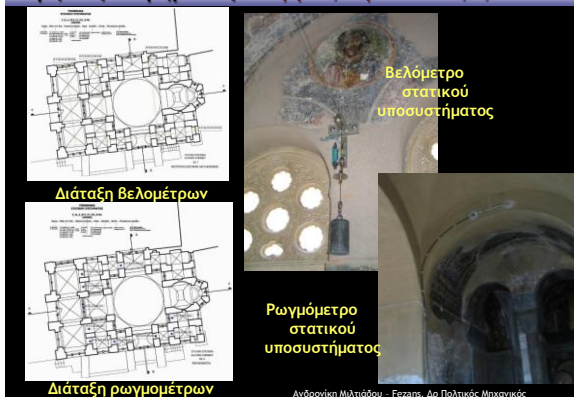


Τομή διάταξης οργάνων συστημάτων δυναμικής και στατικής ενόργανης παρακολούθησης



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση



3. Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση



Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση



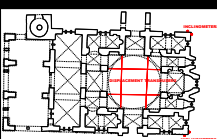
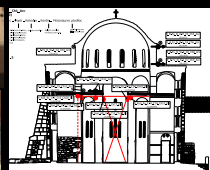
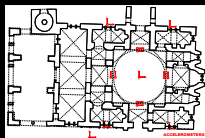
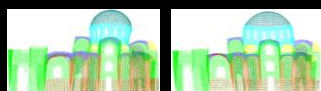
3. Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση



Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

Καθολικό Ι. Μονής Δαφνίου
Ενόργανη παρακολούθηση

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΜΠ,
ΚΑΘ. Π. ΤΟΥΛΙΑΤΟ,
ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Χ. ΜΟΥΖΑΚΗ



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

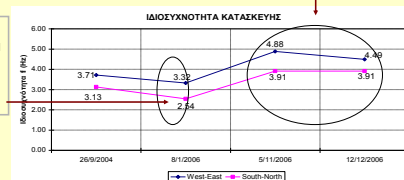
Δομητική τεκμηρίωση: Ενόργανη παρακολούθηση

Μετά την εγκατάσταση του δυναμικού συστήματος έχουν καταγραφεί αρκετοί σεισμοί.

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΜΠ,
ΚΑΘ. Π. ΤΟΥΛΙΑΤΟ,
ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Χ. ΜΟΥΖΑΚΗ

Αν και τα ενέματα είχαν εφαρμοσθεί μόνον μέχρι περίπου τη γένεση των σταυροθολίων τα δυναμικά χαρακτηριστικά άλλαξαν

Σεισμός Κυθήρων: η κατασκευή υπέστη περαιτέρω βλάβες



ΜΟΥΖΑΚΗΣ Et AL, 2008, SAHC 2008 Bath, CRC Press/Balkema, Taylor and Francis Group, Vol. I, pp 621-628.

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Συστηματική απογραφή και περιγραφή της επιτόπου κατάστασης των υλικών, ως προς τη φύση, την έκταση, τις πιθανολογούμενες εποχές τοποθέτησής των, την προγενέστερη συμπεριφορά τους, τις σημερινές ιδιότητές τους και την πιθανή εν χρόνω εξέλιξή τους..

Χρησιμοποιούνται κατάλληλες πειραματικές μέθοδοι, επιτόπου ή στο εργαστήριο και τα στοιχεία αποτυπώνονται στα σχέδια της αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης

Η έκταση και το βάθος της διερεύνησης των υλικών εξαρτάται:

- απ' την Σπουδαιότητα του Μνημείου, και
- απ' την πιθανολογούμενη αιτιολόγηση της δομητικής τρωτότητας του Μνημείου.

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός



Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Επιτόπου αντοχές υλικών

Λίθοι: Κρουσίμετρο, Χαραγές, Υπέρηχοι
Υλικό πληρώσεως τρίστρωτης τοικοποιίας:
Σεισμική διασκόπηση με διατρήσεις.
Κονιάματα: Χαραγές, δοκιμή διείσδυσης.
Ξύλο: Δοκιμή διείσδυσης.
Μέταλλα: Επιτόπου δοκιμής σκληρότητας.



Εργαστηριακές δοκιμές



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Ανθεκτικότητα σε διάρκεια:

Επιτόπου μέτρηση υδροπερατότητας, αλκαλικότητας, κ.λ.π.

Εργαστηριακές μετρήσεις πορώδους, χημικών αλλοιώσεων κ.λ.π.



Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Καθολικό Ι. Μονής Δαφνίου

Υπάρχει ποικιλία κονιαμάτων τόσο στα αρμολογήματα των τοικοποιιών όσο και στα υποστρώματα των ψηφιδωτών



Σε συνεργασία με ΔΣΑΝΜ και άλλα ερευνητικά κέντρα (Δημόκριτο, Α.Π.Θ., Ι.Γ.Μ.Ε., University of Wales) η ΔΙΤΕΑ συνέβαλε στην αναγνώριση και την τεκμηρίωση των κονιαμάτων των υποστρωμάτων των ψηφιδωτών

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Διάδοση ηχητικών/υπερηχητικών κυμάτων



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Ι. Ν. Αγ. Παρασκευής Χαλκίδας

Ηλεκτρικό υγρόμετρο

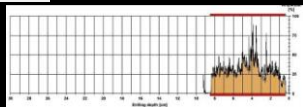
Συνεργασία ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ (Α. Μιλτιάδου) - 1^η ΕΒΑ/ΥΠΠΟ (Ν. Δεληνικόλας) με ΕΜΠ (Καθ. Π. Τουλιάτο) και Πολυτεχνείο του Τορίνο (Καθ. Clara Bertollini)



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Ι. Ν. Αγ. Παρασκευής Χαλκίδας



Προσδιορισμός
αντίστασης
ξύλου σε
διείσδυση
και έλεγχο
παρουσίας
κενών, σχισμών
ή σήψης

Βελόνα διάτρησης 3 κιλ.
Μήκος 40 ή 30 εκ.
Ταχύτητα διείσδυσης διαφέρει
ανάλογα με το είδος της ξυλείας

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Χαρακτηριστικά υλικών

Ι. Ν. Αγ. Παρασκευής Χαλκίδας

Συνεργασία ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ (Α. Μιλτιάδου)
- 1^η ΕΒΑ/ΥΠΠΟ (Ν. Δεληνικόλας) με ΕΜΠ
(Καθ. Π. Τουλιάτο) και Πολυτεχνείο του
Torino (Καθ. Clara Bertollini)



Προσδιορισμός ποιότητας
ξύλου και δεινδροχρονολόγηση

Λήψη μικρών πυρήνων από
τμήματα της κατασκευής

Bertollini et al.
<http://www.icomos.org/iwmc/2007.htm>.

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή του δομητικού συστήματος

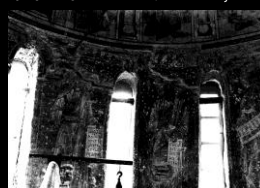
Περιγραφή του δομητικού συστήματος, δηλαδή:

- ✓ Αναγνώριση της λειτουργίας των φορέων.
- ✓ Περιγραφή του τρόπου σύνδεσης δομικών μελών
- ✓ Περιγραφή του τρόπου δόμησης του κάθε μέλους του κάθε φορέα

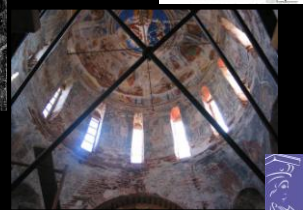
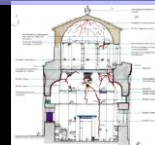
Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή του δομητικού συστήματος

Δυσανάλογα μεγάλο μέγεθος τρούλου κυρίως
ναού σε σχέση με το συνολικό
μέγεθος του ναού ($d=6m$, $h_{\text{trm}}=3m$).



ΠΑΝΑΓΙΑ
ΚΡΗΝΑ
ΧΙΟΥ



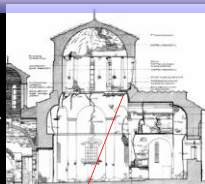
- ✓ Ρωγμές και αποδιοργανώσεις
στη βάση και τη στέψη των
πεσσών του τυμπάνου
- ✓ Λοξές διατμητικές ρωγμές
στους πεσσούς

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή του δομητικού συστήματος

Επεξοχική έδραση του τρούλου στο οκταγωνικό σύστημα στήριξής του.

Σημαντικές βλάβες στα υποκείμενα του τυμπάνου δομικά μέλη (επεξοχικός δακτύλιος, κόγχες, ημιχώνια, κεραία, τοιχοπέσσοι ιερού).



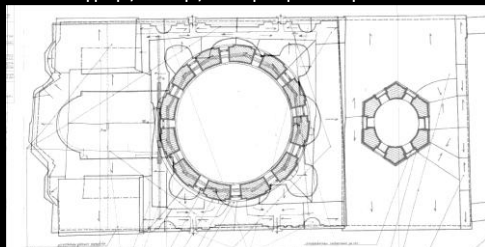
Νέα Μονή Χίου: Βάση τυμπάνου τρούλου μετά την κατάρρευση



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή του δομητικού συστήματος

Ασύμμετρη κατανομή των παραθύρων του τρούλου



Στο ΒΑ και ΒΔ ημιχώνιο ο πεσσός του τυμπάνου αντιστοιχεί στο μέσον περίπου του τόξου του ημιχώνιου

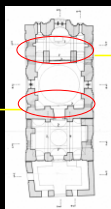
Εμφάνιση μεγαλύτερων βλαβών στα βόρεια ημιχώνια του μνημείου

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή του δομητικού συστήματος

Μικρότερη ακαμψία κατά τη διεύθυνση Β-Ν του ανατολικού τοίχου του κυρίως Ναού σε σχέση με τον δυτικό.

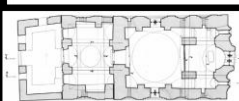
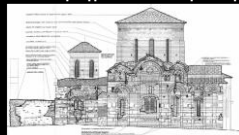
- ✓ ύπαρξη τριών τοξωτών ανοιγμάτων
- ✓ μεγαλύτερο εύρος της κεραίας ιερού
- ✓ έλλειψη ενισχυτικού τόξο



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή του δομητικού συστήματος

Νάρθηκας: χωριστή πύλοσημη κατασκευή, της οποίας ο βόρειος και νότιος τοίχος απλώς ακουμπούν στον δυτικό τοίχο του ναού χωρίς να είναι πράγματι συνδεδεμένοι με αυτόν



ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ- FEZANS & ΔΕΛΗΝΙΚΟΛΑ 2009, 2ου Παν. Συν. Αναστηλώσεων, ΕΤΕΠΑΜ 2009, άρθρο 59).

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή θεμελίωσης και εδάφους θεμελίωσης

Περιγραφή θεμελίωσης και εδάφους, με τη βοήθεια:

Περιγραφών που τυχόν περιλαμβάνονται στην Ιστορία του Μνημείου

Ενδείξεις από γειτονικά κτίρια ή σκάμματα

Διασκοπήσεις εδάφους, όπου αυτές είναι εφικτές

Αποτελέσματα γεωτρήσεων, όπου και αν επιτραπούν (ύστερα, ενδεχομένως και από τοπική σωστική ανασκαφή)

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός



Δομητική τεκμηρίωση: Περιγραφή συμπεριφοράς κατά το παρελθόν στο ίδιο το μνημείο και σε μνημεία

Πληροφορίες συμπεριφοράς κατά το παρελθόν σε Μνημεία με παρόμοιο δομητικό σύστημα ή (όσον αφορά τα υλικά καθαυτά) με παρόμοια υλικά και περιβάλλον.

Προς τούτο οι Αρμόδιες Υπηρεσίες διαθέτουν στον Μελετητή τυχόν υπάρχουσες Βάσεις Δεδομένων.

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός



Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

- Συνδέσεις εγκάρσιων τοίχων: Ραντάρ, Ενδοσκόπηση, Σεισμική διασκόπηση με διατρήσεις.
- Κρυμμένα ανοίγματα και ασυνέχειες εντός επιπέδου: Θερμογραφία
- Ασυνέχεια και κενά εγκάρσιως: Ραντάρ, Ενδοσκόπηση, Σεισμική Διασκόπηση με διατομήματα
- Ιδιοπερίοδοι, Ιδιομορφές, Δυναμικές δοκιμές
- Εντόπιση μεταλλικών αντικειμένων: Μαγνητόμετρο, Ραντάρ

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

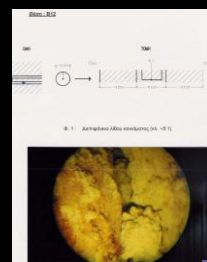


Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

ΡΑΝΤΑΡ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΕΙΣ



ΚΑΘΟΛΙΚΟ ΜΟΝΗΣ ΔΑΦΝΙΟΥ



ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΜΠ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (ΚΑΘ. Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΙΟΥ) LCPC ΓΑΛΛΙΑΣ, (Dr PH. COTE)

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

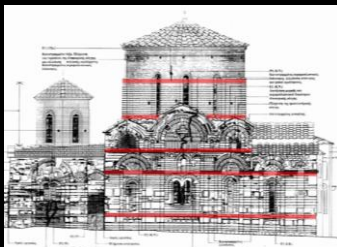


Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΞΥΛΟΔΕΣΙΩΝ ΜΕ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΕΙΣ

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΕΜΠ,
ΚΑΘ. Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ

Ι. ΝΑΟΣ ΠΑΝΑΓΙΑΣ ΚΡΗΝΑΣ ΧΙΟ



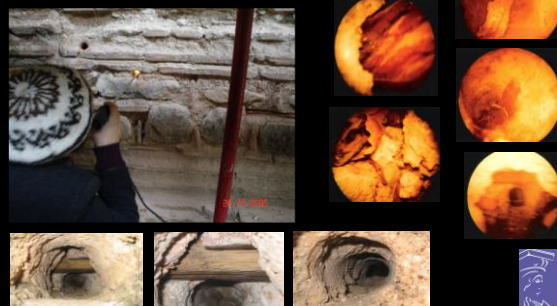
Palieraki et al, 2007, SHH07-
Studies on Historical Heritage

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΞΥΛΟΔΕΣΙΩΝ ΜΕ ΕΝΔΟΣΚΟΠΗΣΕΙΣ

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
ΕΜΠ, ΚΑΘ. Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

Ενδοσκοπήσεις

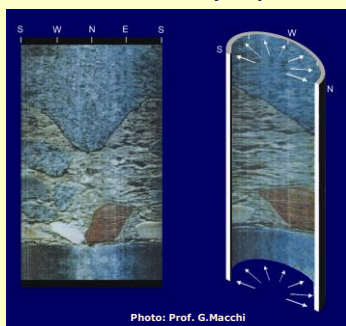


Photo: Prof. G. Macchi

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

Θερμογραφία

ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ - Ι. ΜΟΝΗ ΟΣΙΟΥ ΛΟΥΚΑ
Α. ΜΙΛΙΑΔΟΥ-Α. ΚΟΥΜΑΝΤΟΣ



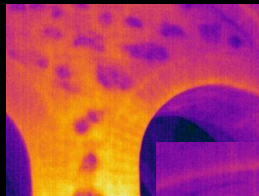
Διερεύνηση τρόπου δόμησης
τοιχοποιίας πίσω από
στρώμα επιχρίσματος

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

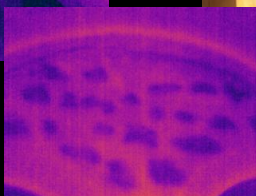
Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

Θερμογραφία

ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ - Ι. ΜΟΝΗ ΟΣΙΟΥ ΛΟΥΚΑ
Α. ΜΙΛΤΙΔΟΥ-Α. ΚΟΥΜΑΝΤΟΣ



Διερεύνηση τρόπου
δόμησης τοικοποιίας
πίσω από στρώμα
επιχρίματος



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezzani, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

Ηχητική τομογραφία

Σε συνεργασία με
LCPC Γαλλίας



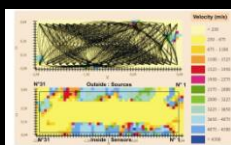
Εξοπλισμός ηχητικής
τομογραφίας

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezzani, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

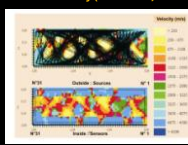
Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

Ηχητική τομογραφία

ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ (Α. Μιλτιάδου) σε συνεργασία με
LCPC Γαλλίας (Ph. Côté, X. Derobert)

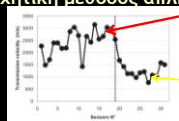


Πριν τα
ενέματα

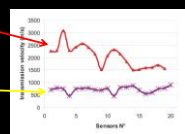


Μετά τα
ενέματα

Ηχητική μέθοδος απλή



Μετά τα
ενέματα



Πριν τα
ενέματα

CÔTE ET AL SAHC 2008

Δομητική τεκμηρίωση: Αναγνώριση δομητικού συστήματος

Καθεδρικός της Παβίας - Ηχητική
τομογραφία. Σύγκριση μεταξύ οριζόντιων
και κατακόρυφων τομών

Πύργος

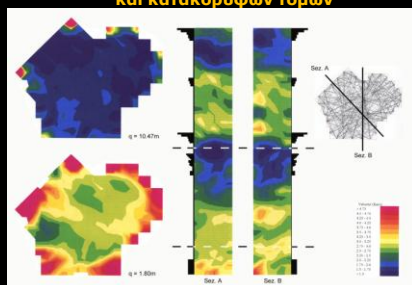


Photo: Prof. G. Macchi

Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezzani, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Μη καταστρεπτικές τεχνικές

**ΟΛΕΣ ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΗ
ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΙΝΑΙ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΤΩΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ
ΔΕΚΑΕΤΙΩΝ**

Ακόμη και για αυτές που θεωρούνται πλέον συνήθεις δεν υπάρχουν θεσμοθετημένες προδιαγραφές για τον τρόπο εκτέλεσης, βαθμονόμησης και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων τους και για το λόγο αυτό οι περισσότερες εκτελούνται από περιορισμένο αριθμό ερευνητικών κέντρων χωρίς να ακολουθείται πάντα η ίδια μεθοδολογία

ΑΝΑΓΚΑΙΑ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΑΠΟ
ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΑΛΛΑ
ΣΕ ΣΤΕΝΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΗ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ

ΕΧΕΙ ΞΕΚΙΝΗΣΕΙ Η ΣΤΑΔΙΑΚΗ
ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ ΚΑΙ
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΗΣ RILEM

ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΚΑΙ
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΟΤΕΡΗ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ

Ανδρονίκη Μυλιτάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

Θλιπτική και διατμητική:

Επίπεδοι γρύλοι (ή εργαστηριακές δοκιμές σε αποτμημένα τεμάχια ή σε ομοιώματα τοίχων)



Επίπεδοι γρύλοι



Ανδρονίκη Μυλιτάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

Θλιπτική και διατμητική:

Επίπεδοι γρύλοι (ή εργαστηριακές δοκιμές σε αποτμημένα τεμάχια ή σε ομοιώματα τοίχων)

Επίπεδοι γρύλοι



Double flat-jack test (stress-strain behaviour) on West side of the Monza Tower (Binda, 1998)



Ανδρονίκη Μυλιτάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ ΜΟΝΗΣ ΔΑΦΝΙΟΥ

ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΝΤΟΧΩΝ ΒΑΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Θλιπτική αντοχή f_c (MPa)	Εκτίμηση αντοχών τοιχοποιίας βάσει εμπειρικών σχέσεων οδήγησε σε χαμηλές αντοχές που δεν ήταν βέβαιο ότι ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα
Λίθοι	Κίνδυνος λόγω υποεκτίμησης των αντοχών να οδηγηθούμε σε επεμβάσεις πιο εκτεταμένες από ό,τι θα ήταν απολύτως αναγκαίο
4,05	
13,1	
21,16	
22,48	
Πλίνθοι	Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των εργασιών αυτών με ομοιώματα τοιχοποιίας στο εργαστήριο, με στόχο να εφαρμοστούν στο μνημείο μόνο οι εντελώς αναγκαίες ενισχυτικές διατάξεις
4,69	
5,02	
17,7	
Κονιάματα	Άμεση έναρξη εργασιών στερέωσης του ρηγματωμένου μνημείου (αρμολογήματα και ενέματα)
0,21	
0,385	
0,046	

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ (Α. ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ)
ΜΕ ΕΜΠ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (ΚΑΘ. Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ)

Ι. ΜΟΝΗ ΔΑΦΝΙΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΕΜΑΤΩΝ



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΤΕΑ/ΥΠΠΟ (Α. ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ)
ΜΕ ΕΜΠ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (ΚΑΘ. Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ)

Ι. ΜΟΝΗ ΔΑΦΝΙΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΕΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΟΥΝ ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΜΕ ΠΟΣΟΣΤΟ
ΚΕΝΩΝ ~40%



(D = 25 cm, L = 50 cm)



Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ 28 ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΥΛΙΚΟΥ
ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΕΣΕΙΣ ΕΝΕΜΑΤΩΝ

✓ Αν και οι αντοχές των ενεμάτων διαφέρουν κατά πολύ, οι αντοχές του υλικού πληρώσεως δεν παρουσιάζουν τις αντίστοιχες διαφορές.

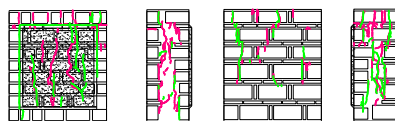
✓ Ικανοποιητική βελτίωση και με ενέματα χαμηλών αντοχών

Σύνθεση ενέματος	f_{cm} (MPa)	f_{ck} (MPa)	f_{td} (MPa)	f_{td} (MPa)	f_{td} (MPa)	f_{td} (MPa)
Ενέμα 1	10.0	8.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ενέμα 2	15.0	12.0	1.5	1.5	1.5	1.5
Ενέμα 3	20.0	16.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Ενέμα 4	25.0	20.0	2.5	2.5	2.5	2.5
Ενέμα 5	30.0	24.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Ενέμα 6	35.0	28.0	3.5	3.5	3.5	3.5
Ενέμα 7	40.0	32.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Ενέμα 8	45.0	36.0	4.5	4.5	4.5	4.5
Ενέμα 9	50.0	40.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Ενέμα 10	55.0	44.0	5.5	5.5	5.5	5.5
Ενέμα 11	60.0	48.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Ενέμα 12	65.0	52.0	6.5	6.5	6.5	6.5
Ενέμα 13	70.0	56.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Ενέμα 14	75.0	60.0	7.5	7.5	7.5	7.5
Ενέμα 15	80.0	64.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ενέμα 16	85.0	68.0	8.5	8.5	8.5	8.5
Ενέμα 17	90.0	72.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Ενέμα 18	95.0	76.0	9.5	9.5	9.5	9.5
Ενέμα 19	100.0	80.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ενέμα 20	105.0	84.0	10.5	10.5	10.5	10.5
Ενέμα 21	110.0	88.0	11.0	11.0	11.0	11.0
Ενέμα 22	115.0	92.0	11.5	11.5	11.5	11.5
Ενέμα 23	120.0	96.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Ενέμα 24	125.0	100.0	12.5	12.5	12.5	12.5
Ενέμα 25	130.0	104.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Ενέμα 26	135.0	108.0	13.5	13.5	13.5	13.5
Ενέμα 27	140.0	112.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Ενέμα 28	145.0	116.0	14.5	14.5	14.5	14.5
Ενέμα 29	150.0	120.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Ενέμα 30	155.0	124.0	15.5	15.5	15.5	15.5
Ενέμα 31	160.0	128.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Ενέμα 32	165.0	132.0	16.5	16.5	16.5	16.5
Ενέμα 33	170.0	136.0	17.0	17.0	17.0	17.0
Ενέμα 34	175.0	140.0	17.5	17.5	17.5	17.5
Ενέμα 35	180.0	144.0	18.0	18.0	18.0	18.0
Ενέμα 36	185.0	148.0	18.5	18.5	18.5	18.5
Ενέμα 37	190.0	152.0	19.0	19.0	19.0	19.0
Ενέμα 38	195.0	156.0	19.5	19.5	19.5	19.5
Ενέμα 39	200.0	160.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Ενέμα 40	205.0	164.0	20.5	20.5	20.5	20.5
Ενέμα 41	210.0	168.0	21.0	21.0	21.0	21.0
Ενέμα 42	215.0	172.0	21.5	21.5	21.5	21.5
Ενέμα 43	220.0	176.0	22.0	22.0	22.0	22.0
Ενέμα 44	225.0	180.0	22.5	22.5	22.5	22.5
Ενέμα 45	230.0	184.0	23.0	23.0	23.0	23.0
Ενέμα 46	235.0	188.0	23.5	23.5	23.5	23.5
Ενέμα 47	240.0	192.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Ενέμα 48	245.0	196.0	24.5	24.5	24.5	24.5
Ενέμα 49	250.0	200.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Ενέμα 50	255.0	204.0	25.5	25.5	25.5	25.5
Ενέμα 51	260.0	208.0	26.0	26.0	26.0	26.0
Ενέμα 52	265.0	212.0	26.5	26.5	26.5	26.5
Ενέμα 53	270.0	216.0	27.0	27.0	27.0	27.0
Ενέμα 54	275.0	220.0	27.5	27.5	27.5	27.5
Ενέμα 55	280.0	224.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Ενέμα 56	285.0	228.0	28.5	28.5	28.5	28.5
Ενέμα 57	290.0	232.0	29.0	29.0	29.0	29.0
Ενέμα 58	295.0	236.0	29.5	29.5	29.5	29.5
Ενέμα 59	300.0	240.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Ενέμα 60	305.0	244.0	30.5	30.5	30.5	30.5
Ενέμα 61	310.0	248.0	31.0	31.0	31.0	31.0
Ενέμα 62	315.0	252.0	31.5	31.5	31.5	31.5
Ενέμα 63	320.0	256.0	32.0	32.0	32.0	32.0
Ενέμα 64	325.0	260.0	32.5	32.5	32.5	32.5
Ενέμα 65	330.0	264.0	33.0	33.0	33.0	33.0
Ενέμα 66	335.0	268.0	33.5	33.5	33.5	33.5
Ενέμα 67	340.0	272.0	34.0	34.0	34.0	34.0
Ενέμα 68	345.0	276.0	34.5	34.5	34.5	34.5
Ενέμα 69	350.0	280.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Ενέμα 70	355.0	284.0	35.5	35.5	35.5	35.5
Ενέμα 71	360.0	288.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Ενέμα 72	365.0	292.0	36.5	36.5	36.5	36.5
Ενέμα 73	370.0	296.0	37.0	37.0	37.0	37.0
Ενέμα 74	375.0	300.0	37.5	37.5	37.5	37.5
Ενέμα 75	380.0	304.0	38.0	38.0	38.0	38.0
Ενέμα 76	385.0	308.0	38.5	38.5	38.5	38.5
Ενέμα 77	390.0	312.0	39.0	39.0	39.0	39.0
Ενέμα 78	395.0	316.0	39.5	39.5	39.5	39.5
Ενέμα 79	400.0	320.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Ενέμα 80	405.0	324.0	40.5	40.5	40.5	40.5
Ενέμα 81	410.0	328.0	41.0	41.0	41.0	41.0
Ενέμα 82	415.0	332.0	41.5	41.5	41.5	41.5
Ενέμα 83	420.0	336.0	42.0	42.0	42.0	42.0
Ενέμα 84	425.0	340.0	42.5	42.5	42.5	42.5
Ενέμα 85	430.0	344.0	43.0	43.0	43.0	43.0
Ενέμα 86	435.0	348.0	43.5	43.5	43.5	43.5
Ενέμα 87	440.0	352.0	44.0	44.0	44.0	44.0
Ενέμα 88	445.0	356.0	44.5	44.5	44.5	44.5
Ενέμα 89	450.0	360.0	45.0	45.0	45.0	45.0
Ενέμα 90	455.0	364.0	45.5	45.5	45.5	45.5
Ενέμα 91	460.0	368.0	46.0	46.0	46.0	46.0
Ενέμα 92	465.0	372.0	46.5	46.5	46.5	46.5
Ενέμα 93	470.0	376.0	47.0	47.0	47.0	47.0
Ενέμα 94	475.0	380.0	47.5	47.5	47.5	47.5
Ενέμα 95	480.0	384.0	48.0	48.0	48.0	48.0
Ενέμα 96	485.0	388.0	48.5	48.5	48.5	48.5
Ενέμα 97	490.0	392.0	49.0	49.0	49.0	49.0
Ενέμα 98	495.0	396.0	49.5	49.5	49.5	49.5
Ενέμα 99	500.0	400.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Ενέμα 100	505.0	404.0	50.5	50.5	50.5	50.5
Ενέμα 101	510.0	408.0	51.0	51.0	51.0	51.0
Ενέμα 102	515.0	412.0	51.5	51.5	51.5	51.5
Ενέμα 103	520.0	416.0	52.0	52.0	52.0	52.0
Ενέμα 104	525.0	420.0	52.5	52.5	52.5	52.5
Ενέμα 105	530.0	424.0	53.0	53.0	53.0	53.0
Ενέμα 106	535.0	428.0	53.5	53.5	53.5	53.5
Ενέμα 107	540.0	432.0	54.0	54.0	54.0	54.0
Ενέμα 108	545.0	436.0	54.5	54.5	54.5	54.5
Ενέμα 109	550.0	440.0	55.0	55.0	55.0	55.0
Ενέμα 110	555.0	444.0	55.5	55.5	55.5	55.5
Ενέμα 111	560.0	448.0	56.0	56.0	56.0	56.0
Ενέμα 112	565.0	452.0	56.5	56.5	56.5	56.5
Ενέμα 113	570.0	456.0	57.0	57.0	57.0	57.0
Ενέμα 114	575.0	460.0	57.5	57.5	57.5	57.5
Ενέμα 115	580.0	464.0	58.0	58.0	58.0	58.0
Ενέμα 116	585.0	468.0	58.5	58.5	58.5	58.5
Ενέμα 117	590.0	472.0	59.0	59.0	59.0	59.0
Ενέμα 118	595.0	476.0	59.5	59.5	59.5	59.5
Ενέμα 119	600.0	480.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Ενέμα 120	605.0	484.0	60.5	60.5	60.5	60.5
Ενέμα 121	610.0	488.0	61.0	61.0	61.0	61.0
Ενέμα 122	615.0	492.0	61.5	61.5	61.5	61.5
Ενέμα 123	620.0	496.0	62.0	62.0	62.0	62.0
Ενέμα 124	625.0	500.0	62.5	62.5	62.5	62.5
Ενέμα 125	630.0	504.0	63.0	63.0	63.0	63.0
Ενέμα 126	635.0	508.0	63.5	63.5	63.5	63.5
Ενέμα 127	640.0	512.0	64.0	64.0	64.0	64.0
Ενέμα 128	645.0	516.0	64.5	64.5	64.5	64.5
Ενέμα 129	650.0	520.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Ενέμα 130	655.0	524.0	65.5	65.5	65.5	65.5
Ενέμα 131	660.0	528.0	66.0	66.0	66.0	66.0
Ενέμα 132	665.0	532.0	66.5	66.5	66.5	66.5
Ενέμα 133	670.0	536.0	67.0	67.0	67.0	67.0
Ενέμα 134	675.0	540.0	67.5	67.5	67.5	67.5
Ενέμα 135	680.0	544.0	68.0	68.0	68.0	68.0
Ενέμα 136	685.0	548.0	68.5	68.5	68.5	68.5
Ενέμα 137	690.0	552.0	69.0	69.0	69.0	69.0
Ενέμα 138	695.0	556.0	69.5	69.5	69.5	69.5
Ενέμα 139	700.0	560.0	70.0	70.0	70.0	70.0
Ενέμα 140	705.0	564.0	70.5	70.5	70.5	70.5
Ενέμα 141	710.0	568.0	71.0	71.0	71.0	71.0
Ενέμα 142	715.0	572.0	71.5	71.5	71.5	71.5
Ενέμα 143	720.0	576.0	72.0	72.0	72.0	72.0
Ενέμα 144	725.0	580.0	72.5	72.5	72.5	72.5

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΘΛΙΨΗ: ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

- Ίδια μορφή αστοχίας με αυτήν πριν τα ενέματα.
- Η πλειοψηφία των κατακόρυφων ρωγμών εμφανίστηκε σε νέες θέσεις.
- Οι κατακόρυφες ρωγμές εμφανίστηκαν σε σημαντικά υψηλότερο φορτίο - μικρότερο εύρος.
- Τα ψηφιδωτά ακολούθησαν τις παραμορφώσεις της τοικοποιίας.
- Περιορισμένη αποκόλληση των ψηφιδωτών από την τοικοποιία.



Τοιχίσκος 3 πριν (ροζ) και μετά το ένεμα (πράσινο)

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΘΛΙΨΗ: ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

W	f_{m0} (MPa)	f_{m1} (MPa)	f_{m2} (MPa)	ϵ_{m0} (‰)	ϵ_{m1} (‰)	E_0 (MPa)	E_1 (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

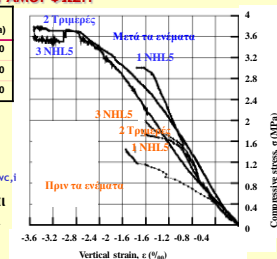
Σημαντική αύξηση της αντοχής:

- 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 τοικοποιίας.

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



Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΘΛΙΨΗ: ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

- Ίδια μορφή αστοχίας με αυτήν πριν τα ενέματα.
- Οι περισσότερες ρωγμές που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της πρώτης φόρτισης διευρύνθηκαν στους ενισχυμένους τοιχίσκους + Εμφάνιση μερικών νέων ρωγμών.
- Τα ψηφιδωτά ακολούθησαν τις ρηγματώσεις της τοικοποιίας.
- Δεν παρατηρήθηκε αποκόλληση των ψηφιδωτών.

Τοικοποιία πριν (ροζ), και μετά τα ενέματα (πράσινο)



Τοιχίσκος 4, Ένεμα NHL5

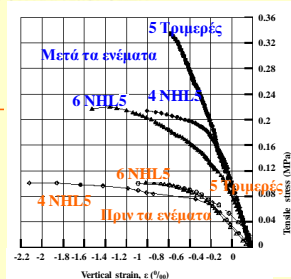
Τοιχίσκος 5, Τριμερές ένεμα

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΘΛΙΨΗ: ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ - ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

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

Η χρήση του τριμερούς ενέματος τριπλασίασε την εφελκυστική αντοχή.



Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΘΑΛΨΗ:
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ - ΕΥΡΟΣ ΡΩΓΜΩΝ



Το τριμερές ένεμα
οδήγησε
σε κατά κάποιο
τρόπο ψαθυρή
συμπεριφορά

Τοιχίσκος 5 ενισχυμένος με τριμερές
ένεμα λευκού τσιμέντου δανίας (30%)-
υδρασβεστού (25%)- ποζολάνης (45%)-1%SP-
Νερό 80%

0,1 MPa → 0,33 MPa



Τοιχίσκος 4 ενισχυμένος με
ένεμα υδραυλικής ασβέστου NHL5 -
1%SP-Νερό 80%

0,1 MPa → 0,22 MPa

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

Βασικά μηχανικά χαρακτηριστικά των τοιχίσκων πριν και μετά τα ένεματα

W	(MPa)		f_{ws}/f_{ws0}	ϵ_{w0} (‰)	ϵ_{ws} (‰)	(GPa)		E_w/E_0
	f_{w0}	f_{ws}				E_0	E_s	
1	1.82	3.00	1.65	*	-1.76	1.00	1.20	1.20
2	1.74	3.75	2.16	-1.6	-2.50	1.44	1.55	1.08
3	2.26	3.73	1.65	-2.25	-3.39	1.50	1.30	0.87
	f_{t0}	f_{ts}	f_{ts}/f_{t0}					
4	0.1	0.21	2.10					
5	0.1	0.33	3.30					
6	0.1	0.22	2.20					

W2 and W5 injected with the ternary grout; W1, W3, W4, W6 injected with the hydraulic lime based grout

ένεμα NHL 5 : τοιχίσκοι 1, 3, 4 and 6 Τριμερές ένεμα: τοιχίσκοι 2 and 5

VINTZILEOU E., MILTIADOU-FEZANS A., (2008). „Mechanical properties of three-leaf masonry grouted with ternary or hydraulic lime based grouts. In Engineering Structures, Volume 30, Issue 8, August 2008, Pages 2265-2276.

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ - ΕΜΠ
ΕΠΙΚ. ΚΑΘ. Χ. ΜΟΥΣΑΚΗ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΒΥΖΑΝΤΙΝΟΥ
ΣΤΑΥΡΟΘΟΛΙΟΥ ΠΟΥ ΔΟΚΙΜΑΣΘΗΚΕ
ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΟΥ ΕΜΠ ΠΡΙΝ
ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΕΜΑΤΩΝ



Ανδρονίκη Μιλτιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Δομητική τεκμηρίωση: Αντιστάσεις κρίσιμων περιοχών



Αξιοποίηση στοιχείων δομητικής τεκμηρίωσης

Τα στοιχεία της Δομητικής Τεκμηρίωσης αξιοποιούνται προκειμένου να αναιρεθούν κατά το δυνατόν οι εκτεταμένες αβεβαιότητες περί

- της γεωμετρίας των φορέων
- των κρυμμένων πολλαπλών ασυνεχειών
- της αντοχής των συνιστώντων υλικών
- της αντίστασης σε θλίψη, κάμψη και διάτμηση των κρίσιμων περιοχών των δομητικών μελών του Μνημείου.

Η συσσώρευση των οποίων κινδυνεύει να αχρηστεύσει τα αποτελέσματα οποιωνδήποτε αναλύσεων θα ακολουθήσουν για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών που δρουν πάνω στα δομικά μέλη.

Ανδρονίκη Μελιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Αξιοποίηση στοιχείων δομητικής τεκμηρίωσης

ΣΕ ΚΑΘΕ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

ΕΙΝΑΙ ΚΑΛΟ ΤΑ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΣΕ
ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ταυτότητα του ίδιου
του μνημείου

Παρόμοια
μνημεία

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ
ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥΣ ΜΕΣΩ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ**

ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ -
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΣΤΟ
ΧΡΟΝΟ

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ
ΓΝΩΣΗΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ
ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ &

ΔΙΑΦΑΝΕΙΑ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΕ
ΧΡΟΝΟ & ΚΟΣΤΟΣ

ΠΡΟΒΟΛΗ
ΕΡΓΑΣΙΩΝ

**Τα στοιχεία αυτά είναι εντελώς απαραίτητα για
τον έλεγχο της ποιότητας και
αποτελεσματικότητας των επεμβάσεων κατά τη
διάρκεια και μετά την ολοκλήρωσή τους**

Ανδρονίκη Μελιάδου - Fezans, Δρ Πολιτικός Μηχανικός