



Υδραυλικά κονιάματα με νανο- τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: **ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗ ΚΑΛΗ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΠΑΓΩΝΑ ΜΑΡΑΒΕΛΑΚΗ

**Σχολή Αρχιτεκτόνων
Μηχανικών**

Εργαστήριο Υλικών Πολιτισμικής
Κληρονομιάς & Σύγχρονης Δόμησης
MaCHMoB

Εισαγωγή

2

- **Αποκατάσταση ιστορικών κατασκευών**

Πρακτικές & απαιτήσεις

- **Κονιάματα ιστορικών κατασκευών**

Μελέτη σύστασης και συμπεριφοράς των ιστορικών & σχεδιασμός των κονιαμάτων πρότασης αποκατάστασης

- **Συμβατότητα υλικών αποκατάστασης- χρήση τσιμέντου**

Πρόκληση βλαβών σε ιστορικές κατασκευές από τη χρήση τσιμέντου, ενισχυμένα ασβεστοκονιάματα ως πρόταση αποκατάστασης

- **Νανοτεχνολογία και προηγούμενη εμπειρία εργαστηρίου**

Σύγχρονη λύση και στη δόμηση, πρόσμικτα βελτίωσης των υλικών.

Το εργαστήριο έχει ασχοληθεί με την κατασκευή νανο-σύνθετων υλικών που εφαρμόζονται απευθείας πάνω σε υπό συντήρηση επιφάνειες μέσα από διάφορα ερευνητικά προγράμματα.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Σκοπός της εργασίας

3

Σκοπός της εργασίας ήταν η εκτίμηση:

- Της ενανθράκωσης
- Της ποζολανικής αντίδρασης
- Του χρόνου πήξης
- Των μηχανικών χαρακτηριστικών



**Των παστών
και των
κονιαμάτων**

Ζητούμενο: Η επιρροή νανο-τιτανίας (nT) με την φωτοκαταλυτική της δράση στις παραπάνω διεργασίες

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Πειραματικό Μέρος

4

Τεχνικές δοκιμών και αναλύσεων

Φυσικοχημικές αναλύσεις

- Θερμοσταθμική ανάλυση DTA/TG
- Φασματοσκοπία υπερύθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR)
- Ορυκτολογική ανάλυση με περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD)
- Δοκιμή Vicat

Μηχανικές δοκιμές

- Μονοαξονική θλίψη
- Κάμψη τριών σημείων
- Μέτρηση ταχύτητας υπερήχων

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Πειραματικό Μέρος

Φυσικοχημικές αναλύσεις

- **DTA/TG**: προσδιορίζουμε τη μεταβολή της μάζας κατά τη διάρκεια ορισμένων διεργασιών
- **FTIR**: μας δίνει φάσματα απορρόφησης ακτινοβολίας με κορυφές που αφορούν συγκεκριμένες ενώσεις
- **XRD**: προσδιορίζουμε τη συγκέντρωση των ορυκτολογικών συστατικών των δειγμάτων
- **Vicat**: προσδιορίζουμε τον αρχικό και τελικό χρόνο πήξης



εκτίμηση της ενανθράκωσης και της ποζολανικής αντίδρασης

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Πειραματικό Μέρος

Μηχανικές δοκιμές

- ▶ **Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης:** Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής 28 ημερών, μέτρου ελαστικότητας, δείκτη δυσθραυστότητας, θλιπτική αντοχή στου 3 και 6 μήνες
- ▶ **Δοκιμή κάμψης τριών σημείων:** Υπολογισμός καμπτικής αντοχής στις 28 ημέρες του 3 και 6 μήνες
- ▶ **Μέτρηση ταχύτητας υπερήχων:** Υπολογισμός δυναμικού μέτρου ελαστικότητας

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Πειραματικό Μέρος

Σύνθεση παστών και κονιαμάτων

➤ **Πάστες** (χωρίς την προσθήκη αδρανών)

➤ **Κονιάματα**

➤ **6 ΠΑΣΤΕΣ ΚΑΙ
12 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ**

➤ **Κονία**

- Υδράσβεστος με μετακαολίνη (60/40) (ML)
- Φυσική υδραυλική άσβεστος (Υ)

➤ **Αδρανή** [K/A :1/1]

- Νταμαρίσια άμμος (N)
- Ποταμίσια άμμος (P)

➤ **Νανο-τιτανία** [6%]

- Χωρίς προσθήκη
- Απλή ανάδευση
- Ενεργοποίηση σε ακτινοβολία UV

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Πειραματικό Μέρος

8

Προσθήκη νανο-τιτανίας

- ▶ Η φωτοκαταλυτική δράση της νανο-τιτανίας, συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση της διαδικασίας ενυδάτωσης και ενανθράκωσης των κονιαμάτων, επηρεάζοντας έτσι την απαιτούμενη αντοχή τους.
- ▶ Με τη φωτοκαταλυτική της ιδιότητα και τον αντιβακτηριδιακό της ρόλο μπορεί να βοηθήσει στη διαδικασία αυτοκαθαρισμού της επιφάνειας των κονιαμάτων, δηλαδή απομάκρυνση οργανικών ρύπων και αντιμετώπισης βιολογικών φθορών.
- ▶ Μελέτες έχουν δείξει την επίδραση της νανο-τιτανίας στην πρόοδο της ανθρακοποίησης και της υδρόλυσης σε κονιάματα με ποζολανικά πρόσθετα.
- ▶ Ενεργοποίηση της νανο-τιτανίας: Έκθεση διαλύματος νερού με NT σε ακτινοβολία UV με ταυτόχρονη ανάδευση για 20 λεπτά

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Πειραματικό Μέρος

9

Mortar mixes identification

Τα κονιάματα χυτεύτηκαν σε πρισματικά δοκίμια σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, 5x5x5 για τη θλίψη, 4x4x16 για την κάμψη Πάστες, 5 mm σε διάμετρο και 30 mm σε ύψος κατασκευάστηκαν για τις χημικές αναλύσεις και εμβαπτίστηκαν σε δοχεία με ακετόνη για να σταματήσει η ωρίμανση.

Samples	Lime	Metakaolin	TiO ₂	Aggregates		W/B	Consistency (mm)
	(L)	(M)	(nT)	Carbonaceous	Siliceous		
				(N)	(P)		
MLN	30	20	-	50	-	1.2	137
MLNT	30	20	3	47	-	1.2	137
MLNTuv	30	20	3	47	-	1.2	136
MLP	30	20	-	-	50	1.3	148
MLPT	30	20	3	-	47	1.2	138
MLPTuv	30	20	3	-	47	1.2	137
ML	60	40	-	-	-	1.7	
MLT	60	40	3	-	-	1.6	
MLTuv	60	40	3	-	-	1.6	

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

➤ Φυσικοχημικών αναλύσεων ➤ Μηχανικών Δοκιμών

Πάστες
ML

Πάστες
NHL

Κονιάματα
ML

Κονιάματα
NHL

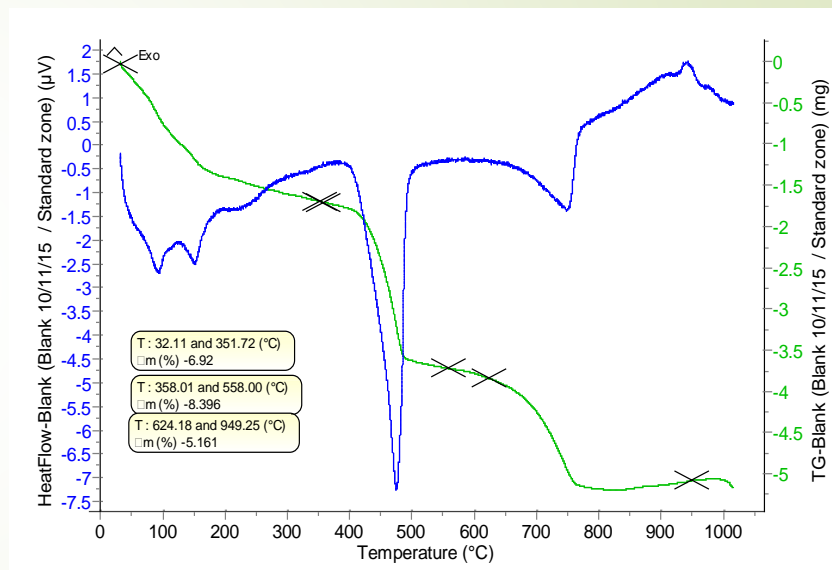
Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

► Πάστες ML

Θερμική ανάλυση DTA

- Προσδιορίστηκε το υδροξείδιο του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ για συντομία CH) σύμφωνα με μεθοδολογία που προτείνεται από τους Gameiro et al.
- Κατά την ενδόθερμη αντίδραση μεταξύ $400\text{-}550^\circ\text{C}$ η μεταβολή μάζας αφορά την αφυδάτωση του CH (CH_{deh}) και η αντίστοιχη μεταξύ $600\text{-}900^\circ\text{C}$ αφορά τη διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου (Ca_{dec}).



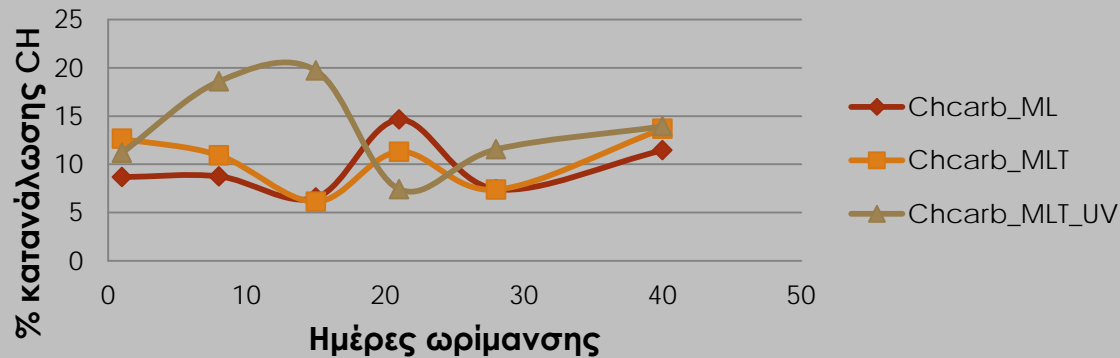
Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

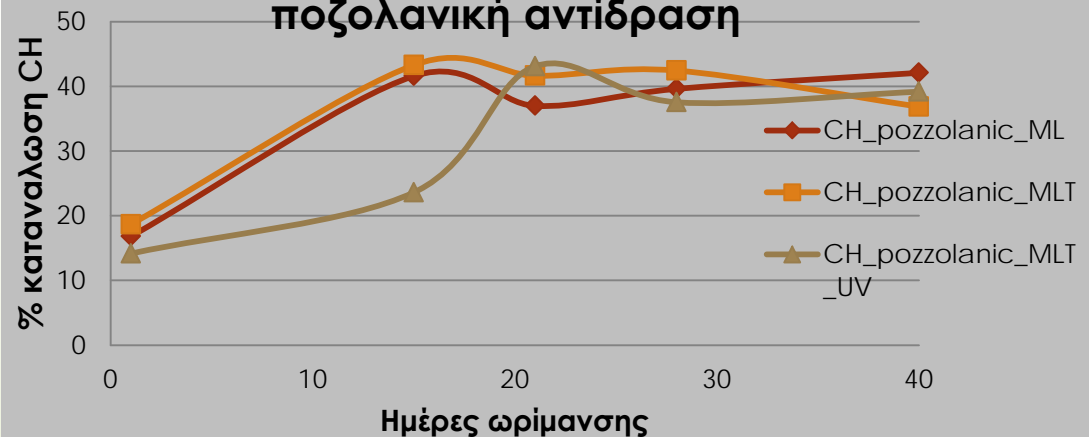
12

➔ Πάστες ML: Θερμική ανάλυση DTA

Κατανάλωση ασβέστου κατά την ενανθράκωση



Κατανάλωση ασβέστου κατά την ποζολανική αντίδραση



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

13

- **Πάστες ML: Θερμική ανάλυση DTA**
- Για την ενανθράκωση: οι πάστες με nTuv εμφανίζουν μεγαλύτερες καταναλώσεις σε σχέση με τις πάστες ML και MLT ιδιαίτερα κατά τη 15^η μέρα
- Για την ποζολανική αντίδραση: αντίστροφη εικόνα, καθώς τη 15^η μέρα για την πάστα MLTuv έχουμε τη μικρότερη τιμή σε αντίθεση με τις άλλες δυο πάστες.
- Μετά το διάστημα των 21 ημερών παρατηρείται παρόμοια τάση για όλες τις πάστες.
- **Η σύγκριση της ενανθράκωσης με την ποζολανική αντίδραση στα πρώτα στάδια οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι συνθέσεις με ενεργοποιημένη τιτανία παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά την ενανθράκωση από τις πάστες ML και MLT.**

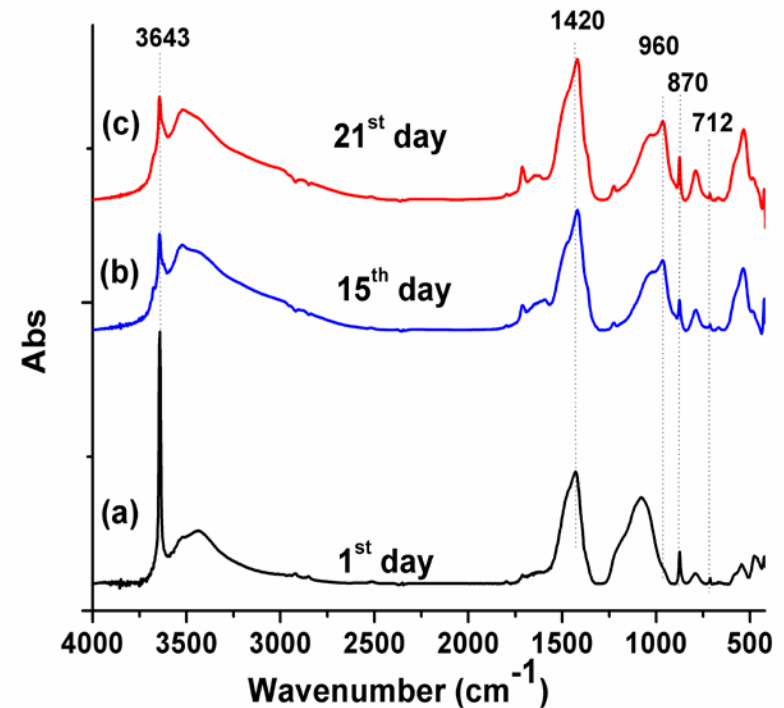
Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

14

Πάστες ML: FTIR

- Επιβεβαιώνουν τις εκτιμήσεις της θερμικής ανάλυσης.
- Οι αντιδράσεις ενανθράκωσης και του σχηματισμού υδραυλικών συστατικών αξιολογήθηκαν στα φάσματα της ανάλυσης μέσω της διαφοράς των κορυφών στις ενώσεις του πορτλαντίτη (3640 cm^{-1}), του ασβεστίτη ($1420, 870, 712\text{ cm}^{-1}$) και των Si-O-Si ενώσεων ($960, 1050\text{ cm}^{-1}$), δηλαδή υδραυλικά συστατικά



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

15

Πάστες ML: FTIR

- ▶ Παρατηρείται μείωση της κορυφής που αποδίδεται στον πορτλαντίτη και ταυτόχρονα αυξανόμενη ένταση του ασβεστίτη και του σχηματισμού Si-O-Si των υδραυλικών εξαρτημάτων μέχρι τη 15^η μέρα.
- ▶ Πιο συγκεκριμένα στις πάστες φαίνεται ότι ασβεστίτης παρήχθη ακόμα και κατά την πρώτη ημέρα της ωρίμανσης. Οι κορυφές που αφορούν τα υδραυλικά συστατικά ήταν κυρίαρχα τη 15^η ημέρα της ωρίμανσης, τη στιγμή που ο πορτλαντίτης έχει καταναλωθεί.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

16

Πάστες ML: XRD

- ▶ Η ενανθράκωση και η ποζολανική αντίδραση έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια των πρώτων 15 ημερών.
- ▶ Στα ML κονιάματα, καθώς η ενυδάτωση προχωράει μέσω της αντίδρασης μεταξύ L και M, εκτός από ασβεστίτες και πορτλανδίτη παρατηρούνται ενυδατωμένες φάσεις ασβεστίου και αργιλοπυριτικών ενώσεων

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

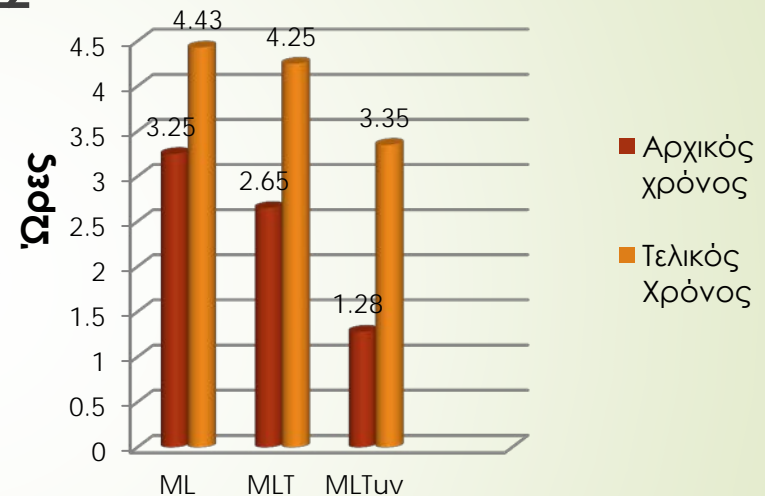
17

Πάστες ML:

Χρόνος πήξης (Δοκιμή Vicat)

- Μεγάλη μείωση τόσο του αρχικού όσο και του τελικού χρόνου πήξης στην πάστα με ενεργοποιημένη nT, 61% και 24% αντίστοιχα.
- Επιβεβαιώνεται η ενίσχυση της εγανθράκωσης στις nTuv πάστες και η επίδρασή της στη σκλήρυνση του κονιάματος.

Χρόνος πήξης (δοκιμή Vicat)
στις πάστες ML



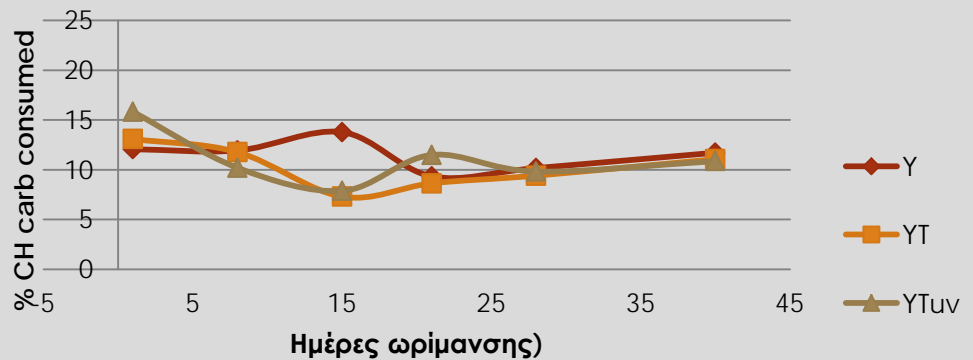
Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

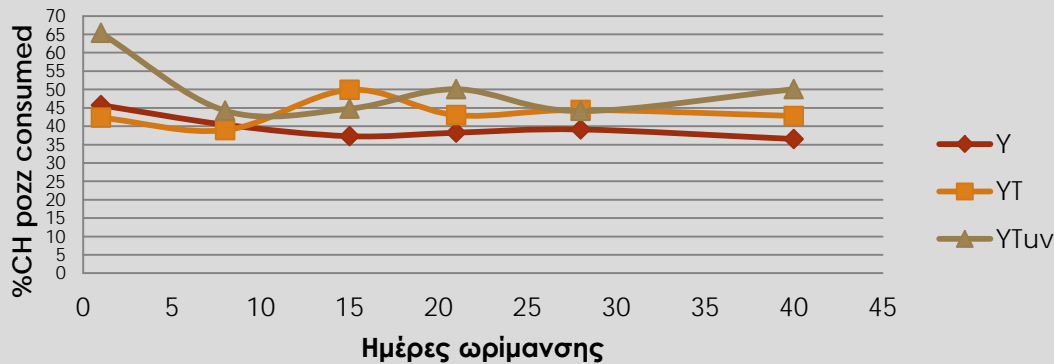
18

➔ Πάστες NHL: Θερμική ανάλυση DTA

Ενανθράκωση στις πάστες NHL (DTA)



Ποζολανική αντίδραση στις πάστες NHL (DTA)



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

19

➤ Πάστες NHL: Θερμική ανάλυση DTA

- Προκύπτει ότι τόσο η ενανθράκωση τόσο και η ποζολανική αντίδραση είναι υψηλές **τις πρώτες μέρες** χωρίς ωστόσο μεγάλες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις τρεις συνθέσεις Υ, ΥΤ και Υτιν
- Το γεγονός ότι η ενανθράκωση τηρείται σε υψηλά επίπεδα μαζί με την ποζολανική αντίδραση εξηγείται καθώς στην υδραυλική άσβεστο κατά την υδρόλυση του υδροξειδίου του ασβεστίου παράγεται ασβεστίτης.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

20

➤ Πάστες NHL: FTIR & XRD

- Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων επιβεβαιώνουν σε γενικές γραμμές τις εκτιμήσεις της θερμικής ανάλυσης
- Δεν διαπιστώνονται διαφοροποιήσεις μεταξύ των τριών συνθέσεων, εκτός από την αυξημένη ενανθράκωση την πρώτη μέρα, πράγμα το οποίο είδαμε και από τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

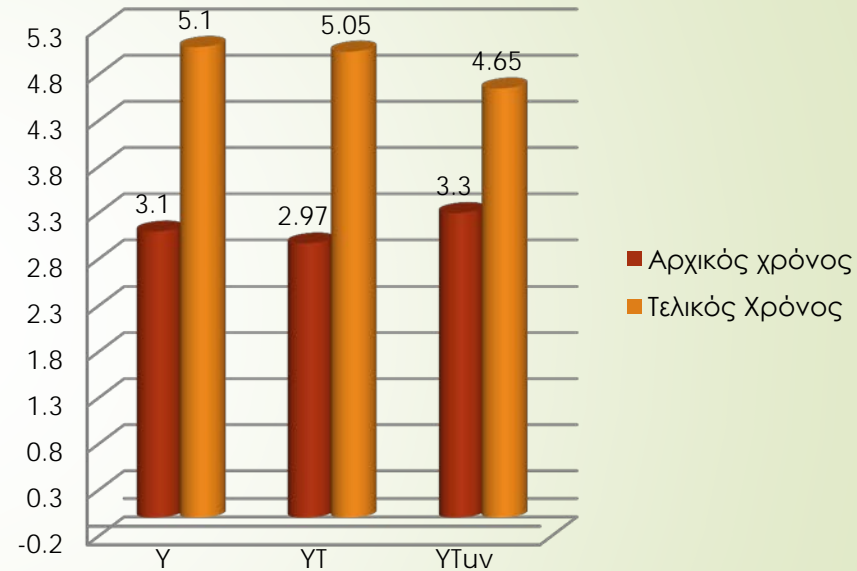
21

Πάστες NHL:

Χρόνος πήξης (Δοκιμή Vicat)

- Μικρή μείωση του τελικού χρόνου πήξης στην πάστα με ενεργοποιημένη nT κατά 9% σε σχέση με τον τελικό χρόνο πήξης της πάστας χωρίς nT.
- Ο αρχικός χρόνος πήξης κυμαίνεται περίπου στις ίδιες τιμές και στις τρεις συνθέσεις.

Χρόνος πήξης (δοκιμή Vicat) σε πάστες με NHL



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

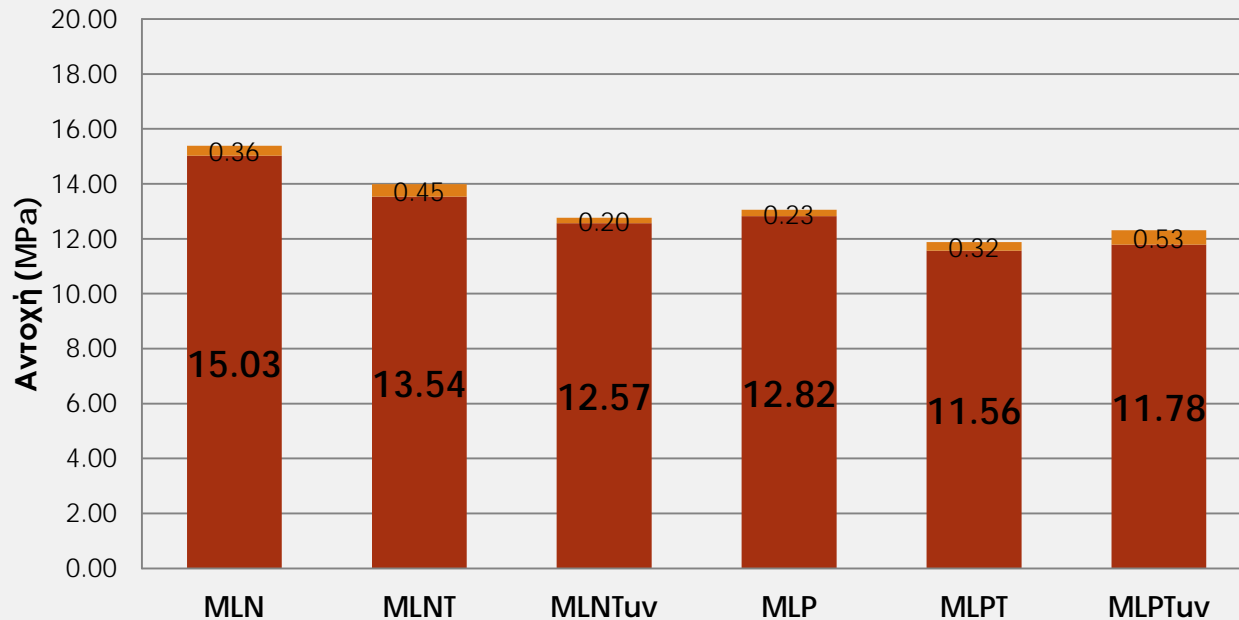
22

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κονιάματα ML

► Θλίψη 28 ημερών

Θλιπτική αντοχή 28 ημερών στα ML κονιάματα



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

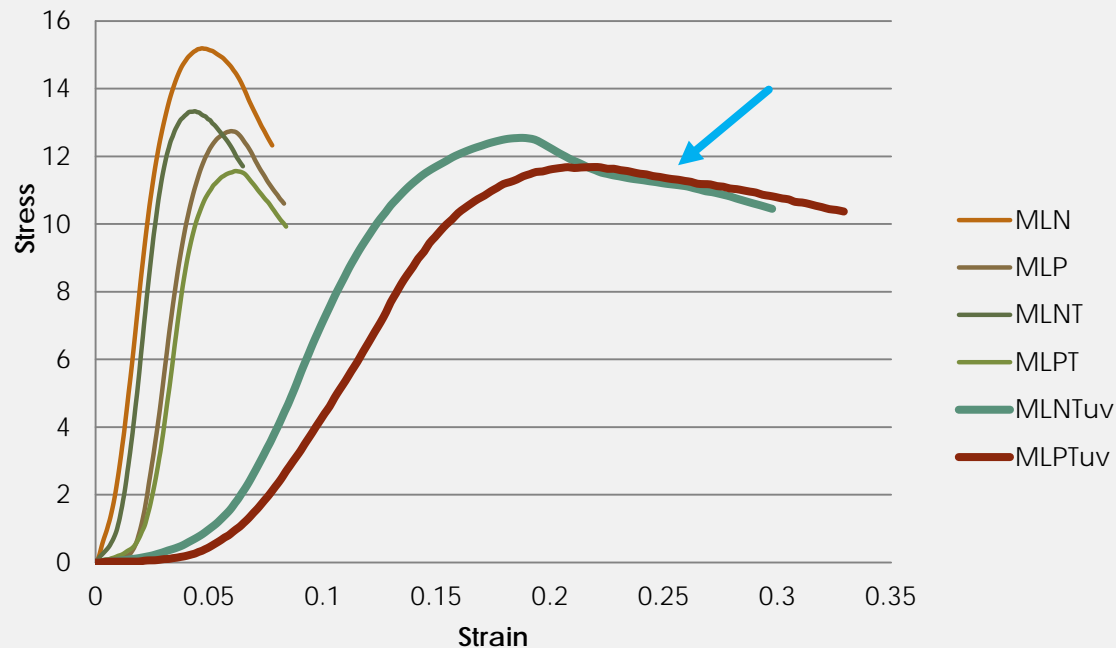
23

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κονιάματα ML

► Θλίψη 28 ημερών

Καμπύλες τάσης- παραμόρφωσης των ML
κονιαμάτων



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις
αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

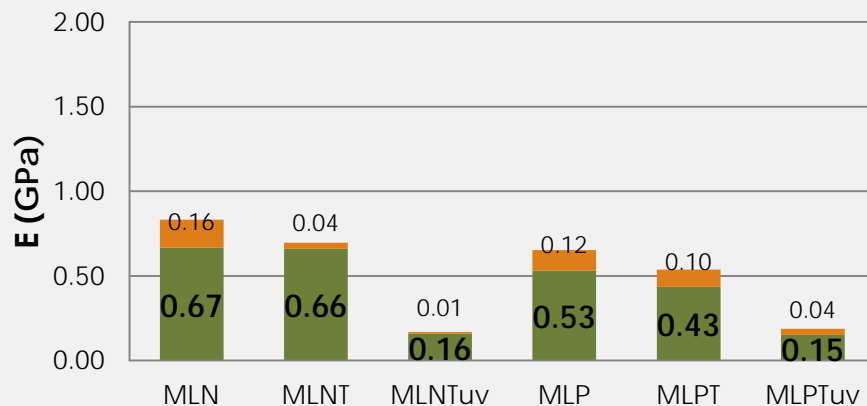
ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

24

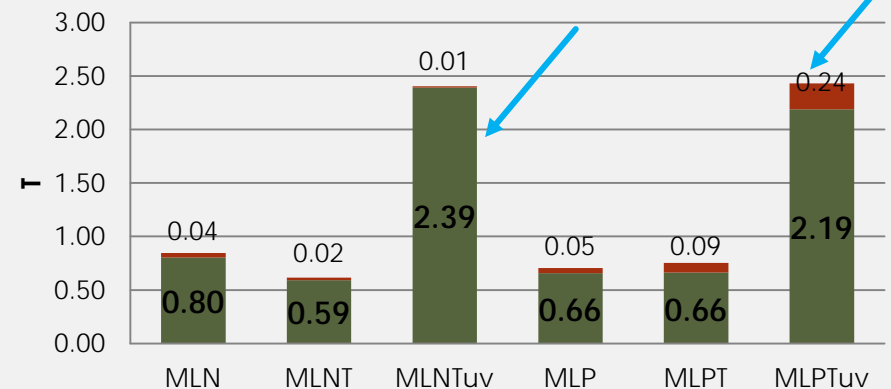
Κονιάματα ML

➔ Θλίψη 28 ημερών

Μέτρο ελαστικότητας στα ML κονιάματα



Δείκτης δυσθραυστότητας στα ML κονιάματα



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

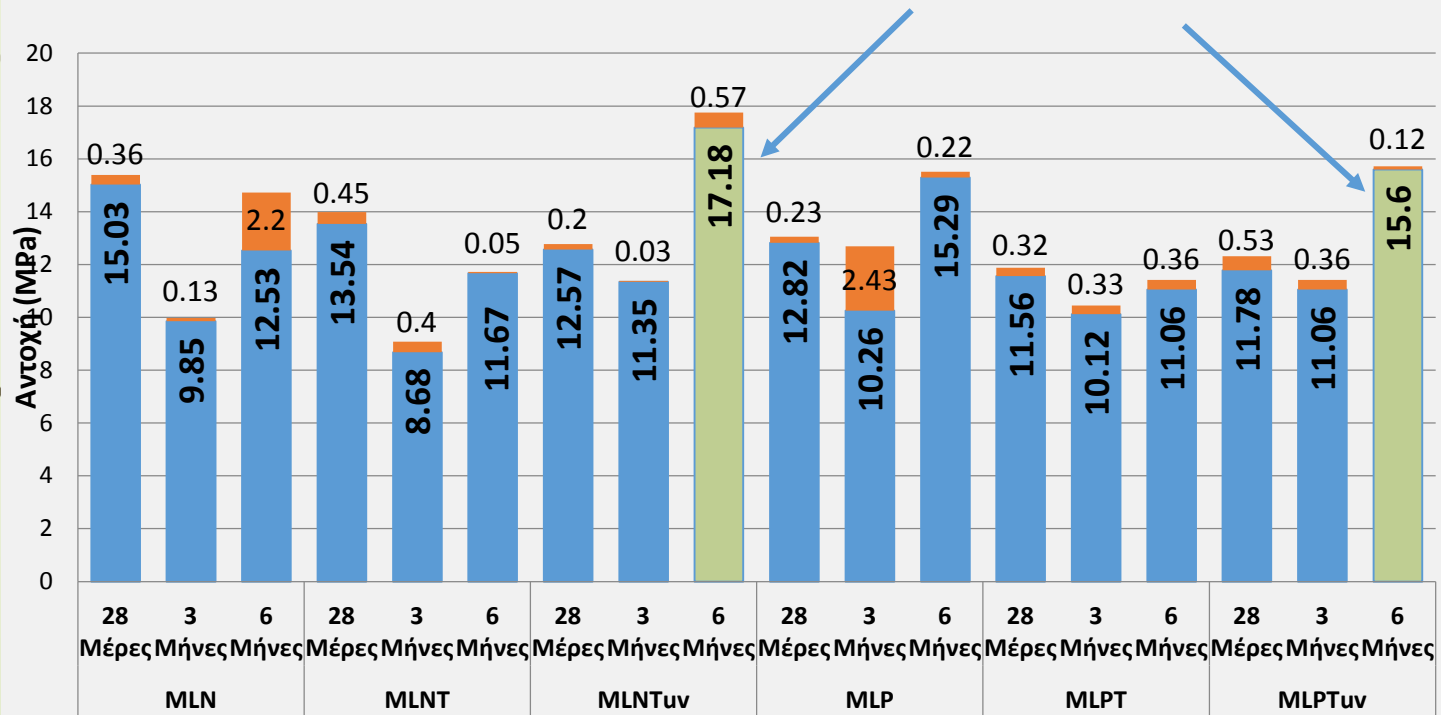
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

25

Κονιάματα ML: Θλίψη 28 ημερών, 3 και έξι μηνών

Αντοχή σε θλίψη ML κονιαμάτων στις 28 ημέρες, 3 μήνες και 6 μήνες



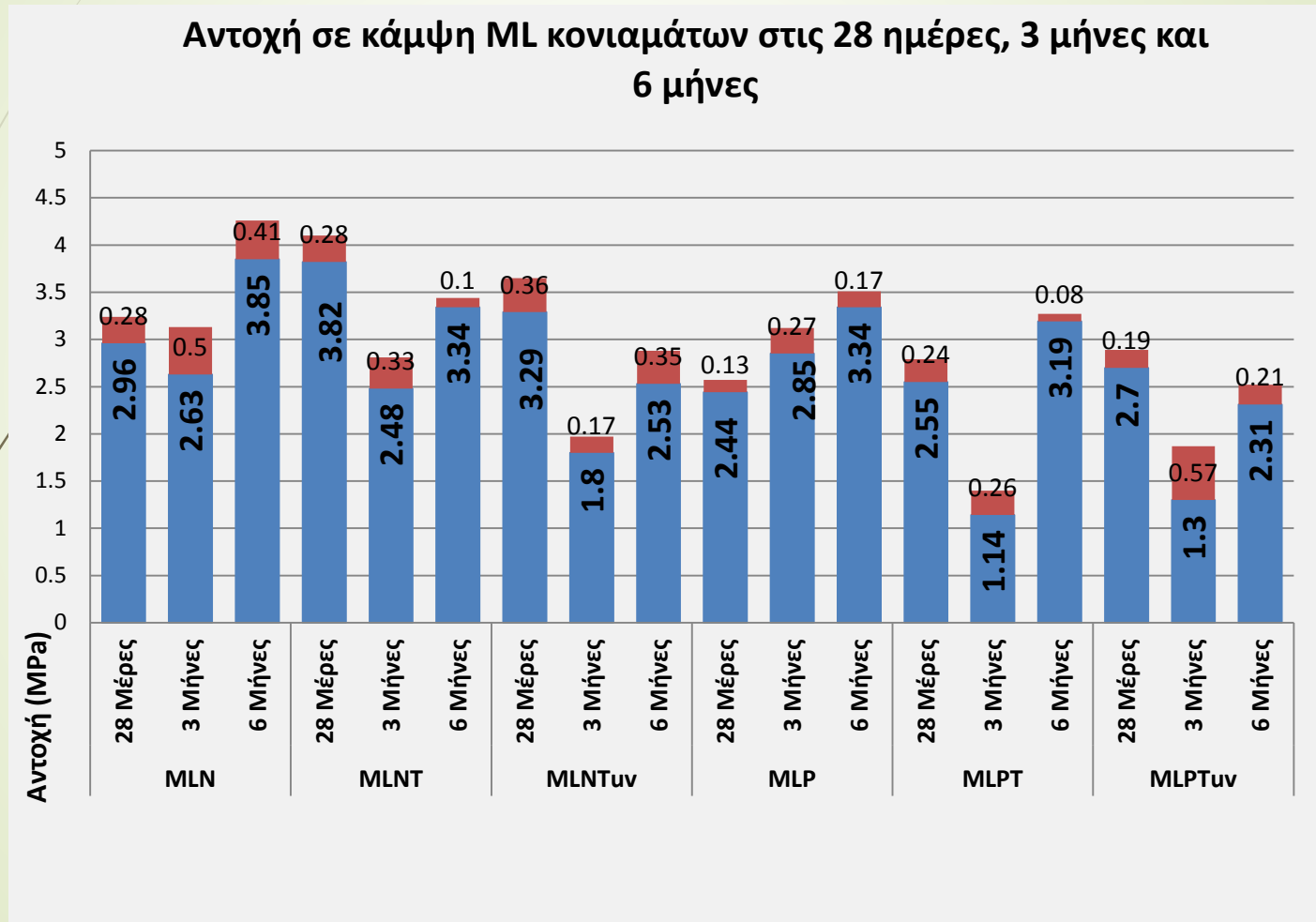
Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

26

Κονιάματα ML: Κάμψη 28 ημερών, 3 και έξι μηνών



Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

27

Συνθέσεις ML

- ▶ Η ενεργοποιημένη νανο-τιτανία αύξησε την εξέλιξη της ενανθράκωσης έναντι της ποζολανικής αντίδρασης στις πρώτες μέρες ωρίμανσης,
- ▶ Μείωσε τη θλιπτική αντοχή των κονιαμάτων ειδικά μέχρι τους 3 μήνες ενώ στους 6 μήνες έδωσε υψηλές τιμές. Η μακροπρόθεσμη βελτίωση της απόδοσης των κονιαμάτων nT μπορεί να αποδοθεί στην εξέλιξη της ποζολανικής αντίδρασης και τη μείωση των συρρικνώσεων από την συνεχιζόμενη ενανθράκωση μέρους των ενυδατωμένων ενώσεων, όπως του ανθρακικού αργιλικού ασβεστίου, που είδαμε ότι υπερέχει στα δείγματα με ενεργοποιημένη nT.
- ▶ Επίσης, τα nTun κονιάματα παρουσίασαν έντονη πλαστική συμπεριφορά και ιδιαίτερα υψηλή δυσθραυστότητα, επισημαίνοντας περαιτέρω την πρόοδο της ενανθράκωσης έναντι της ποζολανικής αντίδρασης.
- ▶ Κονιάματα και πάστες με μη ενεργοποιημένη τιτανία παρουσιάζουν παρόμοια τάση με αυτά χωρίς nT γεγονός που δείχνει την αναγκαιότητα ενεργοποίησης της τιτανίας.
- ▶ Οι πάστες nTun είχαν πολύ μικρότερο χρόνο πήξης.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

28

Συνθέσεις NHL

- ▶ Η διαδικασία τόσο της ενανθράκωσης όσο και της ποζολανικής αντίδρασης είναι υψηλές τις πρώτες μέρες χωρίς μεγάλες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις τρεις συνθέσεις Υ, ΥΤ και ΥΤυν.
- ▶ Η ενανθράκωση τηρείται σε υψηλά επίπεδα μαζί με την ποζολανική αντίδραση λόγω του ότι στην υδραυλική άσβεστο κατά την υδρόλυση του υδροξειδίου του ασβεστίου παράγεται υδράσβεστος.
- ▶ Οι τιμές της θλιπτικής αντοχής είναι γενικά σε σταθερά επίπεδα κατά τους τρεις πρώτους μήνες χωρίς μεγάλες διαφοροποιήσεις, λόγω της προσθήκης της νανο-τιτανίας, ενώ στους 6 μήνες η αντοχή αυξάνεται.
- ▶ Οι πάστες nΤυν έχουν ελαφρώς μικρότερο χρόνο πήξης.
- ▶ Συνολικά, από τα παραπάνω η προσθήκη νανο-τιτανίας δεν έχει ιδιαίτερη συνεισφορά στην υδραυλική άσβεστο στους πρώτους μήνες.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

29

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα των δυο ομάδων φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι συνθέσεις με υδράσβεστο και μετακαολίνη δείχνουν βελτιωμένη συμπεριφορά στα φυσικοχημικά και μηχανικά χαρακτηριστικά τους με την προσθήκη ενεργοποιημένης νανο-τιτανίας.

- ▶ Τα κονιάματα με υδραυλική άσβεστο και νανο-τιτανία συμπεριφέρονται ικανοποιητικά με την πάροδο έξι μηνών ωρίμανσης.
- ▶ Τα κονιάματα ML παρουσιάζουν υπερδιπλάσιες αντοχές και μεγαλύτερη πλαστιμότητα από τα κονιάματα με υδραυλική άσβεστο επιβεβαιώνοντας τη θετική συνεισφορά που έχει η προσθήκη προζολάνης στην άσβεστο.
- ▶ Η χρήση νανο-τιτανίας 6% κ.β. επί της κονίας, αποδεικνύεται ότι εκτός από τις δεδομένες ιδιότητες αυτοκαθαρισμού, αποδίδει κονιάματα με εξαιρετικές αντοχές

Μέρος της συγκεκριμένης ερευνητικής δουλειάς δημοσιεύτηκε και παρουσιάστηκε, μετά από κρίση, στο 4^ο Διεθνές Συνέδριο Ιστορικών Κονιαμάτων (HMC), που έλαβε χώρα στη Σαντορίνη τον Οκτώβριο του 2016.

Υδραυλικά κονιάματα με νανο-τιτανία, μια καινοτόμα λύση στις αποκαταστάσεις μνημείων και μνημειακών κατασκευών

Μέρος της συγκεκριμένης ερευνητικής δουλειάς δημοσιεύτηκε και παρουσιάστηκε, μετά από κρίση, στο 4^ο Διεθνές Συνέδριο Ιστορικών Κονιαμάτων (HMC), που έλαβε χώρα στη Σαντορίνη τον Οκτώβριο του 2016.

K. Kapetanaki, C. Kapridaki, N. Maravelaki

“Pozzolanic mortars with nano-TiO₂ for restoration applications: physico-chemical and mechanical assessment”, Proceedings of the 4th Historic Mortars Conference HMC2016 10th-12th October 2016, Santorini, Greece, 705-712.

Editors: Ioanna Papayianni, Maria Stefanidou, Vasiliki Pachta

Published by:

*Laboratory of Building Materials
Department of Civil Engineering
Aristotle University of Thessaloniki
Thessaloniki, Greece, 2016
ISBN: 978-960-99922-3-7*

**Ευχαριστώ για την προσοχή
σας...**

