

Επίδραση της χημικής - ορυκτολογικής σύστασης της ιπτάμενης τέφρας στην μηχανικές ιδιότητες και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος

Δρ. Νικόλαος Χουσίδης,

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Ε.Μ.Π

E-mail: nickhous@central.ntua.gr

Δρ. Ιωάννης Ιωάννου, Αναπληρωτής Καθηγητής,

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών & Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

E-mail: ioannis@ucy.ac.cy

Δρ. Ελένη Ρακαντά,

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Ε.Μ.Π

E-mail: erakanta@central.ntua.gr

Δρ. Γεώργιος Μπατής, Ομότιμος Καθηγητής,

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Ε.Μ.Π

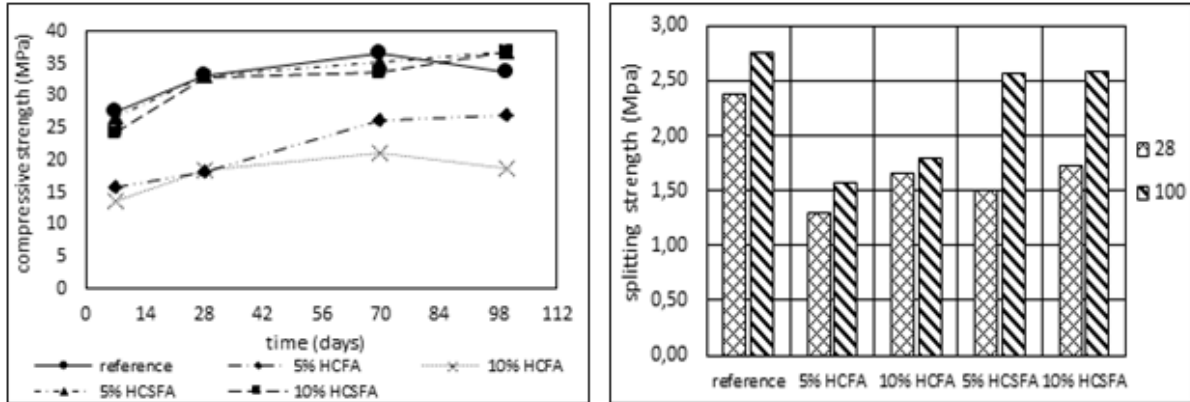
E-mail: batis@chemeng.ntua.gr

Εκτενής περίληψη

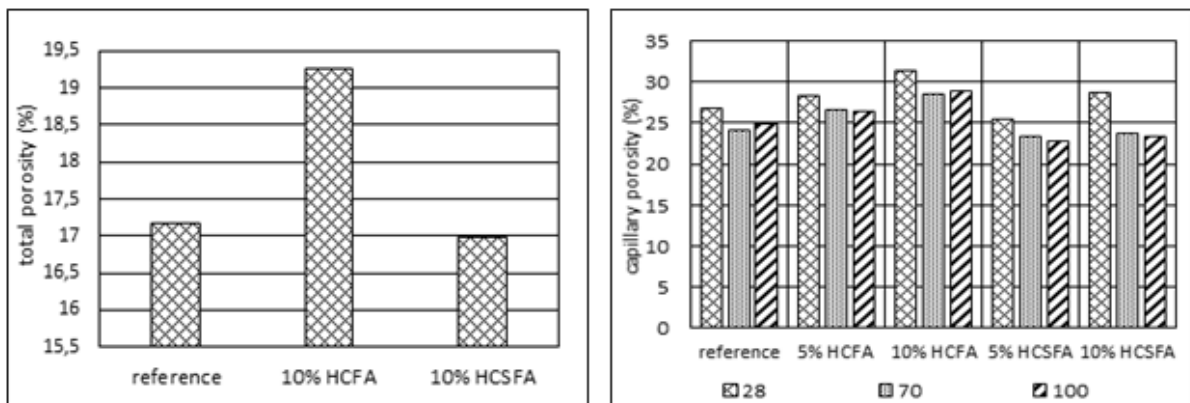
Το Σκυρόδεμα αποτελεί το πιο διαδεδομένο δομικό υλικό στην κατασκευαστική βιομηχανία. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες της ευρείας αυτής χρήσης του, είναι το χαμηλό κόστος παραγωγής, η υψηλή θλιπτική αντοχή και η ευκολία μορφοποίησης σε διάφορους τύπους ξυλότυπων. Παρ' όλα αυτά, σε κατασκευές που εκτίθενται σε έντονα διαβρωτικό περιβάλλον, όπως θαλασσινό νερό, εδάφη κ.α., είναι απαραίτητη η βελτίωση των ιδιοτήτων του σκυροδέματος και η αντιδιαβρωτική προστασία του οπλισμού. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι προστασίας του οπλισμού όπως η χρήση αναστολέων διάβρωσης, καθοδική προστασία, οργανικά επιχρίσματα κτλ. Επιπρόσθετα, στη βιβλιογραφία [1], [2], [3] αναφέρεται ότι η χρήση ορυκτών παραπροϊόντων ως αντικατάστατα του τσιμέντου, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως τη βελτιστοποίηση των φυσικο-μηχανικών ιδιοτήτων του παραγόμενου σκυροδέματος, τη μείωση του κόστους παραγωγής του τσιμέντου και την αειφορία του περιβάλλοντος. Ο κύριος στόχος των ορυκτών πρόσθετων είναι η αντιδιαβρωτική προστασία του οπλισμού [4] και η βελτίωση των μηχανικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του σκυροδέματος μέσω της μείωσης του πορώδους του [5]. Σύμφωνα με άλλους ερευνητές [6], [7], το σκυρόδεμα με ιπτάμενη τέφρα παρουσιάζει αυξημένη θλιπτική αντοχή, ενώ είναι πιο ανθεκτικό σε θαλάσσιο περιβάλλον, εδάφη και όξινα άλατα. Επιπλέον, η χρήση τέφρας στο οπλισμένο σκυρόδεμα, κατά την ανάμιξη των συστατικών του μπορεί να μειώσει την απαίτηση σε νερό, ελαττώνοντας έτσι τη διαπερατότητα του τελικού προϊόντος και προσφέροντας αντιδιαβρωτική προστασία στον οπλισμό [8], [9].

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η επίδραση της χημικής και ορυκτολογικής σύστασης της ιπτάμενης τέφρας στην ανθεκτικότητα και τις φυσικο-μηχανικές ιδιότητες του οπλισμένου σκυροδέματος σε περιβάλλον χλωριόντων. Κατά την κατασκευή των δοκιμών έγινε αντικατάσταση του τσιμέντου από ιπτάμενη τέφρα σε ποσοστά 5% και 10% κ.β ενώ κατασκευάστηκαν επίσης και δοκίμια αναφοράς χωρίς πρόσθετο για λόγους σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε μετρήσεις ρεύματος διάβρωσης, απώλεια μάζας των οπλισμών και πορώδους, ενώ η ποιότητα και η αντοχή του σκυροδέματος εκτιμήθηκε με δοκιμές θλιπτικής/εφελκυστικής αντοχής και μέτρου ελαστικότητας E. Η ορυκτολογική ανάλυση των προσθέτων πραγματοποιήθηκε με περιθλασιμετρία

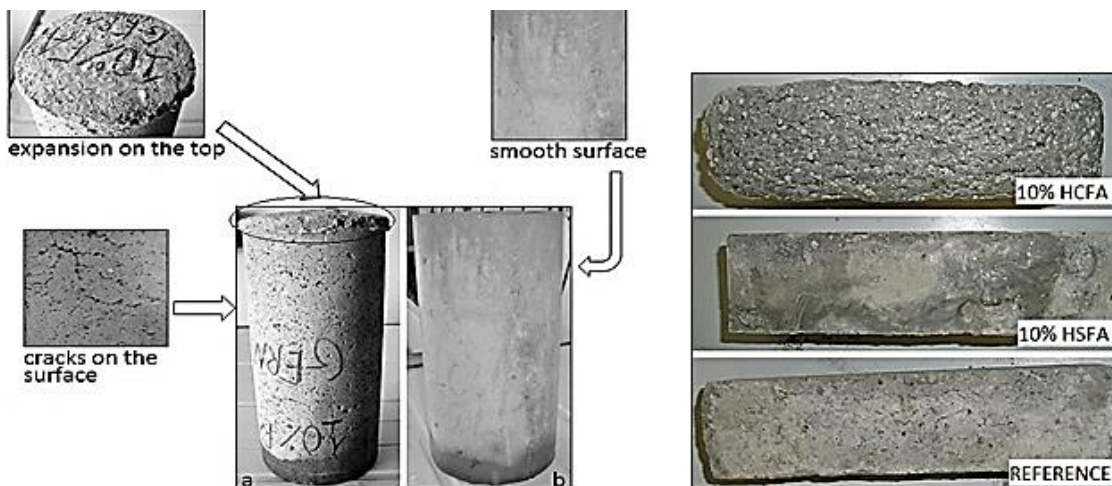
ακτίνων Χ. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση και ο ωφέλιμος χρόνος ζωής του ποζολανικού σκυροδέματος εξαρτώνται εκτός από την περιεκτικότητα του πρόσθετου σε CaO και άμορφο SiO₂, από τη λεπτότητα και την περιεκτικότητα σε ελεύθερα άσβεστο, σε αργιλικά ορυκτά και σε θειικά ιόντα. Ειδικότερα, το σκυρόδεμα που περιείχε ιπτάμενη τέφρα με υψηλά ποσοστά σε SO₃ και CaO_f παρουσίασε βελτιωμένη αντοχή (Σχήμα 1) και μειωμένο πορώδες (Σχήμα 2) συγκριτικά, με το σκυρόδεμα αναφοράς. Αντίθετα, η παρουσία αργιλικών ορυκτών στην τέφρα υποβάθμισε την ποιότητα του σκυροδέματος προκαλώντας ρωγμές και διόγκωση της επιφάνειάς του (Σχήμα 3).



Σχήμα 1. Θλιπτική (αριστερά) και θλιπτική (δεξιά) αντοχή σκυροδέματος για δοκίμια μερικώς εμβαπτισμένα σε διάλυμα 3.5% κ.β. NaCl.



Σχήμα 2. Ολικό πορώδες (αριστερά) (%) τσιμεντοκονίας και τριχοειδές πορώδες (δεξιά) (%) σκυροδέματος.



Σχήμα 3. Αριστερά: Δοκίμια σκυροδέματος με HCFA (a) και HSFA (b). Δεξιά: Μακροσκοπική απεικόνιση πρισματικών δοκιμίων μήκους 25 cm .

Βιβλιογραφία

1. Chousidis, N., et al., *Anticorrosive effect of Electrochemical Manganese Dioxide (EMD) by-products in reinforced concrete*. Journal of Materials and Chemical Engineering, 2015.
2. Stefanidou, M. and I. Papayianni, *Influence of nano-SiO₂ on the Portland cement pastes*. Composites Part B: Engineering, 2012. **43**(6): p. 2706-2710.
3. Chousidis, N., et al., *Influence of iron mill scale additive on the physico-mechanical properties and chloride penetration resistance of concrete*. Advances in Cement Research, 2016. **28**(6): p. 389-402.
4. Ampadu, K.O. and K. Torii, *Chloride ingress and steel corrosion in cement mortars incorporating low-quality fly ashes*. Cement and Concrete Research, 2002. **32**(6): p. 893-901.
5. Chousidis, N., et al., *Mechanical properties and durability performance of reinforced concrete containing fly ash*. Construction and Building Materials, 2015. **101**, Part 1: p. 810-817.
6. Papayianni, J., *Use of a high-calcium fly ash in blended type cement production*. Cement and Concrete Composites, 1993. **15**(4): p. 231-235.
7. Antiohos, S., K. Maganari, and S. Tsimas, *Evaluation of blends of high and low calcium fly ashes for use as supplementary cementing materials*. Cement and Concrete Composites, 2005. **27**(3): p. 349-356.
8. Kouloumbi, N., G. Batis, and C. Malami, *The anticorrosive effect of fly ash, slag and a Greek pozzolan in reinforced concrete*. Cement and Concrete Composites, 1994. **16**(4): p. 253-260.
9. Kouloumbi, N. and G. Batis, *Chloride corrosion of steel rebars in mortars with fly ash admixtures*. Cement and Concrete Composites, 1992. **14**(3): p. 199-207.