

Εναπομένοντα μηχανικά χαρακτηριστικά στοιχείων από προηγμένα σκυροδέματα με/δίχως τσιμεντοειδή σύνθετα υλικά μετά από φωτιά

Αικατερίνη (Κορίνα) Παπανικολάου

Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, krapanic@upatras.gr

Μιχάλης Καφφετζάκης

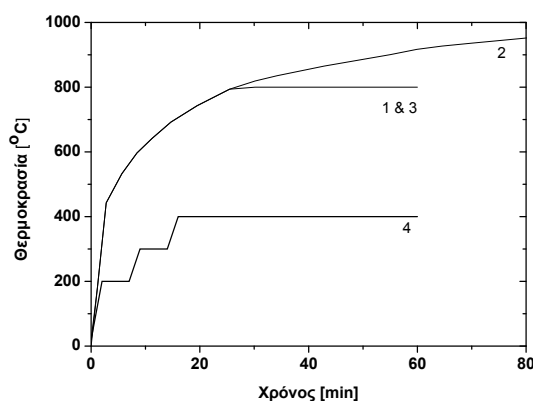
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, [mkaffetzakis@upatras.gr](mailto:mcaffetzakis@upatras.gr)

Αθανάσιος Τριανταφύλλου

Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, ttriant@upatras.gr

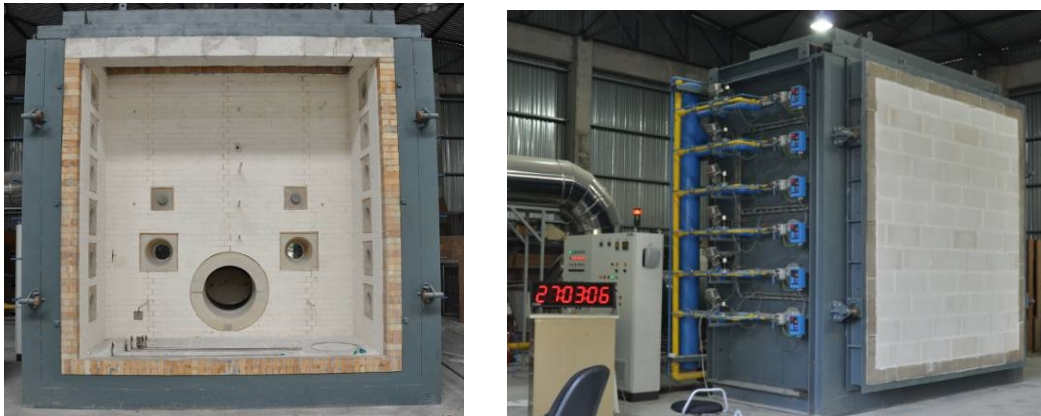
Εκτενής περίληψη

Στόχος της παρούσης εργασίας υπήρξε η διερεύνηση της εναπομένουσας φέρουσας ικανότητας και ικανότητας παραμόρφωσης στοιχείων από προηγμένα σκυροδέματα [κανονικής πυκνότητας αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (ΚΠΑΣΣ), αυτοσυμπυκνούμενο κισσηρόδεμα (ΑΣΚ), ινοπλισμένο ΑΣΚ] και στοιχείων ενισχυμένων με μανδύες από τσιμεντοειδή σύνθετα υλικά [ινοπλέγματα σε ανόργανη μήτρα (IAM)] μετά την έκθεσή τους σε χρονοϊστορία πυρός. Πιο συγκεκριμένα, διενεργήθησαν οι ακόλουθες διερευνήσεις: (1) μελέτη εναπομένουσας δυσθραυστότητας ινοπλισμένου αυτοσυμπυκνούμενου κισσηροδέματος (ΙΑΣΚ) μέσω δοκιμών διάτρησης πλακών υπό κεντρικό συγκεντρωμένο φορτίο, βάσει του Προτύπου EN 14488-5:2006, (2) μελέτη εναπομένουσας τάσης συνάφειας και χαρακτηριστικών ολίσθησης διεπιφανειών χάλυβα τύπου Tempcore και αυτοσυμπυκνούμενου κισσηροδέματος (ΑΣΚ) [με μηδενική ή μερική αντικατάσταση των ελαφρών αδρανών με κανονικής πυκνότητας αδρανή] ή κανονικής πυκνότητας αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (ΑΣΣ), μέσω δοκιμών άμεσης εξόλκευσης (pull-out), (3) μελέτη της συμπεριφοράς δοκών οπλισμένου ΑΣΚ, υποδιαστασιοποιημένων έναντι διάτμησης, μετά από την έκθεσή τους σε υψηλές θερμοκρασίες (με ρυθμούς ανάπτυξης που προσομοιώνουν πυρκαϊά) και αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης αυτών με κλειτούς μανδύες IAM στα διατμητικά ανοίγματα και (4) μελέτη της εναπομένουσας αντοχής και παραμορφωσιμότητας άοπλων κυλινδρικών δοκιμίων συμβατικού σκυροδέματος ενισχυμένων με μανδύες ινοπλεγμάτων σε ανόργανες μήτρες (IAM), υπό κεντρικό θλιπτικό φορτίο. Οι χρονοϊστορίες πυρός στις οποίες εκτέθηκαν τα διάφορα δοκίμια (με βάση την παραπάνω αρίθμηση) δίνονται στο Σχήμα 1.



Σχ.. 1 Οι χρονοϊστορίες πυρός στις οποίες εκτέθηκαν τα διάφορα δοκίμια

Όλες οι δοκιμές πυρός διεξήχθησαν στη νέα Εργαστηριακή Μονάδα Δοκιμών Πυρός (ΕΜοΔοΠ) του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Για τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκε κατακόρυφος εργαστηριακός κλίβανος (Εικόνα 1), ο οποίος βρίσκεται σε ειδικά διαμορφωμένο ανεξάρτητο εργαστηριακό χώρο. Οι εσωτερικές διαστάσεις του εν λόγω κλιβάνου είναι 3 m x 3 m x 1.2 m. Ο εξοπλισμός του κλιβάνου συμπληρώνεται από σύστημα αποθήκευσης (2 δεξαμενές δυναμικότητας 5 m³) και διανομής της καύσιμης ύλης (υγραέριο - LPG), αγωγό καπναερίων, καπνοδόχο, ελεγκτή (controller), Η/Υ και λογισμικό. Ο κλίβανος: είναι κατάλληλος για διεξαγωγή δοκιμών πυραντίστασης δομικών υλικών και στοιχείων βάσει καμπυλών θερμοκρασίας-χρόνου που περιγράφονται σε σχετικά Πρότυπα (CEN και ISO), αλλά και άλλων καμπυλών [όπως της RWS (Rijkswaterstaat) curve], παρέχει τη δυνατότητα διεξαγωγής δοκιμών σε μέγιστη θερμοκρασία ίση με 1350 °C, περιλαμβάνει εξοπλισμό ανάφλεξης που αποτελείται από δώδεκα (12) πιεστικούς καυστήρες σε κατακόρυφη αντικριστή διάταξη, διαθέτει αποσπώμενο άνω τμήμα, καθιστώντας δυνατή τη διεξαγωγή δοκιμών πυραντίστασης σε οριζοντίως τοποθετούμενα δοκίμια, διαθέτει αποσπώμενη δοκό στην εμπρόσθια εξωτερική όψη του, καθιστώντας δυνατή τη διεξαγωγή δοκιμών πυραντίστασης σε συνδέσεις τοιχωμάτων-οροφών, διαθέτει δύο (2) θυρίδες παρατήρησης. Μετά την τοποθέτηση των δοκιμίων, ο κλίβανος σφραγίζεται με ειδικό κλείστρο απαρτιζόμενο από πλαίσιο δομικού χάλυβα πληρωμένο με πυράντοχες πλίνθους ελαφροσκυροδέματος.

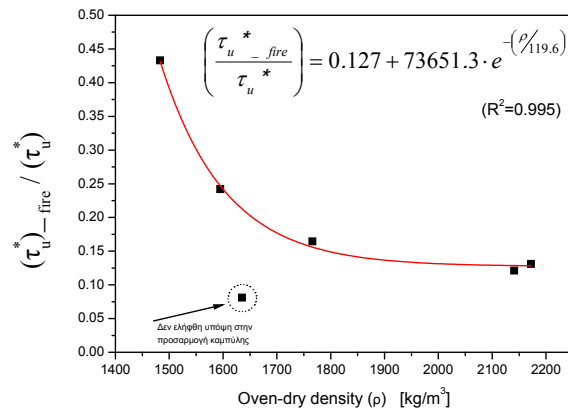


Εικ. 1 Ο κατακόρυφος κλίβανος διεξαγωγής δοκιμών πυραντίστασης

Στη συνέχεια, δίνονται συνοπτικά τα κυριότερα συμπεράσματα για τις διερευνήσεις 1 έως 4:

1. Σε σύγκριση με τις πλάκες αναφοράς, το μέγιστο φορτίο των πυρόπληκτων πλακών μειώθηκε κατά περίπου 60%, ανεξαρτήτως σύνθεσης ΑΣΚ. Αντίστοιχη μείωση (κατά, περίπου, 55%) παρατηρήθηκε και για την απορροφώμενη ενέργεια σε βύθιση 25 mm. Ακόμη, μετά από οπτική παρατήρηση των πλακών μετά την αστοχία, παρατηρήθηκε ότι τα υποβληθέντα σε φωτιά δοκίμια ανέπτυξαν μεγαλύτερο αριθμό ρωγμών, ενώ κατά τη διάρρηξή τους διαπιστώθηκε ότι, κατά μέσο όρο, η απώλεια ινών λόγω τήξης τους επήλθε μέχρι βάθους 30 mm από την προσβαλλόμενη από φωτιά επιφάνεια.
2. Στο σύνολο των δοκιμίων (και για κοινή μορφή αστοχίας των συγκρινόμενων δοκιμίων) η ανηγμένη (ως προς τη θλιπτική αντοχή της εκάστοτε ομάδας δοκιμίων) τάση συνάφειας παρουσίασε μείωση κατά 85% (σε μείγματα με ασβεστολιθικές παιπάλες) και 90% (σε μείγματα με συνδυασμό ασβεστολιθικής και πυριτικής παιπάλης). Το ποσοστό αυτό της μείωσης είναι παραπλήσιο με το ποσοστό της μείωσης της θλιπτικής αντοχής των σκυροδεμάτων (ανεξαρτήτως μείγματος), λόγω της έκθεσης των δοκιμίων στη συγκεκριμένη ιστορία πυρός. Η αντίστοιχη μείωση για το σύνολο των δοκιμίων, ανεξαρτήτως μορφής αστοχίας, κυμαίνεται στο 80%. Αναφορικά με τις ολισθήσεις των υποβληθέντων σε πυρκαϊά δοκιμίων, παρατηρήθηκε μείωση των τιμών τους κατά την (ιδίου τύπου) αστοχία τους, συγκριτικά με τα δοκίμια αναφοράς. Επίσης, το πλήθος των δοκιμίων τα οποία αστόχησαν

λόγω εξόλκευσης της ράβδου ήταν μεγαλύτερο για τα υποβληθέντα σε πυρκαϊά δοκίμια. Τέλος, εάν παραβλεφθεί ο τύπος αστοχίας κατά την αξιολόγηση του λόγου της ανηγμένης τάσης συνάφειας πυρόπληκτων δοκιμίων προς την αντίστοιχη τάση δοκιμίων ελέγχου, παρατηρείται ότι ο λόγος αυτός βαίνει εκθετικά μειούμενος συναρτήσει της αύξησης της πυκνότητας κλιβάνου του σκυροδέματος (βλ. Σχήμα 2).



Σχ. 2 Ο λόγος της ανηγμένης τάσης συνάφειας πυρόπληκτων δοκιμίων προς την αντίστοιχη τάση δοκιμίων ελέγχου συναρτήσει της αύξησης της πυκνότητας κλιβάνου του σκυροδέματος

3. Η επίδραση της επιβολής των δοκών στη συγκεκριμένη χρονοϊστορία πυρός (προ της μηχανικής τους καταπόνησης) στη διατμητική τους αντοχή ήταν σχετικά μικρή (μείωση κατά 11% και 4% για τις μη ενισχυμένες και ενισχυμένες δοκούς, αντίστοιχα) και οφειλόμενη στην έντονη συνεισφορά της δράσης βλήτρου (αντιστοιχούσα – περίπου – στο 55% της διατμητικής αντοχής των μη ενισχυμένων δοκών αναφοράς). Η μείωση που αναλογεί στη συνεισφορά του σκυροδέματος στη διατμητική αντοχή των μελών (λόγω έκθεσης σε χρονοϊστορία πυρός) ανέρχεται σε 25% (συγκρίσιμη με τη μέση τιμή της μείωσης της θλιπτικής αντοχής του χρησιμοποιούμενου σκυροδέματος, λόγω έκθεσής του στη συγκεκριμένη χρονοϊστορία πυρός, ίση με 24%). Η προσθήκη μανδύων ανθρακοπλεγμάτων σε τσιμεντοειδές κονίαμα στα διατμητικά ανοίγματα των δοκών (τόσο αναφοράς, όσο και πυρόπληκτων) καθυστέρησαν την έναρξη της ρηγμάτωσης, αυξάνοντας την τιμή του φορτίου κατά την πρώτη ρηγμάτωση (κατά 40% και 70% τις για δοκούς αναφοράς και τις πυρόπληκτες δοκούς, αντίστοιχα), λόγω περίσφιγξης του σκυροδέματος.
4. Η αντοχή των πυρόπληκτων περισφιγμένων δοκιμίων ήταν (περίπου) ίση με την αντοχή των απερίσφιγκτων δοκιμίων αναφοράς. Η μείωση της αποτελεσματικότητας του μανδύα μίας στρώσης ανθρακοπλέγματος λόγω της έκθεσής του στη συγκεκριμένη χρονοϊστορία υψηλών θερμοκρασιών ήταν της τάξης του 20%. Σε σύγκριση με τη θλιπτική αντοχή πυρόπληκτων απερίσφιγκτων δοκιμίων, οι πυρόπληκτοι μανδύες δύο στρώσεων ινοπλεγμάτων επιφέρουν αύξηση της θλιπτικής αντοχής των στοιχείων κατά 55%, 35% και 25% για ινοπλέγματα άνθρακα, υάλου και βασάλτη, αντίστοιχα.

Βιβλιογραφία

EN 14488-5:2006 Testing sprayed concrete. Determination of energy absorption capacity of fibre reinforced slab specimens.