

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΥΡΚΑΪΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΝΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Περίληψη

Το σκυρόδεμα, αν και χαρακτηρίζεται από την ικανότητά του να αντιστέκεται στην πυρκαϊά, όταν εκτεθεί σε υψηλές θερμοκρασίες και για αρκετό χρονικό διάστημα παρουσιάζει σημαντική μείωση της αντοχής του. Η εργασία αυτή έχει σκοπό να παρουσιάσει την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας, που προκαλείται από μια πυρκαϊά, σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για να γίνει κατανοητή η επίδραση αυτή εξετάζεται η επίπτωση της πυρκαϊάς στα υλικά και σε μέλη του φέροντα οργανισμού ξεχωριστά. Στην συνέχεια παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να εκτιμηθεί η απομένουσα αντοχή των μελών και κάποιες άλλες με τις οποίες μπορεί να επισκευαστεί η βλάβη που έχει προκύψει.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πυρκαϊά αν και μπορεί να χαρακτηριστεί ως σπάνιο φαινόμενο, είναι κάτι το οποίο εμφανίζεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια σε κτίρια του ελληνικού χώρου αλλά και του εξωτερικού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όλο και περισσότερα εύφλεκτα υλικά χρησιμοποιούνται εντός των χώρων των κτιρίων είτε για αισθητικές είτε για λειτουργικές ανάγκες. Η επιρροή της πυρκαϊάς σε μέλη του φέροντα οργανισμού μιας κατασκευής εξαρτάται από την δυνατότητα των υλικών να αντιστέκονται στην μεταβολή της θερμοκρασίας και από την διάρκεια της πυρκαϊάς. Το σκυρόδεμα σε σχέση με τα άλλα συνήθη δομικά υλικά (π.χ. χάλυβας, ξύλο) παρουσιάζει μια αρκετά καλή αντίσταση έναντι ραγδαίας αύξησης της θερμοκρασίας και για αυτό τον λόγο πολλές φορές χρησιμοποιείται για την προστασία επιρρεπών υλικών.

Παρ' όλα τα πλεονεκτήματα του σκυροδέματος, όσον αφορά την ανθεκτικότητα σε πυρκαϊά, θα πρέπει να γίνουν έλεγχοι για τον προσδιορισμό του βαθμού της βλάβης που έχει προκληθεί για διάφορους λόγους. Οι λόγοι αυτοί μπορεί να είναι είτε οικονομικοί και η επίδραση της πυρκαϊάς απλά να καθυστερεί την λειτουργία του κτιρίου, είτε πλέον σοβαροί που να καθιστούν κρίσιμη την στατική επάρκεια του κτιρίου. Όταν η πυρκαϊά δρα για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλεί φθορές στα μέλη του φέροντα οργανισμού και κατ' επέκταση στην κατασκευή. Οι φθορές οφείλονται συνήθως σε αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών, την αύξηση των παραμορφώσεων και άρα την μεταβολή των εντατικών μεγεθών για κάθε μέλος.

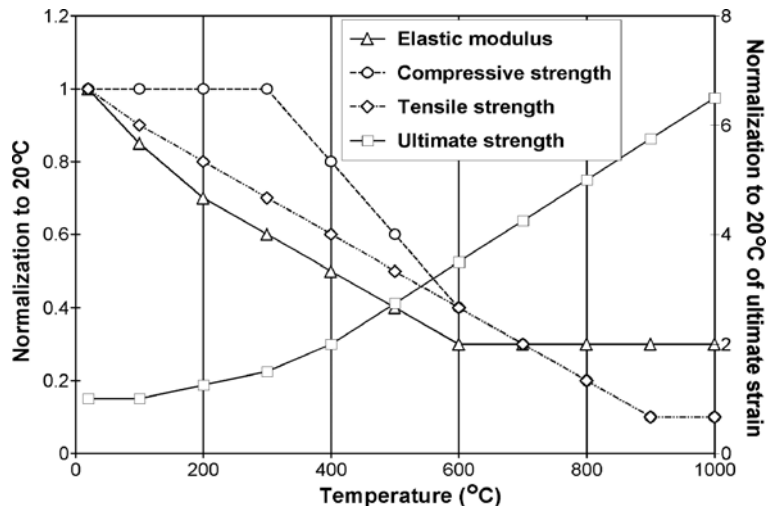
Έτσι θα πρέπει να γίνει εξέταση της κατάστασης του κτιρίου και αφού προσδιορισθούν τα προβλήματα που έχουν προκληθεί θα πρέπει να εφαρμοστούν οι κατάλληλες τεχνικές ενισχύσεων για την αποκατάσταση των βλαβών. Οι τεχνικές αυτές δεν διαφέρουν από τις συνήθεις που έχουν παρουσιαστεί κατά καιρούς.

2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ

2.1. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας στον ενυδατωμένο τσιμεντοπολτό εξαρτάται από το βαθμό ενυδάτωσης και τον βαθμό κορεσμού των πόρων. Δηλαδή όσο περισσότερο είναι το νερό στη μάζα του τσιμεντοπολτού τόσο η αύξηση της θερμοκρασίας σε αυτόν καθυστερεί. Όταν όμως ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι μεγάλος τότε οι υδρατμοί που προκαλούνται από την εξάτμιση του ενδοστρωσιακού νερού και μέρους του χημικά συνδεδεμένου νερού, δεν προλαβαίνουν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό των πόρων και την πρόσκληση ρηγμάτωσης. Στους 300°C το νερό έχει εξατμιστεί με αποτέλεσμα την συστολή του

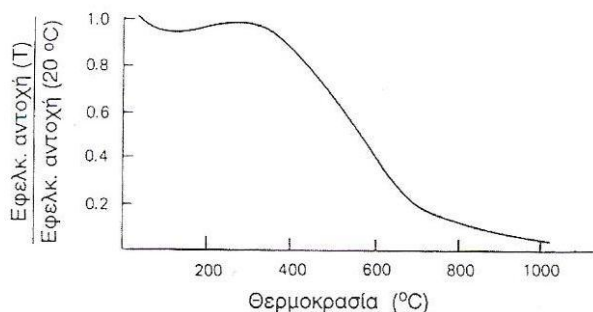
σκυροδέματος, όμως τα αδρανή συνεχίζουν να διαστέλλονται προκαλώντας ένταση στο σκυρόδεμα. Γύρω στους 500°C αρχίζει η αποσύνθεση των υδροξειδίων του ασβεστίου με αποτέλεσμα την συνέχεια της αφυδάτωσης του τσιμεντοπολτού και τέλος στους 900 °C έχουμε πλήρη αποσύνθεση του δεσμού ένυδρου πυριτικού ασβεστίου (CaO-SiO₂-H₂O). Κατά την διάρκεια της ψύξης, τα οξείδια ασβεστίου αρχίζουν να γίνονται υδροξείδια και προκαλούν διόγκωση στο σκυρόδεμα. Το Σχήμα1 παρουσιάζει την μεταβολή της τιμής των κανονικοποιημένων μηχανικών χαρακτηριστικών του σκυροδέματος σε σχέση με την θερμοκρασία. Ειδικότερα τα χαρακτηριστικά αυτά όπως φαίνονται στο πινακάκι του σχήματος είναι: Μέτρο ελαστικότητας, Θλιπτική αντοχή, Εφελκυστική αντοχή και Οριακή αντοχή αντίστοιχα.



Σχήμα 1: Κανονικοποιημένα μηχανικά χαρακτηριστικά σκυροδέματος σε σχέση με την θερμοκρασία. [7]

2.2. ΧΑΛΥΒΑΣ

Συγκεκριμένα εδώ αναφερόμαστε για τον χάλυβα οπλισμού ο οποίος δεν έρχεται σε άμεση επαφή με την φωτιά, αλλά επηρεάζεται από την αύξηση της θερμοκρασίας αν και το σκυρόδεμα που τον περιβάλλει έχει μικρή θερμική αγωγιμότητα. Ο χάλυβας είναι ένα αρκετά ευάλωτο υλικό απέναντι σε υψηλές θερμοκρασίες. Σε θερμοκρασία περίπου 450-550°C αρχίζει μια ραγδαία πτώση της εφελκυστικής αντοχής και γύρω στους 600°C η αντοχή μειώνεται στο 50% της αρχικής τιμής. Το διάγραμμα που παρουσιάζει αυτή την μείωση φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Κανονικοποιημένη εφελκυστική αντοχή χάλυβα σε σχέση με την θερμοκρασία. [2]

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

Ένας άμεσος προβληματισμός που γεννιέται είναι πως επηρεάζεται ο συνολικός φορέας ύστερα από μια καταπόνηση όπως είναι η πυρκαγιά. Για γίνει κατανοητή η επίδραση της στην συνολική κατασκευή, θα πρέπει να εξεταστούν χωριστά τα μέλη που την απαρτίζουν όσον αφορά την στατική τους λειτουργία. Τα κύρια στοιχεία που ενδιαφέρουν περισσότερο και εξασφαλίζουν την στατικότητα της κατασκευής είναι τα υποστυλώματα και τα δοκάρια. Βεβαίως εξίσου σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα επίπεδα στοιχεία όπως είναι οι πλάκες τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην λειτουργικότητα του κτιρίου και στην διανομή του φορτίου.

Η επίδραση της υψηλής θερμοκρασία είναι ένα φαινόμενο που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και έχει επιπτώσεις σε πολλές παραμέτρους και έτσι είναι δύσκολο να προσδιοριστεί επακριβώς. Δυο όμως παράγοντες που στην περίπτωση αυτή παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον είναι οι ερπυστικές παραμορφώσεις θερμότητας και το πάχος της επικάλυψης σκυροδέματος του οπλισμού.

Ερπυσμός

Ο ερπυσμός εδώ γίνεται κρίσιμος, καθώς η θερμοκρασία μεταβάλλεται. Μια σχέση που προσδιορίζει την συνολική παραμόρφωση ε_{total} που προκαλείται στο μέλος θα είναι:

$$\varepsilon_{total} = \varepsilon_{th}(T) + \varepsilon_{\sigma}(\sigma, T) + \varepsilon_{cr}(\sigma, T, t) + \varepsilon_{tr}(\sigma, T) \quad (1)$$

όπου στην Σχέση (12) $\varepsilon_{th}, \varepsilon_{\sigma}, \varepsilon_{cr}, \varepsilon_{tr}, T, t$ αντιπροσωπεύουν την ελεύθερη θερμική παραμόρφωση, παραμόρφωση λόγω φορτίων, ερπυστικές παραμορφώσεις από θερμότητα, προσωρινές παραμορφώσεις, θερμοκρασία, χρόνος. Στην σχέση αυτή θεωρούμε ότι οι ποσότητες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους για την απλοποίηση των αριθμητικών εφαρμογών. Περισσότερη ανάλυση για την κάθε ποσότητα παρουσιάζεται στην αναφορά [7],[3].

Επικάλυψη Σκυροδέματος [8]

Σχεδόν όλες οι καταρρεύσεις που έχουν προκληθεί από πυρκαγιά είναι επειδή αστόχησε ο οπλισμός ο οποίος ήταν κοντά στην επιφάνεια σκυροδέματος. Στις περιπτώσεις αυτές ο οπλισμός είχε άμεση επαφή με την αύξηση της θερμοκρασίας μείωση της αντοχής ήταν άμεση όπως έχει αναφερθεί. Στους περισσότερους κανονισμούς σχεδιασμού κατασκευών από οπλισμένο σκυροδέμα ενδείκνυται η αύξηση του πάχους επικάλυψης με σκοπό την αύξηση της αντοχής του μέλους έναντι πυρκαγιάς.

Σε μια σειρά από πειράματα που έγιναν στο Πανεπιστήμιο Tsinghua, στην Κίνα, τέσσερις δοκοί με διαφορετικό πάχος επικάλυψης υποβλήθηκαν σε σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας υπό σταθερή φόρτιση. Τα αποτελέσματα από τα πειράματα έδειξαν ότι η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος πριν τους 300°C υπέστη μια πολύ μικρή μείωση που θα μπορούσε να θεωρηθεί σταθερή. Μετά τους 300°C η μείωση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος μειωνόταν δραματικά ώσπου στον 900°C είχε φτάσει το 10% της αρχικής τιμής. Το ίδιο περίπου συνέβη και για τον χάλυβα όπου πριν τους 300°C η τιμή της αντοχής ήταν σχεδόν σταθερή αλλά στους 800°C η τιμή έφτασε το 5% της αρχικής. Οι Σχέσεις 2 & 3 προσδιορίζουν την τιμή της αντοχής σαν συνάρτηση της θερμοκρασίας.

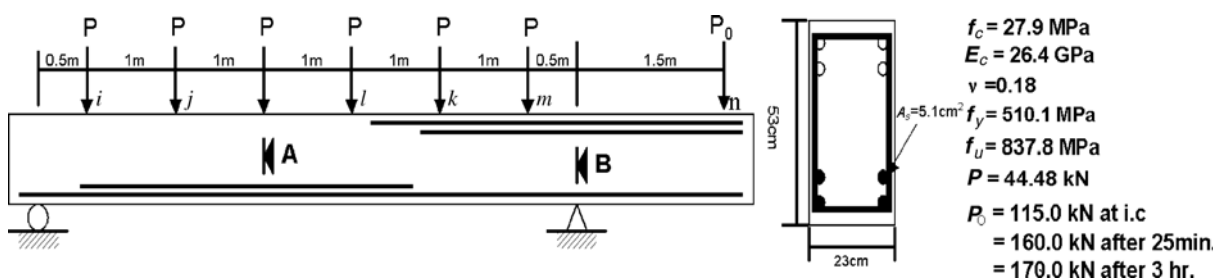
$$f_c^T = \frac{f_c}{1 + 24 \left(\frac{T - 20}{1000} \right)^6} \quad (2)$$

$$f_y^T = \frac{f_y}{1 + 24.4 \left(\frac{T - 20}{1000} \right)^{4.5}} \quad (3)$$

Όπως αναφέρθηκε, σκοπός είναι να εξετασθεί η συμπεριφορά του κάθε μέλους, όσον αφορά την στατική του λειτουργία. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται δοκιμές που έγιναν σε υποστυλώματα και δοκάρια, για να εξεταστεί η επιρροή των παραμέτρων που αναφέρθηκαν.

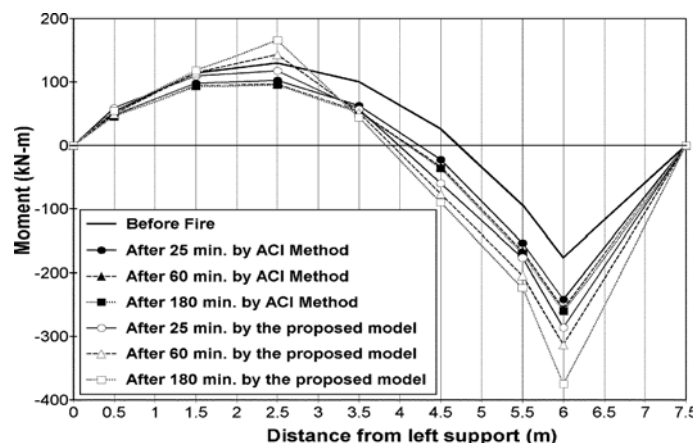
3.1. ΔΟΚΟΙ

Σε μια δοκό, όπως αυτή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3, έγινε πειραματική δοκιμή με βάση τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στο σχήμα και προέκυψε το διάγραμμα ροπών για διάφορες χρονικές στιγμές κατά την έκθεση του στοιχείου σε πυρκαγιά σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κανονισμού ASTM E 119.



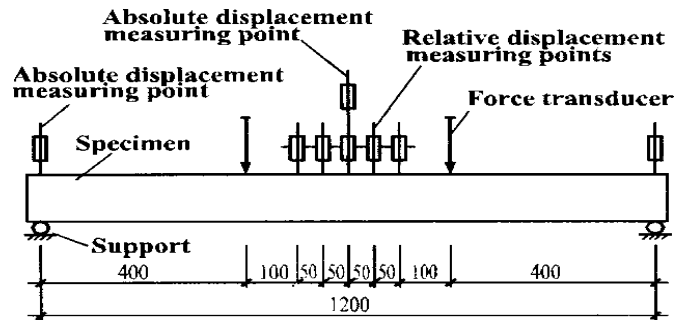
Σχήμα 3: Πειραματική διάταξη δοκού υπό πυρκαγιά τύπου ASTM E 119 [7]

Τα πειραματικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν και με μια ανάλυση που έγινε σύμφωνα με τον τρόπο που περιγράφεται στο κανονισμό του ACI για εκτίμηση αντοχής μέλους ύστερα από πυρκαγιά. Το Σχήμα 4 δείχνει το διάγραμμα ροπών που προέκυψε από τις δυο μεθόδους [7]. Από το διάγραμμα μπορούμε να δούμε ότι καθώς αυξάνεται η ροπή στην στήριξη, η ροπή στο άνοιγμα μειώνεται. Αυτό συμβαίνει διότι καθώς το βέλος στο άνοιγμα *A* αυξάνεται, λόγω των παραμορφώσεων που αναφέρθηκαν, ο πρόβολος τείνει να ανασηκωθεί και έτσι η αντίδραση στο *B* αυξάνεται.



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροπών κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς [7]

Όσον αφορά τώρα την επίδραση της επικάλυψης του σκυροδέματος, σαν συνέχεια του πρώτου πειράματος [8], η πειραματική διάταξη παρουσιάζεται στο Σχήματα 5.

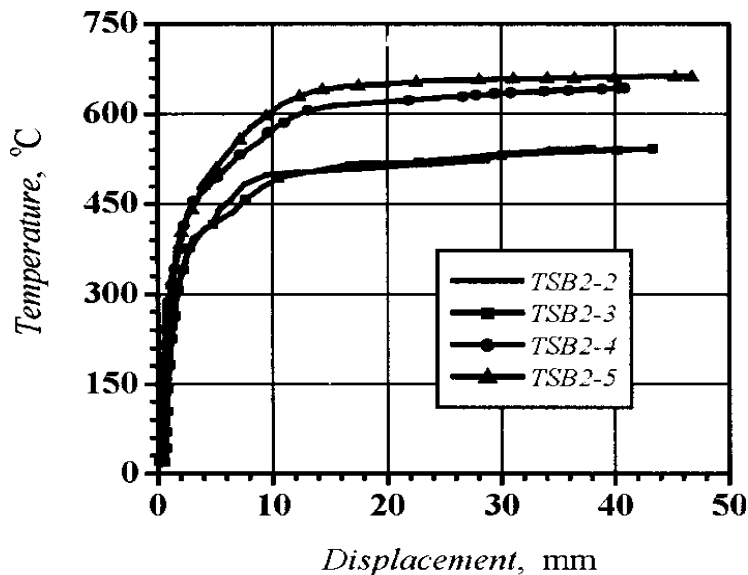


Σχήμα 5: Πειραματική διάταξη αμφιέριστης δοκού [8]

Για τις τέσσερις δοκούς που εξετάστηκαν, ο Πίνακας 1 δείχνει τις επικαλύψεις για κάθε πλευρά. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι επικαλύψεις στις πλευρές και της κάτω παρειάς έχουν ιδιαίτερη σημασία, και ιδίως η τελευταία, διότι το πάνω μέρος της δοκού βρίσκεται στην πλάκα και δεν έχει άμεση επαφή με την θερμότητα. Ακόμα από τους μετρητές της θερμοκρασίας που είχαν διαταχθεί προέκυψε μια ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας κατά μήκος της δοκού αλλά η κατανομή στην διατομή παρουσίασε μια μεγάλη ανομοιομορφία.

Αριθμός Δοκ.	Πλάτος b (mm)	Ύψος h (mm)	Επικ. πάνω πέλμ.	Επικ. κάτω πέλμ.	Πλευρ. Επικ.
TSB2-2	100	180	10	10	10
TSB2-3	100	180	10	10	20
TSB2-4	100	190	10	20	20
TSB2-5	100	200	10	30	20

Πίνακας 1: Διαστάσεις διατομής και επικάλυψη σκυροδέματος

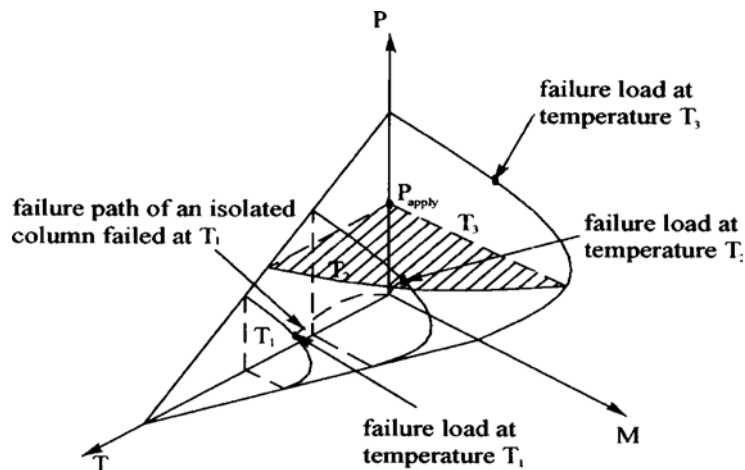


Σχήμα 6: Διάγραμμα Θερμοκρασίας - Βέλους Κάμψης [8]

Το Σχήμα 6 δείχνει πως η επικάλυψη παίζει σημαντικό ρόλο μόνο σε υψηλές θερμοκρασίες. Δεν είναι όμως πρακτικό να αυξάνεται κατά πολύ το πάχος επικάλυψης για να αυξηθεί η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο Ευροκώδικας 2 προβλέπει ορισμένες τιμές επικάλυψης οι οποίες συμφωνούν με αυτές του Πίνακα 1 για το συγκεκριμένο πείραμα.

3.2. ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΑ

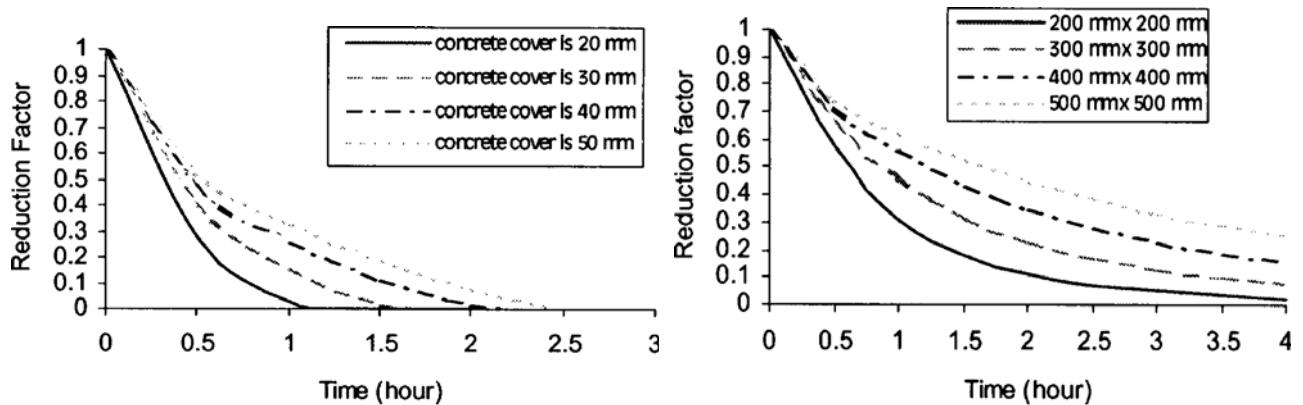
Τα υποστυλώματα είναι στοιχεία για τα οποία χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, διότι εάν υπάρξει αστοχία μπορεί να προκληθεί ακόμα και κατάρρευση του φορέα. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα των υποστυλωμάτων μειώνεται εξαιτίας της μείωσης της αντοχής και της δυσκαμψίας των υλικών που τα συνθέτουν. Στην εργασία των Κ. Η. Tan και Υ. Yao [9] παρουσιάζεται μια απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού της απομένουσας αντοχής των υποστυλωμάτων σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή έκθεσης σε πυρκαγιά. Ένα σημαντικό στοιχείο που καθορίζει την φέρουσα ικανότητα των υποστυλωμάτων είναι το διάγραμμα αλληλεπίδρασης μεταξύ αξονικής δύναμης και ροπής αντοχής. Το Σχήμα 7 παρουσιάζει μια ποιοτική μεταβολή του διαγράμματος αυτού σε σχέση με την θερμοκρασία.



Σχήμα 7: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης σε σχέση με την μεταβολή της θερμοκρασίας [9]

Η μέθοδος που παρουσιάζεται στην αναφορά [9] βασίζεται στην μέθοδο που προβλέπει το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Σκυροδέματος (ACI 216R) και χωρίζεται σε τρία βήματα. Αρχικά προσδιορίζονται κάποιοι μειωτικοί συντελεστές που αφορούν την μείωση της αντοχής του σκυροδέματος και του χάλυβα και την μείωση των μέτρων ελαστικότητας αντίστοιχα. Αυτοί συμβολίζονται ως β_c , β_y , β_{Es} , β_{Ecl} αντίστοιχα. Η τιμή του μειωτικού συντελεστή του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος, αφορά το γινόμενο EI_c , διότι όπως αναφέρθηκε η κατανομή της θερμότητας στην διατομή είναι μη γραμμική και η φθορά που προκαλείται στις εξωτερικές ίνες είναι δραματική σε σχέση με το εσωτερικό της διατομής. Στην συνέχεια απαιτείται ο προσδιορισμός της θέσης του πλαστικού ουδέτερου άξονα και η εξέταση των φαινομένων λυγισμού. Το φαινόμενο λυγισμού θα πρέπει να εξεταστεί διότι η δυσκαμψία μειώνεται αρκετά σε υψηλές θερμοκρασίες λόγω του ερπυσμού και της ρηγμάτωσης. Τέλος προσδιορίζεται και το σημείο αστοχία δηλαδή το ζεύγος τιμών P_n , M_n , σύμφωνα με τις γνωστές μεθόδους της μηχανικής. Η περαιτέρω ανάλυση της μεθόδου, αν και είναι ενδιαφέρων, ξεφεύγει από τα όρια αυτής της εργασίας αλλά περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στην αναφορά [9].

Αξίζει να παρουσιαστούν τα γραφήματα τα οποία δείχνουν την μεταβολή των μειωτικών συντελεστών για τα μέτρα ελαστικότητας των δυο υλικών, σε σχέση με τον χρόνο έκθεσης σε πυρκαγιά και για διάφορα πάχη επικαλύψεων. Παρατηρώντας τα στο Σχήμα 8 βλέπουμε μια εκθετική μείωση της τιμής των δυο συντελεστών. Όμως αυτή η μείωση επιβραδύνεται σε σχέση με τον χρόνο για μεγαλύτερα πάχη επικάλυψης οπλισμού.

Relationship between β_{ES} and fire exposure timeRelationship between β_{EcI} and fire exposure time

Σχήμα 8: Σχέση μεταξύ μειωτικών συντελεστών των μέτρων ελαστικότητας και χρόνου έκθεσης σε πυρκαγιά. [9]

3.3. ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΦΟΡΕΑ

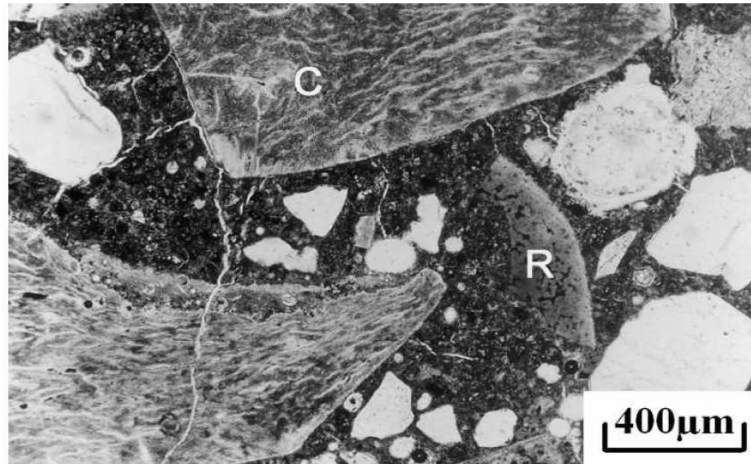
Ύστερα από αυτά που αναφέρθηκαν στις παραγράφους 3.1 και 3.2 παρατηρούμε πως έχουμε μείωση αντοχής, μείωση δυσκαμψίας, αύξηση των παραμορφώσεων, ανακατανομή εντατικών μεγεθών. Όλες αυτές οι μεταβολές έχουν σημαντική επίπτωση στην λειτουργία του κτιρίου και μεταβάλλουν την ικανότητα του να φέρει τα φορτία για τα οποία σχεδιάστηκε. Επίσης οι παραπάνω αλλαγές επιδρούν και στα δυναμικά χαρακτηριστικά του φορέα και στην ικανότητα πλαστικής συμπεριφοράς. Έτσι γίνεται κατανοητή η ανάγκη για επισκευή των φθορών και ανάκτηση της επιθυμητής φέρουσας ικανότητας.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Οι μέθοδοι με τις οποίες μπορεί κανείς να εκτιμήσει το μέγεθος της βλάβης ποικίλουν, από απλή χρήση ενός σφυριού μέχρι μια δαπανηρή εργαστηριακή έρευνα. [1] Το TEE πρόσφατα εξέδωσε έναν οδηγό για την εκτίμηση των βλαβών σε κτίρια ύστερα από την επίδραση της πυρκαγιάς και στο οποίο περιγράφονται διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση της βλάβης, όπως η καταγραφή της αλλαγής του χρώματος και η εκτίμηση του βάθους επιρροής της φωτιάς. Επιγραμματικά παρουσιάζεται μια σειρά από ελέγχους για τους οποίους έχουν γίνει αρκετές αναφορές, όπως λήψη πυρήνων (καρότα), εκτόξευση και εξόλκευση ήλων, δοκιμή εφελκυσμού σε οπλισμό κ.α.. Οι προηγούμενες καταστροφικές μέθοδοι που αναφέρθηκαν, θα πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή, όταν αυτές λαμβάνουν χώρα σε στοιχεία που έχουν προεντεταμένο χάλυβα, διότι λόγω της μεγάλης έντασης μπορεί εύκολα να προκληθεί αστοχία η οποία να οδηγήσει στην κατάρρευση. Υπάρχουν όμως και μη καταστροφικοί έλεγχοι όπως η ηλεκτρομαγνητική μέτρηση επικάλυψης οπλισμού, η μέθοδος υπερήχων, η θερμογραφική μέθοδος κ.α..

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η πετρογραφική μέθοδος. Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο λαμβάνονται δείγματα από το πυρόπληκτο σκυρόδεμα και αρχικά εξετάζονται με γυμνό μάτι και χαμηλής ανάλυσης μικροσκόπια για τον εντοπισμό μικρορωγμών και αλλαγής χρώματος. Τα σημεία στα οποία υπάρχουν μικρορωγμές αφαιρούνται από το συνολικό δείγμα με μια ειδική διαδικασία, ούτως ώστε να δημιουργούνται λεπτές φέτες σκυροδέματος. Αυτές οι λεπτές φέτες σκυροδέματος εξετάζονται με μικροσκόπια υψηλής ανάλυσης για τον προσδιορισμό των πόρων και των ρωγμών που έχουν δημιουργηθεί. Ο συνδυασμός της οπτικής επιθεώρησης-χαμηλής ανάλυσης και της υψηλής ανάλυσης λεπτών δειγμάτων ονομάζεται Πετρογραφική μέθοδος. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ενδιαφέρον

διότι δεν εφαρμόζεται μόνο σε πυρόπληκτο σκυρόδεμα, αλλά σε φυσικά αδρανή και σε ασβεστοκονιάματα. Η Εικόνα 1 παρουσιάζει το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανάλυσης.



Εικόνα 1: Στην εικόνα αυτή φαίνεται μια σειρά από μικρορωγμές [6]

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

Ύστερα από την εκτίμηση της απομένουσας αντοχής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα κάποιων από των μεθόδων που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 4, θα πρέπει να παρθεί μια απόφαση για το ποια τμήματα του κτιρίου μπορούν να επισκευαστούν και ποιά θα πρέπει να ανακατασκευαστούν. Έτσι ανάλογα με τις απαιτήσεις της βλάβης επιλέγεται και η αντίστοιχη μορφή επέμβασης. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται για την επισκευή των βλαβών που προκάλεσε η πυρκαγιά δεν διαφέρουν από αυτές που έχουν είδη αναφερθεί και εφαρμοστεί.

Στην παρούσα εργασία δεν παρουσιάζονται λεπτομέρειες για τις μεθόδους που ακολουθούν διότι η ανάλυσή τους ανήκει σε άλλο κεφάλαιο. Μερικές από τις επεμβάσεις που ακολουθούνται είναι:

- ❖ Μανδύες σκυροδέματος
- ❖ Επικολλητά χαλύβδινα ελάσματα
- ❖ Ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)
- ❖ Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
- ❖ Επισκευή ρωγμών με ρητινενέσεις

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΤΕΕ/Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος “ΠΡΟΧΕΙΡΟΣ ΟΔΗΓΟΣ για την συγκέντρωση πληροφοριών που αφορούν την απομείωση φέρουσας ικανότητας μικρών κτιρίων μετά από πυρκαγιά”, Αύγουστος 2007
- [2] Αθανάσιος Χ. Τριανταφύλλου “Δομικά Υλικά”, Πάτρα 2005, 7^η Έκδοση, σελ. 106,283
- [3] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part1-2: General rules - Structural fire design EN 1992-1-2 (December 2004)
- [4] V.S. Ramachandran, Ralph M. Paroli, James J. Beaudoin and Ana H. Delgado “Handbook of thermal analysis of construction materials”, Norwich, New York, U.S.A. 2002 pp.122-127
- [5] P.H. Perkins “Repair, Protection and Waterproofing of Concrete Structures”, Third Edition, London, 1997, pp. 116-122
- [6] Ingham Jeremy P. “Applications of petrographic examination techniques to the assessment of fire-damaged concrete and masonry structures”, Materials Characterization, London 2008
- [7] Kang, Suk Won, Hong, Sung-Gul, “Behavior of Concrete Members at Elevated Temperatures Considering Inelastic Deformation”, Fire Technology, 39, 9-22, 2003
- [8] Xudong Shi, Teng-Hooi Tan, Kang-Hai Tan and Zhenhai Guo “Influence of Concrete Cover on Fire Resistance of Reinforced Concrete Flexural Members”, Journal of Structural Engineering, ASCE, August 2004 pp.1225-1232
- [9] K.H. Tan, Y. Yao “Fire Resistance of Four-Face Heated Reinforced Concrete Columns”, Journal of Structural Engineering, ASCE, September 2003 pp.1220-1229

