

ΠΡΑΓΜΑΤΟΓΝΩΜΟΣΥΝΗ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ**ΑΡΜΑΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ****Περίληψη**

Στην παρακάτω εργασία παρατίθενται διάφορες μέθοδοι άμεσης ή έμμεσης εκτίμησης της καταστροφικής δράσης της πυρκαγιάς σε μια κατασκευή. Οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν τόσο στο σκυρόδεμα όσο και στο χάλυβα μειώνοντας την ικανότητά τους να φέρουν φορτία. Μία εκτίμηση ζημιάς στον δομικό φορέα μετά από πυρκαγιά έχει σκοπό να καταγράψει τις μειώσεις αυτές ώστε να γίνει αργότερα η ενίσχυση της πληγείσας κατασκευής. Επισημαίνεται ότι συνηθέστερα μία επισκευή έπεται από πυρκαγιά αποσκοπεί στο να επαναφέρει στην κατασκευή την προτέρα φέρουσα ικανότητα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ [3] [2] [1]

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτηρίων μια κατασκευή από σκυρόδεμα πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε για το ενδεχόμενο πυρκαγιάς να ικανοποιεί δυο βασικές απαιτήσεις λειτουργικής απόδοσης

A) Να διατηρεί την φέρουσα ικανότητα του κατά την διάρκεια του αντίστοιχου χρόνου έκθεσης της (κριτήριο R)

B) Να διατηρεί τις διαχωριστικές της ιδιότητες (ακεραιότητα, θερμομονωτική ικανότητα) κατά την διάρκεια μίας πυρκαγιάς(κριτήρια E και I)

Επίσης σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα Κεφάλαιο 20(Action on structures) οι δράσεις τις οποίες θα κληθεί να αναλάβει η κατασκευή είναι οι εξής

1) Θερμική δράση

Η δράση αυτή επιδρά αρνητικά στην ικανότητα ανάληψης φορτίου του σκυροδέματος και του χάλυβα.

2) Μηχανική δράση

Η μηχανική δράση περιλαμβάνει εκτός από τις συνήθεις δράσεις G,Q και τις έμμεσες δράσεις λόγω θερμοδιαστολών και της παρεμπόδισης αυτών. Για τις δράσεις E_d σε περίπτωση φωτιάς χρησιμοποιείται ένας συντελεστής 0.7 ή $E_{d,f} = 0.7 E_d$

2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΜΕΣΗΣ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗΣ [4]

Κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς αλλά και μετά την κατάσβεση πρέπει να ξέρουμε αν η κατασκευή παρουσιάζει κίνδυνο κατάρρευσης γιατί αυτό ο κριτήριο θα καθορίσει τα μέτρα τόσο για την διάσωση ανθρώπων και πραγμάτων όσο και για την καταπολέμηση της φωτιάς. Έτσι η κατασκευή μας απειλείται με κατάρρευση εάν παρατηρήσουμε

- Πεσμένα πυρακτωμένα κομμάτια οπλισμού και ισχυρό μαλάκωμα του μπετόν
- Μεγάλα βέλη κάμψεως δοκών και πλακών
- Εντυπωσιακές ρωγμές

Σύμφωνα με μία έκθεση των BUB/SEEKAMP στις ΗΠΑ η φορτοικανότητα μίας πλάκας μπορεί χονδρικά να υπολογιστεί ότι χάνεται όταν το βέλος κάμψης της φτάσει μία συγκεκριμένη τιμή:

$$f = l^2/800d \text{ (cm)}$$

και η ταχύτητα αύξησης του βέλους είναι:

$$u = l^2/900d \text{ (mm/min)}$$

Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τύποι αφορούν εκτεταμένη έκθεση του μέλους σε πυρκαγιά και όχι σε περιορισμένη έκτασή του.

3. ΜΕΛΗ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΕΥΑΛΩΤΑ ΣΕ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Σε περίπτωση πυρκαγιάς, περισσότερο απειλούνται τα εσωτερικά ελεύθερα υποστυλώματα γιατί είναι εκτεθειμένα και από τις τέσσερις πλευρές τους στη θερμότητα και στις φλόγες. Τα δοκάρια προσβάλλονται από τρεις πλευρές (δύο πλάγιες & μία κάτω) ενώ οι πλάκες προσβάλλονται από τη θερμότητα μόνο από κάτω αφού η πάνω επιφάνειά τους συνήθως προστατεύεται επαρκώς από τις επιστρώσεις και τα πατώματα.

Η πυραντίσταση ενός υλικού ή ενός φορέα δεν υπολογίζεται μόνο βάσει της διατομής του, F , αλλά και της περιφέρειας, U , της διατομής, με επιθυμητή την όσο δυνατόν μικρότερη αναλογία U/F . Έτσι, τετράγωνα υποστυλώματα και δοκοί είναι καταλληλότεροι όσον αφορά την διάρκεια αντίστασής τους σε φωτιά, αναλόγως, παχύτερα δομικά στοιχεία έχουν ευνοϊκότερη αναλογία U/F από λεπτότερα.

4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ [5] [4]

Για να έχω μία εικόνα της καταστροφικής δράσης της πυρκαγιάς στην κατασκευή, θα πρέπει να είμαι σε θέση να εκτιμήσω χονδρικά την μέγιστη θερμοκρασία η οποία αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Συνήθεις θερμοκρασίες για πυρκαγιές σε διάφορα είδη κτηρίων φαίνονται παρακάτω.

Κατοικίες, γραφεία	800°C έως 900°C	Αποφλοιώσεις τοιχοποιιών Ισχυρές λοξές ρωγμές λόγω θερμικών διαστολών
Αποθήκες με αναφλέξιμα	Μέχρι 1000°C	Όπως και πάνω
Αποθήκες πολύ εύφλεκτων υλικών	1000°C έως 1200°C	Συντήξεις και τήξεις υάλων

Μετά το πέρας της πυρκαγιάς η μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να προσδιοριστεί από την τήξη ή όχι διαφόρων υλικών ευρισκομένων στην εστία της πυρκαγιάς. Οι θερμοκρασίες τήξεως διαφόρων υλικών αναφέρονται παρακάτω.

Υλικό	°C
Άλουμενιο	658
Μόλυβδος	327
Χρόμιο	1800
Σίδηρος (πολύς C)	1200
Σίδηρος, καθαρός	1500
Χυτοσίδηρος	1200
Χρυσός	1063

Υλικό	°C
Χαλκός	1083
Νίκελ	1455
Άργυρος	960
Ψευδάργυρος	420
Ψευδάργυρος	232
Σόδα	850
Μαγειρικό άλατι	802

Έτσι, εάν για παράδειγμα, έπειτα από πυρκαγιά παρατηρηθεί τήξη αντικειμένων από αλουμίνιο $T = 650^\circ\text{C}$, μερική τήξη αντικειμένων από γυαλί $T = 700^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ αλλά όχι τήξη χάλκινων σωληνώσεων $T = 1100^\circ\text{C}$, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μέγιστη θερμοκρασία ήταν $800^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$.

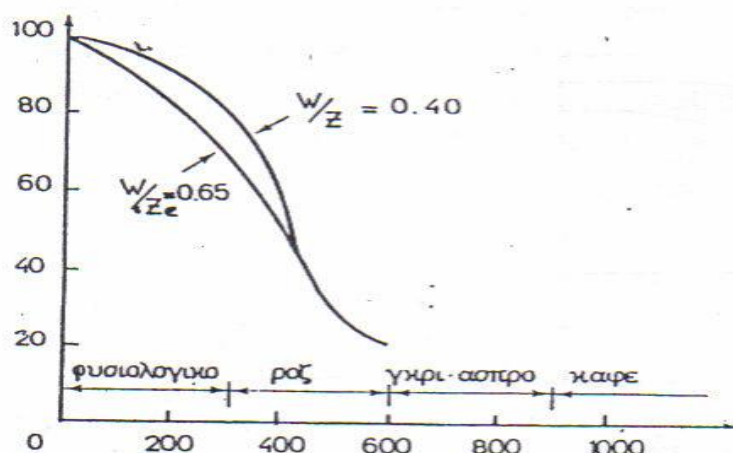
5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

5.1. ΟΠΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Η οπτική θεώρηση, σε συνδυασμό με την εμπειρία του πραγματογνώμονα μηχανικού, μπορεί να δώσει μια πρώτη εκτίμηση της κατάστασης της κατασκευής μετά από πυρκαγιά, η οποία όμως συχνά είναι συντηρητική. Για την υφή του σκυροδέματος βασικό χαρακτηριστικό είναι οι επιφανειακές ρηγματώσεις, η αποσύνθεση και οι αποφλοιώσεις που διαπιστώνονται ακόμα και με την αφή. Δηλαδή, το σκυρόδεμα τρίβεται εύκολα και αφαιρείται με το χέρι.

5.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ [5]

Το σκυρόδεμα κατά τη θέρμανσή του δύναται να αλλάξει ελαφρώς το χρώμα του, γεγονός που είναι πιο έντονο όταν αυτό περιέχει πυριτικά αδρανή. Στη διεθνή βιβλιογραφία γίνεται αποδεκτή η σχέση χρωματισμού- αναπομένουσας αντοχής που απεικονίζει το παρακάτω γράφημα. Στην περίπτωση των ασβεστολιθικών αδρανών η αποσύνθεση του σκυροδέματος ακολουθείται κατά κανόνα από τη μετατροπή του χρώματος σε γκρι-άσπρο.



5.3 ΔΟΚΙΜΗ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ [7]

Η χρήση του κρουσιμέτρου, αν και γενικά δεν ενδείκνυται για σκυροδέματα που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά, μπορεί να δώσει μια πρώτη εικόνα, κατά τον μακροσκοπικό έλεγχο, για την εναπομένουσα αντοχή του σκυροδέματος. Προσοχή πρέπει να δίνεται τόσο στην επιφάνεια κρουσιμέτρησης, η οποία πρέπει να είναι απαλλαγμένη από αποσυντιθέμενο σκυρόδεμα, όσο και στη σωστή βαθμονόμηση της καμπύλης κρουσιμέτρου, ώστε τα αποτελέσματα μας να είναι έγκυρα.

5.4 ΕΜΠΗΞΗ-ΕΞΟΛΚΕΥΣΗ ΗΛΩΝ [8]

Κατά την προσεγγιστική αυτή μέθοδο γίνεται έμψη ειδικών ήλων HILTI διαμέτρου 3,7mm σε βάθος 32 mm με πιστόλι HILTI. Μετά την πάροδο δέκα τουλάχιστον λεπτών ακολουθεί εξόλκευση των ήλων με τη χρήση εξολκέα HILTI tester. Οι αναγνώσεις τους μετατρέπονται με τη βοήθεια σχετικού νομογραφήματος της εταιρείας. Για μια αντιπροσωπευτικότερη τιμή θα πρέπει σε κάθε περιοχή ελέγχου να γίνονται τουλάχιστον τέσσερις εξολκεύσεις ενώ οι τιμές που απέχουν πολύ των υπολοίπων αγνοούνται. Η μέθοδος αυτή έχει προσέγγιση $\pm 50 \text{ kg/cm}^2$.

5.5 ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑ (ΚΑΡΟΤΑ) [7] [6]

Η πλέον συνηθισμένη δοκιμή εναπομένουσας αντοχής μετά από πυρκαγιά είναι η λήψη πυρήνων (καρότων) με τη χρήση ειδικού μηχανήματος. Τα καρότα οδηγούνται σε

εργαστήρια σκυροδέματος όπου και θλίβονται. Η θλιπτική τους αντοχή ανάγεται σε αντοχή κύβου 20x20x20 cm. Έτσι έχουμε μια πιο εμπεριστατωμένη άποψη της απώλειας αντοχής του σκυροδέματος μετά από μια πυρκαγιά. Η μέθοδος αυτή είναι η μόνη αποδεκτή από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ) ο οποίος, ωστόσο, ορίζει ότι ο συνολικό πάχος του φορέα που υφίσταται πυρηνοληψία πρέπει να είναι τουλάχιστον 12 cm. Επίσης, είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι τα σημεία πυρηνοληψίας δεν θα πρέπει να είναι σε κρίσιμες διατομές γιατί έτσι αποφεύγεται η περαιτέρω επιβάρυνση του φορέα. Μετά την πυρηνοληψία ακολουθεί κλείσιμο των οπών με μη συρρικνούμενο σκυρόδεμα.

5.6 ΥΠΕΡΗΧΟΙ [7]

Είναι δυνατή η χρήση ειδικών συσκευών υπερήχων οι οποίες παράγουν υψηλών συχνοτήτων ηχητικά κύματα. Τα κύματα διαπερνούν το εξεταζόμενο μέλος και η ταχύτητά τους μειώνεται τόσο περισσότερο όσο μεγαλύτερη είναι η καταστροφή στο μέλος αυτό. Από την απέναντι πλευρά του μέλους καταγράφονται τα κύματα που φτάνουν και υπολογίζεται η ταχύτητά τους. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει ικανοποιητική ακρίβεια εφόσον καταφέρουμε με εργαστηριακές δοκιμές να συσχετίσουμε τις ελαττώσεις των ταχυτήτων των υπερήχων με τις μειώσεις των αντοχών του σκυροδέματος.

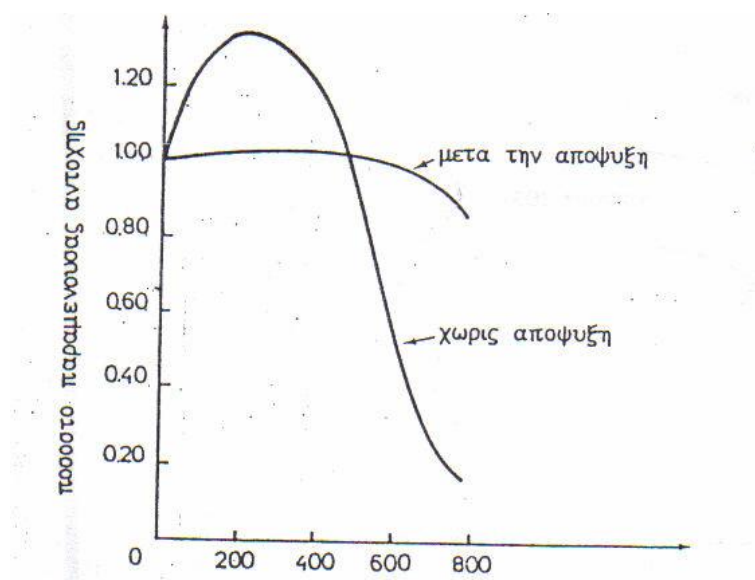
5.7 ΕΠΙΚΑΘΙΣΗ PVC [4] [6]

Συχνά στην κατασκευή στην οποία εκδηλώνεται πυρκαγιά υπάρχουν αντικείμενα, μονώσεις, καλώδια κλπ. Κατασκευασμένα από το συνθετικό υλικό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Αυτά σε θερμοκρασίες άνω των 300 °C αποσυντίθενται και μεγάλο μέρος του χλωρίου τους εκλύεται με τη μορφή υδροχλωρίου. Το υδροχλώριο παρουσία υγρού αέρα επικάθεται στις επιφάνειες σκυροδέματος και χάλυβα προκαλώντας διαβρώσεις. Γίνεται λήψη δειγμάτων π.χ καρότων από στοιχεία σκυροδέματος και ξεσμάτων από επιφάνειες χαλύβων. Τα δείγματα αναλύονται ως προς το βάθος προσβολής τους από το υδροχλώριο και εξάγεται συμπέρασμα ως προς τη δυσμενή επίδραση της έκθεσης των δομικών στοιχείων σε αυτό.

8. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ [6]

Ο χάλυβας σε περίπτωση που έχει υποστεί παραμόρφωση και αποκόλληση από το σκυρόδεμα καθίσταται άχρηστος αφού δεν είναι σε θέση να συμμετάσχει στην ανάληψη εφελκυστικών δυνάμεων ακόμα και αν αποκτήσει ξανά την αντοχή του. Σε περίπτωση μη αποκόλλησης από το σκυρόδεμα και αν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 800 °C μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο χάλυβας μετά την πυρκαγιά μπορεί να ανακτήσει πλήρως την αντοχή του. Οι συχνά σημαντικές παραμορφώσεις του χάλυβα οφείλονται στο διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής α (T^{-1}). Για συνήθεις θερμοκρασίες οι συντελεστές είναι παρόμοιοι, όμως η διαφορά τους αυξάνεται σημαντικά στις μεγάλες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα την έντονη διαστολή του χάλυβα και την εκτίναξη της

επικάλυψης. Οι διακυμάνσεις της εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Υπολογισμός κατασκευών σκυροδέματος σε επιπόνηση πυρκαγιάς. Κυριάκος Παπαιωάννου
- [2] ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ Κεφάλαιο 20 Action on Structures
- [3] Ελληνικός Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτηρίων (Π.Δ. 71/1988)
- [4] Βλάβες δομικών έργων 2^{ος} Τόμος (σελ. 131-144)
- [5] Επίδραση της πυρκαγιάς σε φέροντες οργανισμούς από οπλισμένο σκυρόδεμα Αλεξ. Χατζόπουλου Πολ. Μηχ. ΕΜΠ
- [6] Τεχνικά Χρονικά Α 1983 Τομ. 3 Τευχ.1-4 (σελ. 126)
- [7] Προσδιορισμός της επίδρασης των υψηλών θερμοκρασιακών δράσεων στην θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος με χρήση έμμεσων μεθόδων. Χ.Μ. Οικονόμου Καθηγητή ΕΜΠ
- [8] Έλεγχος επιδράσεως της φωτιάς στην αντοχή του σκυροδέματος κελυφών. Γεώργιος Διδασκάλου Πολ. Μηχ.