

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΡΜΑΤΟΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ .

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΟΝΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΨΥΛΛΑ ΝΙΚΗ

ΑΘΗΝΑ . ΜΑΡΤΙΟΣ 2008

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

1.2 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΦΟΡΤΥΙΟΥ

1.3 ΟΙ 3 ΦΑΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

1.3.1 ΕΠΩΑΣΗ

1.3.2 ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

1.3.3 ΑΠΟΣΒΕΣΗ

1.4 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΑΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ –ΧΡΟΝΟΣ

1.4.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΣΟ

1.5 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

1.6 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

2 Η ΦΩΤΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

2.1 ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ,ΔΡΑΣΕΙΣ , ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ,

3 ΘΕΡΜΟ-ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΡΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΗΜΗΣΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΠΥΡΚΑΓΙΑ (ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ – ΜΕΤΑ)

4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ Ο.Σ. ΕΝΑΝΤΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

4.1 ΤΑ ΥΛΙΚΑ

4.1.1 ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΡΜΑ

4.1.2 ΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

4.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

4.2.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 2

4.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

4.4 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.4.1 ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

4.4.2 ΔΟΚΟΙ

4.4.3 ΠΛΑΚΕΣ

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΕ ΠΥΡΚΑΓΙΑ – ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

5.1 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΟΡΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΦΩΤΙΑ

5.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η διερεύνηση της συμπεριφοράς των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα στη φόρτιση της πυρκαγιάς.

Όπως είναι γνωστό ,οι κατασκευές υπόκεινται σε ποικίλες δράσεις: ίδια βάρη, κινητά φορτία, επιβαλλόμενος παραμορφώσεις (υποχώρηση στηρίξεων, σεισμός), χημικές δράσεις περιβάλλοντος, πυρκαγιά κ.λπ.)

Συνεπώς έναντι όλων αυτών των δράσεων, η μελέτη των έργων πρέπει να λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα (υπολογιστικά, κατασκευαστικά ή και μέτρα συντηρήσεως). Και ενώ για τις συνήθεις δράσεις (κατακορυφα φορτία, σεισμός κ.α.) υπάρχουν σαφείς μέθοδοι σχεδιασμού, για τη ειδική δράση που λέγεται "πυρκαγιά" δεν διατίθεται τρέχουσες μέθοδοι υπολογισμού. Μερικοί εμπειρικοί κανόνες προστασίας που εφαρμόζονται είναι ανεπαρκέστατοι.

Οι οικονομικές συνέπειες αυτής της καταστάσεως ,καθώς και οι ανθρωπιστικές συνέπειες (τραυματισμοί, απώλειες ζωής) είναι πολύ μεγάλες. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις βιομηχανικών κτιρίων, αποθηκευτικών χώρων και γενικά όπου υπάρχει κίνδυνος αναφλέξεως (καύσιμα υλικά, εμπορεύματα κλπ.).

Στην Ελλάδα ,η έκταση αυτών των ζημιών δεν έχει στατικά προσδιοριστεί. Μπορεί όμως να λεχθεί ότι οι αλληπάλληλες πυρκαγιές βιομηχανικών κτιρίων και κατοικιών (δύο την εβδομάδα, μόνο στο λεκανοπέδιο της Αττικής),είναι επαρκής δείκτης της σπουδαιότητας του θέματος. Τα τελευταία χρόνια εξάλλου, με την αύξηση του όγκου των κατασκευών αλλά και με την χρήση νέων πηγών ενέργειας (φυσικό αέριο) που εμφανίζουν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας ως προς την εκδήλωση φωτιάς, εντείνεται το ενδιαφέρον των μηχανικών για το σχεδιασμό πυράντοχων κατασκευών.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια πρώτη προσέγγιση του τρόπου με τον οποίο συμπεριφέρονται τα δομικά υλικά και τα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα έναντι πυρκαγιάς.

Σαν πρώτο βήμα για τη διαδικασία του σχεδιασμού των κατασκευών για καταπόνηση σε πυρκαγιά απαιτείται η γνώση της συμπεριφοράς του οπλισμένου σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες.

Αν ενδιαφερθεί κανείς να ικανοποιήσει την απαίτηση για «ιδανική», δηλαδή απεριόριστη, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες των υλικών θα διαπιστώσει ότι κανένα υλικό δε παρουσιάζει την ιδιότητα αυτή. Εν τούτοις ο προσεκτικός σχεδιασμός μπορεί να αυξήσει την ανθεκτικότητα των δομικών στοιχείων και κατά συνέπεια του συνόλου της κατασκευής, ενώ διευκολύνει την ενίσχυση και αποκατάσταση ενός κτιρίου που υπέστη πυρκαγιά.

Δεδομένου ότι η καταστροφή των δομικών υλικών υπό την επίδραση πυρκαγιάς είναι ζήτημα χρόνου δεν μπορούμε να μιλάμε για υλικά με απεριόριστη αντοχή σε θερμοκρασίες συνήθων πυρκαγιών. Η συμπεριφορά τους εξάλλου εξαρτάται από τις διαστάσεις και τις συνθήκες στήριξης του στοιχείου του οποίου αποτελούν μέρος. Μπορούμε να μιλάμε, επομένως, για αντοχή δομικών στοιχείων και όχι για αντοχή υλικών σε πυρκαγιά. Η αντοχή αυτή των δομικών στοιχείων συνδέεται αρχικά με τη συμπεριφορά των υλικών, από τα οποία συντίθενται, σε υψηλές θερμοκρασίες. Για τον λόγο αυτό είναι σκόπιμο αρχικά να εξετάσουμε την συμπεριφορά των συνιστώντων υλικών του οπλισμένου σκυροδέματος (όταν σε αυτά ασκείται σταδιακά θερμότητα), και στην συνέχεια θα διερευνηθεί η συμπεριφορά των δομικών στοιχείων ως σύνθετων υλικών.

Επίσης κρίνεται χρήσιμη μια αναφορά στις συνήθεις βλάβες που παρουσιάζονται στις κατασκευές από Ο.Σ. στην περίπτωση πυρκαγιάς καθώς και οι συνήθεις μέθοδοι αποκαταστάσεως και ενίσχυσης αυτών.

Αναλυτικά η εργασία διαρθρώνεται ως εξής: Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά του φαινομένου της πυρκαγιάς (χημικές αντιδράσεις, τυπικές φάσεις μιας τυπικής πυρκαγιάς κλπ). Στο επόμενο διερευνάται η φωτιά στην κατασκευή και τα κανονιστικά πλαίσια που την διέπουν, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι θερμομηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος. Στη συνέχεια, στο τέταρτο και κύριο μέρος της εργασίας, εξετάζουμε την συμπεριφορά του Ο.Σ. έναντι πυρκαγιάς, δηλαδή των συνιστώντων υλικών (σκυρόδεμα, χάλυβας), και των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής Ο.Σ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έκθεσης και οι συνήθεις τρόποι επισκευής των κατασκευών έναντι πυρκαγιάς, και στο τέλος το συμπέρασμα που στην ουσία είναι μια συνοπτική ματιά του συνόλου της εργασίας.αλλα και κάποια πινακοποιημενα δεδομένα όπως και μια ερευνά σε παραρτημα.

Όπως είναι γνωστό ,οι κατασκευές υπόκεινται σε ποικίλες δράσεις:·

(-Φορτία(ίδια βάρη, κινητά φορτία).

Επιβαλλόμενος παραμορφώσεις (υποχώρηση στηρίξεων ,σεισμός κ.λπ.)

Χημικές δράσεις περιβάλλοντος

Πυρκαγιά κ.λπ.)

Έναντι όλων αυτών των δράσεων , η Μελέτη των έργων πρέπει να λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα (υπολογιστικά, κατασκευαστικά ή και μέτρα συντηρήσεως).

Και ενώ για τις συνήθεις δράσεις (κατακορυφα φορτια, σεισμός κ.α.)υπάρχουν σαφείς μέθοδοι σχεδιασμού, για τη ειδική δράση που λέγεται "πυρκαγιά" δεν διατίθεται τρέχουσες μέθοδοι υπολογισμού. Μερικοί εμπειρικοί κανόνες προστασίας που εφαρμόζονται είναι ανεπαρκέστατοι.

Η συμπεριφορά των δομικών στοιχείων έναντι πυρκαγιάς πέραν της εξάρτησης τους από το υλικό, εξαρτάται και από τη μορφή, τις διαστάσεις και τον τρόπο σύνδεσης και συνεργασίας με τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία. Αποτελεί ένα πολύ δύσκολο ζήτημα που διερευνάται με θεωρητικές και πειραματικές μεθόδους, τα συμπεράσματα των οποίων εισάγονται ως απλοί κανόνες κατασκευής στους οικοδομικούς κανονισμούς .

Τα τελευταία χρόνια με την αύξηση του όγκου των κατασκευών αλλά και με την χρήση νέων πηγών ενέργειας (φυσικό αέριο) που εμφανίζουν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας ως προς την εκδήλωση φωτιάς, εντείνεται το ενδιαφέρον των μηχανικών για το σχεδιασμό πιράνχων κατασκευών. Αν ενδιαφερθεί κανείς να ικανοποιήσει την απαίτηση για «ιδανική», δηλαδή απεριόριστη, αντοχή σε υψηλέςθερμοκρασίες των υλικών θα διαπιστώσει ότι κανένα υλικό δε παρουσιάζει την ιδιότητα αυτή. Εν τούτοις ο προσεκτικός σχεδιασμός μπορεί να αυξήσει την ανθεκτικότητα των δομικών στοιχείων και κατά συνέπεια του συνόλου της κατασκευής, ενώ διευκολύνει την ενίσχυση και αποκατάσταση ενός κτιρίου που υπέστη πυρκαγιά.

Οι οικονομικές συνέπειες αυτής της καταστάσεως ,καθώς και οι ανθρωπιστικές συνέπειες (τραυματισμοί, απώλειες ζωής)είναι πολύ μεγάλες .Στην Ελλάδα ,η έκταση αυτών των ζημιών δεν έχει στατικά προσδιοριστεί.

Μπορεί όμως να λεχθεί ότι οι αλληπάλληλες πυρκαγιές βιομηχανικών κτιρίων και κατοικιών (δύο την εβδομάδα, μόνο στο λεκανοπέδιο της Αττικής), είναι επαρκής δείκτης της σπουδαιότητας του θέματος.

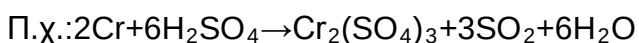
Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις βιομηχανικών κτιρίων, αποθηκευτικών χώρων και γενικά όπου υπάρχει κίνδυνος αναφλέξεως (καύσιμα υλικά, εμπορεύματα κλπ.). Σαν πρώτο βήμα για τη διαδικασία του σχεδιασμού των κατασκευών για καταπόνηση σε πυρκαγιά απαιτείται η γνώση της συμπεριφοράς του οπλισμένου σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες.

1.ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

1.1 Γενικά

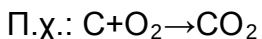
Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής

Είναι οι αντιδράσεις εκείνες, κατά τη διάρκεια των οποίων μεταβάλλεται ο αριθμός οξειδώσεως δύο ή περισσότερων ατόμων ή ιόντων (είτε λόγω με μεταβιβάσεως ηλεκτρονίων, είτε λόγω συνεισφοράς ηλεκτρονίων) με αποτέλεσμα τον σχηματισμό κοινών ζευγών.



.-Καύσεις

Είναι οι οξειδοαναγωγικές εκείνες αντιδράσεις του οξυγόνου, οι οποίες συνοδεύονται από έκλυση φωτός και ανύψωση της θερμοκρασίας.



-Θερμοκρασία αναφλέξεως ενός σώματος

Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία το σώμα αρχίζει να καίγεται, εννοούμε με το οξυγόνο του αέρα.

-Πυροδιαμέρισμα

Είναι κάθε χώρος ο οποίος περιβάλλεται απ' όλες τις πλευρές είτε από τοίχους ,είτε από πόρτες και παράθυρα. Έτσι " πυρο- διαμέρισμα" είναι ένα δωμάτιο σε ένα διαμέρισμα ή μια αποθήκη ή μια αίθουσα κινηματογράφου.

.-Καύσιμο φορτίο πυρο-διαμερίσματος

Είναι το συνολικό ποσό θερμότητας ,το οποίο απελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση όλης της καύσιμης που περιέχεται μέσα στο πυρο-διαμέρισμα. Στην καύσιμη ύλη του πυρο-διαμερίσματος περιλαμβάνονται τα κάθε είδους αποθηκευμένα υλικά, επικαλύψεις τοίχων, πατώματος και οροφής ,καθώς και τα φέροντα και μη φέροντα μέρη του σκελετού τα οποία μπορούν να καούν.

1.2 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η πυκνότητα καυσίμου φορτίου προκύπτει από την διαίρεση του καυσίμου φορτίου του πυροδιαμερίσματος με την επιφάνεια της κατόψεως του πυροδιαμερίσματος. Υπολογίζεται από την παρακατω σχέση.

$$Q_f = \frac{\sum m_v \cdot H_v}{A_f} \quad \text{σχέση 1.1}$$

Οπου:

q_f : πυκνότητα καυσίμου φορτίου [MJ/m²]

m_v : ολική μάζα της καύσιμης ύλης v [kg]

H_v : θερμαντική ικανότητα της καύσιμης ύλης v [MJ/Kg]

μ_v : συντελεστής βαθμού καύσεως της καύσιμης ύλης v

A_f :επιφάνεια κατόψεως του πυροδιαμερίσματος [m²]

v : δείκτης σειράς των καιόμενων υλικών

Ο συντελεστής καύσεως μ_v είναι ένας καθαρός αριθμός μεταξύ 0 και 1, ο οποίος υποδεικνύει το ποσοστό της καύσιμης ύλης v , το οποίο τελικά καίγεται. Ο συντελεστής αυτός έχει εισαχθεί στον παραπάνω τύπο, γιατί σχεδόν ποτέ δεν διαπιστώθηκε πλήρης καύση όλου του καυσίμου υλικού σε ένα πυροδιαμέρισμα κατά τη διάρκεια μιάς πυρκαγιάς.

Ο συντελεστής είναι συνάρτηση του είδους της καύσιμης ύλης, του τρόπου στιβάξεώς της, της διάρκειας της πυρκαγιάς και του είδους της καμπύλης «θερμοκρασία αερίων-χρόνος». Δυστυχώς δεν υπάρχει αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού του συντελεστή μ_v . Αναφέρεται ότι βιβλιοθήκες και δάπεδα έχουν τιμή του μ_v αισθητά μικρότερη της μονάδας. Εναπόκειται στο Μηχανικό να κάνει τις δικές του εκτιμήσεις.

Ακόμα αντί για την σχέση 1.1 μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και την ακολουθη σχέση 1.2.

$$Q_t = \frac{\sum \mu_v \cdot \mu_v \cdot H_v}{A_t} \quad (1,2)$$

Όπου:

Q_t : πυκνότητα καυσίμου φορτίου [MJ/m²]

M_v : Ολική μάζα της καύσιμης ύλης v [Kg]

μ_v : Συντελεστής βαθμού καύσεως της καύσιμης ύλης v [MJ/Kg]

A_t : συνολικό εσωτερικό εμβαδόν όλων των επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα, συμπεριλαμβανομένων και των ανοιγμάτων [m²]

Σε όσα ακολουθούν, όποτε γίνεται αναφορά στην πυκνότητα καυσίμου φορτίου, θα αναφέρεται ρητώς αν πρόκειται για την q_f ή την q_t .

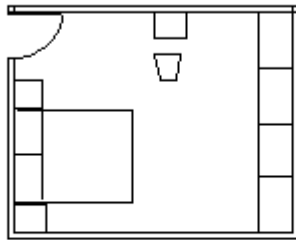
1.2.1 Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Υπολογισμός με χρήση τύπων

Ο υπολογισμός βασίζεται στη χρήση των παραπάνω τύπων. Οι απαραίτητες τιμές για την θερμαντική ικανότητα διαφόρων υλικών υπάρχουν στον πίνακα 1.1.

Παράδειγμα.

Να βρεθεί η πυκνότητα καυσίμου φορτίου if του πυροδιαμερίσματος (υπνοδωματίου) που φαίνεται στο σχ. 1. Το δάπεδο οι τοίχοι και η οροφή αποτελούνται από άκαυστα υλικά. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται όλα τα καύσιμα αντικείμενα που περιέχονται στο πυροδιαμέρισμα, το υλικό τους, η μάζα τους και η θερμαντική ικανότητα κάθε υλικού.



Σχ. 1 κατοψη πυροδιαμερισματος .

	Υλικό	Hv(mj/kg)	Μαζα mn[kg]	Mn Hv[mg]
Μοκέτα	Μαλλί	23	50	1150
Ντουλάπα	Ξύλο	20	2*150	6000
Ρούχα	Μαλλί	23	2*50	2300
Κρεβάτι	Ξύλο	23	100	2300
Κομοδίνα	Ξύλο	23	30	690
Τραπέζι	Ξύλο	23	20	460
Καρέκλες	Ξύλο	23	3*5	345
Πόρτα	Ξύλο	23	10	230
Χαρτιά	Χαρτί	18	20	360

Διάφορα	Πλαστικά	30	20	600
			$\Sigma m v H_v = 14435 \text{ mJ}$	

Πίνακας 1.1 Θερμαντική ικανότητα υλικών

Έστω ότι για όλα τα υλικά δεχόμαστε $\mu_v = 0,90$.

Τότε η πυκνότητα q_f του καυσίμου θα είναι:

$$Q_f = \mu_v \cdot \Sigma m v \cdot H_v = 0.90 \cdot 14435 \text{ mJ} = 650 \text{ mJ}$$

$$A_f \quad 20 \quad m^2 \quad m^2$$

Σχέση 1.3

Από το παραπάνω παράδειγμα γίνονται αντιληπτά και τα μειονεκτήματα του υπολογισμού με χρήση τύπων.

Πρώτον, η εκτίμηση της μάζας των καυσίμων υλικών παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες, ιδίως όταν γίνεται στο στάδιο του σχεδιασμού. Δεύτερον, είναι αδύνατον τις περισσότερες φορές να ληφθεί υπόψη μια μελλοντική αλλαγή στην ποσότητα της καύσιμης ύλης ή ακόμα και μια αλλαγή στη χρήση του χώρου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΣΕΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

Λόγω μειονεκτημάτων που παρουσιάζει ο υπολογισμός με χρήση τύπων, προτείνεται να εκτιμάται η πυκνότητα καυσίμου φορτίου ως συνάρτηση του είδους του πυροδιαμερίσματος, βάσει στατιστικών παρατηρήσεων.

Έτσι για τον υπολογισμό της q_f ή της q_t χρησιμοποιούμε πίνακες σαν τους παρακάτω βλπ πιν (1.2).

Πυκνότητα καυσίμου φορτίου			
Είδος Χαρακτηριστική τιμή MJ.m ⁻² (Mcal.m ⁻²)	Μέσος όρος Πυροδιαμερίσματος MJ.m ⁻² (Mcal.m ⁻²)	Τυπική απόκλιση MJ.m ⁻² (Mcal.m ⁻²)	
1.Κατοικίες ¹			
1 ^α Δύο δωμά και κουζίνα	150 (35.8)	24,7 (5.9)	168 (40,0)
1β Τρία δωμάτια και κουζίνα	139 (33,1)	20,1 (4.8)	149 (35.5)
2.Γραφεία ²			
2 ^α Τεχνικά γραφεία	124 (29.7)	31.4 (7.5)	145 (34.5)
2β Διοικητικά γραφεία	102 (24.3)	32.2 (7.7)	132 (31.5)
2γ Όλα τα γραφεία που εξετάστηκαν	114 (27.3)	39.4 (9.4)	138 (33.0)
Σχολεία			
3 ^α Σχολεία – στοιχειώδους εκπαίδευση	84.2 (20.1)	14.2 (3.4)	98.4 (23.5)
3β Σχολεία – μέση εκπαίδευση	96.7 (23.1)	20.5 (4.9)	117 (28.0)
3γ Σχολεία			

ανώτατη εκπ.	61.1 (14.6)	18.4 (4.4)	71.2 (17.0)
3δ Όλα τα σχολεία που εξετάστηκαν	80.4 (19.2)	23.4 (5.6)	96.3 (23.0)
4 Νοσοκομεία	116 (27.6)	36.0 (8.6)	147 (35.0)
5 Ξενοδοχεία ²	67 (16.0)	19.3 (4.6)	81.6 (19.5)

Πίνακας 1,2

1)Εξαιρούνται οι επικαλύψεις πατωμάτων 2) Περιλαμβάνονται μόνο τα κινητά καύσιμα υλικά

Χαρακτηριστικές τιμές πυκνότητας καυσίμου φορτίου κf		
Είδος πυροδιαμερίσματος	Χαρακτηριστική τιμή *	
	MJ. M ⁻²	(Mcal.m ⁻²)
1.Κατοικίες		
1α Υπνοδωμάτια	630	(150)
1β Living-room	510	(120)
2.Γραφεία		
2αΤεχνικά γραφεία	720	(170)

2β Διοικητικά γραφεία	640	(155)
<u>3.Σχολεία</u>		
3α Σχολεία-στοιχειώδους εκπαίδευση	370	(90)
3β Σχολεία –μέση εκπαίδευση	400	(95)
3γ Σχολεία-ανωτάτη εκπαίδευση	260	(60)
4. Νοσοκομεία –υπνοδωμάτια	80	(20)
5.Ξενοδοχεία-υπνοδωμάτια	420	(100)

Πίνακας 1,3

Περιλαμβάνονται μόνο τα κινητά καύσιμα υλικά.

Εναπόκειται στον Μηχανικό να κρίνει πότε μία περίπτωση δεν καλύπτεται ικανοποιητικά από τους πίνακες και να κάνει χρήση του αναλυτικού υπολογισμού.

1.3 ΟΙ ΤΡΕΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΠΥΡΟΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ

1.3.1 Η επώαση

Μια πυρκαγιά εκδηλώνεται σε ένα πυροδιαμέρισμα όταν η καύσιμη ύλη που βρίσκεται μέσα σε αυτό αποκτήσει ένα ικανό ποσό θερμικής ενέργειας.

Αυτό μπορεί να γίνει από ένα αναμμένο τσιγάρο, ένα βραχυκύκλωμα ή ακόμα και από αυτοανάφλεξη του καύσιμου υλικού.

Αποφασιστικοί παράγοντες για την διαδικασία της αναφλέξεως είναι:

Τα χαρακτηριστικά της πηγής ενεργείας.

Το είδος και οι γεωμετρικές διαστάσεις των εκτεθειμένων καυσίμων υλικών.

Ο χρόνος εκθέσεως στην πηγή ενεργείας.

Μετά την αρχική έναυση, η φωτιά παράγει θερμική ενέργεια, ένα μέρος της οποίας χρησιμεύει για την διατήρηση της καύσεως. Το υπόλοιπο ποσό μεταφέρεται δι' ακτινοβολίας και δια μεταφοράς σε άλλα υλικά, τα οποία θερμαίνόμενα αναφλέγονται, συνεισφέροντας στην περαιτέρω εξάπλωση της φωτιάς.

Η διαδικασία αναπτύξεως και εξαπλώσεως μιας πυρκαγιάς σε ένα πυροδιαμέρισμα εξαρτάται από:

Το μέγεθος, τον όγκο, το ύψος, την κατανομή, τη στίβαξη και τις ιδιότητες καύσεως του καυσίμου υλικού.

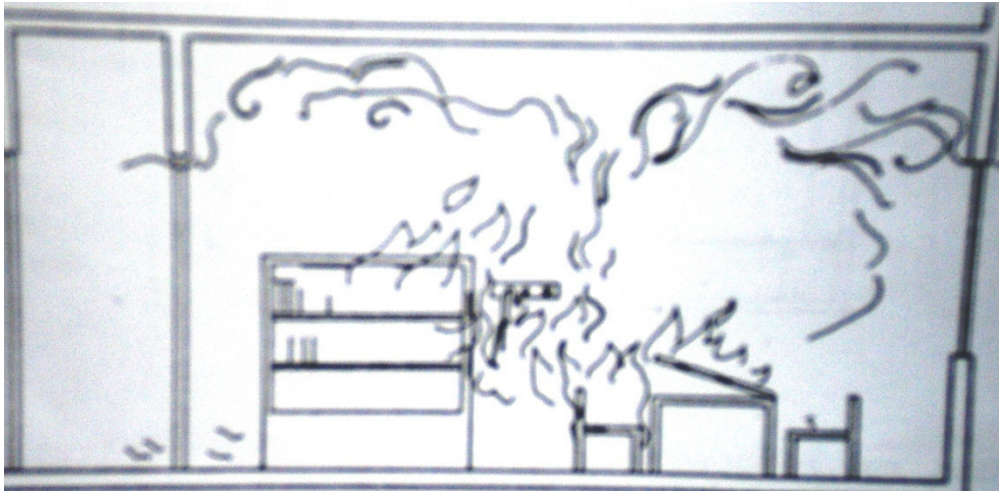
Τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά του πυροδιαμερίσματος,

Το μέγεθος και το σχήμα του πυροδιαμερίσματος.

Τα συστήματα κατασβέσεως.

Κατά το στάδιο της επώσεως ένα στρώμα υπέρθερμων αερίων συγκεντρώνεται κάτω απ' την οροφή και, υπό ορισμένες συνθήκες, μπορεί να προκαλέσει απότομη εξάπλωση της πυρκαγιάς σε μεγάλα μέρη του καυσίμου υλικού.

Το φαινόμενο αυτό που ονομάζεται «φούντωμα» σημειώνει τη μετάβαση από το στάδιο της επώσεως στο στάδιο της πλήρους αναπτύξεως.



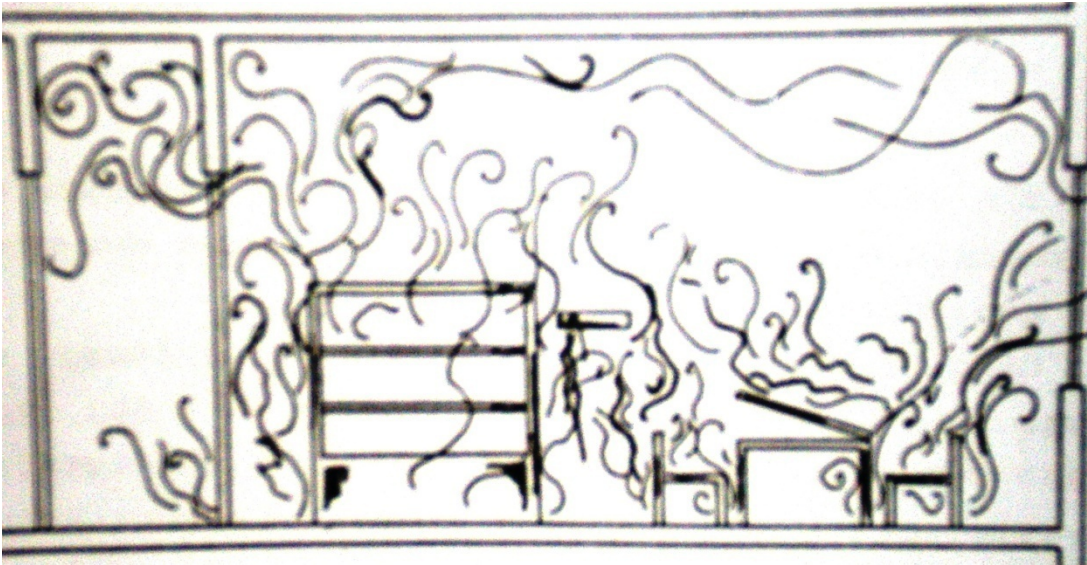
Σχέδιο 1.2 η επωαση .

1.3.2 ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Αυτό το στάδιο είναι αποφασιστικής σημασίας για την συμπεριφορά των φερόντων μελών της κατασκευής, καθώς και για την εξάπλωση της πυρκαγιάς από πυροδιαμέρισμα σε πυροδιαμέρισμα, από όροφο σε όροφο ή και από κτίριο σε κτίριο (σχ.4).

Τα χαρακτηριστικά του σταδίου αυτού εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Ποσό και είδος του καυσίμου υλικού στο πυροδιαμέρισμα
- Πορώδες και σχήμα των κόκκων του καυσίμου υλικού
- Στίβαξη του καυσίμου υλικού στο πυροδιαμέρισμα
- Ποσό αέρος που διοχετεύεται μέσα στο πυροδιαμέρισμα στη μονάδα του χρόνου (αερισμός του πυροδιαμερίσματος).
- Γεωμετρία του πυροδιαμερίσματος.
- Θερμικές ιδιότητες των επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα.



Σχεδιο 1.3 η πλήρης αναπτυξη σε δωματιο.

Οι πυρκαγιές σε στάδιο πλήρους αναπτύξεως μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: τις αερο-ελεγχόμενες και τις καυσιμο-ελεγχόμενες.

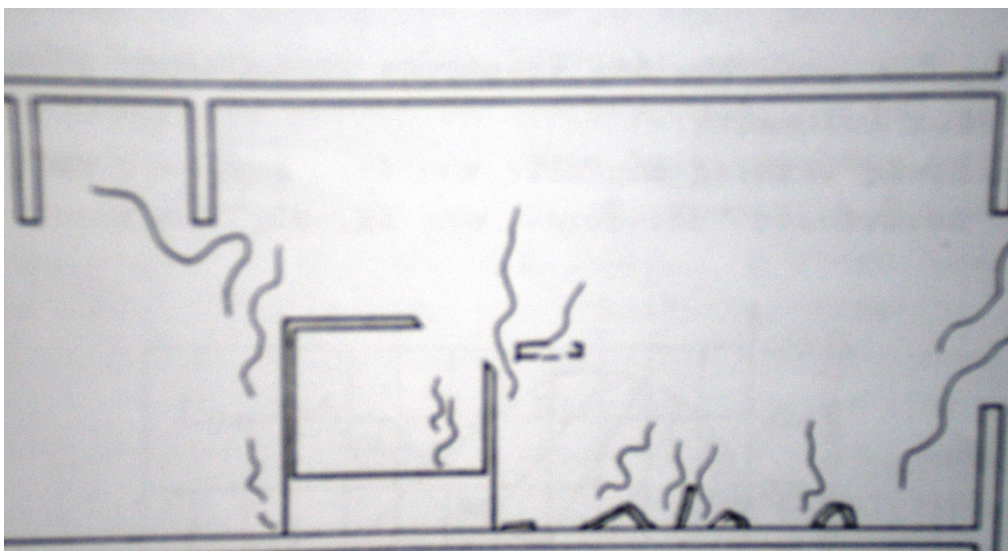
Στην πρώτη κατηγορία η καύση ελέγχεται από τον αερισμό του πυροδιαμερίσματος, και δεν εξαρτάται σημαντικά από το ποσό και τον τρόπο στιβάξεως του καυσίμου υλικού.

Στη δεύτερη κατηγορία η καύση ελέγχεται από το ποσό του καυσίμου υλικού, και είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη του αερισμού.

1.3.3 Η ΑΠΟΣΒΕΣΗ

Στην περίπτωση της καυσιμο-ελεγχόμενης πυρκαγιάς, το τρίτο αυτό στάδιο διαδέχεται την πλήρη ανάπτυξη όταν καεί το μεγαλύτερο μέρος του καυσίμου υλικού στο πυροδιαμέρισμα.

Στην δε περίπτωση της αερο-ελεγχόμενης πυρκαγιάς, η απόσβεση αρχίζει όταν ο διατιθέμενος για την καύση αέρας μειωθεί κάτω από κάποιο όριο.



Σχεδιο 1.3 η αποσβεση σε δωματιο

1.4 Η ΚΑΜΠΥΛΗ «ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ –ΧΡΟΝΟΣ T-t

Ένα απαραίτητο βήμα στη διαδικασία του σχεδιασμού κατασκευών από Ω.Σ. ώστε να αντέχουν σε κάποια πυρκαγιά, είναι ο υπολογισμός των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται μέσα στη μάζα των μελών από Ω.Σ. Για την εύρεση των θερμοκρασιών αυτών απαιτείται η εκτίμηση της θερμοκρασίας των αερίων μέσα

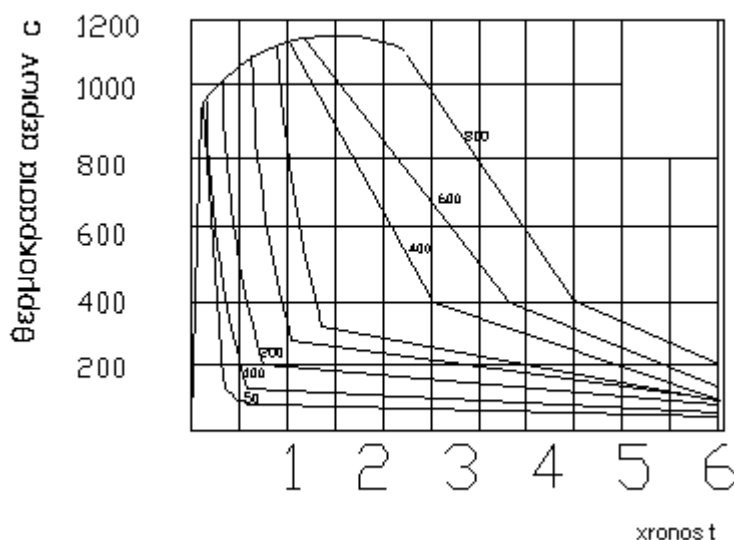
στο πυροδιαμέρισμα κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Πρωταρχική λοιπόν πληροφορία στη διαδικασία του σχεδιασμού είναι η γνώση της μεταβολής της θερμοκρασίας των αερίων συναρτήσει του χρόνου μέσα σ' ένα δεδομένο πυροδιαμέρισμα.

Για γνωστά χαρακτηριστικά καύσεως της καυσίμου ύλης, η καμπύλη T-t μπορεί να υπολογιστεί από τις εξισώσεις ισορροπίας ενεργείας και μάζας στο πυροδιαμέρισμα. Φυσικά, πρέπει να ληφθούν υπόψη το μέγεθος, η γεωμετρία και ο αερισμός του διαμερίσματος, καθώς και οι θερμικές ιδιότητες των στοιχείων –επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα. Η εύρεση της καμπύλης T-t μέσω των δύο εξισώσεων ισορροπίας γίνεται με τη βοήθεια λογισμητή.

Μία τέτοια καμπύλη που έχει εγκρίνει και ο Σουηδικός Κανονισμός φαίνεται στα παρακάτω σχέδια. Υπάρχουν δύο οικογένειες καμπυλών.

Στοιχείο εισαγωγής σε κάθε ομάδα καμπυλών αποτελεί ο «συντελεστής ανοίγματος»:

$$A_0 h / A_t \quad \text{σχεση 1.4}$$



σχεδιο1.4 καμπυλες T-t σουιδικου κανονισμού.

Όπου:

A_o : ολική επιφάνεια ανοιγμάτων [m^2]

A_t : συνολικό εσωτερικό εμβαδόν όλων των επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα, συμπεριλαμβανομένων και των ανοιγμάτων [m^2]

h : ύψος των ανοιγμάτων [m]

Κάθε οικογένεια καμπυλών αποτελείται από οκτώ καμπύλες, όπου καθεμία αντιστοιχεί σε διαφορετική τιμή πυκνότητας καυσίμου φορτίου q_t .

Όλες οι καμπύλες έχουν ισχύ για ένα πρότυπο πυροδιαμέρισμα το οποίο περικλείεται από επιφάνειες που αποτελούνται από ένα ιδεατό υλικό με τις ακόλουθες ιδιότητες: θερμική αγωγιμότητα $\lambda=0,81 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ και θερμοχωρητικότητα $\rho \cdot C_p= 1.67 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$. Αυτό το υλικό αντιστοιχεί σε ένα μέσο όρο τούβλων, σκυροδέματος και ελαφροσκυροδέματος. Αυτός ο τύπος ορίζεται ως πυροδιαμέρισμα τύπου «Α».

Για πυρκαγιές σε πυροδιαμερίσματα που περικλείονται από επιφάνειες με θερμικές ιδιότητες διάφορες αυτών του τύπου «Α», η διαδικασία υπολογισμού ανάγεται σε καμπύλη $T-t$ για πυροδιαμέρισμα τύπου «Α», με τον ακόλουθο τρόπο: Χρησιμοποιείται η έννοια της ανηγμένης πυκνότητας καυσίμου φορτίου q_{tf} και του ανηγμένου συντελεστή ανοίγματος

$[A_o\sqrt{h}]$ σχέση 1.5

σύμφωνα με τους τύπους:

A_t

$Q_{tf}= k_f \cdot q_t$ 1.4.1

$([A_o\sqrt{h}] = k_f \cdot [A_o\sqrt{h}]$

$A_t \cdot f \quad (A_t)$

Όπου k_f από τον πίνακα 1.3

Ο συντελεστής K_f δίνεται στον Πιν.1,3 για τύπους πυροδιαμερισμάτων που ορίζονται από το υλικό των επιφανειών οι οποίες τα περικλείουν.

Πρέπει, τέλος, να σημειωθεί ότι όλες οι καμπύλες T-t του σχ. 6 έχουν εφαρμογή για πυροδιαμερίσματα μεγέθους περίπου όσο ένα συνηθισμένο δωμάτιο πολυκατοικίας, γραφείου, σχολείου, νοσοκομείου, ξενοδοχείου ή βιβλιοθήκης.

Για πυροδιαμέρισμα πολύ μεγάλου όγκου (όπως εργοστασιακοί χώροι ή κλειστά γυμναστήρια), οι καμπύλες αυτές δίνουν αποτέλεσμα που αποκλίνουν σημαντικά από την πραγματικότητα.

1.4.1 Η ΚΑΜΠΥΛΗ ISO ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΙΩΝ-ΧΡΟΝΟΣ

Ο σχεδιασμός δομικών μελών από Ω.Σ. έναντι πυρκαγιάς βάσει των κανονισμών των περισσότερων κρατών, έχει στηριχθεί σε πειραματικά αποτελέσματα ανθεκτικότητάς σε μια πρότυπη πυρκαγιά. Από τις διάφορες πρότυπες πυρκαγιές που υπάρχουν, η συχνότερα χρησιμοποιούμενη σήμερα είναι η ISO Standard 834.

Σ' αυτή την πρότυπη πυρκαγιά, το οπλισμένο σκυροδεμα εκτίθενται σε μία θερμοκρασία η οποία μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με τη σχέση:

$$T-T_o=345 \cdot \log_{10} (8t+1) \text{ σχέση 1.6}$$

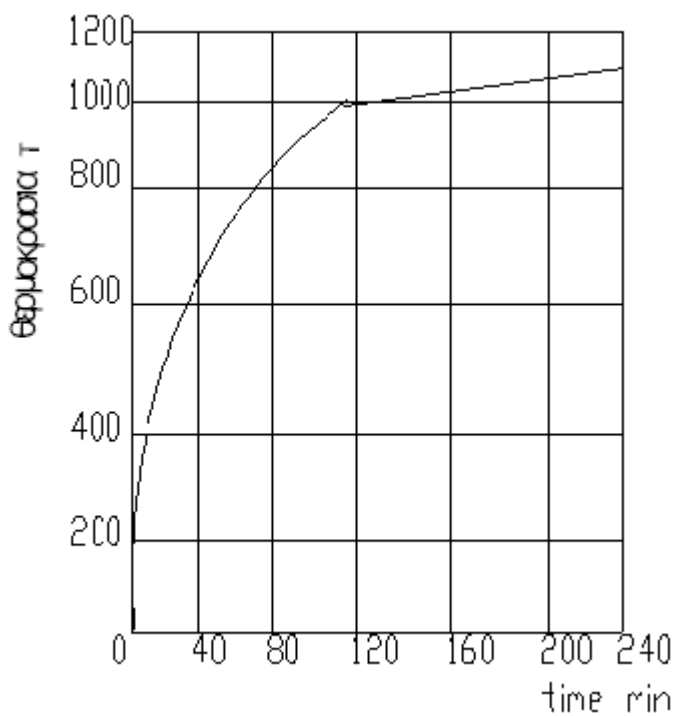
Όπου:

t: χρόνος [min]

T : θερμοκρασία φούρνου τη χρονική στιγμή t [$^{\circ}\text{C}$]

T_0 : θερμοκρασία φούρνου τη χρονική στιγμή $t=0$ [$^{\circ}\text{C}$]

Παρ' όλο ότι η καμπύλη T - t της ISO 834 (που φαίνεται στο σχημα) έχει αρκετά μειονεκτήματα, αποτελεί την περισσότερο χρησιμοποιούμενη σήμερα καμπύλη αυτού του είδους.



Σχεδιο 1.5 (T - t)

1.5 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Το επόμενο βήμα μετά την εύρεση της καμπύλης $T - t$ μέσα σ' ένα πυροδιαμέρισμα, θα ήταν ο υπολογισμός της κατανομής των θερμοκρασιών μέσα στη μάζα των μελών από Ω.Σ., που περικλείουν το υπόψη διαμέρισμα.

Αυτή όμως είναι μια ιδιαίτερα επίπονη εργασία που πραγματοποιείται με τη βοήθεια του λογισμητή, επιλύοντας διαφορετικές εξισώσεις με δεδομένα τις τιμές της καμπύλης $T-t$ που έχει ήδη υπολογισθεί.

Για να αποφευχθεί στην πράξη όλη αυτή η δύσκολη διαδικασία επιλύσεων, έχει επινοηθεί μια διαδικασία μετατροπής οποιασδήποτε πυρκαγιάς, σε μια πυρκαγιά ISO 834 κάποιας συγκεκριμένης «ισοδύναμης» χρονικής διάρκειας. Έτσι μετά την μετατροπή αυτή, είναι εύκολο να υπολογισθεί η κατανομή των θερμοκρασιών στη μάζα των μελών από Ω.Σ., βάσει των διατιθεμένων βοηθημάτων.

Ως ισοδύναμος χρόνος εκθέσεως στην πρότυπη πυρκαγιά ISO 834 (ή απλά «ισοδύναμος χρόνος») ορίζεται εκείνος ο χρόνος εκθέσεως σε καμπύλη ISO 834, ο οποίος θα προκαλούσε στα δομικά στοιχεία τα ίδια μηχανικά αποτελέσματα με την πραγματική πυρκαγιά στην οποία αναμένεται ότι θα υποβληθούν. Παραδείγματος χάρη την ίδια μείωση ορίου διαρροής (δηλ. την ίδια μέγιστη θερμοκρασία) στον οπλισμό μιας δοκού σιδηροπαγούς σκυροδέματος.

Υπάρχει μια απλή έκφραση ευρέσεως του ισοδύναμου χρόνου σε ένα πυροδιαμέρισμα δεδομένου τύπου, του οποίου είναι γνωστές οι διαστάσεις, ο συντελεστής ανοίγματος και η πυκνότητα καυσίμου φορτίου q_f :

Σχέση 1.7
$$t_e = 0,067 \cdot k_f \cdot q_f \cdot A_f$$

Σχέση 1.7.1
$$A_t \cdot [A_0 \sqrt{h}]^{1/2}$$

(A_t)

όπου :

t_e : ισοδύναμος χρόνος [min]

k_f : συντελεστής τύπου πυροδιαμερίσματος (πιν.4)

q_f : πυκνότητα καυσίμου φορτίου [MJ/m²]

A_f : επιφάνεια κατόψεως του πυροδιαμερίσματος [m²]

A_t : συνολικό εσωτερικό εμβαδόν όλων των επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα, συμπεριλαμβανομένων και των ανοιγμάτων [m^2]

A_o : ολική επιφάνεια των ανοιγμάτων [m^2]

h : ύψος των ανοιγμάτων [m^2].

Ο τύπος αυτός παρέχει ικανοποιητική ακρίβεια για κατασκευές από χάλυβα και για δοκούς από Ω.Σ. Ισχύουν και εδώ οι ίδιοι περιορισμοί όσον αφορά τις διαστάσεις του πυροδιαμερίσματος, που εξετάστηκαν στην αρχή.

Δεν είναι γνωστή όμως η ακρίβεια που παρέχει αυτός ο τύπος για άλλου είδους δομικά στοιχεία όπως υποστυλώματα, πλάκες, τοιχεία κ.λ.π. Η χρήση του τύπου για τέτοιου είδους δομικά στοιχεία εισάγει μια πρόσθετη αβεβαιότητα στον σχεδιασμό, την οποία πρέπει απαραίτητα να έχει υπόψη του ο Μηχανικός.

1.6 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Ανθεκτικότητα μιας κατασκευής σε πυρκαγιά ορίζεται ως «ο απαιτούμενος χρόνος εκθέσεως στην πυρκαγιά ISO 834 πριν η κατασκευή απολέσει την ικανότητά της να φέρει φορτία και να υφίσταται ανεκτές παραμορφώσεις».

Η παραπάνω σκέψη μπορεί να εκφραστεί με την εξίσωση:

$$t_{ev} - t_{re} > 0$$

όπου:

t_{ev} : ο εκτιμώμενος χρόνος εκθέσεως σε πυρκαγιά ISO 834, χωρίς το δομικό στοιχείο να απολέσει την αντοχή του.

t_{re} : ο απαιτούμενος χρόνος εκθέσεως του δομικού στοιχείου στην πυρκαγιά ISO 834, λόγω της χρήσεως του τύπου και του καυσίμου υλικού που περιέχεται στο πυροδιαμέρισμα στο οποίο ανήκει το δομικό στοιχείο που εξετάζουμε.

Ο απαιτούμενος χρόνος t_{re} δεν είναι άλλος από τον ισοδύναμο χρόνο εκθέσεως σε πυρκαγιά ISO 834. Είναι γνωστή δε η μέθοδος υπολογισμού του.

Ασφαλές κατά τον τυπο θα είναι ένα δομικό στοιχείο, εάν μπορεί ν'αντέξει σε τυποποιημένη πυρκαγιά της προβλεπόμενης διάρκειας, χωρίς μείωση της μηχανικής του αντοχής.

2

Η ΦΩΤΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Κανονιστικά πλαίσια

2.1 Απαιτήσεις σχεδιασμού εναντι πυρκαγιάς

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 η κατασκευή τις διαχωριστικές της ιδιότητες (ακεραιότητα, θερμομονωτική ικανότητα) κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς (κριτήρια E και I).

Επίσης σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3Κεφάλαιο 20 (Action on structures) οι δράσεις τις οποίες θα κληθεί να αναλάβει η κατασκευή είναι οι εξής

2.2 ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1)Μηχανικές δράσεις

Η μηχανική δράση περιλαμβάνει εκτός από τις συνήθεις δράσεις G του ιδίου βαρους, Q του οφελειμου φορτιου και τις έμμεσες δράσεις λόγω θερμοδιαστολών την ανεμοπίεση, τη φόρτιση χιονιού, τον σεισμό και τις δυνάμεις

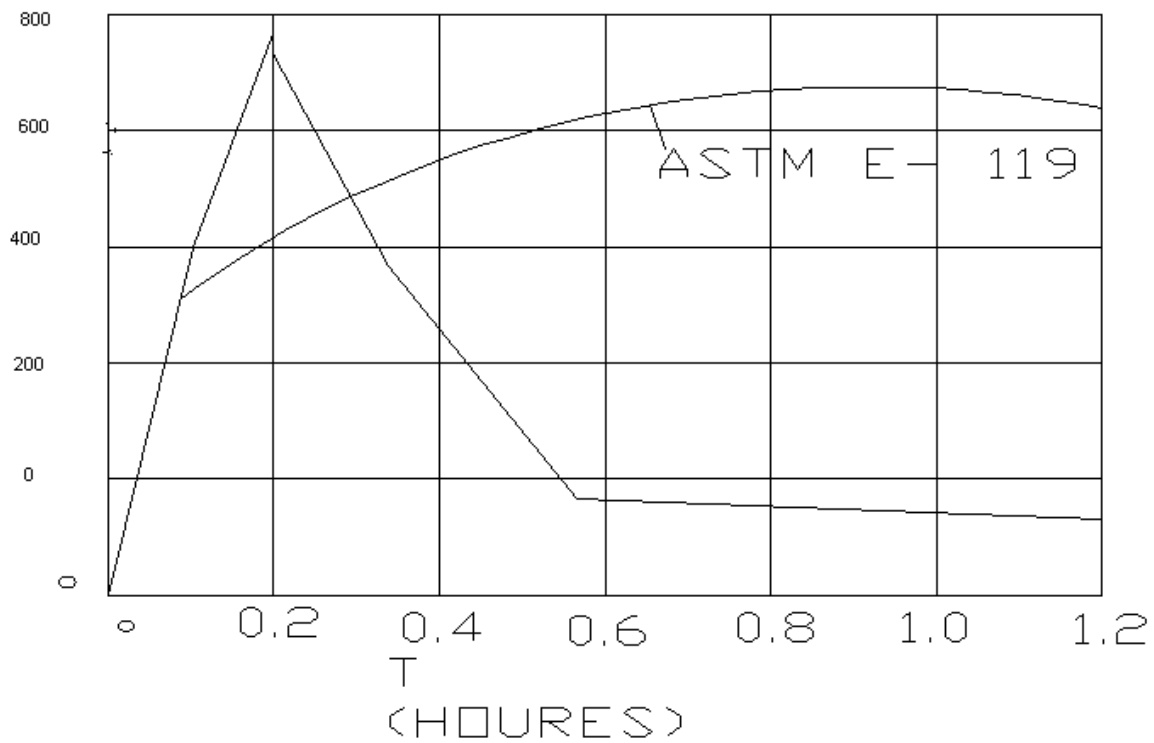
καταναγκασμού λόγω συστολοδιαστολών, καθιζήσεων κλπ. Στον υπολογισμό έναντι πυρκαγιάς προτείνεται λόγω της σπανιότητας του γεγονότος μια μείωση των τιμών των φορτίων της τάξεως του 30%. Δηλαδή. Για τις δράσεις σε περίπτωση φωτιάς χρησιμοποιείται ένας συντελεστής 0,7 ή $E_d, f = 0,7 E_d$.

Όπου E_d η τιμή υπολογισμού των φορτίων για κανονικές συνθήκες και η αντίστοιχη τιμή υπολογισμού για πυρκαγιά.

2)Θερμική δράση

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

Οι θερμικές δράσεις μπορούν να λαμβάνονται είτε από καμπύλες μεταβολής θερμοκρασίας χρόνου (π.χ. καμπύλες ISO ASTM E-119, SDHI), είτε από ένα μοντέλο πυρκαγιάς σε πυροδιαμέρισμα που όμως πρέπει να λαμβάνει υπόψη μία κατάλληλη θεωρητική ή πραγματική πυκνότητα πυροθερμικού φορτίου.



ΣΧΗΜΑ 2.1

3 ΘΕΡΜΟ-ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Ο πίνακας δίνει χαρακτηριστικές τιμές για δύο βασικές παραμέτρους σκυροδεμάτων με ασβεστολιθικά και πυριτικά αδρανή.

Της αντοχής σε θλίψη $f_c(\theta)$

Της αντίστοιχης στην $f_c(\theta)$ παραμόρφωσης $\varepsilon_{c1}(\theta)$

Πίνακας 3.1 . Θερμο-μηχανικές ιδιότητες σκυροδέματος.

FC(Θ)/FC(20)			
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΣΚΥΡΟΔΕΙΤΗΡΙΑΚΑ	ΑΔΡΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΑ	ΑΔΡΑΝΗ $\epsilon_{c1}(\theta)/10^{-3}$
20	1	1	2,5
100	0,95	0,97	3,5
200	0,9	0,94	4,5
300	0,85	0,91	6
400	0,75	0,85	7,5
500	0,6	0,74	9,5
600	0,45	0,6	12,5
700	0,3	0,43	14
800	0,15	0,27	14,5
900	0,08	0,15	15
1000	0,04	0,06	15
1100	0,01	0,02	15
1200	0	0	

Παρατηρούμε ότι τα ασβεστολιθικά αδρανή πλεονεκτούν έναντι των πυριτικών

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Α) Κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς αλλά και μετά την κατάσβεση πρέπει να ξέρουμε αν η κατασκευή παρουσιάζει κίνδυνο κατάρρευσης γιατί αυτό το κριτήριο θα καθορίσει τα μέτρα τόσο για τη 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 κάμψης 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 :

$$f = 1^2/800d \text{ (cm)}$$

και η ταχύτητα αύξησης του βέλους είναι:

$$u = 1 /900 d \text{ (mm/min)}$$

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

B)

1) 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 και μία κάτω) ενώ οι πλάκες προσβάλλονται από τη θερμότητα μόνο από κάτω αφού η πάνω επιφάνεια τους συνήθως προστατεύεται επαρκώς από τις επιστρώσεις και τα πατώματα.

2) ΠΥΡΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

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.

3.1) Κατά σειράν, οι κύριες παράμετροι που διαμορφώνουν το πρόβλημα της αποτιμήσεως των κατασκευών Ω.Σ. μετά από πυρκαγιά είναι:

- α) Η εκτίμηση της μέγιστης θερμοκρασίας των αερίων του πυροδιαμερίσματος
- β) Η εκτίμηση της θερμοκρασίας στην παρειά και στην μάζα των δομικών στοιχείων
- γ) Τα απομένοντα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών διατομών και περιοχών των κρισίμων στοιχείων
- δ) Η ανακατανομή εντάσεως, και
- ε) Τα περιθώρια ασφαλείας και λειτουργικότητας (ενδεχομένως δε και πλαστιμότητας ή και ανθεκτικότητας).

3.2.- Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια μιας μεγάλης πυρκαγιάς εξαρτώνται απ' τα χαρακτηριστικά του πυροδιαμερίσματος και της καύσιμης ύλης.

Οι τυπικές καμπύλες πλήρους πυρκαγιάς (T-t) μπορούν να εκτιμηθούν με αρκετή ακρίβεια αν συγκεντρωθούν (κατά την αποτίμηση) αξιόπιστα στοιχεία και πληροφορίες γι' αυτές τις δύο βασικές παραμέτρους, λαβαίνοντας βεβαίως υπόψη και όλες τις άλλες σχετικές ενδείξεις για τις κατά τόπους (τουλάχιστον) μέγιστες θερμοκρασίες, όπως:

- την καύση χονδρών ξύλινων οικοδομικών υλικών
- την αλλοίωση των αδρανών και του χρώματος του σκυροδέματος, καθώς και
- τις φθορές και βλάβες δομητικών και άλλων στοιχείων.
- Υπάρχουν πολλά στοιχεία για την εκτίμηση της πλήρους τυπικής καμπύλης T-t που μπορεί να θεωρηθεί ως «η ταυτότητα» της κάθε πυρκαγιάς, καθώς και για:
- την εξέλιξη και την κατανομή των θερμοκρασιών στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων (ισόθερμες καμπύλες και καμπύλες κατανομής), και
- την αλλοίωση των καταστατικών νόμων και των μηχανικών χαρακτηριστικών του σκυροδέματος και των οπλισμών υπό υψηλές θερμοκρασίες.

.- Το πρόβλημα της ανακατανομής εντάσεως και των περιθωρίων ασφαλείας των κατασκευών τόσο κατά την πυρκαγιά όσο και κατά την απόψυξη είναι πιο σύνθετο:

Οι θερμικώς επιβαλλόμενες παραμορφώσεις είναι ασυμβίβαστες με την επιπεδότητα των διατομών, και απαιτείται η προσφυγή είτε σε μεθόδους πεπερασμένων στοιχείων είτε σε απλούστερες μεθόδους θερμοελαστικότητας (μέθοδος λωρίδων- θερμοστοιχείων και αυτογενούς θερμικής εντάσεως).

Έτσι μπορούν να εκτιμηθούν οι πραγματικές-ενεργές καμπυλότητες που θα επιβληθούν στον πραγματικό φορέα (με τροποποιημένες κατά τόπους ακαμψίες) και θα οδηγήσουν σε εκτίμηση της θερμικής και της τελικής εντάσεως.

.- Βεβαίως, ανά περίπτωση, παραμένουν προς εκτίμηση οι παράμετροι της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ παρειάς στοιχείων και αερίων, καθώς και της εκτιμήσεως της πραγματικής επιτόπου αντοχής των υλικών (και κυρίως του σκυροδέματος), τόσο για τα υγιή όσο και για τα καμμένα δομικά στοιχεία

ⁱ¹ Συμφωνα με την ερευνα 1 που παρουσιάζετε στο τέλος της εργασίας και με τις ενδείξεις που πάρθηκαν από πυρκαγιές σε 6 μεγάλα κτίρια μπορούμε να καταλάβουμε περίπου από τι εξαρτάτε το μέγεθος της πυρκαγιάς αλλά και γιατί υπέστησαν τις οποίες βλάβες και στο βαθμό στον οποίο πρόεκυψαν αυτές

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: Στοιχεία και πληροφορίες για τις κατασκευές που ελέγχθηκαν

Α/Α	Κατασκευή	1 Ηλικία έτη	2 Διάστημα μήνες	Πυροδιαμέρισμα			Γαύσιμη ύλη			Διάρκεια πυρκαγιάς min	Μέγιστη θερμοκρασία °C
				Τύπος	Μέγεθος m ²	Αερισμός ³ m ³ /s	Είδος	Βάρος kg	Πυκνότητα ⁴ KJ/m ³		
1	Πολυκατάστημα	<15	<3	Συνηθ.	Μεγάλο	Μικρός	Διάφορα	Μεγάλο	Μεγάλη	45-60	700
2	Αποθήκη	<5	6	Σιδ.στέγη	3000	0,175	Βαμβάκι	900.10 ³	6000	180	1100-1200
3	Βιοτ.επίπλων	5	3 & 6	Συνηθ.	1000	0,075	Ξύλο	Μικρό	Μικρή	30	800
4	Βιομ.ελαιών	<5	12	Σ.Σ.+Π.Σ.	4000	0,225	Πολ/ρας	125.10 ³	800	30	900
5	Κλωστήρια	10	3 & 6	Συνηθ.	Μέτριο	Μέτριος	Βαμβάκι	Μέτριο	Μέτρια	30	800
6	Εργαστήρια	25	3	Συνηθ.	150	0,150	Διάφορα	Μικρό	400	90	800

Στον πίνακα 3.2) δίνονται στοιχεία και πληροφορίες για έξι (6) μεγάλα κτίρια ²Ω.Σ. που υπέστησαν σημαντικές πυρκαγιές και αποτιμήθηκαν απ' το ΕΩΣ/ΕΜΠ μέσω σχετικών διερευνητικών προγραμμάτων (κατά την τελευταία 10-ετία).

Μεταξύ των κριτηρίων επιλογής των συγκεκριμένων κατασκευών ήσαν και τα εξής (εκτός απ' την ένταση/έκταση της πυρκαγιάς και την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών):

- 1.- Το μέγεθος του πυροδιαμερίσματος
(έως πολύ μεγάλο)
- 2.- Η πυκνότητα καύσιμου φορτίου
(έως πολύ μεγάλη)
- 3.- Η ύπαρξη υγιών – μη καμμένων περιοχών και τμημάτων
(για λόγους διαφορετικής διαγνώσεως)

4)

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ Ο.Σ. ΕΝΑΝΤΙ ΠΥΡΚΑΓΕΙΑΣ

4,1) Τα υλικά του οπλισμένου σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες .

Εχουν γίνει πολλά πειράματα με σκοπό να μετρηθούν οι θερμικές και μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος και του χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τις περισσότερες όμως φορές είναι αρκετά δύσκολο να γίνει σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των διαφόρων πειραμάτων, επειδή η περιγραφή τους είναι ανεπαρκής και γενικά οι συνθήκες των δοκιμών διαφέρουν σημαντικά.

Μέχρι σήμερα έχει διαπιστωθεί ένας μεγάλος αριθμός παραμέτρων, απ' τις οποίες εξαρτάται η συμπεριφορά του σκυροδέματος και του χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες.

Οι μετρήσεις των τιμών των διαφόρων παραμέτρων μπορούν να γίνουν με τους εξής δύο τρόπους: είτε με απ' ευθείας μετρήσεις κατά την διάρκεια του πειράματος, είτε με μετρήσεις μετά από την πλήρη και βραδεία απόψυξη των δοκιμίων. Με την πρώτη μέθοδο εκτιμάται η μεταβολή διαφόρων ιδιοτήτων «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς και με την δεύτερη «μετά την απόψυξη». Η διαφοροποίηση αυτή γίνεται γιατί μετά την απόψυξη παρατηρείται μια μερική ανάκτηση των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών, οι οποίες είχαν μειωθεί κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς.

Στο σκυρόδεμα αυτό το φαινόμενο είναι αμελητέο, αλλά στον χάλυβα όπου είναι σημαντικό, δίνονται καμπύλες «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς και «μετά την απόψυξη», εφόσον βέβαια υπάρχουν στην βιβλιογραφία. Εάν δεν αναφέρεται κάποιος απ' τους δύο παραπάνω όρους, οι καμπύλες εννοείται ότι ισχύουν «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς.

Ετσι παρακάτω θα δούμε ξεχωριστά το υλικό του Ο. Σ. και τις ιδιότητες τους .

4,1,1) Το σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα παρέχει τη καλύτερη αντίσταση σε πυρκαγιά από τα συνήθη δομικά υλικά (κατηγορία A1 κατά EN-1305) για τους εξής λόγους: Τα δομικά στοιχεία που κατασκευάζονται από αυτό είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερης μάζας από αντίστοιχα χαλύβδινα ή ξύλινα, έτσι η ανύψωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του στοιχείου καθυστερεί.

Το σκυρόδεμα, ακόμη και σε ξηρό περιβάλλον περιέχει νερό που βοηθά την πυραντοχή του αλλά ταυτόχρονα (το νερό) είναι υπεύθυνο για μια από τις σημαντικότερες βλάβες που προξενούνται στις κατασκευές κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, αυτή της εκρηκτικής απόσχισης (spalling).

Επίσης, ας σημειωθεί, πως το είδος των αδρανών που περιέχονται στο σκυρόδεμα

παίζει σημαντικό ρόλο. Τα ασβεστολιθικά αδρανή (τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως

στην Ελλάδα) είναι τα καλύτερα, διότι ο ασβεστόλιθος χάνει την ικανότητά του στους

00 °C, οπότε αρχίζει η ασβεστοποίηση με έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (διαδικασία

που απορροφά επίσης σημαντικά ποσά θερμότητας) σε αντίθεση με αυτά που έχουν

πυριτικά αδρανή και η ασβεστοποίηση ξεκινά πολύ νωρίτερα

Γενικότερα όμως η αύξηση της θερμοκρασίας δημιουργεί αλλοιώσεις στις ιδιότητες του. Ιδιαίτερη σημασία έχει το ποσοστό του νερού που περιέχει γιατί οι υδρατμοί που δημιουργούνται μπορούν να καταστρέψουν το μπετόν. Μέχρι τους 200° C το μπετόν παρουσιάζει συχνά μια μικρή αύξηση της αντοχής του την οποία χάνει εντελώς στους 1600 ° C όπου και καταστρέφεται.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται έχουμε και την ανάλογη αντίδραση του μπετόν

- Σε θερμοκρασίες από 0- 100° C έχουμε μικρή εξάτμιση του νερού με αποτέλεσμα μικρή πτώση της αντοχής.
-
- Σε θερμοκρασίες που μπορεί να φτάνουν και τους 300 °C η αύξηση της πίεσης των ατμών ενυδατώνει τους μη ενυδατωμένους κόκκους με αποτέλεσμα μια σχετική αύξηση της θλιπτικής αντοχής.
- Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 300 ° C παρατηρείται πτώση της αντοχής. Το φαινόμενο της εξάτμισης έχει συντελεστεί και αρχίζουν φαινόμενα διαστολής. Η διαστολή του τσιμεντολιθώματος είναι μεγαλύτερη από αυτή των αδρανών με αποτέλεσμα την ανάπτυξη τάσεων με συνέπεια τη ρηγμάτωση και την αποκόλληση των αδρανών. Το φαινόμενο της ρηγμάτωσης και της απόσχισης του μπετόν οφείλεται επίσης στη διαφορετική θερμική διαστολή των επιφανειακών στρωμάτων.
- Η ανάπτυξη ατμών στους πόρους έχει σαν αποτέλεσμα την εκρηκτική θραύση του εξωτερικού στρώματός του. Οι ατμοί που δημιουργούνται δεν προλαβαίνουν να φύγουν από τους υπάρχοντες πόρους αναπτύσσοντας ισχυρές πιέσεις και οδηγώντας σε διάλυση του σκυροδέματος.
- Η έκρηξη αυτή δημιουργείται στο μισό περίπου χρόνο εκείνου που θα δημιουργούσε φαινόμενα διόγκωσης σπασίματος του σκυροδέματος. Σε

- μερικές περιπτώσεις για μεγαλύτερες αντοχές σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται πυρίμαχο σκυρόδεμα το οποίο μπορεί να εκτίθεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες μέχρι και πάνω από 1000 °C.
- Ανάλογα με τη σύνθεση του έχουμε και την ανάλογη αντοχή στη θερμοκρασία.
 -
 - Από τσιμέντο Πόρτλαντ με λεπτής άλεσης αδρανή ανθεκτικά σε φωτιά, έχουμε θερμοκρασιακή περιοχή έως και 700 °C.
 -
 - Με αργιλικό τσιμέντο έχουμε θερμοκρασιακή περιοχή έως και 1000 °C.

Από υδρύαλο με φθοριοπυριτικό νάτριο με πυρίμαχο άργιλο σαν αδρανή για θερμοκρασίες έως και 1400 °C.

.Γενικά η κρίσιμη θερμοκρασία για ολόσωμα δομικά υλικά φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα.

ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
ΓΡΑΝΙΤΗΣ	700
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	800
ΜΠΕΤΟΝ ΜΕ ΓΡΑΝΙΤΙΑΚΑ ΑΔΡΑΝΗ	575
ΜΠΕΤΟΝ ΜΕ ΑΣΒΕΣΤΙΑΚΑ ΑΔΡΑΝΗ	675
ΠΛΙΝΘΟΙ	900

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΚΡΙΣΙΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΓΙΑ ΟΛΟΣΩΜΑ ΥΛΙΚΑ

Βέβαια, κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς το σκυρόδεμα είναι αυτό που

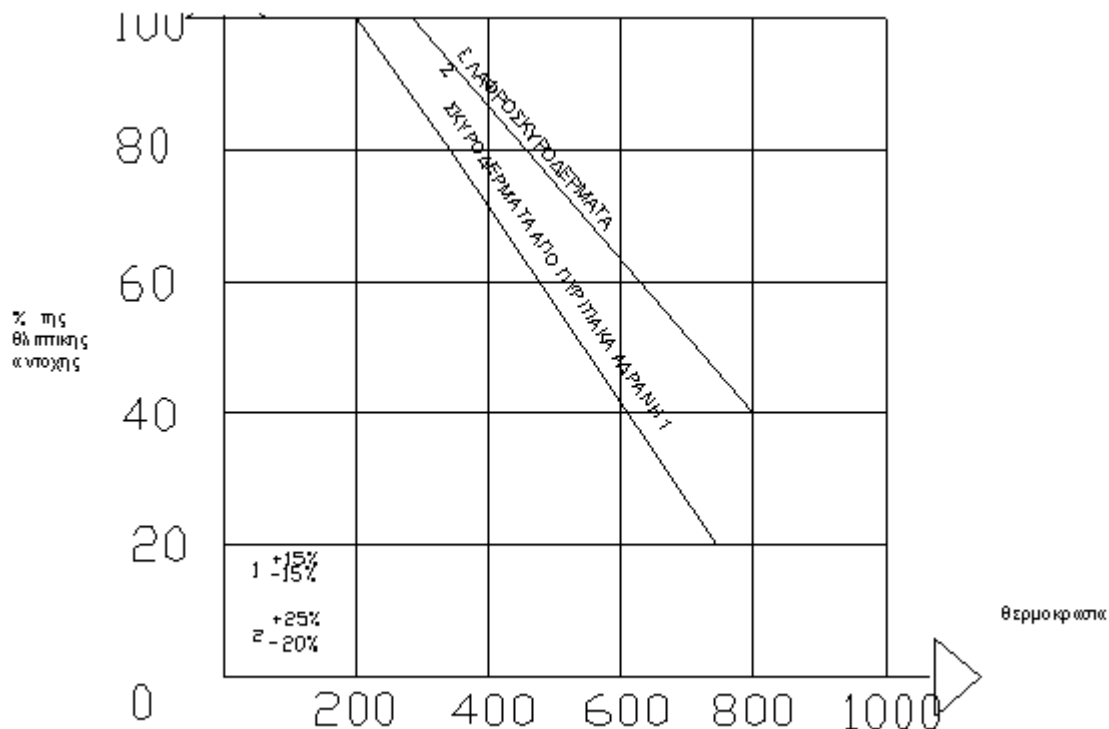
παρουσιάζει τις περισσότερες βλάβες, αφού εγκιβωτίζει το χάλυβα θερμομονώνοντάς τον και έτσι ο τελευταίος δεν παρουσιάζει μεγάλες απώλειες στις μηχανικές του ιδιότητες.

Όταν, όμως, ο χάλυβας έρχεται σε επαφή με τις υψηλές θερμοκρασίες (λόγω κακής επικάλυψης ή εκρηκτικής απόσχισης του σκυροδέματος) γίνεται εξίσου ευάλωτος με το σκυρόδεμα.

Θλιπτική αντοχή

Παρ' όλο ότι η μεταβολή της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με τη θερμοκρασία εξαρτάται από τον λόγο τσιμέντο/αδρανή, τον λόγο νερό/τσιμέντο, τον τρόπο φορτίσεως, το είδος των αδρανών, τον τύπο του τσιμέντου και άλλους δευτερεύοντες παράγοντες, θα παρουσιαστούν μόνο δύο καμπύλες. Αυτές προτείνονται από το CEB ως πρακτικές καμπύλες για τους υπολογισμούς.

Η πρώτη καμπύλη του σχήματος ισχύει για σκυροδέματα από πυριτιικά αδρανή και η δεύτερη για ελαφροσκυροδέματα. Η συμπεριφορά των σκυροδεμάτων από ασβεστολιθικά αδρανή βρίσκεται κάπου μεταξύ των δύο παραπάνω καμπυλών. Προτείνεται να λαμβάνεται η μέση τιμή μεταξύ των τιμών των δύο καμπυλών του σχήματος.



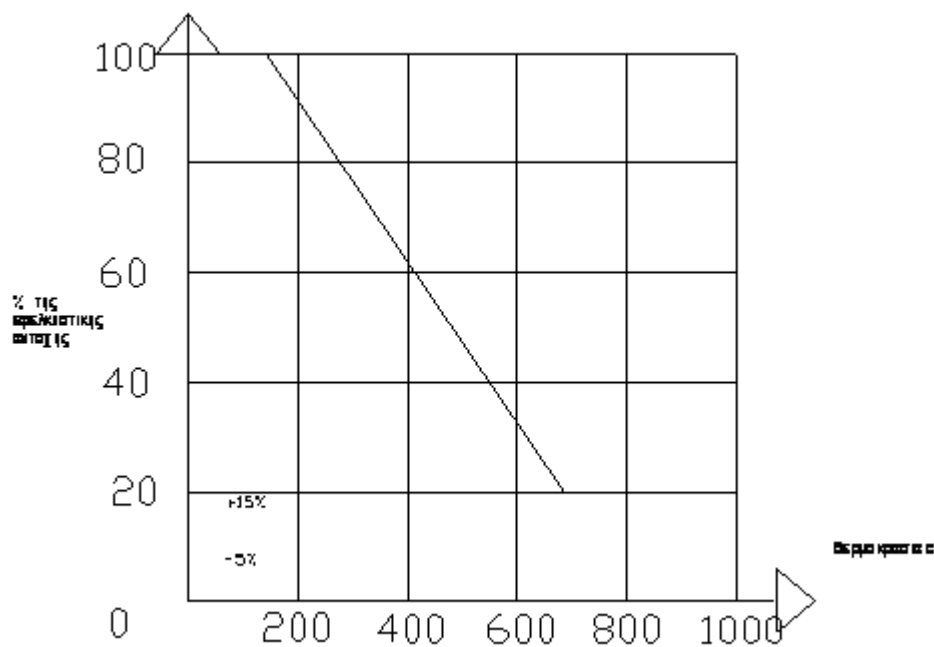
Σχέδιο 4.1 θλιπτική αντοχή

ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Ενώ για την θλιπτική αντοχή έχουν γίνει πολλά πειράματα, για την εφελκυστική αντοχή τα αποτελέσματα είναι λιγότερα. Δίνεται και εδώ μία καμπύλη που προτείνει το CEB για τον πρακτικό σχεδιασμό. Έχει βασιστεί σε πειράματα Σουηδών ερευνητών,

Σχημα.: Εφελκυστική αντοχή σκυροδεμάτων από πυριτιακά αδρανή

Σε υψηλές θερμοκρασίες



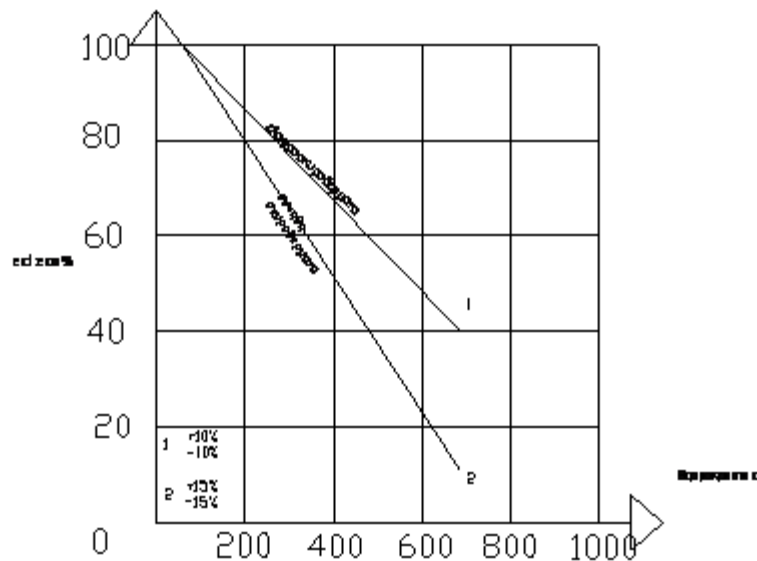
Σχημα 4.2 εφελκυστική αντοχή

Και ισχύει για σκυροδέματα από πυριτιακά αδρανή. Η ίδια καμπύλη προτείνεται και για σκυροδέματα από ασβεστολιθικά αδρανή.

ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος παρουσιάζει συναρτήσεϊ της θερμοκρασίας μεταβολές ανάλογες με την θλιπτική αντοχή. Δίνονται και εδώ δύο καμπύλες που προτείνει το CEB για τον πρακτικό σχεδιασμό. Η μία αναφέρεται σε συνήθη σκυροδέματα και η άλλη σε ελαφροσκυροδέματα. Η μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας εξαρτάται φυσικά από τους ίδιους παράγοντες απ' τους οποίους εξαρτάται και η θλιπτική αντοχή.

Μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες.

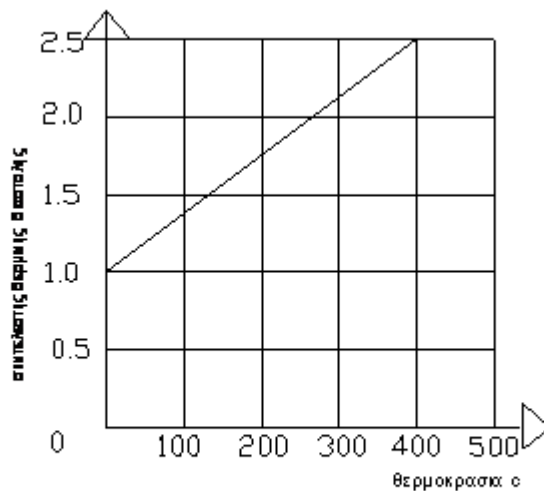


Σχημα 4,3 μέτρο ελαστικότητας

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Δεν έχει γίνει ακόμη δεκτή καμία καμπύλη από το CEB για τον πρακτικό σχεδιασμό. Προτείνεται, ως περισσότερο αξιόπιστη μέχρι στιγμής, μια καμπύλη που προτείνει ο Βέλγος ερευνητής Dotreppe (σχ. 11).

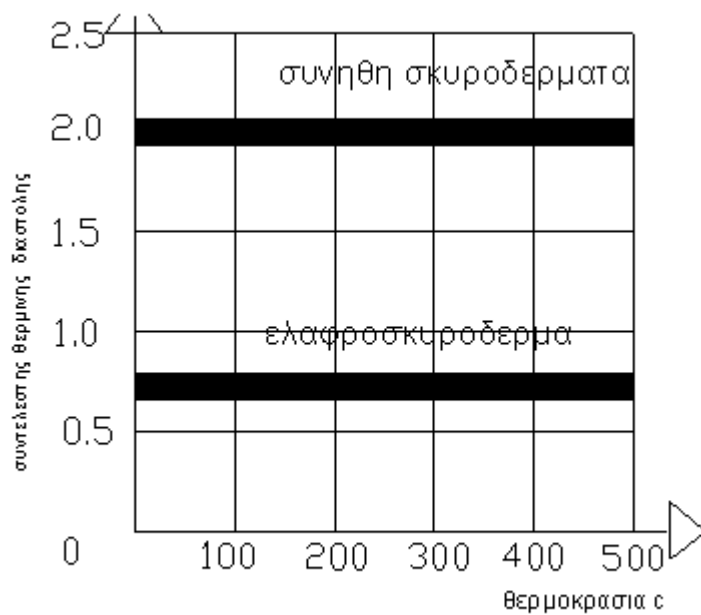
Σχεδιο: Συντελεστής θερμικής διαστολής σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες



Σχημα 4,5 συντελεστής θερμικής διαστολής

Ακόμα, παραθέτονται και δύο καμπύλες που εξάγονται από το διάγραμμα θερμικών παραμορφώσεων που προτείνει το CEB. Η μία ισχύει για συνήθη σκυροδέματα και η άλλη για ελαφροσκυροδέματα.

Συντελεστής θερμικής διαστολής σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες

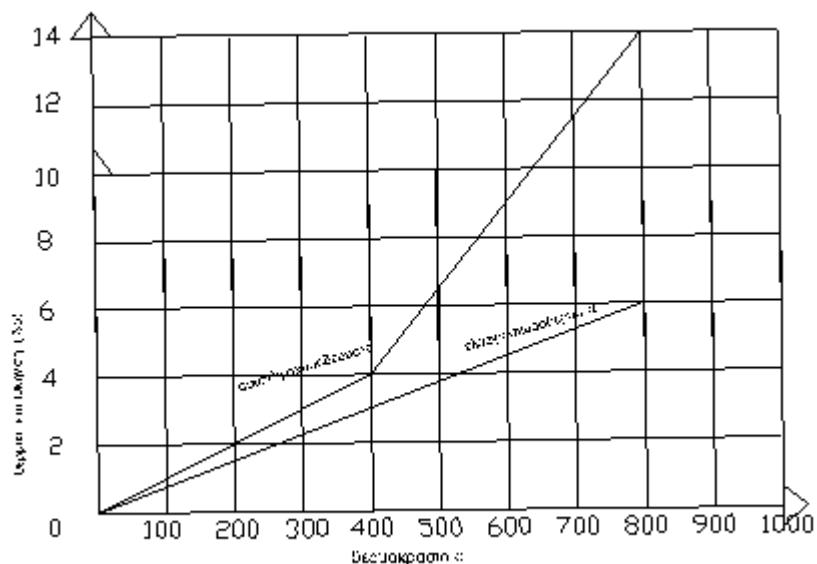


Σχήμα 4,6

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

Για τις θερμικές παραμορφώσεις του σκυροδέματος λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, το CEB προτείνει δύο καμπύλες για τον πρακτικό σχεδιασμό

: Θερμική επιμήκυνση σκυροδέματος (αφόρτιστα δοκίμια).



Σχημα 4,7

Η μία ισχύει για συνήθη σκυροδέματα και η άλλη για ελαφροσκυροδέματα.

Στη συνέχεια θα δούμε τον χάλυβα και πως αντιδρα πάνω στην πυρκαγιά .

4,1,2)ΧΑΛΥΒΑΣ

Αν και ο χάλυβας θεωρείται γενικά άκαυστο υλικό και η έκθεση του σε ψηλές θερμοκρασίες για λιγότερο από 5 λεπτά δεν επηρεάζει την αντοχή του εντούτοις με την έκθεση του για μεγάλο χρονικό διάστημα χάνει μέρος της εφελκυστικής του αντοχής και επιμηκύνεται εύκολα. Η εφελκυστική αντοχή εξαρτάται από την ιστορία φορτίσεως και από το είδος του χάλυβα

Λόγω αυτής της απώλειας έχουμε θραύση των οριζόντιων κυρίως μελών και εκτίναξη του μπετόν που το περιβάλλει. Υπάρχουν χάλυβες, οι φυσικοί σκληροί οι οποίοι με τη μείωση της θερμοκρασίας ανακτούν την αντοχή τους ενώ αυτό δεν συμβαίνει σε χάλυβες εξελασμένους εν ψυχρώ.

Αυτό που έχει σημασία για τον χάλυβα είναι η καλυψη που πρέπει να του παρέχει το μπετόν και η διατήρηση της συνάφειας του με αυτό. Οι λείες ράβδοι είναι πιο ευαίσθητες και χάνουν πλήρως την συνάφεια τους σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 450 °C.

Οι δομικοί χάλυβες αρχίζουν να χάνουν μόνιμα την αντοχή τους σε θερμοκρασίες από 300 έως 500 ° C (κρίσιμες θερμοκρασίες ανάλογα με το είδος τους). Αυτό όμως που έχει σημασία είναι ο χρόνος που χρειάζεται να φτάσει ο χάλυβας σε αυτές τις θερμοκρασίες γεγονός που εξαρτάται από την επικάλυψη του οπλισμού ή και το επίχρισμα του δομικού στοιχείου.

Σαφώς ταχύτερη πτώση δείχνουν χάλυβες που με ψυχρή εξέλαση έχουν αποκτήσει υψηλή αντοχή, διότι με την ανόπτηση που επανέρχεται χάνεται η πρόσθετη αντοχή. Η κρίσιμη θερμοκρασία αυτών των χαλύβων είναι 400^ο Cέως 450^ο C.

Αναλυτικότερα :

Η παρατεταμένη έκθεση των χαλύβων σε υψηλές θερμοκρασίες, έχει ως αποτέλεσμα σημαντική υποβάθμιση των μηχανικών τους ιδιοτήτων

Είναι κοινά αποδεκτό ότι σε κάθε περίπτωση:

- Για όλες τις κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, η θέρμανση σε θερμοκρασίες μέχρι 500^ο C , για χρόνους μέχρι και 2 ώρες, δεν δημιουργεί ουσιαστική μεταβολή στις αρχικές μηχανικές ιδιότητες μετά την ήρεμη ψύξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για μεγαλύτερους όμως

χρόνους έκθεσης ή και για μεγαλύτερες θερμοκρασίες θα υπάρξουν σημαντικές μειώσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών.

-
- Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 500°C μειώνεται το όριο διαρροής σημαντικά, όπως και η συνάφεια με το σκυρόδεμα.
-
- Εκθέσεις σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 550°C οδηγούν σε σημαντικές μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων, λόγω αλλαγών οι οποίες συμβαίνουν στη μικροδομή των χαλύβων.

Η διαφοροποίηση της συμπεριφοράς σε υψηλές θερμοκρασίες των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους είναι σημαντική (Σχήμα 5)

Σχήμα 5: Μεταβολή του ορίου διαρροής, ανάλογα με τη θερμοκρασία, σε χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος, διαφορετικού τρόπου παραγωγής.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος, που αναφέρεται διεξοδικά στο θέμα, αλλά και σχετικά ερευνητικά αποτελέσματα, πρέπει στο σχεδιασμό, να παίρνονται υπόψη τα παρακάτω:

Οι μικροκραματωμένοι με βανάδιο χάλυβες θερμής έλασης, δεν παρουσιάζουν σημαντική υποβάθμιση ιδιοτήτων για θερμοκρασίες έκθεσης 600°C - 650°C μεστά την ψύξη τους στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Εμφανίζουν τη σταθερότερη συμπεριφορά, σε σχέση με όλες τις άλλες κατηγορίες χαλύβων, τουλάχιστον σε ότι αφορά τις μηχανικές ιδιότητες.

Σε ότι αφορά τους χάλυβες Tempore/Thermex, για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 500°C και χρόνους έκθεσης άνω των 2h, είναι πιθανόν να υπάρξει σημαντική μείωση αντοχής και άλλων χαρακτηριστικών. Η μείωση αυτή είναι μεγαλύτερη αν οι θερμοκρασίες έκθεσης πλησιάσουν τους 650°C και μπορεί η τελική αντοχή να φθάσει το 50% της αρχικής τιμής.

Οι χάλυβες ψυχρής ολκής ή ψυχρής έλασης, έχουν διαφοροποιημένη συμπεριφορά, σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες, που καθορίζεται κυρίως από το ποσοστό ψυχρής ολκής (ποσοστό μείωσης της διατομής, η%), αλλά και τις αρχικές ιδιότητες του αρχικού υλικού. Έτσι έχουμε:

- Για τιμές η 2% δεν δημιουργείται ειδικό πρόβλημα μεταβολής αντοχής μετά από έκθεση σε θερμοκρασίες έως 550°C - 600°C . Για τιμές η 2%, η υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του υλικού, είναι σημαντική.

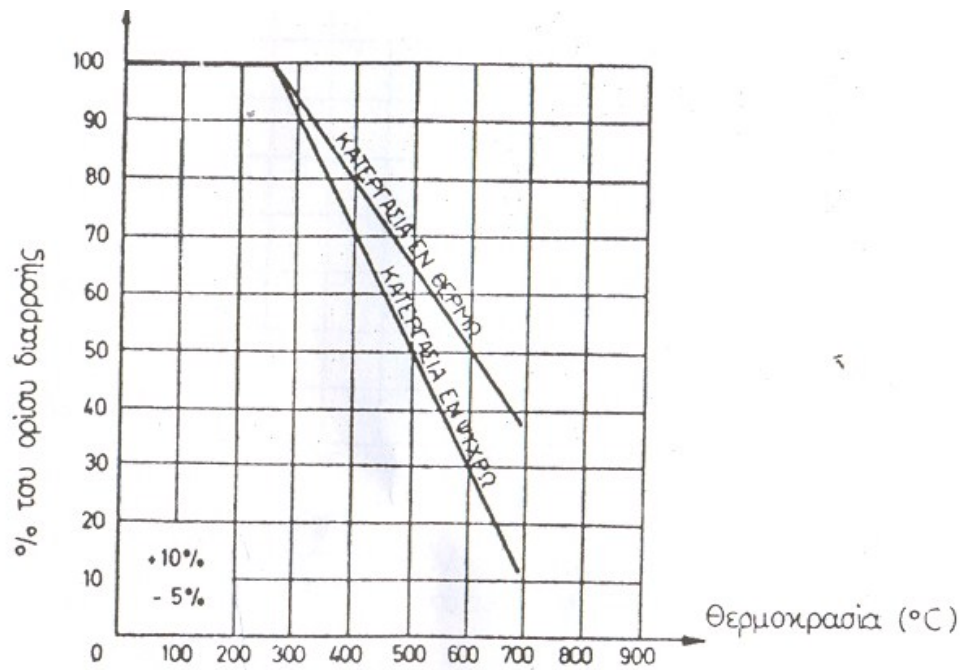
-
- Η ελαφριά προσθήκη βαναδίου στο αρχικό υλικό, βελτιώνει την αντοχή του υλικού σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ ταυτόχρονα τα φαινόμενα γήρανσης είναι εντονότερα.

Για όλες τις κατηγορίες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, θα πρέπει επιπλέον να ληφθούν υπόψη η μείωση της αντοχής συνάφειας σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως και οι κίνδυνοι εσωτερικών μικρορωγματώσεων του υλικού, λόγω της αύξησης των τιμών του συντελεστή γραμμικής διαστολής και της δημιουργούμενης θερμικής ασυμβατότητας με το σκυρόδεμα.

ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ

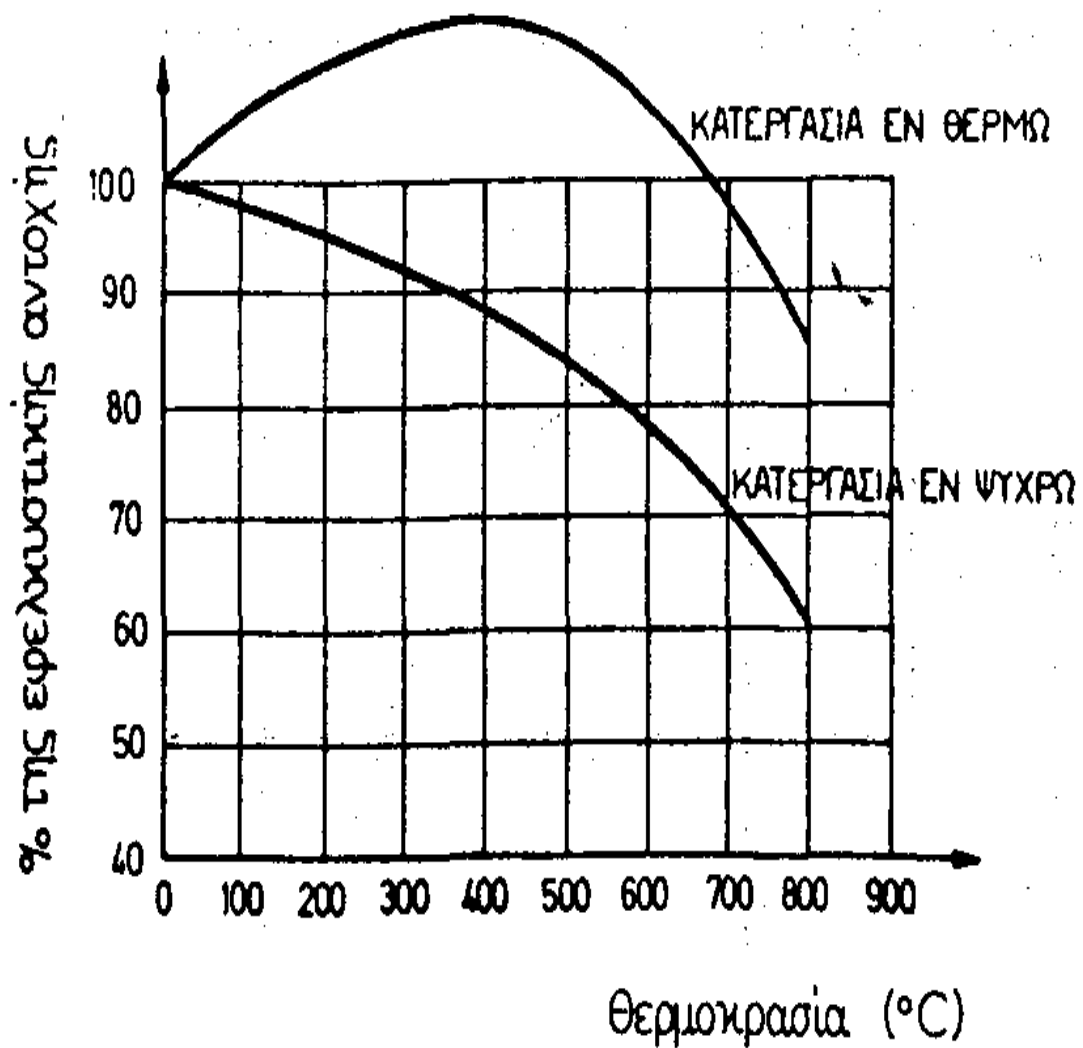
Η συμπεριφορά των προεντεταμένων χαλύβων στις υψηλές θερμοκρασίες μιας πυρκαγιάς είναι πολύ κρισιμότερη από αυτήν των απλών οπλισμών. Το φάσμα των κρίσιμων θερμοκρασιών είναι εδώ χαμηλότερο μεταξύ 370-420° C. Επειδή το φορτίο λειτουργίας του προεντεταμένου χάλυβα είναι το 70% της αντοχής εφελκυσμού ανεβαίνουμε σε ένα όριο ασφαλείας των 500 °C.

Η εφελκυστική αντοχή εξαρτάται από την ιστορία φορτίσεως και από το είδος του χάλυβα. Δίνονται δύο καμπύλες που προτείνει το C.E.B. για τον πρακτικό σχεδιασμό «κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς» και δύο καμπύλες «μετά την απόψυξη». Συγκεκριμένα οι καμπύλες αυτές περιγράφουν την μείωση του ορίου διαρροής



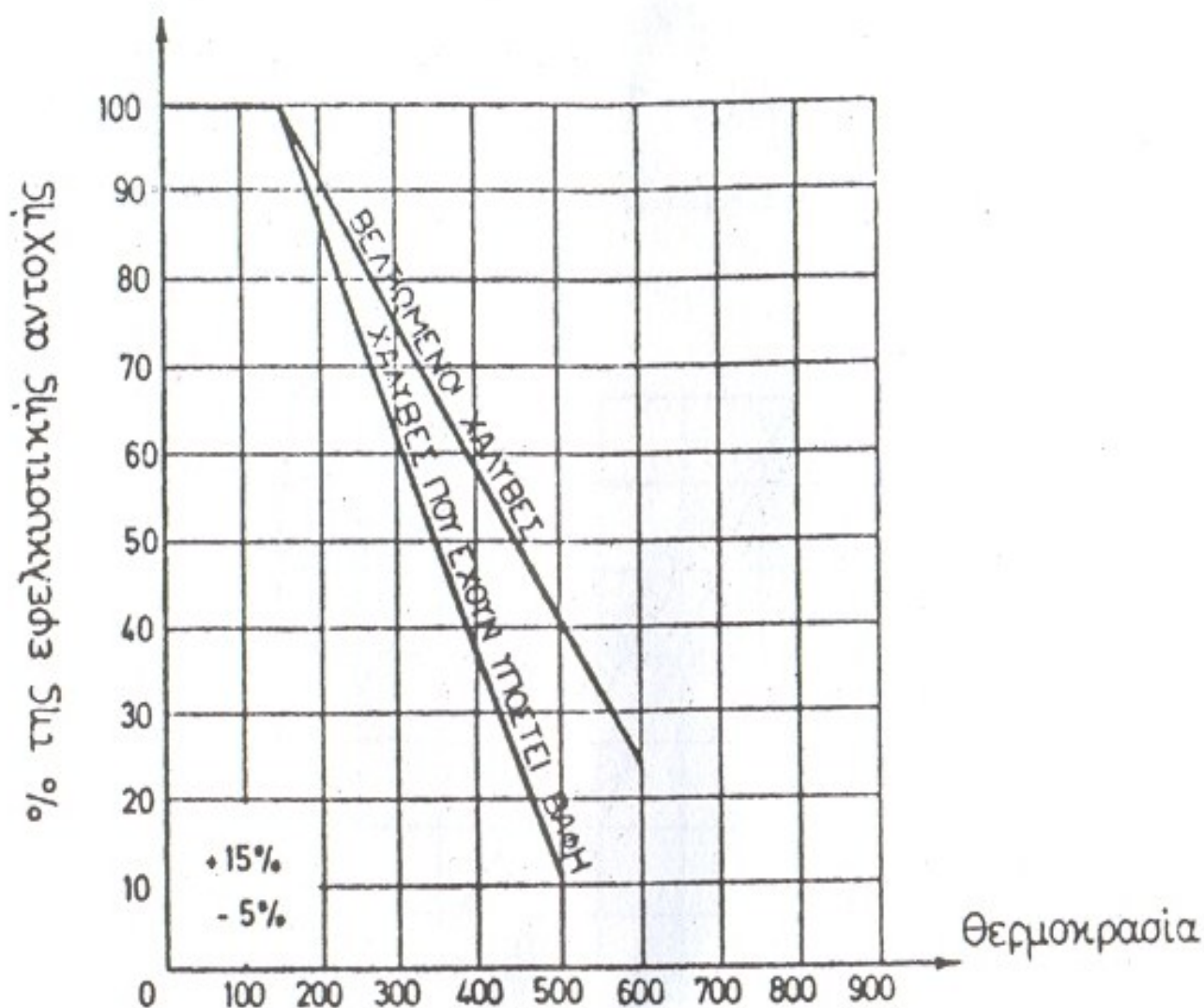
Σχημα 4,8

μεταβολή ορ. διαρροής χαλύβων οπλισμού σε υψηλές θερμοκρασίες «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς.



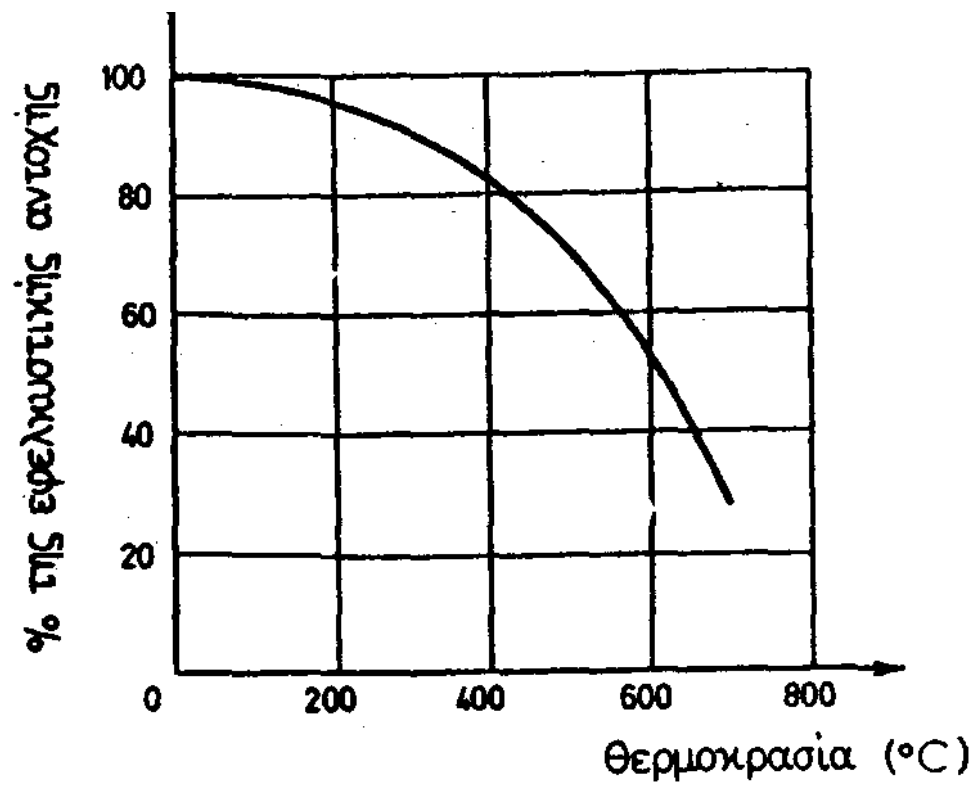
Σχημα 4,9

Εφελκυστική αντοχή χαλύβων σπλισμού σε υψηλές θερμοκρασίες «μετά την απόψυξη».

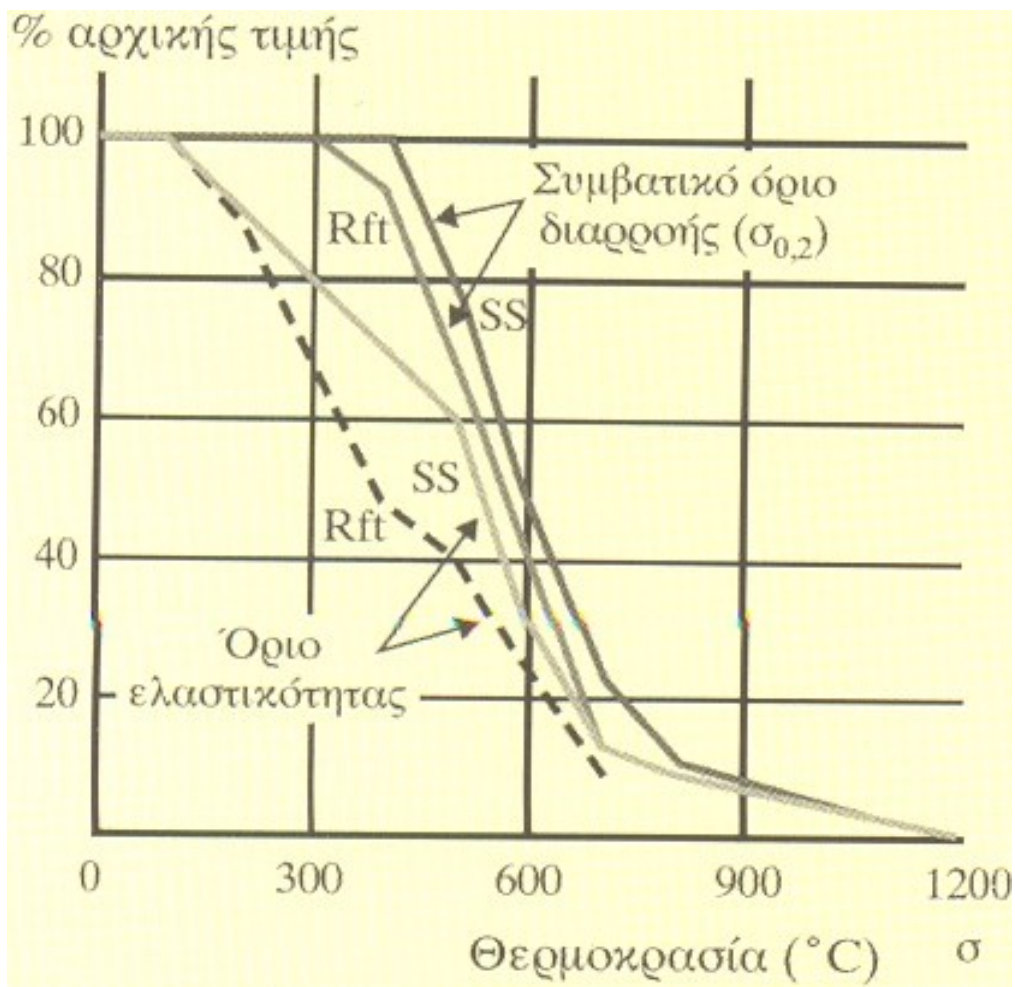


Σχημα 4,10

Όσον αφορά τους χάλυβες προεντάσεως: στο σχεδίο υπάρχουν δύο καμπύλες που προτείνει το CEB για τον πρακτικό σχεδιασμό «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς, (η μία ισχύει για βελτιωμένους χάλυβες και η άλλη για χάλυβες που έχουν υποστεί βαφή), και μία καμπύλη «μετά την απόψυξη»

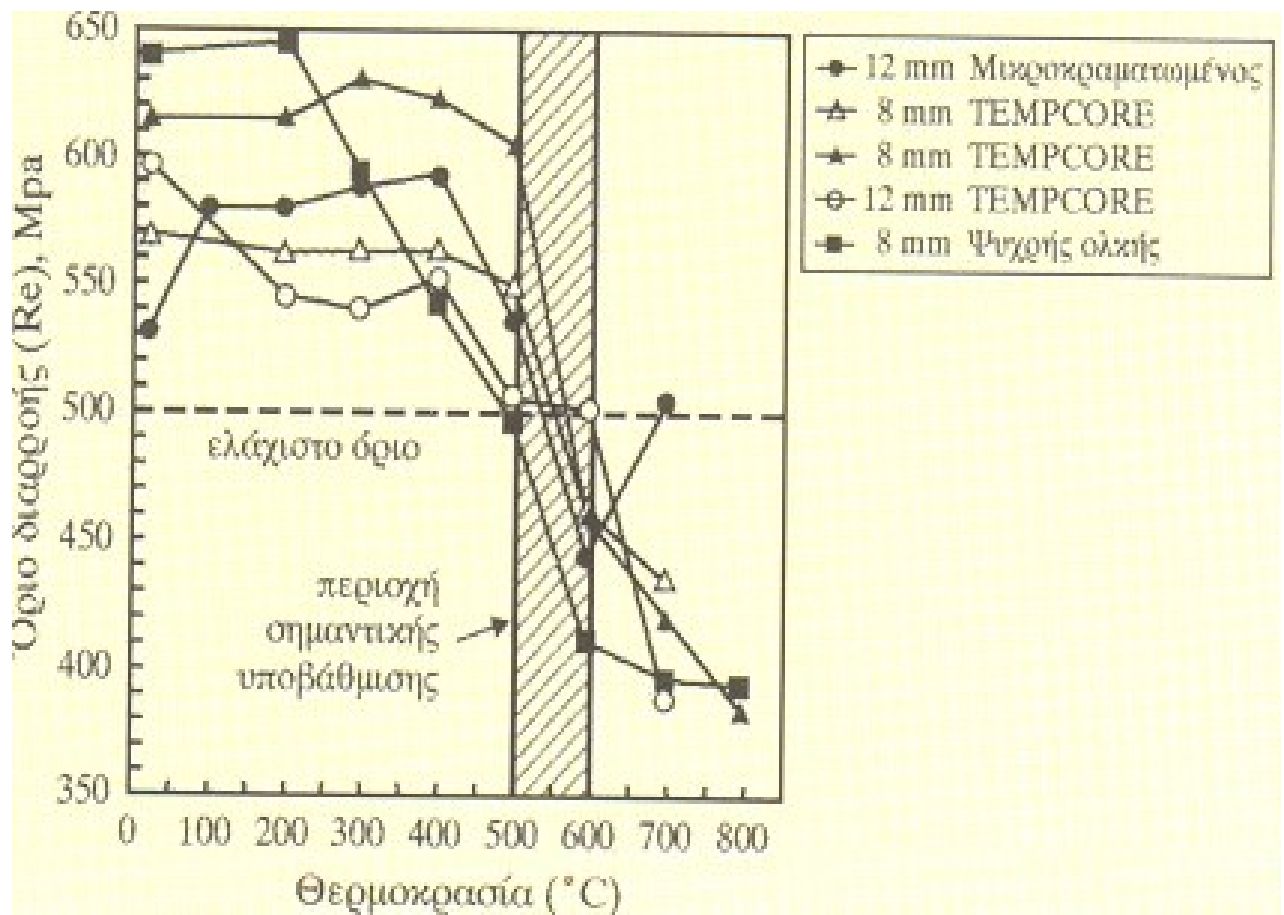


Σχήμα 4,11 Οριο διαρροής



Σχημα 4,12

Μεταβολή του ορίου διαρροής και μέτρου ελαστικότητας, σε δομικούς χάλυβες (SS) και χάλυβες σπλισμού ψυχρής ολκής (Rft) ανάλογα με τη θερμοκρασία.

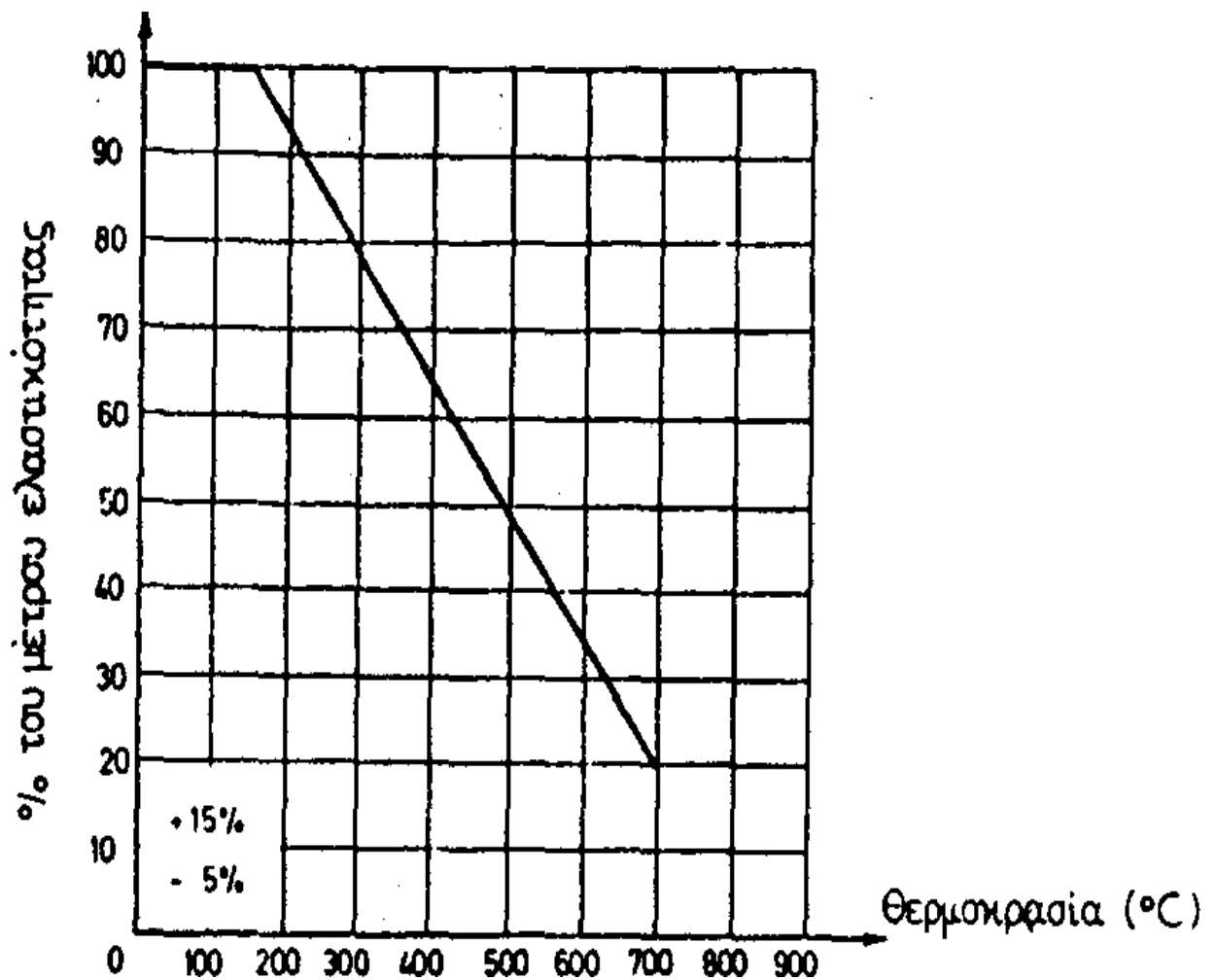


Σχημα 4,13

Μεταβολή του ορίου διαρροής, ανάλογα με τη θερμοκρασία, σε χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος, διαφορετικού τρόπου παραγωγής.

ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

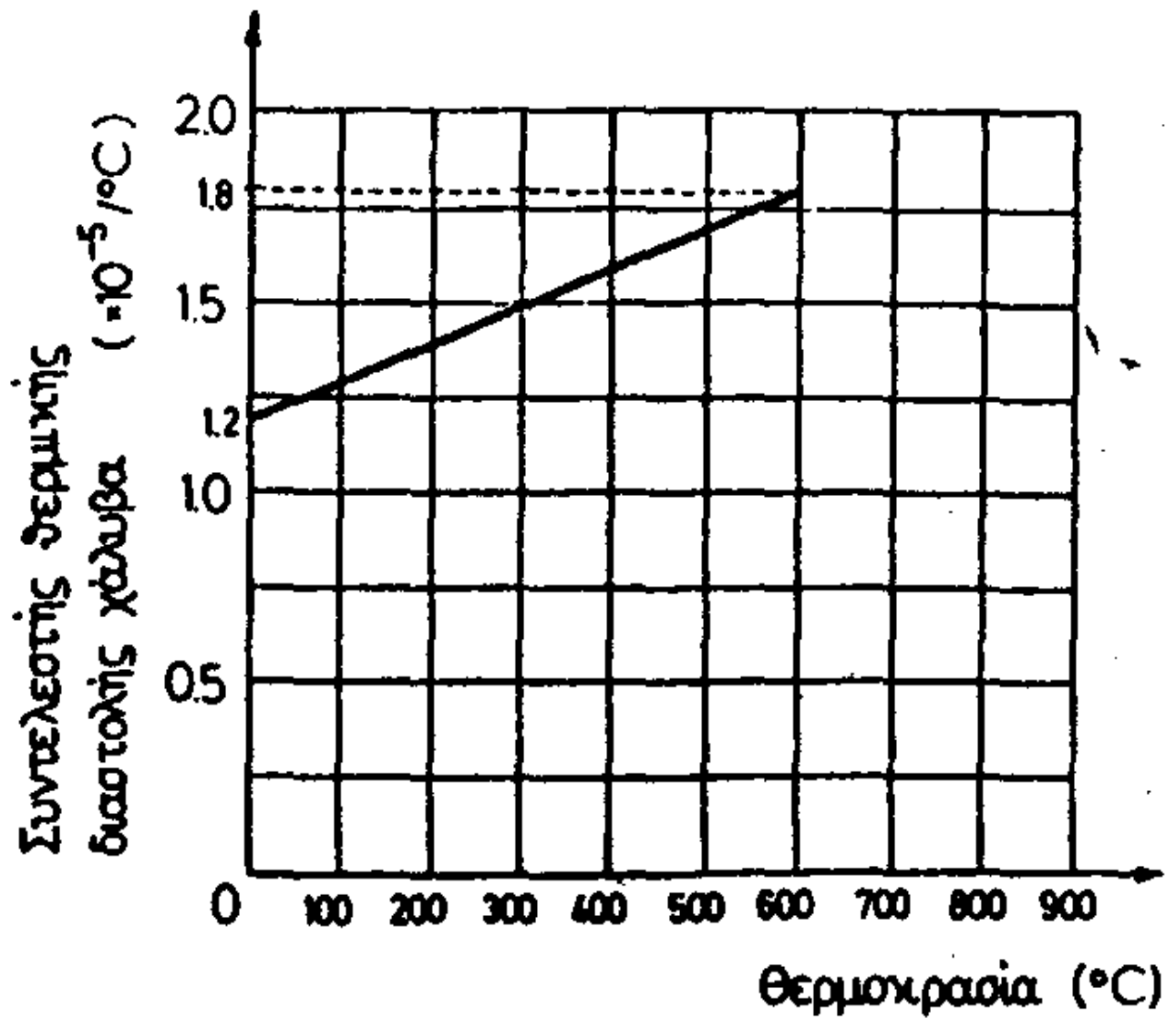
Το CEB προτείνει μια καμπύλη για τον πρακτικό σχεδιασμό, για όλα τα είδη χαλύβων «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς.



Σχημα 4,14 Μέτρο ελαστικότητας χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

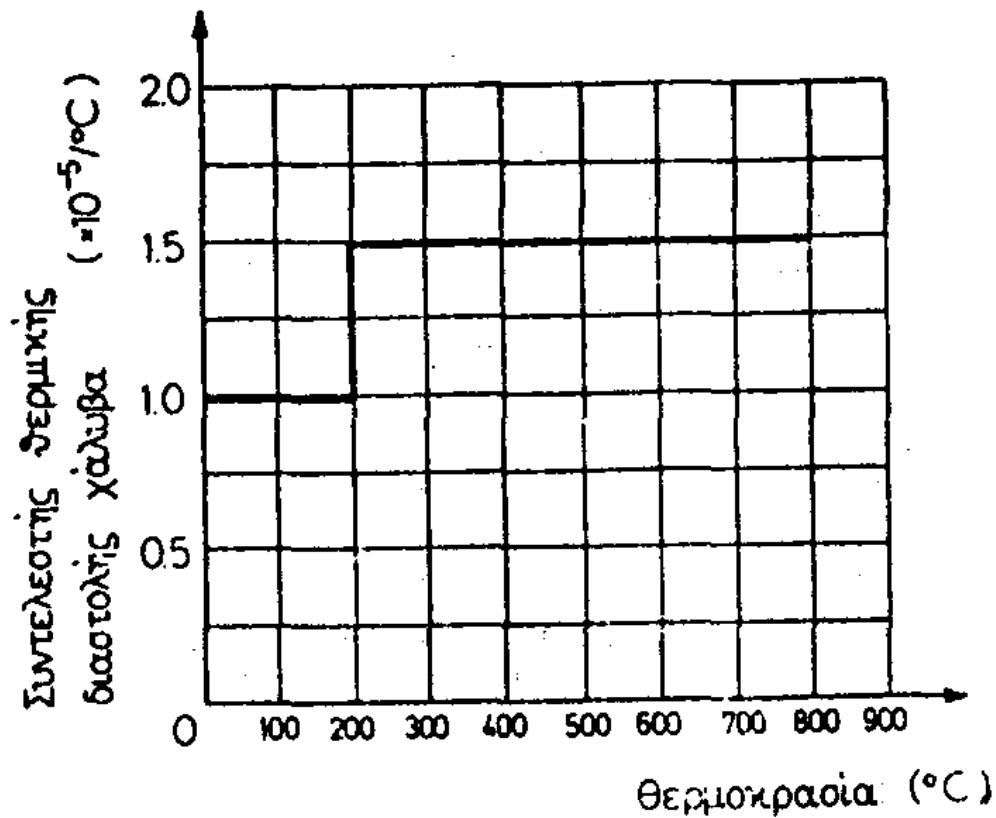
Δεν έχει γίνει ακόμη δεκτή καμμία καμπύλη από το CEB για τον πρακτικό σχεδιασμό. Προτείνεται, ως περισσότερο αξιόπιστη μέχρι στιγμής, μια καμπύλη που προτείνει



Σχημα 4,15

Συντελεστής θερμικής διαστολής χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες (πρόταση Dotreppe).

Συντελεστής θερμικής διαστολής χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες

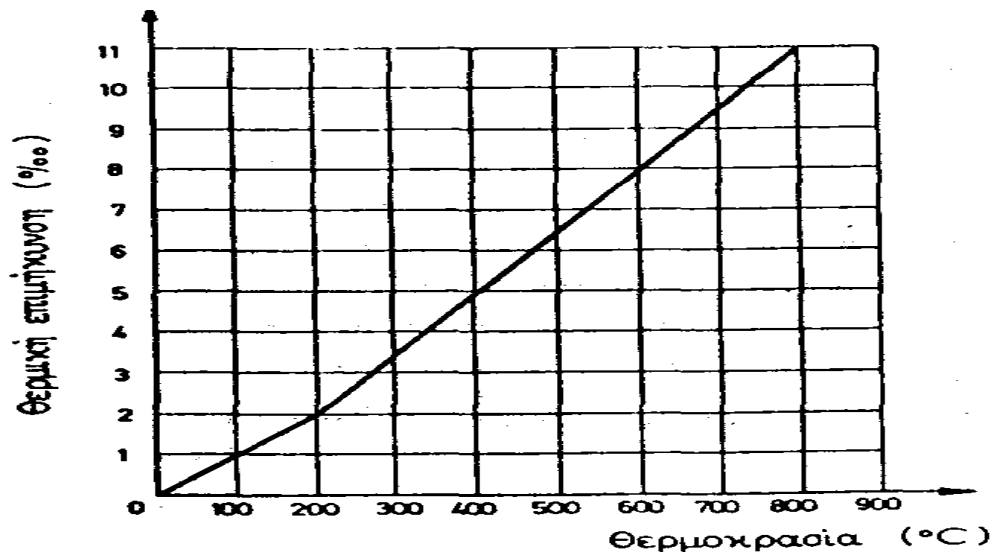


Σχημα 4,16

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

Για την θερμική παραμόρφωση του χάλυβα λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, το CEB προτείνει για τον πρακτικό σχεδιασμό την καμπύλη του σχεδίου, «κατά την διάρκεια» της πυρκαγιάς.

Σχημα
4,17



Θερμική επιμήκυνση χαλύβων οπλισμού (αφόρτιστα δοκίμια)

ΣΥΝΑΦΕΙΑ

Η έκθεση του οπλισμένου σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζει εκτός από τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών και τη συνάφεια σκυροδέματος και οπλισμού.

Η επιτυχής συνεργασία των δύο υλικών εξασφαλίζεται μέσω της μιας συνδυασμένης δράσης μηχανισμών που παρεμποδίζουν τη σχετική ολίσθηση μεταξύ των ράβδων οπλισμού και του περιβάλλοντος σκυροδέματος. Η δράση αυτή αποδίδεται με τον όρο συνάφεια και προσομοιάζεται με τη δημιουργία διατμητικών τάσεων στη διεπιφάνεια χάλυβα – σκυροδέματος, των τάσεων συνάφειας.

Η συνάφεια εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως είναι η ποιότητα του σκυροδέματος, το είδος και το μέγεθος των αδρανών μέσα στο σκυρόδεμα, το είδος καταπόνησης, η επιφάνεια των ράβδων οπλισμού, η επικάλυψη και η θέση ράβδου σε σχέση με τη φορά σκυροδέτησης.

4.2)

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Συμπεριφορά των δοκών, υποστυλωμάτων, πλακών, σε πυρκαγιά

Όπως προαναφέρθηκε, δομικά υλικά με απεριόριστη αντοχή στις θερμοκρασίες των συνήθων πυρκαγιών δεν υπάρχουν. Η καταστροφή τους είναι ζήτημα χρόνου έκθεσης.

Αλλά και η συμπεριφορά των υλικών (από άποψη ανάφλεξης, διατήρησης της μορφής και των μηχανικών ιδιοτήτων σε πυρκαγιά), εξαρτάται από τις διαστάσεις και τις συνθήκες στήριξης του στοιχείου του οποίου αποτελούν μέρος. Έτσι δε μπορούμε να μιλάμε για αντοχή υλικών σε πυρκαγιά αλλά μόνο για αντοχή δομικών στοιχείων.

Παρ' όλα αυτά η αντοχή των δομικών στοιχείων συναρτάται άμεσα με τις ιδιότητες των υλικών από τα οποία αποτελούνται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Αφού προηγουμένως εξετασαμε τη συμπεριφορά των συνιστωσών υλικών του Ο.Σ. στην πυρκαγιά. Τώρα θα δούμε πως αντιδρούν μαζί σαν οπλισμένο σκυροδεμα. Σε (πλάκες υποστυλωμάτων, δοκούς κ.τ.λ.)

Η συμπεριφορά των δομικών στοιχείων απέναντι στη φωτιά είναι ένα πραγματικά δύσκολο θέμα το οποίο διερευνάται με θεωρητικές και πειραματικές μεθόδους τα συμπεράσματα των οποίων εισάγονται στους κανονισμούς σαν απλοί κανόνες κατασκευής.

Εν πάση περιπτώσει η συμπεριφορά των δομικών στοιχείων εξαρτάται από μια σειρά παράγοντες όπως : το υλικό που είναι κατασκευασμένα, η μορφή τους, οι διαστάσεις τους, ο τρόπος σύνδεσης και η συνεργασία τους με άλλα φέροντα στοιχεία.

4.2.1) Κριτήρια επαρκείας της αντοχής των διατομών σύμφωνα με τον ευροκωδικά 2

Η επάρκεια της αντοχής των διατομών μπορεί να ελεγχθεί με μία απ' τις παρακάτω τρεις μεθόδους:

α) Εκτέλεση πειραμάτων πριν την κατασκευή: Η μέθοδος συνίσταται στην εκτέλεση δοκιμών των υπό έλεγχο δομικών στοιχείων μέσα σε κλιβάνους. Είναι η μέθοδος με το μεγαλύτερο κόστος, και γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιείται μόνο σε έργα μεγάλης σημασίας.

β) Ικανοποίηση ορισμένων κατασκευαστικών διατάξεων: Ανάλογα με την κλάση της πυρκαγιάς στην οποία η διατομή πρόκειται να εκτεθεί, υπάρχουν αντίστοιχες κατασκευαστικές διατάξεις, οι οποίες αναφέρονται κυρίως στην ελάχιστη διάσταση της διατομής και στην επικάλυψη των οπλισμών. Αυτές οι πρακτικές οδηγίες σχεδιασμού έχουν προκύψει από την εκτέλεση πολυαρίθμων πειραμάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις της πράξεως, η ικανοποίηση αυτών των κατασκευαστικών διατάξεων παρέχει ένα αποδεκτό όριο ασφαλείας για την κατασκευή.

γ) Η υπολογιστική επαλήθευση: Για ορισμένες διατομές, με ιδιάζουσα στατική σημασία για την φέρουσα ικανότητα όλης της κατασκευής, επιπλέον της ικανοποίησης των κατασκευαστικών διατάξεων, συνιστάται και η χρήση μιας υπολογιστικής μεθόδου που επιτρέπει την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας της διατομής με τη βοήθεια μιας «θερμοστατικής» μεθόδου.

Εναπόκειται στον Μηχανικό η εκλογή των κρίσιμων διατομών στις οποίες θα εφαρμοστεί η υπολογιστική επαλήθευση.

Πάντως, κάτι τέτοιο δεν χρειάζεται να γίνεται στα συνήθη οικοδομικά έργα που δεν παρουσιάζουν ειδικά προβλήματα πυρκαγιάς.

4.3)ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Οι κανονισμοί πυροπροστασίας επιβάλλουν απαιτήσεις για τους δείκτες πυραντίστασης των φερόντων δομικών στοιχείων των κατασκευών καθώς και των δομικών στοιχείων του κελύφους των μεμονωμένων πυροδιαμερισμάτων ενός κτιρίου. Σαν δείκτης πυραντίστασης ορίζεται το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το δομικό στοιχείο ή η κατασκευή μπορεί να ανθίσταται στη φωτιά χωρίς απώλεια στην ευστάθεια, στην ακεραιότητα και στη θερμομονωτική ικανότητα. Ακολουθείται γενικά ένας από τους ακόλουθους τρόπους σχεδιασμού:

α)Χρήση έτοιμων δεδομένων από πίνακες (κατασκευασμένες διατάξεις)

β)Απλές υπολογιστικές μέθοδοι

γ)Σύνθετες γενικές υπολογιστικές μέθοδοι.

4.4)ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.4.1)Υποστυλωματα

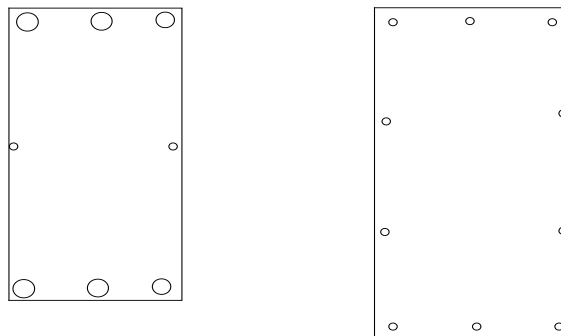
Ένας από τους κυριότερους κινδύνους είναι η απόσχιση (spalling) του οπλισμένου σκυροδέματος, ιδίως στις γωνίες, οπότε εκτίθεται ο οπλισμός στην προσβολή των φλογών. Αν θερμανθεί άνω των 600° C φθάνει για τις συνήθεις φορτίσεις το όριο διαρροής του.

Η αντοχή των υποστυλωμάτων οφείλεται κυρίως στο οπλισμένο σκυρόδεμα χάριν του οποίου αργεί να θερμανθεί το εσωτερικό. Οι διαστάσεις του σκυροδέματος αντιστοιχούν σε συντελεστή ασφαλείας 3 και αν αυτές είναι αρκετά μεγάλες, ακόμα κι αν αποφλοιωθούν οι επιφάνειες, το υποστυλωμα δεν καταρρέει.

Υποστυλώματα διατομής πάνω από 40 χ40cm αντέχουν σε πυρκαγιά 1_{1/2} ώρας, με το φορτίο του στατικού υπολογισμού. Υποστυλώματα 25 χ25cm αντέχουν σε πυρκαγιά 1 ώρας.

Σε υποστυλώματα πλευράς 20 cm έχουμε πρόβλημα όχι λόγω υπέρβασης της αντοχής σε θλίψη, αλλά από λυγισμό. Από πειράματα έχει προκύψει πως πρόσθετη επένδυση χρειάζονται υποστυλώματα με διάσταση κάτω των 25cm . Σε περίπτωση που απαιτείται αυξημένη αντοχή, τυλίγουμε τον οπλισμό με ελαφρό πυκνό δομικό πλέγμα, το οποίο εμποδίζει την αποφλοίωση του σκυροδέματος, και επιπροσθέτως συντελεί στο διπλασιασμό της αντοχής σε πυρκαγιά των λεπτών υποστυλωμάτων (έως 30 cm).

Υποστυλωμα περισσότερο τρωτο σε πυρκαγια και λιγοτερο τρωτο



Ετσι παρακατω σταδιακα θα δουμε τις θερμοκρασιες που αναπτυσσονται μεσα σε υποστυλωματα από ο.σ.

Όμως για να δουμε και να φτιξουμε τα διαγραμματα αυτά στα υποστυλωματα αλλα και παρακατω στα δοκαρια και στις πλακες θα πρεπει να ισχειουν καποιες παραδοχες

, ΟΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Η θερμοκρασιακή κατανομή σε μια διατομή από οποιοδήποτε υλικό υπολογίζεται βάσει της κατωτέρω εξίσωσης Fourier , εάν αμελήσουμε την μεταφορά μάζας:

‘οπου: $C * P * \frac{AT}{At} = DIV\lambda(GRADT) = W$ σχεση 5.3.1

T: θερμοκρασία

t : χρόνος

λ: θερμική αγωγιμότητα υλικού διατομής

c : ειδική θερμότητα υλικού διατομής

ρ: πυκνότητα υλικού διατομής

w: θερμικές απώλειες.

Με βάση την παραπάνω διαφορική εξίσωση, έχει υπολογιστεί η θερμοκρασιακή κατανομή σε διατομές σκυροδέματος που εκτίθενται σε πυρκαγιά ISO 834.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν ισχύουν για διατομές από σύννηθες σκυρόδεμα με πυκνότητα $\rho_{20}^0 = 2,35 \text{ t/m}^3$, περιεχόμενη υγρασία 4% κατά βάρος, και θερμική διαπερατότητα $\alpha_{20}^0 = 1/c \cdot \rho = 1,05 \text{ mm}^2/\text{sec}$.

Υπάρχουν και λίγα ενδεικτικά διαγράμματα, τα οποία ισχύουν για διατομές από ελαφροσκυρόδεμα με πυκνότητα $\rho_{20}^0 = 1,35 \text{ t/m}^3$. Για περισσότερα είδη διατομών και για την πλήρη σειρά των διαγραμμάτων διατομών από ελαφροσκυρόδεμα, ο Μηχανικός παραπέμπεται στο Κεφ. 8 του Bulletin 145 του CEB.

Δεχομαστε ότι ασκητε πανω τους πυρκαγια ΙΣΟ 834

Πίνακες 4.3.1 υποστλωμα σε πυρκαγεια.

Από κατω και από τις πλευρες .

Υποστλωμα από ο.σ. με πυριτιακα αδρανη τετραγωνο d=200mm

ISO 834 έκθεση από όλες τις πλευρές, διάρκεια:

30 min

45.-46.-50.-58.-70.-89.-128.-202.-311.-459.-661.
46.-47.-51.-59.-71.-90.-129.-203.-312.-460.-662.
50.-51.-55.-63.-74.-93.-132.-207.-315.-462.-663.
58.-59.-63.-69.-81.-99.-139.-215.-322.-467.-666.
70.-71.-74.-81.-91.-111.-154.-230.-335.-476.-671.
89.-90.-93.-99.-111.-134.-183.-256.-355.-492.-679.
128.-129.-132.-139.-154.-183.-229.-296.-388.-515.-692.
202.-203.-207.-215.-230.-256.-296.-353.-435.-550.-710.
311.-312.-315.-322.-335.-355.-388.-435.-504.-600.-735.
459.-460.-462.-467.-476.-492.-515.-550.-600.-670.-767.
661.-662.-663.-666.-671.-679.-692.-710.-735.-767.-824.

10x10
100

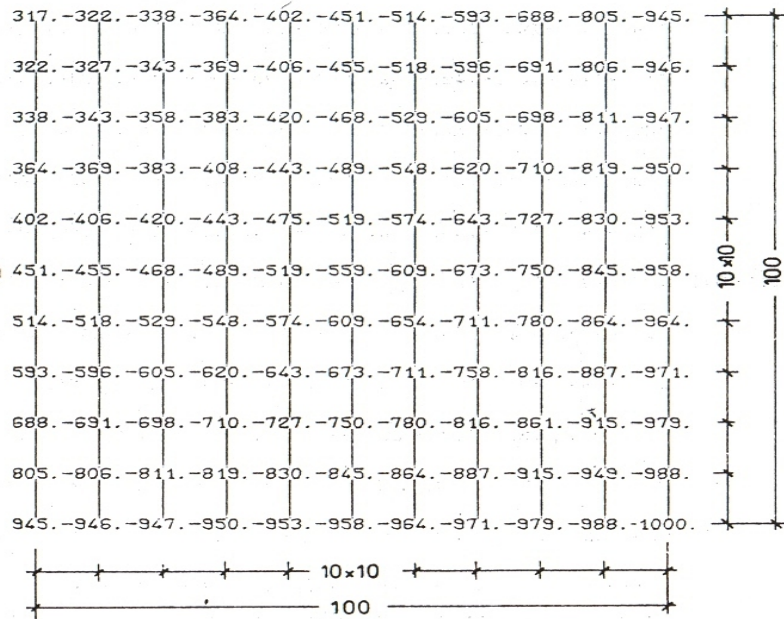
10 x 10

100

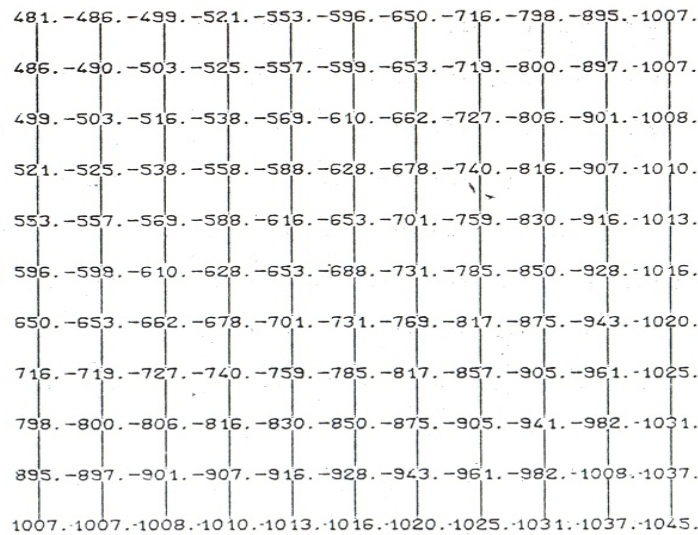
60 min

109.-114.-130.-162.-209.-268.-341.-430.-541.-678.-851.
114.-119.-135.-168.-215.-273.-345.-433.-543.-680.-851.
130.-135.-154.-186.-231.-287.-356.-443.-551.-685.-853.
162.-168.-186.-216.-257.-310.-376.-460.-564.-694.-857.
209.-215.-231.-257.-294.-343.-405.-484.-583.-706.-862.
268.-273.-287.-310.-343.-387.-444.-517.-608.-724.-868.
341.-345.-356.-376.-405.-444.-495.-560.-642.-746.-877.
430.-433.-443.-460.-484.-517.-560.-615.-686.-775.-887.
541.-543.-551.-564.-583.-608.-642.-686.-742.-812.-900.
678.-680.-685.-694.-706.-724.-746.-775.-812.-858.-915.
851.-851.-853.-857.-862.-868.-877.-887.-900.-915.-932.

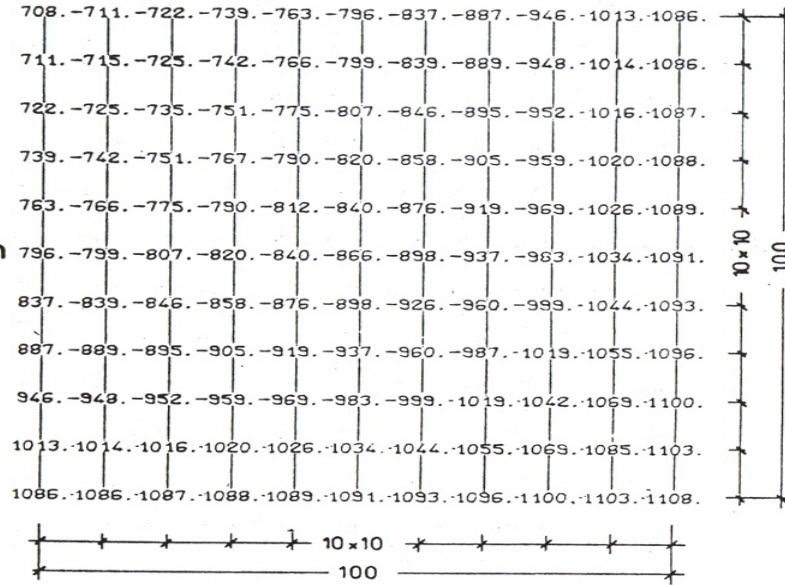
90 min



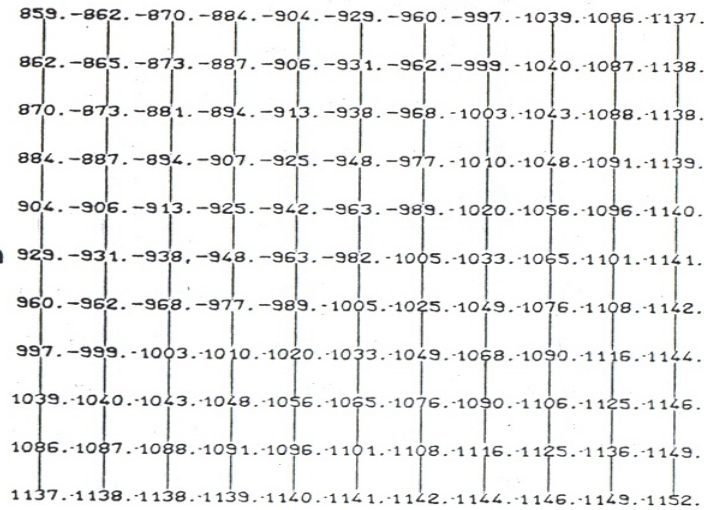
120 min



180 min



240 min



4.4.2) ΔΟΚΟΙ

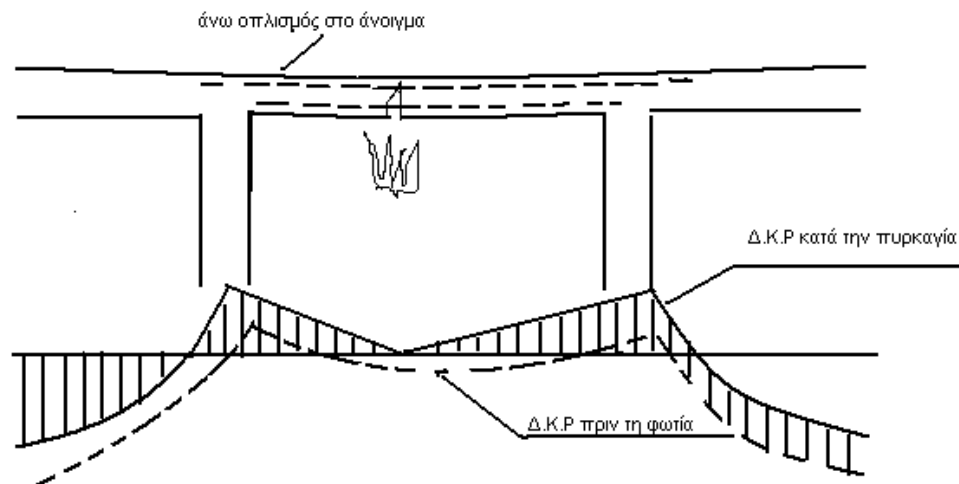
Για τις δοκούς ρόλο παίζουν το πλάτος της διατομής, το βάθος του οπλισμού, η ύπαρξη πυκνού επιφανειακού οπλισμού καθώς και το σύστημα της στατικής λειτουργίας της δοκού.

Ο κίνδυνος της εκρηκτικής απόσχισης του μπετόν μειώνεται αν έχουμε ξηρό περιβάλλον για να αποφύγουμε την συμπύκνωση των υδρατμών, αν χρησιμοποιήσουμε ασβεστολιθικά αδρανή ή πυρίμαχο μπετόν, αν το πλάτος της διατομής είναι μεγαλύτερο των 20 εκ. καθώς και αν έχουμε μεγαλύτερες επικαλύψεις των οπλισμών.

Σημαντικό ρόλο παίζει το σύστημα στατικής λειτουργίας της δοκού, αμφιέριστοι δοκοί ή πλαίσια ενός ανοίγματος είναι ευπαθέστερα. Συνεχές δοκοί και πολύστηλα πλαίσια είναι ασφαλέστερα γιατί από την θερμοκρασία προσβάλλεται ο κάτω οπλισμός ενώ ο οπλισμός στις στηρίξεις είναι πιο κοντά στο δάπεδο του υπερκείμενου ορόφου όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες.

Έτσι εάν ο οπλισμός των ανοιγμάτων φθάσει στο όριο διαρροής θα γίνει ανακατανομή των ροπών με αύξηση των ροπών στήριξης όπου ο οπλισμός είναι ψυχρότερος και πιο ικανός να τις αναλάβει.

Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει είναι με τις παραμορφώσεις, επιμηκύνσεις των φέροντων στοιχείων οι οποίες αν εμποδιστούν από τα μέλη που βρίσκονται δίπλα τους παρουσιάζουν προβλήματα λυγισμού και στρέβλωσης.



σχημα 4.3.1 δοκος σε φωτια.

Ανακατανομή των ροπών κάμψης λόγω σχηματισμού πλαστικής άρθρωσης στο μέσο του ανοίγματος από υποβιβασμό του ορίου διαρροής του οπλισμού εξαιτίας πυράκτωσης. Η ύπαρξη άνω οπλισμού επιτρέπει στα 2 κομμάτια της δοκού να λειτουργούν ως πριόβολοι.^[3]

Οι πίνακες που ακολουθούν ισχύουν για δοκούς που εκτίθενται στην πυρκαγιά από τρεις πλευρές. Αυτό σημαίνει ότι η πάνω πλευρά αυτών των δοκών προστατεύεται από κάποια πλάκα, σ' όλη τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Για δοκούς που εκτίθενται από όλες τις πλευρές, οφείλουν να ληφθούν ορισμένα πρόσθετα μέτρα.

πίνακες 4.3.2 πλακοδοκοι σε φωτια.

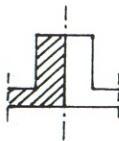
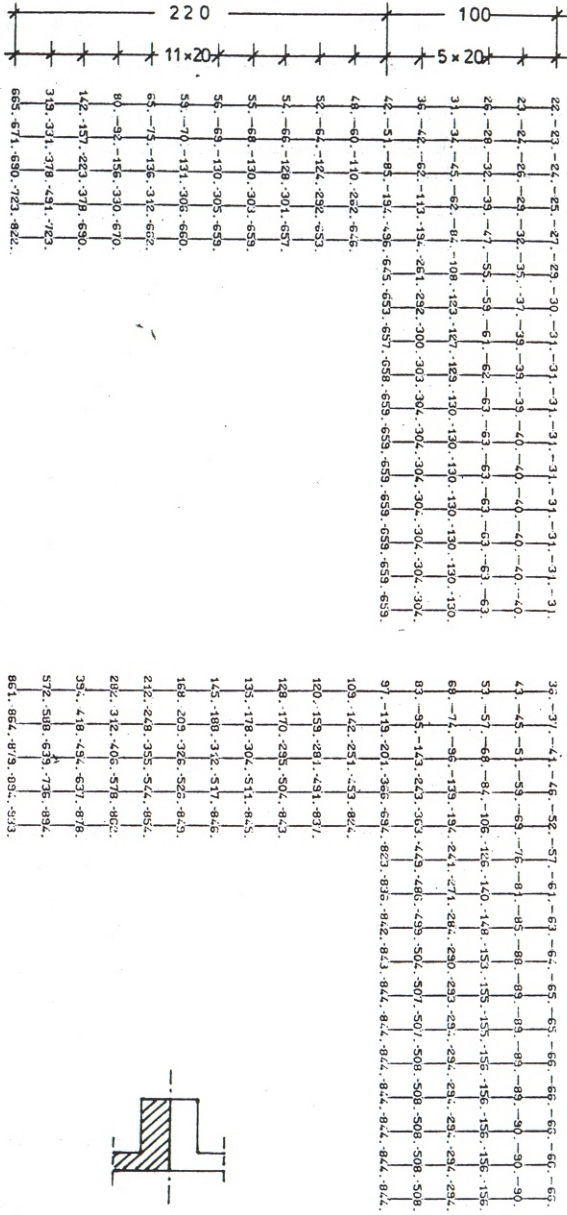
ΠΛΑΚΟΔΟΚΟΣ ΠΥΡΙΤΙΑΚΑ ΑΔΡΑΝΗ $b \times h$ 160\320mm

ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟ ΚΑΤΩ ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΛΕΥΡΕΣ

ISO 834 έκθεση από κάτω από τις πλευρές, διάκελα:

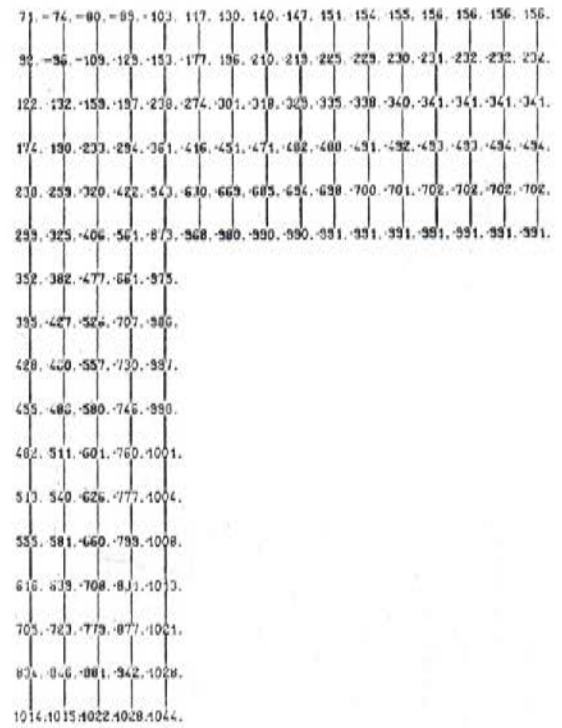
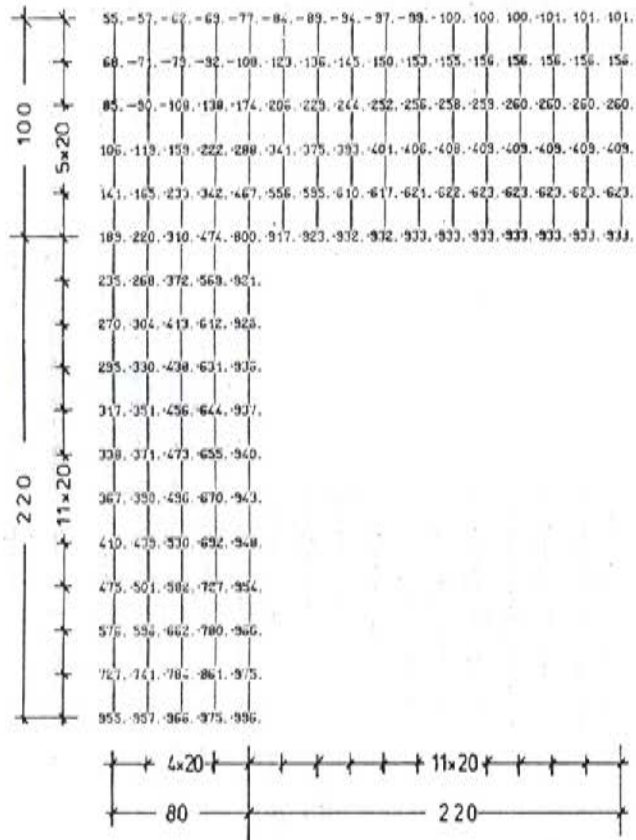
30 min

60 min



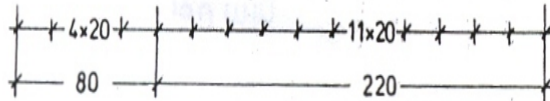
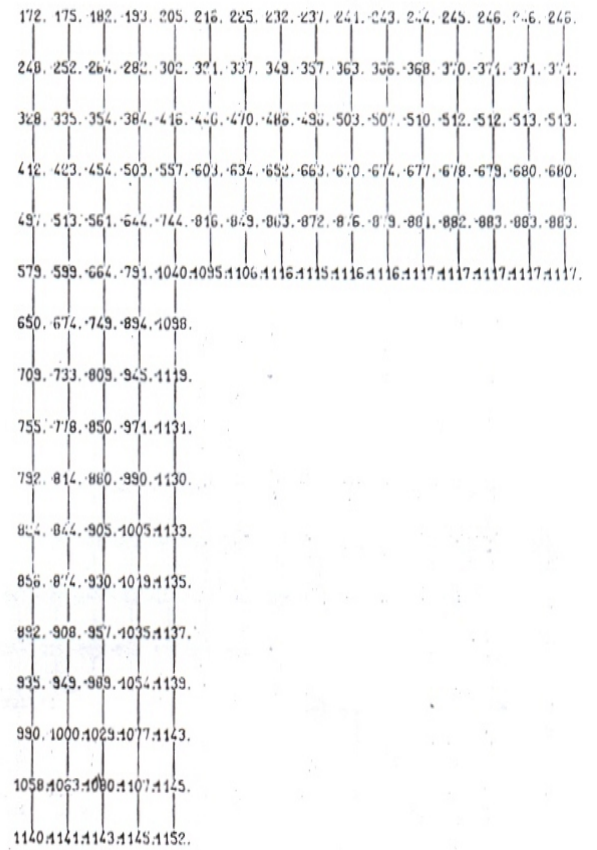
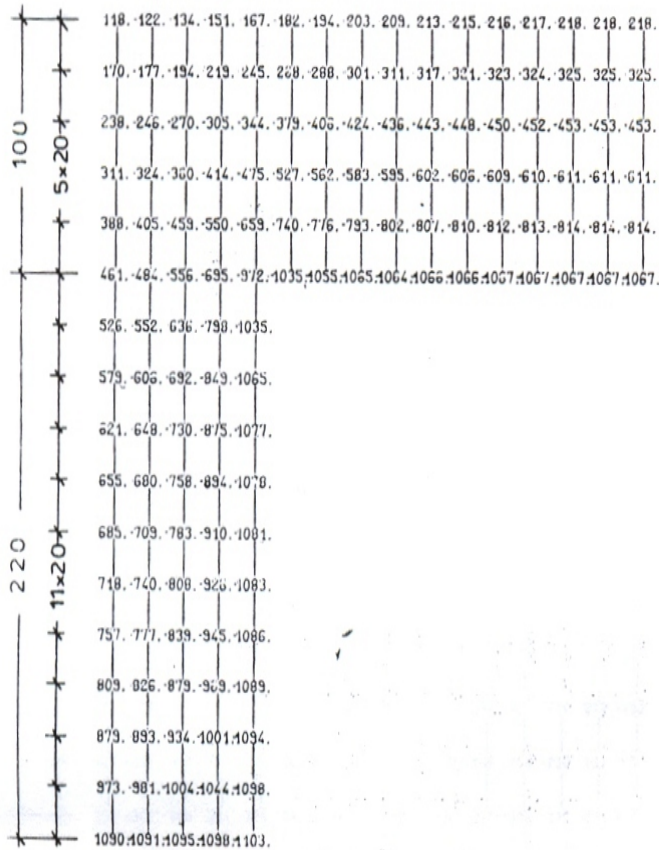
90 min

120 min



180 min

240 min



4.4.3) ΠΛΑΚΕΣ

Οι πλάκες από σύνηθες οπλισμένο σκυρόδεμα (με χαλαρό οπλισμό), πάχους 8 και 9cm θεωρούνται από τους κανονισμούς ανασταλτικές του πυρός (αντοχή 30 λεπτών). Πλάκες άνω των 10cm θεωρούνται πυράντοχες για 1 ½ ώρα (F 90).

Επαύξηση της αντοχής συνεχών πλακών γίνεται αν τοποθετήσουμε και στα ανοίγματα οπλισμό στο πάνω μέρος κατ' επέκταση μέρους του οπλισμού στηρίξεων, όπως αναφέρθηκε για τις δοκούς.

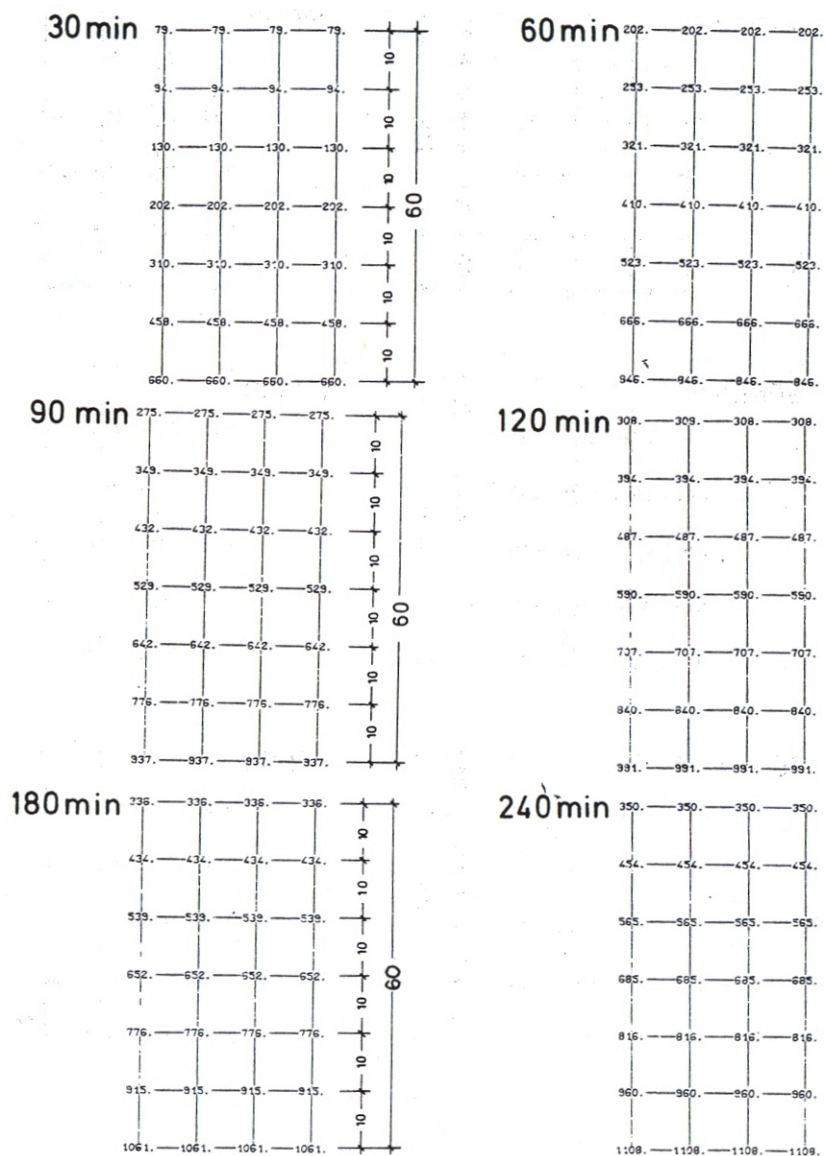
Οι πλάκες που στηρίζονται σε δοκαρία ή τοίχεια που μπορούν να θεωρηθούν ακαμπτα .τότε μπορεί να ληφθεί υποψη η ευνοϊκή επίδραση της συνεχειας και της μεμβρανικής λειτουργειας (κυρίως για αμφιεριστες πλάκες)

Για τις πλάκες με σημειακές στηρίξεις λίγα πράγματα είναι γνωστά .Παρουσιάζουν μεγαλύτερες παραμορφώσεις και πρέπει να αντιμετωπίζονται σαν αμφιεριστες

Πίνακες 4.3.3

ΠΛΑΚΑ ΠΥΡΙΤΙΑΚΑ ΑΔΡΑΝΗ ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΙΑ ΠΛΕΥΡΑ

H=60 mm



ΓΙΑ H=100 mm

5)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΕ

ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Στα προηγούμενα μελετήσαμε τα υλικά του Ο.Σ και πως αυτά συμπεριφέρονται στην φορτίση από πυρκαγιά.

.

Έτσι συμπεραίνουμε ότι άλλου έχει μεγαλύτερη αντοχή όπως στις πλάκες άνω των 10 cm και στα υποστυλώματα και άλλου μικρότερη όπως στις πλάκες κάτω των 10 cm. Γιατί όπως προαναφέραμε εξαρτάται από τις διαστάσεις της διατομής αραιά η θερμοκρασία να φτάσει στο εσωτερικό της .

Οι βλάβες οι οποίες δημιουργούνται οφείλονται στα εξής .

Ο οπλισμός μιας και χάνει την αντοχή του γενικά πιο γρήγορα από το σκυρόδεμα σε θερμοκρασίες από 300 c⁰ έως 500c⁰ με αποτέλεσμα να επιμηκύνετε υπέρμετρα λόγω της θέρμανσης και να πιέζει το σκυρόδεμα και Άλλοι ο φορέας να κουφίζει .

Το σκυρόδεμα λόγω του ότι έχει μικρότερη θερμική διαστολή όπως είδαμε ,δηλαδή χάνει την αντοχή του σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες του οπλισμού αφού μέχρι 200 c⁰ μπορεί να αυξάνει την αντοχή του ενώ υπάρχουν και σκυροδέματα που αντέχουν μέχρι 1400 c⁰ .

Γι αυτό υπόκειται σε τάσεις εξαναγκασμού και θραύετε.

Όλες αυτές οι τάσεις που δημιουργούνται μέσα στο οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή και ανακατανομή(σε μεγάλο όμως βαθμό ογκομετρική ανακατανομή των μελών του)με αποτέλεσμα την έκρηξη του .

Αστοχία της θλιβομένης ζώνης καπτομένων φορέων λόγω υπερβολικής μήκυνσης του χάλυβα .

Ανάπτυξη ανομοιομόρφων θερμικών τάσεων στο σκυρόδεμα και μερική καταστροφή του λόγω του νερού κατάσβεσης .Αυτό συμβαίνει γιατί το τελευταίο προκαλεί μεγάλες διαταραχές μιας και η απότομη ψύξη δημιουργεί τάσεις στο σκυρόδεμα (ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες άνω των 300°C).

Μια από τις συνηθισμένες βλάβες είναι η απόσχιση – αποφλοίωση των υποστυλωμάτων, φαινόμενο που εμφανίζεται εντονότερα στις ακμές και

προκαλείται από την διαστολή του χάλυβα οπλισμού. Συνέπεια αυτού είναι η έκθεση του χάλυβα σε υψηλότερες ακόμα θερμοκρασίες αφού έχει χαθεί ο προστατευτικός μανδύας σκυροδέματος γύρω από αυτούς και τότε καθίσταται ευκολότερο να επέλθει η διαρροή.(για συνήθεις φορτίσεις συμβαίνει στους 600 C περίπου).

Πάντως ακόμα και αν αποφλοιωθούν οι επιφάνειες, αν οι διαστάσεις του στύλου είναι μεγάλες ολ στύλος δεν καταρρέει. Έχει εκτιμηθεί ότι: Υποστυλώματα με διατομή πάνω από 40 × 40 cm αντέχουν πλήρως σε πυρκαγιά για μια ώρα.

Γενικά το Ο.Σ όταν του ασκούνται τάσεις από πυρκαγιά σε αντίθεση με οποιαδήποτε άλλη τάση στην όποια ,όποια κι αν είναι αυτή το σκυρόδεμα θα αστοχήσει και θα κάνει ρηγματώδεις η θα κοπεί(εκραγεί) προς την φορά της τάσης . στην πυρκαγιά θα εκραγεί στην αντίθετη φορά.

5.1)ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΟΡΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗ ΦΩΤΙΑ

Η εικόνα του φέροντα οργανισμού μετά την πυρκαγιά, οι βλάβες δηλαδή είναι οι εξής:

- Ααποσύνθεση –ασβεστοποίηση του σκυροδέματος στα διάφορα στοιχεία και κυρίως στις πλάκες.
-
- Επιφανειακές ρηγματώδεις διαφόρου βαθμού σε υποστυλώματα, δοκούς, πλάκες.
-
- Αποφλοιώση σκυροδέματος σε διάφορα στοιχεία.
-
- Αποκοπή γονιών υποστυλωμάτων και δοκών.
-
- Αχρήστευση οπλισμού από διαστολή και αποκοπή του από το σκυρόδεμα.
-
- Σημαντικό βέλος κάμψης προβολών κλιμάκων και πιθανά πλακών.

5.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Η πρώτη ενέργεια που πρέπει να γίνει αμέσως μετά την κατάσβεση της πυρκαγιάς είναι να γίνει εκτίμηση των βλαβών στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής, να εκτιμηθεί κατά πόσον υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης και μετά να γίνουν οι κατάλληλες ενέργειες.

Αν παρατηρηθούν πεσμένα πυρακτωμένα κομμάτια οπλισμών, μαλάκωμα του μπετόν, μεγάλα βέλη κάμψης και μεγάλες ρωγμές είναι σημάδια ότι η κατασκευή έχει υποστεί μεγάλες βλάβες και υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης.

Σύμφωνα με μελετητές η φορτοϊκανότητα μιας πλάκας είναι συνάρτηση του βέλους κάμψης και της ταχύτητας αυξήσεως του. Η πλήρης απώλεια της φορτοϊκανότητας γίνεται όταν ισχύουν οι πιο κάτω τιμές:

$$\text{Βέλος κάμψης: } f = l^2/800(\text{cm})$$

$$\text{Ταχύτητα αυξήσεως του βέλους: } u = l^2/900d \text{ (mm/mMin)}$$

$$\text{Όπου } l = \text{μήκος ανοίγματος} \quad d = \text{ύψος διατομής}$$

Οι πιο συνηθισμένες τακτικές που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ζημιάς από τη φωτιά είναι οι εξής:

Α)ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εμπειρία καθώς στην ικανότητα του μελετητή για το ποιες ζημιές απαιτούν επισκευή και ποιες πλήρη αποκατάσταση. Στόχος είναι να καθοριστούν οι επιπλέον τεχνικές που θα οδηγήσουν στο αναμενόμενο αποτέλεσμα. Όσον αφορά το σκυρόδεμα η αποσύνθεση, οι επιφανειακές ρηγματώσεις, και οι αποφλοιώσεις διαπιστώνονται και με την απλή αφή.

Β)SCHMIDT IMPACT HAUPR

Απαραίτητη προϋπόθεση για χρήση της μεθόδου αυτής είναι η δημιουργία επίδρασης του σφυριού στο αέριο σκυρόδεμα. Οι ενδείξεις της κλίμακας αυτής όταν χρησιμοποιείται στο κατεστραμμένο από φωτιά σκυρόδεμα δείχνουν αποκλίσεις σε σχέση με τη χρήση της στο αέριο σκυρόδεμα. Το μέγεθος των αποκλίσεων καθορίζει και το μέγεθος της ζημιάς. Κατ' επέκταση βάση καμπύλων που προκύπτουν από τις ενδείξεις της κλίμακας, μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις για τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος.

Γ)ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΗΜΙΑΣ ΑΠΟ ΔΥΣΧΡΩΜΙΑ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η ζημιά στο σκυρόδεμα μπορεί να αξιολογηθεί από τη δυσχρωμία που οφείλεται στην έκθεση του σε ψηλές θερμοκρασίες. Ανάλογα με το χρώμα που παίρνει το

σκυρόδεμα εκτιμώνται τα όρια των θερμοκρασιών μέσα στα οποία έγιναν οι ζημιές. Με αυτή τη πληροφορία, με γνώση τη διάρκεια έκθεσης στη φωτιά είναι δυνατόν να γίνουν λογικές εκτιμήσεις για το είδος και το μέγεθος της ζημιάς.

Δ)ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΗΜΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑΣ (ΚΑΡΟΤΑ)

Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος για να υπολογιστεί η αντοχή σε θλίψη του σκυροδέματος. Τα δοκίμια που λαμβάνονται υπόκεινται σε θλιπτικό φορτίο μέχρι τη θραύση τους οπότε και λαμβάνονται και χρήσιμα συμπεράσματα για την αντοχή σε θλίψη του σκυροδέματος.

Πολλές φορές τα εργαστηριακά αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τη βιβλιογραφία. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην ευεργετική προστασία του μπετόν από το επίχρισμα, είτε πιθανότατα οι μεγάλες θερμοκρασίες που εκτιμήθηκαν να μην έχουν αναπτυχθεί, είτε σε άλλους λόγους όπως ο τρόπος σκυροδέτησης, η διαφορά της ποιότητας του σκυροδέματος από στοιχείο σε στοιχείο κλπ.

Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρό πάχος στοιχεία όπως πχ σε κελύφη.

Ε)ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΖΗΜΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΞΟΛΚΕΥΣΗΣ ΗΛΟΥ

Η μέθοδος αυτή προτάθηκε από τους έλληνες καθηγητές Π. Τάσσιου και Κ.Δεμίρη και προβλέπει τον έμμεσο υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Όπως είναι γνωστό κάθε έμμεσος μέθοδος είναι προσεγγιστική. Έτσι η μέθοδος εξολκεύσεως ήλου θεωρείται ότι έχει προσέγγιση $\pm 50 \text{ kg/cm}^2$.

Κατ' αυτήν εμπεγνύονται ειδικοί ήλοι HILTI διαμέτρου 3,7 mm βάθος 3,2 cm και μετρίεται η δύναμη εξολκεύσεων αυτών. Η εξόλκευση των ηλών αυτών γίνεται με ειδικό εξωλκέα και ο οποίος συνοδεύεται με ειδικό νομογράφημα για μετατροπή της ένδειξης KN. Οι εξωλκεύσεις γίνονται μετά παρέλευση χρονικού διαστήματος τουλάχιστον 10 λεπτών από την έμπηξη.

ΣΤ)ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Τις τελευταίες δυο δεκαετίες, εξελιγμένες μη καταστρεπτικές μέθοδοι εξέτασης έχουν βρεθεί για τον εντοπισμό και την αναγνώριση της συγκεκριμένης ζημιάς

στο σκυρόδεμα. Η χρήση αυτών των μη καταστρεπτικών τεχνικών παρέχει γρήγορη, ακριβή, περιεκτική καταμέτρηση της ζημιάς. Οι μέθοδοι αυτές είναι οι εξής:

Ζ)ΜΕΘΟΔΟΣ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στις αντανakλάσεις κυμάτων ενέργειας στις δύο επιφάνειες του σκυροδέματος. Χρησιμοποιείται μια συσκευή η οποία μεταδίδει ένα μηχανικό κύμα πίεσης χαμηλής συχνότητας στο σκυρόδεμα. Ένας μετασχηματιστής στην ίδια την επιφάνεια του σκυροδέματος υπολογίζει τις αντανakλάσεις. Η καταμέτρηση περιλαμβάνει το χρόνο ανάμεσα στις αντανakλάσεις, τη συχνότητα των αντανakλάσεων, την αραίωση, την απορρόφηση και τον χρόνο εξάντλησης των κυμάτων ενέργειας. Με τα πιο πάνω στοιχεία μπορούν να προσδιορίσουν τις ιδιότητες του σκυροδέματος.

Η)ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

Όταν η ζημιά από τη φωτιά δεν επεκτείνεται μέχρι τον ενισχυτικό χάλυβα είναι απαραίτητο να καθοριστεί το βάθος του στρώματος του αέριου σκυροδέματος που παραμένει πάνω από το χάλυβα. Οι μαγνητικές μη καταστρεπτικές τεχνικές είναι διαθέσιμες για τη γρήγορη και με ακρίβεια συγκέντρωση πληροφοριών. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι γνωστά ως JAMES “R” METER ή παχύμετρα. Είναι όργανο τραχύ και ακριβείας και εντοπίζει και μετρά το βάθος του στρώματος ενισχυτικών ράβδων.

Μια άλλη μέθοδος για τον υπολογισμό του πάχους του σκυροδέματος είναι η τεχνική μικροκυμάτων ή «Ραντάρ». Το «Ραντάρ» χρησιμοποιεί ενέργεια ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων για τον εντοπισμό εσωτερικών διακοπών από την αντανakλαση σε μη μεταλλικά υλικά κατασκευής.

Για να εντοπισθεί μια εσωτερική ασυνέχεια πρέπει να λάβει χώρα μια εσωτερική αλλαγή. Με το ραντάρ οι αλλαγές είναι σε επιλεκτικές σταθερές που έχουν σχέση περισσότερο με ηλεκτρικά χαρακτηριστικά παρά με διακριτικές αλλαγές της πυκνότητας των υλικών.

5.2)ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Στόχος της επισκευής είναι να επανέλθει ο φορέας στην προ της πυρκαγιάς κατάσταση του. Οι εργασίες επισκευής της κατασκευής πρέπει να πληρούν τις πιο κάτω απαιτήσεις:

- Η επισκευή θα πρέπει να προστατεύει το χαλύβδινο οπλισμό από τη διάβρωση για τον υπόλοιπο χρόνο ζωής του έργου.
- Τα υλικά της επισκευής θα πρέπει να έχουν τουλάχιστο ίση ανθεκτικότητα στο χρόνο (durability) με αυτή των υλικών που αντικαθιστούν.
- Η επισκευή θα πρέπει να διασφαλίζει το φορέα από μελλοντικό ενδεχόμενο πυρκαγιάς.
- Η επισκευή θα πρέπει να διατηρήσει σε αποδεκτό επίπεδο τις παραμορφώσεις του φορέα.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αποκατάσταση της συνάφειας μεταξύ του οπλισμού και του σκυροδέματος και κυρίως μεταξύ του νέου εκτοξευόμενου σκυροδέματος με το υφιστάμενο (να γίνουν και σχετικοί επιτόπου έλεγχοι μετά το πέρας των εργασιών).

Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για επισκευή και ενίσχυση της κατασκευής μετά την πυρκαγιά είναι:

- Έγχυτο σκυρόδεμα: Εφαρμόζεται εύκολα εάν υπάρχει χώρος για σκυροδέτηση και αν η πυκνότητα του οπλισμού επιτρέπει τη διέλευση του. Χαρακτηριστικό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι η αντοχή του είναι κατά 100Kg/cm^2 μεγαλύτερη του παλαιού σκυροδέματος.
- Εποξειδικές κόλλες: Εφαρμόζονται κυρίως σε ρωγμές και για αποκατάσταση διατομών οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκούς, πλάκες, υποστυλώματα κ.λ.π.
- Τσιμεντενέσεις: Εφαρμόζονται κυρίως για πλήρωση ρηγμάτων με θλιπτική ένταση.
- Κονιάματα τσιμέντου και πλαστικών υλών: Εφαρμόζονται κυρίως για αποκατάσταση ζημιών σε υποστυλώματα, τοιχία και κόμβους. Πρέπει να μην προσμειγνύονται με αδρανή και να εφαρμόζονται σε μικρά πάχη της τάξης των 5 cm.
- Εκτοξευμένο σκυρόδεμα: Εφαρμόζεται κυρίως για ενίσχυση του κάτω πλέγματος των πλακών και για ενίσχυση-επισκευή με μανδύα δοκών και υποστυλωμάτων. Το πάχος του μανδύα πρέπει να είναι το πολύ 5 έως 6 cm ανά στρώση.

- Εγκιβωτισμένο σκυρόδεμα: Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις πλήρους αποδιοργάνωσης του σκυροδέματος και σε περιπτώσεις δυσκολίας εφαρμογής άλλης μεθόδου.
- Ηλεκτροσυγκόλληση νέων οπλισμών στους παλιούς: Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη ενίσχυσης των υπαρχόντων οπλισμών. Προτιμάται ο μαλακός χάλυβας.
- Προσθήκη εξωτερικών συνδετήρων: Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις βλάβης δοκών από διάτμηση ή σε σοβαρές βλάβες υποστυλωμάτων και κόμβων. Εδώ απαιτείται η κάλυψη των νέων στοιχείων.

Επικόλληση ελασμάτων beton blaquet: Είναι μια σχετικά καινούργια μέθοδος και αποτελείται από πολύ λεπτά ελάσματα. Εφαρμόζεται για ρηγματώσεις δοκών με λοξό εφελκυσμό χωρίς αποδιοργάνωση του σκυροδέματος και γενικά όπου βρεθεί μείωση οπλισμού. Δεν συνιστάται γενικά γιατί απαιτείται υψηλή τεχνολογία και η αποτελεσματικότητα της δεν είναι δεδομένη.

5.2.2) ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ – ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΤΟΝ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Οι εργασίες που εκτελούνται αμέσως μετά την πυρκαγιά είναι οι εξής:

1. Πρώτα γίνεται μια γρήγορη εκτίμηση των βλαβών και γίνεται η ανάλογη υποστύλωση της κατασκευής.
2. Ακολουθεί η απομάκρυνση της επιφανειακής στρώσης του μπετόν πάχους 3 έως 5 εκατοστών η οποία έχει χάσει την αντοχή της λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.
3. Γίνεται ευθυγράμμιση των οπλισμών οι οποίοι έχουν καμπυλωθεί σε θερμοκρασίες μικρότερες των 300° C ή προσθέτουμε τους νέους οπλισμούς τους οποίους στερεώνουμε πολύ καλά, ανάλογα προς την απώλεια αντοχής των υπαρχόντων οπλισμών.
4. Τοποθετούνται οι νέοι συνδετήρες όπου χρειάζεται σε υποστυλώματα και δοκούς.
5. Ακολουθεί αποκατάσταση της παλιάς διατομής του μπετόν.
6. Στο τέλος γίνεται σφράγισμα των ρωγμών που παραμένουν.

Η μέθοδος που ακολουθείται για αποκατάσταση των ζημιών εξαρτάται τόσο από το στοιχείο της κατασκευής, το μέγεθος της ζημιάς αλλά και το είδος της επιπρόσθετης του. Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποια παραδείγματα:

ΔΟΚΟΙ

Απλή ρηγμάτωση δοκών: Οι μέθοδοι αποκατάστασης μπορεί να είναι α) εμποτισμός με εποξειδική κόλλα, β) τοποθέτηση εξωτερικών συνδετήρων και κάλυψη τους, ή γ) συγκόλληση ελασμάτων και κάλυψη τους.

Έντονη ρηγμάτωση δοκών χωρίς αποδιοργάνωση του σκυροδέματος: Κατ' αρχήν πρέπει να γίνει υποστύλωση. Στη συνέχεια πρέπει να σφραγιστούν οι ρωγμές με εποξειδική κόλλα και τέλος να γίνει τοποθέτηση εξωτερικών συνδετήρων και κάλυψη τους με εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Μπορούν επίσης να επικολληθούν ελάσματα αντί για συνδετήρων αλλά και αυτά να επικαλυφθούν με εκτοξευμένο σκυρόδεμα.

Έντονη ρηγμάτωση με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος: Μετά την υποστύλωση πρέπει να καθαιρεθεί το βλαμμένο τμήμα και να αποκατασταθεί με έγχυτο ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Σε περίπτωση βλάβης του οπλισμού διάτμησης πρέπει να προστεθούν επί πλέον εξωτερικοί συνδετήρες (κολάρα). Επίσης αν η δοκός ρηγματώθηκε λόγω κάμψης θα πρέπει είτε να επικολληθούν λεπτά ελάσματα στο εφελκυσμένο πέλμα είτε αν χρειαστεί να συγκολληθούν νέοι οπλισμοί στους παλιούς.

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Απλή ρηγμάτωση: Σε αυτή την περίπτωση το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με απλό εμποτισμό με εποξειδικές κόλλες.

Έντονη ρηγμάτωση και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος. Σε αυτή τη περίπτωση πρώτα πρέπει να καθαιρεθεί το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και να συγκολληθούν νέοι οπλισμοί στους παλιούς. Το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα μπορεί να ανακατασκευαστεί ή με έγχυτο ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα είτε με κατασκευή μανδύα και εμποτισμό με κονίαμα τσιμέντου – πλαστικών υλών. Επίσης μπορεί να τοποθετηθούν εξωτερικοί συσφιγγομενοι συνδετήρες και να τοποθετηθεί μιας στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Αν η ζημιά είναι πολύ μεγάλη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος, τότε καθαιρείται όλο το σκυρόδεμα αποκαλύπτονται οι

οπλισμοί, συγκολλούνται οι νέοι και κατασκευάζεται μανδύας σε όλο το ύψος από έγχυτο σκυρόδεμα.

ΠΛΑΚΕΣ

Στις πλάκες αν εντοπιστούν απλές ρηγματώσεις αποκαθίστανται με εμποτισμό από εποξειδικές κόλλες.

Αν παρατηρηθούν έντονες ρηγματώσεις τότε πρέπει να επισκευαστεί το άνω μέρος με τοποθέτηση δομικού πλέγματος με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αφού προηγηθεί πλήρωση ρωγμών με εποξειδικές κόλλες. Όσο αφορά το κάτω πέλμα ακολουθείτε η ίδια διαδικασία με τη διαφορά ότι πρέπει να χρειάζεται να ηλεκτροσυγκολληθούν νέοι οπλισμοί.

ΠΡΙΟΒΟΛΟΙ

Στο πάνω πέλμα πρέπει να ηλεκτροσυγκολληθούν νέοι οπλισμοί που αγκυρώνονται στο συνεχόμενο άνοιγμα. Στη συνέχεια πρέπει να τοποθετηθεί το νέο δομικό πλέγμα και να διαστρωθεί με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Επίσης στο κάτω πέλμα πρέπει να τοποθετηθεί το δομικό πλέγμα και να καλυφθεί με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η παραπάνω εργασία μας οδηγεί στο να εξάγουμε συμπεράσματα τα οποία μας βοηθούν να κατανοήσουμε το πώς επιδρά το φορτίο της πυρκαγιάς πάνω στο οπλισμένο σκυρόδεμα και πως αντιδρά αυτό με βάση τα δομικά στοιχεία που δημιουργούνται από αυτό .

Η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία σε ένα χώρο που φλέγεται είναι, κατά κανόνα, υψηλότερη από αυτή στο εσωτερικό των υλικών τα οποία προσβάλει. Το σκυρόδεμα παρέχει τη καλύτερη αντίσταση σε πυρκαγιά από τα συνήθη δομικά

υλικά. Ιδίως η χρήση ασβεστολιθικών αδρανών το καθιστά πιο πυράντοχο σε σχέση με σκυροδέματα πυριτικών. Ανθεκτικότερα όλων είναι τα ελαφροσκυροδέματα.

Οι χάλυβες μέχρι και την θερμοκρασία των 200 °C δεν έχουν καμία απώλεια της αντοχής τους. Σε θερμοκρασία έως και 500 °C εμφανίζεται υποβάθμιση των αρχικών τους ιδιοτήτων οι οποίες όμως επανέρχονται μετά από ψύξη ενώ πάνω από αυτή τη θερμοκρασία η υποβάθμιση αυτή δεν επανέρχεται πλήρως. Επιπλέον, η συνάφεια μεταξύ σκυροδέματος και οπλισμών μειώνεται στο μισό σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 400 °C.

Στην εργασία βλέπουμε τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία ανάλογα με την διατομή τους και την αντοχή που έχουν . Ουσιαστικά βλέπουμε το πως δημιουργούνται οι διάφορες βλάβες στο σκυρόδεμα μέχρι να φτάσει στην αστοχία και πως καταλήγει αυτό να αστοχεί .δηλαδή γιατί σκάει με φορά αντίθετη με την φορά του φορτίου αλλά και γιατί κουφίζει και ξεφλουδίζετε .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΕΥΝΑ

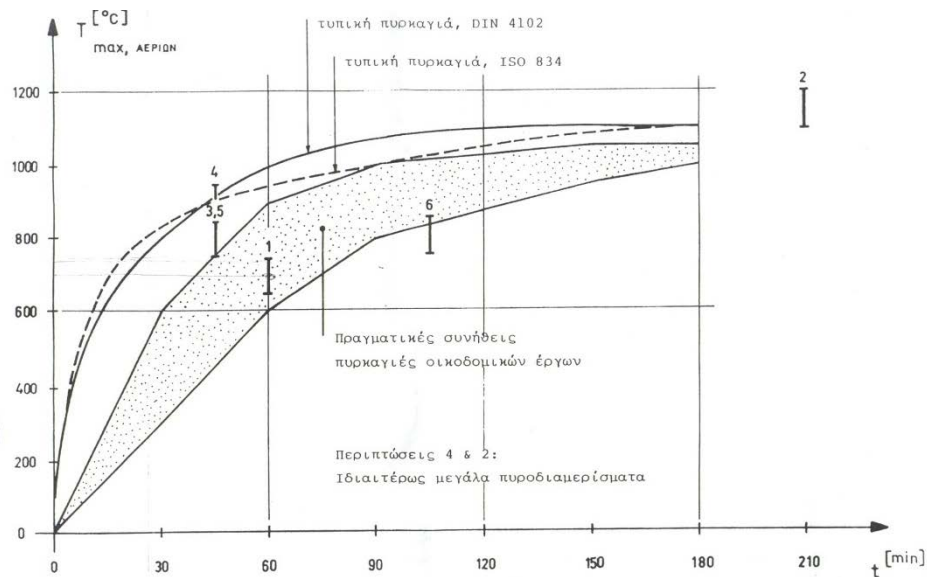
ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: Στοιχεία και πληροφορίες για τις κατασκευές που ελέγχθηκαν

Α/Α	Κατασκευή	1 Ηλικία έτη	2 Διάστημα μήνες	Πυροδιαμέρισμα			Καύσιμη ύλη			Διάρκεια πυρκαγιάς min	Μέγιστη θερμοκρασία °C
				Τύπος	Μέγεθος	Αερισμός ³	Είδος	Βάρος	Πυκνότητα ⁴		
				1	m ²	m ³ /s		kg	MJ/m ³		
1	Πολυκατάστημα	<15	<3	Συνηθ.	Μεγάλο	Μικρός	Διάφορα	Μεγάλο	Μεγάλη	45-60	700
2	Αποθήκη	<5	6	Σιδ.στέγη	3000	0,175	Βαμβάκι	900.10 ³	6000	180	1100-1200
3	Βιοτ.επίπλων	5	3 & 6	Συνηθ.	1000	0,075	Ξύλο	Μικρό	Μικρή	30	800
4	Βιομ.ελαίων	<5	12	Σ.Σ.+Π.Σ.	4000	0,225	Πολ/ρας	125.10 ³	800	30	900
5	Κλωστήρια	10	3 & 6	Συνηθ.	Μέτριο	Μέτριος	Βαμβάκι	Μέτριο	Μέτρια	30	800
6	Εργαστήρια	25	3	Συνηθ.	150	0,150	Διάφορα	Μικρό	400	90	800

Στον πίνακα Ι) δίνονται στοιχεία και πληροφορίες για έξι (6) μεγάλα κτίρια Ώ.Σ. που υπέστησαν σημαντικές πυρκαγιές και αποτιμήθηκαν απ' το ΕΩΣ/ΕΜΠ μέσω σχετικών διερευνητικών προγραμμάτων (κατά την τελευταία 10-ετία). Μεταξύ των κριτηρίων επιλογής των συγκεκριμένων κατασκευών ήσαν και τα εξής (εκτός απ' την ένταση/έκταση της πυρκαγιάς και την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών):

- 1.- Το μέγεθος του πυροδιαμερίσματος
(έως πολύ μεγάλο)
- 2.- Η πυκνότητα καύσιμου φορτίου
(έως πολύ μεγάλη)
- 3.- Η ύπαρξη υγιών – μη καμμένων περιοχών και τμημάτων
(για λόγους διαφορετικής διαγνώσεως)

Στο Σχ. 1 παρουσιάζονται οι σχέσεις διάρκειας πυρκαγιάς και μέγιστης θερμοκρασίας αερίων, τόσο για τυπικές όσο και για συνηθισμένες πυρκαγιές οικοδομικών έργων.



Σχ. 1: Σχέσεις T-t για "τυπικές" αλλά και πραγματικές πυρκαγιές

Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται και οι σχετικές ενδείξεις για τις κατασκευές που ελέγχθηκαν.

Σχετικώς με τα στοιχεία και τις ενδείξεις γι' αυτές τις κατασκευές, επισημαίνονται τα εξής:

α) Μέγεθος πυροδιαμερίσματος:

Συνήθως υπάρχει ασάφεια όσον αφορά τα όρια του πυροδιαμερίσματος, η οποία πρέπει να συνεκτιμηθεί κατά τον υπολογισμό των ποσοτικών παραμέτρων του αερισμού και της πυκνότητας.

β) Αερισμός πυροδιαμερίσματος:

Σε περιπτώσεις τοπικών καταρρεύσεων (π.χ. οροφές ισογείων κτιρίων, αλλά και περιμετρικοί τοίχοι) ο ανηγμένος συντελεστής αερισμού αυξάνει σημαντικώς (συνήθως προς το τέλος της πυρκαγιάς).

γ) Βάρος καύσιμης ύλης:

Συνήθως είναι δύσκολη η αξιόπιστη εκτίμηση της μάζας των υλικών που κάηκαν (καθώς και του βαθμού καύσεως). Έτσι απαιτείται η συγκέντρωση υπεύθυνων μαρτυριών και αξιόπιστων πληροφοριών.

δ) Πυκνότητα καύσιμης ύλης:

Υπενθυμίζεται ότι η πλήρης καύση 1 kg ξύλου αποδίδει θερμότητα ~4,5 MCal ή ~18,5 MJ . Άρα, για τις κατασκευές που ελέγχθηκαν το IBKΞ (ισοδύναμο βάρος καιομένου ξύλου) κυμαίνεται μεταξύ 20 και 300 kg/m².

ε) Διάρκεια πυρκαγιάς:

Πρόκειται μάλλον για την διάρκεια των κυρίων φλογών. Δηλ. πρέπει να συνυπολογισθεί και το χρονικό διάστημα μέχρι την πλήρη ανάφλεξη (χρόνος επώασεως, περίπου 15 έως 30min).

στ) Μέγιστη θερμοκρασία:

Πρόκειται για τη μέγιστη θερμοκρασία των αερίων και μάλιστα κατά τόπους για μεγάλα πυροδιαμερίσματα, όπως βρέθηκε μετά από αξιολόγηση και συνεκτίμηση πολλών ενδείξεων.

ζ) Η εκτίμηση της ποιότητας και αντοχής του σκυροδέματος έγινε και με λήψη/θραύση ικανού αριθμού πυρήνων και με συνδυασμό εμμέσων μεθόδων, δηλ:

_Υπερηχοσκοπήσεις (συσκευή Pundit)

_Κρουσιμετρήσεις (όργανα Schmidt) και

_Εξολκεύσεις ήλων (ελληνική μέθοδος).

Οι μετρήσεις και οι έλεγχοι έγιναν βεβαίως χωριστά για τα υγιή και χωριστά για τα καμμένα τμήματα των κατασκευών. Επιπροσθέτως, για τους μεγάλους χώρους πυρκαγιάς σε αποθήκες και εργοστάσια, έγινε και επί μέρους διαμερισματοποίηση (μικρότερα πυροδιαμερίσματα με κατά προσέγγιση σταθερή μέγιστη θερμοκρασία).

η) Τέλος, σ' ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. κατασκευές υπ' αριθ. 2 και 4) έγιναν και επί τόπου δοκιμαστικές φορτίσεις για την εκτίμηση της συνολικής αποκρίσεως και συμπεριφοράς κρίσιμων δοκιμών στοιχείων, καθώς και για λόγους βαθμονομήσεως και αξιολογήσεως των επί μέρους στοιχείων και πληροφοριών.

Έτσι από όλα τα παραπάνω στοιχεία έχουν δημιουργηθεί κάποια συμπεράσματα

1) Όσον αφορά τις καμπύλες T-t

Αναμένεται ότι, για μεγάλα πυροδιαμερίσματα και μάλιστα με μεγάλο πυροθερμικό φορτίο, οι καμπύλες T- t είναι πιο «πλούσιες» απ' αυτές των συνηθισμένων πυρκαγιών σε οικοδομικά έργα και πλησιάζουν τις μάλλον συντηρητικές τυπικές πυρκαγιές (Επίσης, επαληθεύεται ότι:

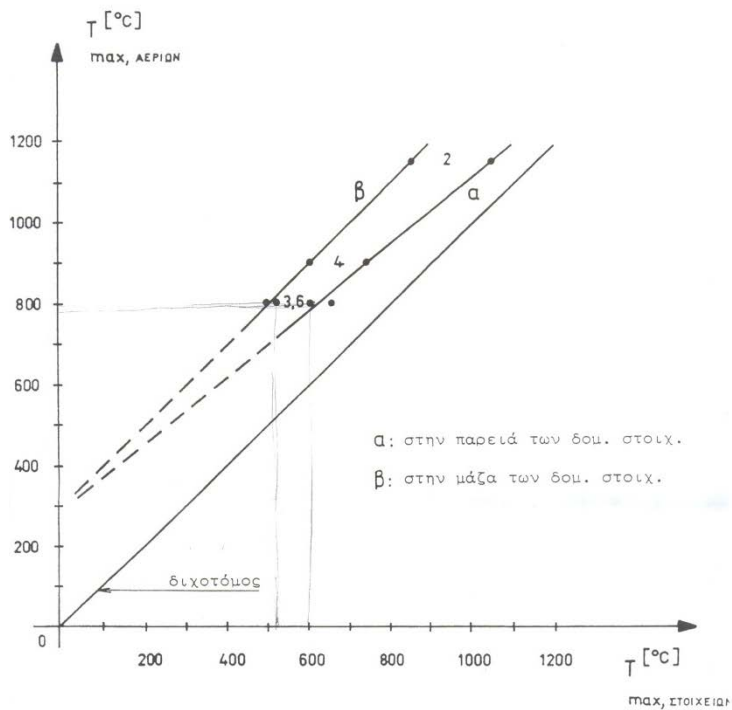
- Στις αερο-ελεγχόμενες πυρκαγιές (π.χ. περίπτωση 4) συμβαίνει γρήγορη ανάπτυξη θερμοκρασιών, ενώ
- Στις καυσιμο-ελεγχόμενες πυρκαγιές (π.χ. περίπτωση 2) παρατηρείται αρχική υστέρηση της αναπτύξεως.

2. Όσον αφορά τις $T_{\max, \text{αερ}}$ και $T_{\max, \text{στοιχ.}}$

Για λόγους αποτιμήσεως και αξιολογήσεως των ενδείξεων ποιότητας και αντοχής του σκυροδέματος, είναι ιδιαίτερως χρήσιμη η εκτίμηση των θερμοκρασιών:

- στην παρειά των δομικών στοιχείων, για την αξιολόγηση κρουσιμετρήσεων και εξολκεύσεων ήλων (βάθος επιρροής: max. 50mm)
- στην μάζα (στο εσωτερικό) των δομικών στοιχείων, για την αξιολόγηση πυρήνων και υπερηχοσκοπήσεων (βάθη περίπου 100mm).

Στο Σχ. 2 παρουσιάζονται οι ενδείξεις αυτής της έρευνας.



Σχ. 2: "Υστέρηση" των θερμοκρασιών στα δομητικά στοιχεία, εν σχέσει με την τυπική μέγιστη θερμοκρασία των αερίων

Πρακτικώς μπορεί να εκτιμηθεί ότι:

$$T_{\max, \text{παρ.}} = T_{\max, \text{αερ.}} - (100 - 200)^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max, \text{μζ.}} = T_{\max, \text{παρ.}} - (100 - 200)^{\circ}\text{C}$$

Ανάλογα με τη διάρκεια της πυρκαγιάς.

3.Όσον αφορά τις ενδείξεις των εμμέσων μεθόδων

Τα στοιχεία που αναφέρονται αμέσως μετά αφορούν παλιές κατασκευές (βλ. πιν. 1), με συνηθισμένης ποιότητας σκυρόδεμα (ελληνικό τσιμέντο, αδρανή ασβεστολιθικά).

Επίσης, το σύνολο (σχεδόν) των δοκιμών και ελέγχων έγιναν επί υποστρωμάτων (ξηρές περιοχές σε ύψος ~0,5-1,0 m), με συνηθισμένες διατομές και ποσοστά οπλισμού.

4.Όσον αφορά την επιρροή του επιχρίσματος

Η επιρροή του επιχρίσματος, αν είναι εξασφαλισμένη η πρόσφυση ή η σύνδεσή του με το σκυρόδεμα, είναι ιδιαίτερος ευνοϊκή, όπως κατ' επανάληψη αποδείχθηκε και κατά τις συστηματικές αυτοψίες των κατασκευών οι οποίες ελέγχθηκαν.

Συνήθη επιχρίσματα (ασβεστο-τσιμεντοκονιάματα), σε καλή όμως κατάσταση και με μικρό (σχετικώς) πάχος (~10-20mm), παρουσίασαν ικανοποιητική συμπεριφορά (χωρίς έντονες και εκτεταμένες εκτινάξεις/αποκολλήσεις), και προστάτευσαν σκυρόδεμα και οπλισμούς. Σχετικώς, και ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (ΠΔ 71/17.02.88) προβλέπει ότι ως πάχος επικαλύψεως μπορεί να συνυπολογισθεί και το πάχος επιχρίσματος, υπό την προϋπόθεση ότι για $t > 15 \text{ mm}$ το επίχρισμα θα οπλίζεται (π.χ. πυκνό κοτετσόσυρμα) που θα στερεώνεται με μηχανικά μέσα (π.χ. εκτοξευόμενα καρφιά) στα φέροντα στοιχεία

Η γενική εξίσωση μεταφοράς θερμότητας (μιας διεύθυνσεως) μέσω ενός υλικού είναι:

$$\text{c.p. } \frac{dT}{dt} = \lambda \Delta T + W = \text{DIV} \lambda (\text{GRAD } T) + W$$

όπου: w = θερμικές απώλειες

ρ = πυκνότητα του υλικού

c = ειδική θερμότητα

λ = αγωγιμότητα

α =διαχυτότητα.

Ετσι, όσο πιο μικρή είναι η διαχυτότητα μέσω ενός υλικού (θερμική διαχυτότητα, $\alpha=\lambda/c.\rho$) τόσο πιο καλή είναι η συμπεριφορά του κατά την πυρκαγιά, τουλάχιστον από άποψη εξελίξεως των θερμοκρασιών στο εσωτερικό του δομητικού στοιχείου.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται ενδεικτικές τιμές των παραμέτρων της διαχυτότητας για συνήθη σκυροδέματα και επιχρίσματα. με ελαφρό πλέγμα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΧΥΤΟΤΗΤΑ
	T/M ³	KCAL/KG	KCAL/M.H	M ² /H
ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ	1.6/1,8	0.28	0.75/0.85	1.50/1.70
ΣΚΥΡΟΔΕΡΜΑ	2,3/2,4	0.28	1.00/1.50	1.50/2.20

ΠΙΝΑΚΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Είναι αποτελέσματα προτύπων δοκιμασιών πυραντίστασης για δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα και υιοθετούνται από πολλούς εθνικούς κανονισμούς πυροπροστασίας. Οι σχετικοί πίνακες αφορούν σε υποστυλώματα, τοιχία, δοκούς και πλάκες. Οι τιμές αναφέρονται σε δοκιμασίες με σκυροδέματα συνήθους πυκνότητας και ελαφροσκυροδέματα με πυριτικά αδρανή. Για σκυροδέματα με ασβεστολιθικά αδρανή οι τιμές μπορούν να μειωθούν κατά ένα ποσοστό 10%.

Η ανθεκτικότητα έναντι πυρκαγιάς εκφράζεται σε όρους απαιτούμενου χρόνου εκθέσεως στην καμπύλη ISO «θερμοκρασία αερίων –χρόνος». Σύμφωνα με διεθνή συμφωνία η πυρκαγιά ακολουθεί τον παρακάτω διαχωρισμό σε κλάσεις ISO:

F30, F60, F90, F120, F180, F240,.....

Όπου ο αριθμός αναφέρεται στον απαιτούμενο χρόνο εκθέσεως σε πρώτα λεπτά.

Ανάλογα τώρα με την κλάση πυρκαγιάς ISO, στην οποία πρόκειται να εκτεθεί το δομικό στοιχείο, προτείνεται να τηρούνται ορισμένες πρόσθετες κατασκευαστικές διατάξεις.

Αυτές αναφέρονται κυρίως:

- Στις ελάχιστες διαστάσεις της διατομής
- Στις ελάχιστες επικαλύψεις οπλισμών
- Στις αγκυρώσεις των οπλισμών

Οι παραπάνω διατάξεις έχουν ελεγχθεί κυρίως μέσω πειραμάτων, αλλά παρέχουν στην πράξη, τις περισσότερες φορές αποδεκτή στάθμη ασφαλείας. Τα Σχήματα 7.2.1,7.2.2 διασαφηνίζουν τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στους πίνακες που ακολουθούν. Στο Σχήμα 7.2.3 υποδεικνύονται οι κατάλληλες διευθετήσεις οπλισμών.

Πίνακας 7.1: Υποστυλώματα από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (για λυγηρότητα <25).

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ			Ελάχιστες διαστάσεις σε mm					
Είδος σκυ- ροδέ- ματος	Έκθεση στην πυρκαγιά	Πλάτος υποστυλώματος "b" κ αξονική απόσταση οπλισμών "α"	F30	F60	F90	F120	F180 ***	F240 ***
Σκυ- ροδέ- ματα με	Όλες οι πλευρές	b α**	150 18	200 30	240 45	300 55	400	450
		b εναλλακτική α** λύση		240 25	300 35			

συνή- θη αδρα- νή	Μία μόνο πλευρά	b α**	100 10	120 25	140 35	160 45	200 40	240 40
Ελα- φρο- σκυ- ροδέ- ματα*	Όλες οι πλευρές	b α**	150 18	160 30	190 45	240 55	320	360
	Μία μόνο πλευρά	b α**	100 10	100 25	115 35	130 40	160 40	190 40

Πίνακας 7.2 : φεροντα στοιχεία από ο.σ. (H: $b < 25$)

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ			Ελάχιστες διαστάσεις σε mm					
Είδος σκυροδέματος	Τάση σκυροδέματος	Πάχος τοιχίου "t" και αξονική απόσταση "α"	F30	F60	F90	F120	F180	F240
Σκυροδέματα από συνήθη αδρανή	$\sigma < 0.15f_{ck}$	t	120	120	140	160	200	240
		α	10	15	25	35	55	75
	$\sigma < 0.30f_{ck}$	t	120	140	170	220	300	400
		α	12	25	35	45	65	85
Ελαφροσκυροδέματα *	$\sigma < 0.15f_{ck}$	t	120	120	140	160	200	240
		α	10	12	20	28	44	60
	$\sigma < 0.30f_{ck}$	t	120	140	170	220	300	400
		α	10	20	28	36	52	68

ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΥΝΗΘΗ ΑΔΡΑΝΗ				
	Πλάτος δοκού "b" σε mm και αντίστοιχη ελάχιστη αξονική απόσταση "α" σε mm				Ελάχιστο πάχος κορμού (*)
					"b _w " σε mm
F30	b	80		200	80
	α	12		12	
F60	b	120	200	300	100
	α	25	12	12	

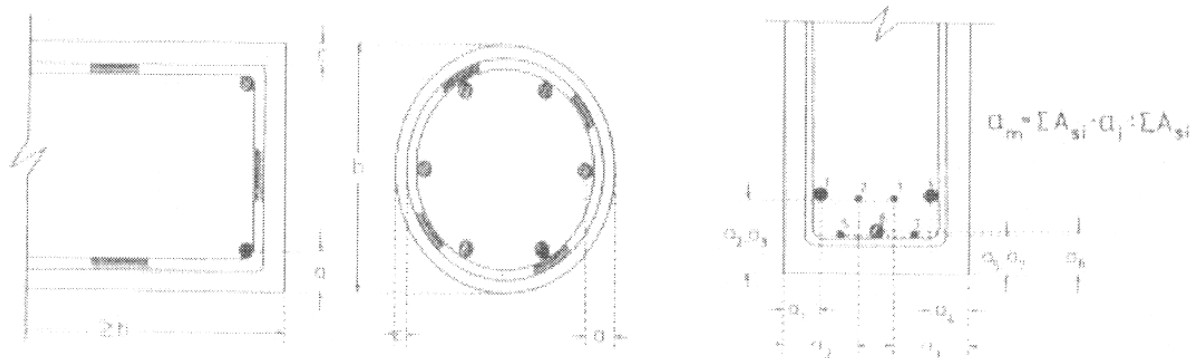
F90	b	150	250	400	100	
	α	35	25	25		
F120	b	200	300	500	120	220
	α	45	35	35		
F180	b	240		600	140	400
	α	50		50		
F240	b	280		700	160	600
	α	60		60		
$\alpha_{st} = \alpha + 10 \text{ mm}$				$\alpha_{st} = \alpha$		

Πίνακες 7.4 σιδηροπαγουν και προεντεταμενων δοκων (προσβολη από 3 μεριες)

(όπου a_{st} είναι η αξονική απόσταση από την κατακόρυφη παρειά της δοκού)

* Σε δοκούς μορφής I, το ελάχιστο πάχος b_w του κορμού οφείλει να είναι τουλάχιστον ίσο με το ελάχιστο απαιτούμενο πλάτος δοκού b , για ένα μήκος εκατέρωθεν της στηρίξεως τουλάχιστον ίσο με $2h$ (h το ύψος της δοκού).

** Για τις περιπτώσεις ενδιάμεσων στηριγμάτων συνεχών δοκών με κίνδυνο πρόωρης καμπτοδιατμητικής θραύσεως : Δοκοί 2 ανοιγμάτων με συγκεντρωμένα φορτία κοντά στα στηρίγματα και με εξάντληση της οριακής παραμορφώσεως σκυροδέματος.



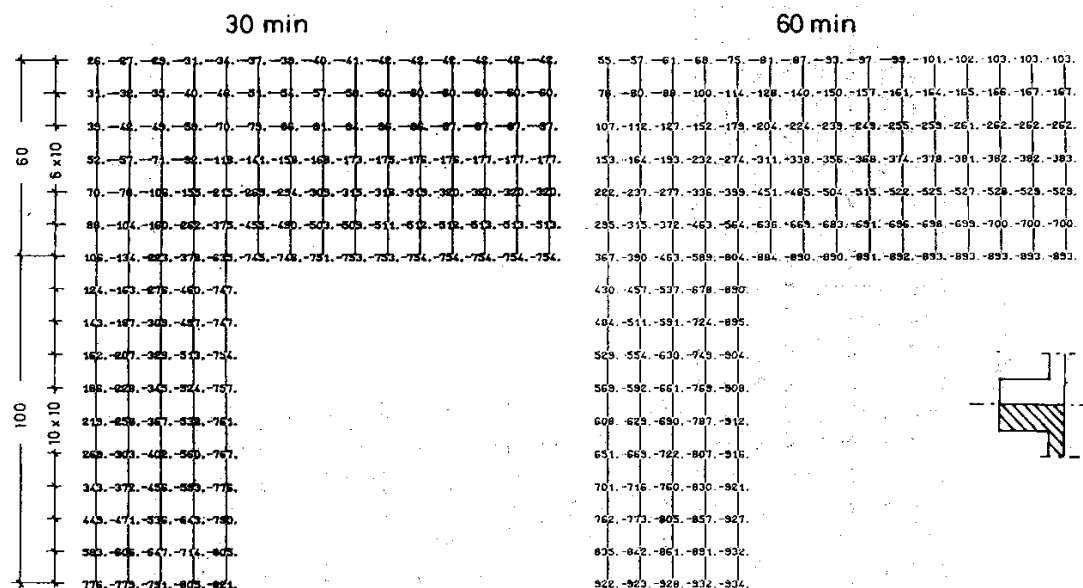
Σχήμα 6. Διαστάσεις δοκού που περιέχει ανοίγματα (Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ ΕΚΟΤ 1999)

Σχημάτα 7.2.1,7.2.2,7.2.3

Πίνακες με πειραματικά δεδομένα συνέχεια από 5.3

ΠΛΑΚΟΔΟΚΟΣ ΕΛΑΦΡΟΣΚΥΡΟΔΕΡΜΑ ΒΗ 80\160MM

ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟ ΚΑΤΩ ΚΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΛΕΥΡΕΣ

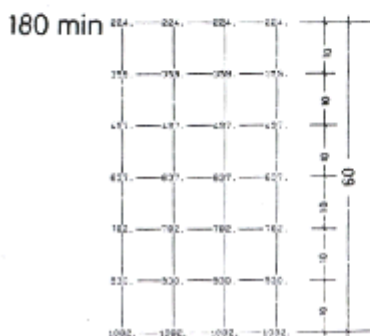
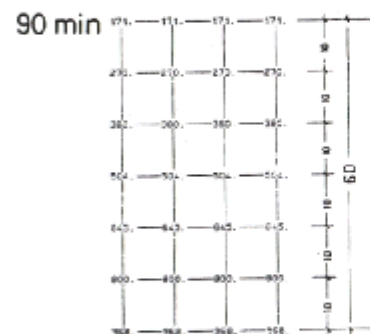
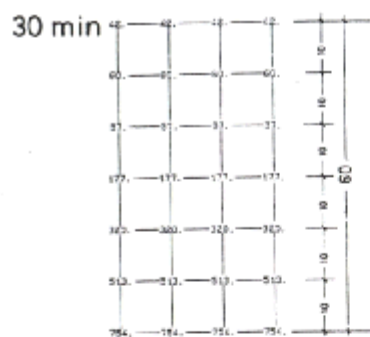


πλάκα για H =100

ΓΙΑ H =200mm

30min		60 min	90 min
20.-20.-20.-20.		22.-22.-22.-22.	27.-27.-27.-27.
20.-20.-20.-20.		23.-23.-23.-23.	30.-30.-30.-30.
20.-20.-20.-20.		25.-25.-25.-25.	36.-36.-36.-36.
21.-21.-21.-21.		30.-30.-30.-30.	46.-46.-46.-46.
23.-23.-23.-23.		39.-39.-39.-39.	62.-62.-62.-62.
27.-27.-27.-27.		55.-55.-55.-55.	89.-89.-89.-89.
38.-38.-38.-38.		83.-83.-83.-83.	148.-148.-148.-148.
62.-62.-62.-62.		153.-153.-153.-153.	254.-254.-254.-254.
130.-130.-130.-130.		293.-293.-293.-293.	406.-406.-406.-406.
304.-304.-304.-304.		507.-507.-507.-507.	622.-622.-622.-622.
659.-659.-659.-659.		844.-844.-844.-844.	933.-933.-933.-933.
120 min		180 min	240 min
34.-34.-34.-34.		52.-52.-52.-52.	68.-68.-68.-68.
40.-40.-40.-40.		64.-64.-64.-64.	87.-87.-87.-87.
50.-50.-50.-50.		82.-82.-82.-82.	116.-116.-116.-116.
65.-65.-65.-65.		109.-109.-109.-109.	163.-163.-163.-163.
88.-88.-88.-88.		157.-157.-157.-157.	229.-229.-229.-229.
134.-134.-134.-134.		231.-231.-231.-231.	310.-310.-310.-310.
216.-216.-216.-216.		326.-326.-326.-326.	411.-411.-411.-411.
332.-332.-332.-332.		449.-449.-449.-449.	536.-536.-536.-536.
488.-488.-488.-488.		606.-606.-606.-606.	691.-691.-691.-691.
699.-699.-699.-699.		810.-810.-810.-810.	888.-888.-888.-888.
991.-991.-991.-991.		1066.-1066.-1066.-1066.	1117.-1117.-1117.-1117.

Πλακά ελαφροσκυροδερμα H=60 mm



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- [1] Δεοδάτης Γ. Τάσσιος Θ. Π., , Πρακτικός σχεδιασμός κατασκευών από Ωπλ. Σκυρόδεμα έναντι πυρκαγιάς, ΕΜΠ, Αθήνα, 1984
- [2] R. Rybicki, Βλάβες δομικών έργων, κατασκευές οπλισμένου μπετόν, Τόμος II, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, Αθήνα, 1981
- [3]. Βλάχος Ιωάννης Σ, Συμβολή στην πρόληψη και αποκατάσταση ζημιών από φωτιά και σεισμό
- [4] Fire safety in residential buildings – Building performance series No 2
- [5]. Κωνσταντίνου Ε, Λαμπροπούλου Α., Πυρκαγιά - Μέθοδοι επισκευής - Ενίσχυσης, 12ο φοιτητικό συνέδριο επισκευών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών, 2006
- [6] Δρίτσος Σ.Η., Ενισχύσεις/επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, Πάτρα, 2006
- [7] Βαδάκης Ε., Παπαγιάννη Ι., Επιρροή της αντοχής του σκυροδέματος στη συνάφεια χάλυβα-σκυρ/τος μετά από έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, 11

ο

Συνέδριο Σκυροδέματος, σελ. 302 -312, ΤΕΕ, Ελληνικό τμήμα σκυροδέματος, Κέρκυρα, 18 – 20 Μαΐου 1994,

[8]. Σαγιάς Δ. Θ Τρέζος Κ. Γ.,, Επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στη συνάφεια χάλυβα – σκυροδέματος, 15

ο

Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, Ελληνικό τμήμα σκυροδέματος, Αλεξανδρούπολη, 25 – 27 Οκτωβρίου 2006,

[9]. Στυλιανίδης Χ, Επίδραση της πυρκαγιάς σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, 3ο φοιτητικό συνέδριο επισκευών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών, 1997

[10] ISO P834 Fire resistance tests - Elements of building construction Part 1: General requirements, International Organization for Standardization (ISO), 1999

[11] Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων 2000, Κεφ. 3.6 Χαρακτηριστικά χαλύβων –

Συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες, Αθήνα, 2000

[12] Κανονισμός πυροπροστασίας νέων κτιρίων 2000 -

[13] The Crossroads Village, -

0719_IMG.JPG?display=small

[14] S. Lehner, European fire classification of construction products, new test method “SBI”, and introduction of European classification system into German building regulations, Otto-Graf-Journal, Vol. 16, 2005, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, http://www.mpa.uni-stuttgart.de/publikationen/otto_graf_journal/ogj_2005/beitrag_08_lehner.pdf

[15] Asota, Anti Fire Crack/Micro Crack Preventer – The latest of fibres for fibre concrete generation, Asota, Anti Fire Cracking Systems,

[16] 21 Century Safety Issues,

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

<http://village.crossroadsint.org>

<http://www.firetrain.com/images/>

<http://www.asota.com/redsyspix/>

WWW.TEE.GR

WWW.GOOGLE.GR

[WWW.UNIVERSITIOFPATRA.GR.](http://WWW.UNIVERSITIOFPATRA.GR)

<http://www.cwc.ca/>

ΣΟΝΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 20\1\2008