

ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ-ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

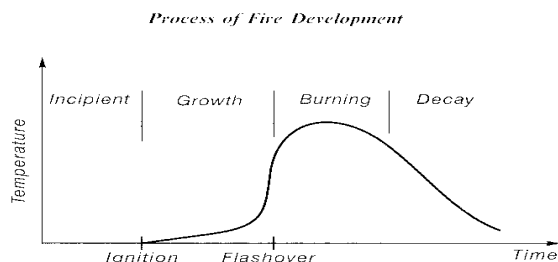
ΓΑΛΑΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει την επίδραση της πυρκαγιάς στις σύμμικτες κατασκευές, τους τρόπους σχεδιασμού που εφαρμόζονται ώστε να εξασφαλιστεί η πυροπροστασία αυτών, καθώς επίσης αναφέρεται σε επισκευές και ενισχύσεις προκειμένου να επανέλθουν τα δομικά στοιχεία της κατασκευής στην πρότερή τους κατάσταση και με μεγαλύτερες αντοχές. Η εργασία περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς που μπορεί να επηρεάσουν μια κατασκευή, τη συμπεριφορά των υλικών σκυροδέματος-χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες, κάποια πειράματα που έγιναν ώστε να εκτιμηθεί η συμπεριφορά των σύμμικτων κατασκευών στη πυρκαγιά, τις βάσεις σχεδιασμού για την πυροπροστασία και μεθόδους αποκατάστασης που εφαρμόζονται σε τέτοιου είδους κατασκευές.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φωτιά πάντα αποτελούσε ένα πολύ σημαντικό παράγοντα για το σχεδιασμό των κτιρίων, κυρίως εάν αυτά ήταν πολυώροφα, καθώς σε τέτοια περίπτωση αυξανόταν η δυσκολία απομάκρυνσης και διαφυγής από το κτίριο με αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό και την απώλεια ανθρωπίνων ζώων. Αποτελεί ένα φαινόμενο που μπορεί να συμβεί σε ένα οποιοδήποτε κτίριο και με οποιοδήποτε ένταση και ο τρόπος που εξελίσσεται παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.[1]



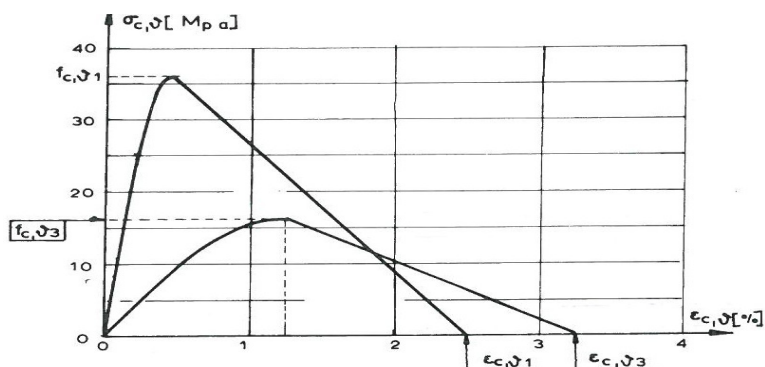
Σχήμα1: Καμπύλη μεταβολής θερμοκρασίας-χρόνου για τυπική πυρκαγιά [1]

Έτσι λοιπόν, η ανάγκη για τον έλεγχο του κτιρίου σε επίπεδο πυρασφάλειας οδήγησε στην εφαρμογή της ενεργητικής και παθητικής πυροπροστασίας. Με τον όρο ενεργητική πυροπροστασία εννοούμε τα μέσα πυροπροστασίας που εγκαθίστανται για την έγκαιρη εξακρίβωση και αντιμετώπιση της πυρκαγιάς, όπως είναι π.χ. το σύστημα αυτόματων καταιονητήρων. Ενώ, με τον όρο παθητική πυροπροστασία εννοούμε το σύνολο των μέτρων για την άμεση διαφυγή του κοινού μετά το ξέσπασμα της πυρκαγιάς, όπως είναι π.χ. ο φωτισμός των οδούσεων διαφυγής.[2]

2. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΔΟΜΙΚΟ ΧΑΛΥΒΑ

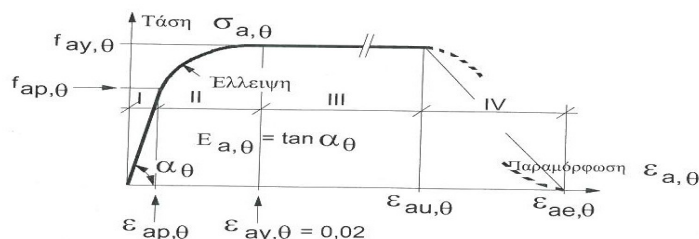
Το σκυρόδεμα παρουσιάζει εξαιρετική συμπεριφορά στη πυρκαγιά, δεν καίγεται και έχει μικρή θερμική αγωγιμότητα. Συγκεκριμένα, το σκυρόδεμα παρουσιάζει μια μικρή αύξηση αντοχής στους 200°C και καταστρέφεται πλήρως στους 1600°C. Βέβαια η συμπεριφορά του αυτή εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως είναι: η ποιότητα του τσιμεντοπολτού και των αδρανών, τα οποία αποσυντίθεται σε αυξημένες θερμοκρασίες, το μέγεθος των δομικών στοιχείων και ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Κατά την έκθεσή του σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες παρουσιάζεται το φαινόμενο της

αποφλοίωσης εξαιτίας της υπέρβασης της εφελκυστικής του αντοχής. Η έκταση της αποφλοίωσης επηρεάζεται από το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας, την έκταση της φωτιάς, το πορώδες και την περατότητα του επιφανειακού τμήματος του σκυροδέματος.[3],[4]



Σχήμα 2: Διάγραμμα σ-ε σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες [5]

Ο χάλυβας δεν παρουσιάζει την ίδια καλή συμπεριφορά με το σκυρόδεμα στις αυξημένες θερμοκρασίες. Για θερμοκρασίες πάνω από 100 °C η καμπύλη τάσεων –παραμορφώσεων είναι έντονα μη γραμμική, χωρίς σαφές όριο διαρροής. Με την έκθεσή του σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες το όριο διαρροής, η εφελκυστική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας μειώνονται, ενώ ο ρυθμός μείωσης είναι μέγιστος για θερμοκρασίες στους 450-550 °C. Επίσης ενδέχεται να εμφανιστεί το φαινόμενο του ερπυσμού, το οποίο οδηγεί σε αστοχία του χάλυβα για τάσεις μικρότερες από το όριο διαρροής, όταν εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες, το φαινόμενο της χαλάρωσης και της μεταβολής της μικροδομής του. Βέβαια, βασικοί παράγοντες που επιδρούν στη συμπεριφορά του χάλυβα είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος της έκθεσης, η σύσταση και η μέθοδος παραγωγής του χάλυβα.[3],[4]

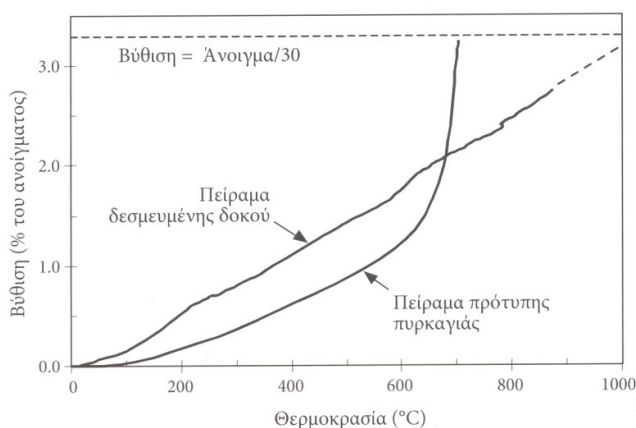


Σχήμα 3: Διάγραμμα σ-ε δομικού χάλυβα σε υψηλές θερμοκρασίες [5]

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Η επίδραση της πυρκαγιάς πάνω σε σύμμικτες κατασκευές καθώς και οι παραμορφώσεις που αναπτύσσονται λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και του επιπέδου της φόρτισης, μπορούν να εκτιμηθούν με αποτελεσματικό τρόπο μόνο μέσω πειραμάτων που ανταποκρίνονται με το καλύτερο δυνατό τρόπο στις πραγματικές συνθήκες και όχι από την εκτίμηση και μόνο της συμπεριφοράς μεμονωμένων δομικών στοιχείων στη πυρκαγιά. Σε αυτό το σκοπό αποσκοπούσε και το πρόγραμμα πειραμάτων πυρκαγιάς του Ερευνητικού Κέντρου του Εργαστηρίου Cardington το 1996, το οποίο αποτελούνταν από δύο έργα, το πρώτο χρηματοδοτούνταν από την Cogus και την ECSC, ενώ το δεύτερο από την Κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου μέσω της BRE. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε ένα κτίριο 8 ορόφων με σύμμικτο μεταλλικό σκελετό, το οποίο είχε σχεδιαστεί με βάση τις προδιαγραφές

Πιο αναλυτικά, το πρώτο πείραμα πραγματοποιήθηκε στον 7^ο όροφο του κτιρίου, αφορούσε μία δευτερεύουσα δοκό, συνολικού μήκους 9 m και 3 m πλάτους και σε αυτήν τοποθετήθηκε ο κλίβανος καύσης αερίου στα μέσα των 8 m, ώστε οι συνδέσεις να μείνουν σχετικά ψυχρές. Στόχος του πειράματος αυτού ήταν να παρατηρηθεί η συμπεριφορά της δοκού, η οποία περιβάλλεται από μη θερμαινόμενη πλάκα καθώς επίσης να παρατηρηθούν οι συνέπειες της δέσμευσης των μη θερμαινόμενων τμημάτων της κατασκευής. Καθώς η δοκός θερμαινόταν έφτασε στους 900 °C (875 °C στο κάτω πέλμα) και η βύθιση στο μέσον του ανοίγματος ήταν 232 mm. Φυσικά υπήρχε διαφορά στη συμπεριφορά της δοκού αυτής και σε άλλη μη μονωμένη σε πειράματα πρότυπης πυρκαγιάς για το ίδιο φορτίο. Για παράδειγμα η απότομη μετατόπιση που παρουσιάζουν οι απλά εδραζόμενες δοκοί, δεν παρουσιάστηκε στη δοκό του πειράματος. Παρόλο που ο χάλυβας όταν πλησιάζει σε θερμοκρασίες των 900 °C διατηρεί μόνο το 6% του ορίου διαρροής σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. [6]



Σχήμα 6 : Μετατόπιση στο μέσον συναρτήσει της μέγιστης θερμοκρασίας στο πείραμα πρότυπης πυρκαγιάς και στο πείραμα δεσμευμένης δοκού [6]

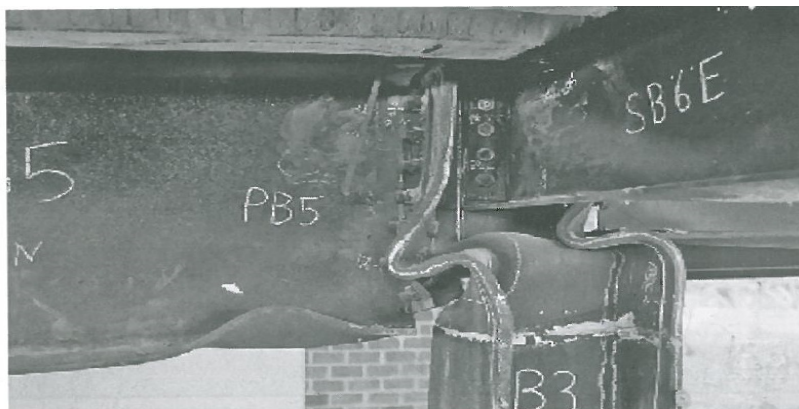
Κατά την διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε τοπικός λυγισμός και στα δύο άκρα της δοκού, εντός των τοιχωμάτων του κλιβάνου. Ενώ θραύσεις παρατηρήθηκαν στα δύο άκρα της δοκού από την εξωτερική της πλευρά που δεν επηρεάστηκε από τη μετάδοση θερμότητας. Οι θραύσεις προκλήθηκαν από θερμική συστολή της δοκού κατά τη διάρκεια της ψύξης, ενώ η πλάκα αστόχησε στη μία πλευρά λόγω διάτμησης. [6]



Σχήμα 7: Λυγισμός του πέλματος στη δεσμευμένη δοκό του πειράματος 1[6]

Το πείραμα 2 αφορούσε σε ένα πλαίσιο που αποτελούνταν από 4 στύλους, μονωμένους μέχρι ένα ορισμένο ύψος στο οποίο θα μπορούσε να τοποθετηθεί ψευδοροφή και το υπόλοιπο

τμήμα τους ήταν απροστάτευτο και από 3 κύριες δοκούς όπου και αυτές και οι δευτερεύουσες σε αυτές δοκοί ήταν μη μονωμένες. Μετά την έκθεση τους σε υψηλές θερμοκρασίες υπήρξε κατακόρυφη μετατόπιση των στύλων και έτσι και όλων των ορόφων και προκάλεσε μόνιμη παραμόρφωση. Ενώ στις συνδέσεις μεταξύ των δοκών υπήρξε αστοχία των κοχλιών σε διάτμηση στην εκτιθέμενη πλευρά. [6]



Σχήμα 8: Συνθλιμμένη κεφαλή στύλου μετά από το πείραμα 2 [6]

Στο πείραμα 3 εξετάστηκε η συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος πλάκας και συγκεκριμένα ο ρόλος της δράσης μεμβράνης σταθεροποίησης της πλάκας στο να προσφέρει εναλλακτικές διαδρομές φορτίου όταν οι δοκοί χάνουν την αντοχή τους. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε διαμέρισμα διαστάσεων 10m επί 7.6 m πλάτος. Το πυροθερμικό φορτίο αποτέλεσαν ξύλινα σανίδια, το οποίο ήταν πολύ υψηλό και ισοδυναμούσε με το 95% του πιθανοτικού σχεδιασμού σε κτίρια γραφείων. Η ανώτατη θερμοκρασία που καταγράφηκε ήταν 1071°C. Η πυρκαγιά κατανάλωσε όλο το καύσιμο υλικό και η συμπεριφορά του συστήματος ήταν πολύ καλή χωρίς να υπάρξει κατάρρευση, ενώ οι κοχλίες στις συνδέσεις των δοκών δεν αστόχησαν. [6]



Σχήμα 9: Όψη της κατασκευής μετά από το πείραμα 3 [6]

Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν πως τα σύμμικτα κτίρια με μεταλλικό σκελετό διαθέτουν μεγάλα αποθέματα πυραντοχής σε σχέση με αποτελέσματα πειραμάτων που έχουν γίνει σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία μη περιορισμένα, για αυτό και δεν αποτελούν και τον πιο αξιόπιστο τρόπο εκτίμησης της συμπεριφοράς των σύμμικτων κατασκευών έναντι στη φωτιά. Παρόμοια συμπεράσματα εξήχθησαν και από τα υπόλοιπα πειράματα. [6]

4. ΤΡΟΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 4 όλα τα στοιχεία σε πολυώροφα κτίρια πρέπει να διαθέτουν πυραντίσταση, η οποία καθορίζεται είτε μέσω πρότυπων πειραμάτων πυραντίστασης είτε με υπολογισμούς που καθορίζονται στον Ευρωκώδικα. Για αυτό και οι μεταλλικές δοκοί και στύλοι μονώνονται συνήθως με πυράντοχες σανίδες και διογκούμενο χρώμα.

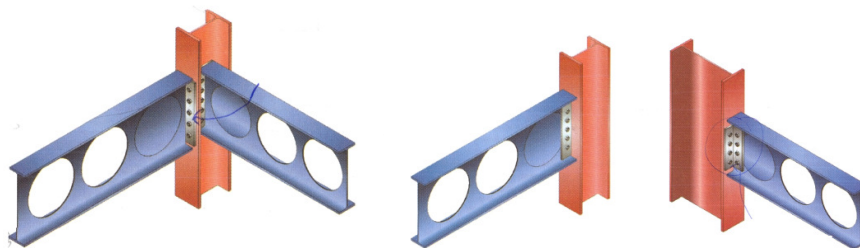
Οι βάσεις σχεδιασμού με βάση τον Ευρωκώδικα 4 απαρτίζονται από την ικανοποίηση 3 κριτηρίων. Το κριτήριο της φέρουσας ικανότητας, μέσω του οποίου εξασφαλίζεται η αντοχή και η ευστάθεια του μέλους για ένα ορισμένο χρόνο σε συνθήκες πυρκαγιάς. Το κριτήριο της ακεραιότητας, το οποίο εάν ικανοποιείται δεν διαπερνάται από φλόγες και καπνούς. Τέλος, το κριτήριο της μονωτικής ικανότητας, μέσω του οποίου εξασφαλίζεται ότι η θερμοκρασία που θα αναπτυχθεί μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου στο μέλος θα είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία ανάφλεξής του.

Ο έλεγχος της φέρουσας ικανότητας μπορεί να γίνει με 3 διαφορετικούς τρόπους. Έλεγχος με βάση το χρόνο (κατά τον οποίο η τιμή σχεδιασμού του χρόνου πυραντίστασης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τον απαιτούμενο χρόνο πυραντίστασης), έλεγχος με βάση την αντοχή (κατά τον οποίο η αντοχή σχεδιασμού στη θερμή κατάσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη δράση σχεδιασμού στη θερμή κατάσταση), έλεγχος με βάση τη θερμοκρασία (κατά τον οποίο η τιμή σχεδιασμού της θερμοκρασίας στην οποία το στοιχείο μπορεί να διατηρήσει τις αντοχές του, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή σχεδιασμού της κρίσιμης θερμοκρασίας του στοιχείου). [5]

Οι προτάσεις που ακολουθούν αφορούν σε μία άλλη μέθοδο σχεδιασμού, που ανευρίσκεται στη βιβλιογραφία και μπορεί να εφαρμοστεί είτε ως μέθοδος σχεδιασμού είτε ως μέθοδος αποτίμησης.

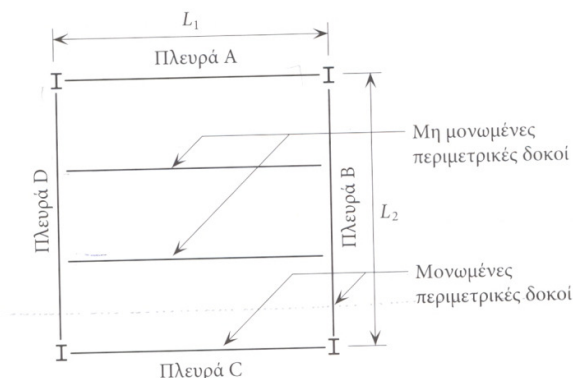
Οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή του παραπάνω σχεδιασμού είναι ότι εφαρμόζεται μόνο σε μεταλλικά κτίρια με σύμμικτες πλάκες, όπου υπάρχουν πλαίσια με απλές συνδέσεις, είτε πλευρικός αντιστηριζόμενα πλαίσια, είτε σύμμικτες πλάκες από μεταλλικό υπόστρωμα με πλέγμα ενίσχυσης, είτε με δοκούς σχεδιασμένες ώστε να δρουν σύμμικτα με τη πλάκα, είτε με δοκούς με οπές για λειτουργικούς λόγους.

Σύμφωνα με αυτόν τον οδηγό σχεδιασμού υιοθετούνται μοντέλα των απλών συνδέσεων (όπου η καμπτική ροπή δεν μεταδίδεται μέσω της σύνδεσης) τα οποία περιλαμβάνουν: ημιάκαμπτες συνδέσεις ακραίου ελάσματος, αρθρωτές συνδέσεις ελάσματος πτερυγίου και σύνδεση με γωνιακό έλασμα κορμού. [6]



Σχήμα 10: Απεικόνιση ημιάκαμπτων συνδέσεων ακραίου ελάσματος, αρθρωτής σύνδεσης ελάσματος πτερυγίου και σύνδεσης με γωνιακό έλασμα κορμού [6]

Έπειτα ακολουθεί μία εφαρμογή αυτού του οδηγού σχεδιασμού στο παρακάτω παράδειγμα.



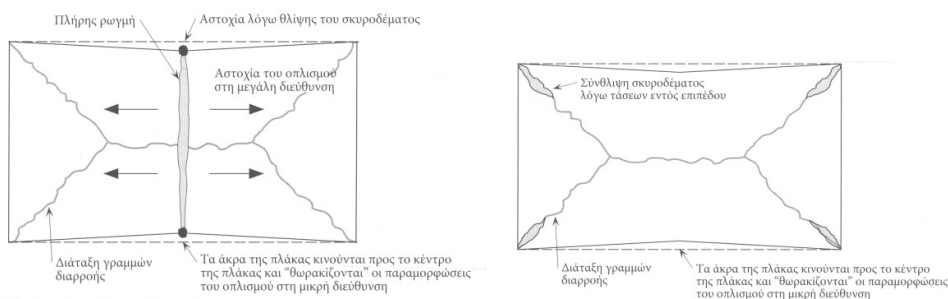
Σχήμα 11: Πρότυπη ζώνη επιρροής που αντιστοιχεί σε τμήμα της κάτοψης της πλάκας [6]

Έχοντας μία συγκεκριμένη κάτοψη πλάκας, απαιτείται από την μέθοδο σχεδιασμού ο μελετητής να διαχωρίσει την πλάκα σε ζώνες επιρροής. Οι δοκοί στην περίμετρο των ζωνών αυτών πρέπει να είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να έχουν την ίδια πυραντίσταση με την πλάκα και για αυτό είναι μονωμένες. Η κάθε ζώνη έχει ορθογωνικό σχήμα, είναι δεσμευμένη σε όλες τις πλευρές της από δοκούς, οι στύλοι δεν πρέπει να είναι τοποθετημένοι εντός της ζώνης επιρροής και συνήθως τοποθετούνται στην περίμετρο της ζώνης και όταν το χρονικό διάστημα της πυραντίστασης υπερβαίνει τα 60 λεπτά ή χρησιμοποιείται η παραμετρική καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου όλοι οι στύλοι πρέπει να είναι δεσμευμένοι από μία πυροπροστατευμένη δοκό σε κάθε διεύθυνση.

Η μέθοδος σχεδιασμού θεωρεί πως σε οριακή κατάσταση πυρκαγιάς η αντοχή των μη μονωμένων δοκών μειώνεται αρκετά (δυσανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας) έτσι ώστε η σύμμικτη πλάκα να συμπεριφέρεται από διέριστη αρχικά σαν τετραέριστη αλλά εδραζόμενη στη περίμετρό της με τη συγκεκριμένη διάταξη γραμμών διαρροής.

Η συνολική φέρουσα ικανότητα της πλάκας υπολογίζεται θεωρώντας πως οι σύμμικτες δοκοί έχουν μηδενική αντοχή. Η αντοχή αυτή στη συνέχεια ενισχύεται λαμβάνοντας υπόψη την ενεργοποίηση των δράσεων της μεμβράνης σταθεροποίησης και έτσι η συνολική φέρουσα ικανότητα της πλάκας δίνεται από το άθροισμα της καμπτικής αντοχής των σύμμικτων δοκών και της ενισχυμένης αντοχής της πλάκας.

Οι μορφές αστοχίας είναι δύο τύπων: η θραύση της ενίσχυσης κατά μήκος του μικρότερου ανοίγματος, για πλάκες με ελαφρύ οπλισμό, που αποτελεί και τον πιο συνήθη τρόπο αστοχίας και η αστοχία σε θλίψη στα γωνιακά άκρα της πλάκας που συμβαίνει σε πλάκες με οπλισμό αυξημένης ολκιμότητας. [6]



Σχήμα 12: Μορφές αστοχίας της πλάκας [6]

5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΜΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Αρχικά, πρέπει να πραγματοποιηθεί μια επιτόπου επίσκεψη. Μετά, βάσει μιας αρχικής μελέτης, που θα αφορά στην αξιολόγηση της κατασκευής σύμφωνα με τους ισχύοντες νόμους και θα καθορίζεται το επίπεδο πυρασφάλειας που θα πρέπει να διαθέτει, θα συντάσσεται μια έκθεση με βάση την απόδοση της κατασκευής έναντι πυρκαγιάς υπό τις υπάρχουσες συνθήκες. Εάν η αρχική αυτή εκτίμηση είναι ασαφής, τότε η κατασκευή θεωρείται ανεπαρκής, τα υπάρχοντα συστήματα πυροπροστασίας αναποτελεσματικά και χρειάζεται να πραγματοποιηθούν περαιτέρω έλεγχοι, όπως των υλικών καθώς επίσης και λεπτομερείς επιθεωρήσεις των χώρων της κατασκευής. Έπειτα, να υπολογιστούν τα πλεονεκτήματα που προέκυψαν από τα πειράματα αντοχής της κατασκευής έναντι της φωτιάς. Πρέπει να υπάρχει ολοκληρωμένη αιτιολόγηση για το επίπεδο πυρασφάλειας της υπάρχουσας κατασκευής και για την ανάγκη πραγματοποίησης περαιτέρω ειδικών ελέγχων. Τέλος, συνοψίζονται όλα τα απαραίτητα αρχεία που χρειάστηκαν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων για την αποτίμηση της κατασκευής σε επίπεδο πυρασφάλειας και υποβάλλονται στους αρμόδιους φορείς για να εγκριθούν. [1]

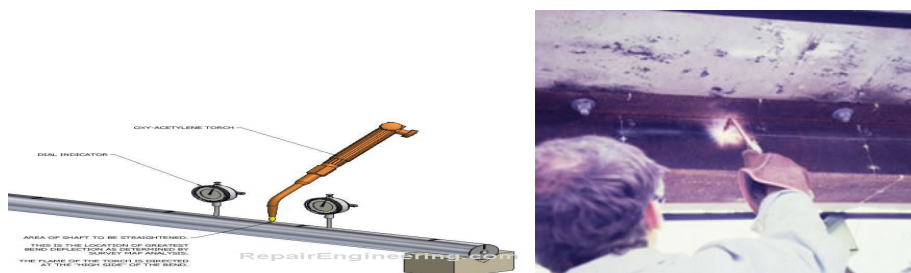
6. ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ένας καινοτόμος τρόπος για να επισκευάσει κάποιος ένα μέλος από δομικό χάλυβα είναι προσπαθήσει να μειώσει τις παραμορφώσεις με τη βοήθεια της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τον Martin Anderson, συντονιστή του AISC's Steel Solutions Center, μπορεί να πραγματοποιηθεί «ίσιωμα» του μέλους μέσω της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη παθητική αυτοσυγκράτηση του δομικού στοιχείου, όπου στην ουσία οι παραμορφώσεις που ήδη υπάρχουν εξουδετερώνονται από τις μόνιμες παραμορφώσεις που προκαλούνται από τη μέθοδο αυτή.

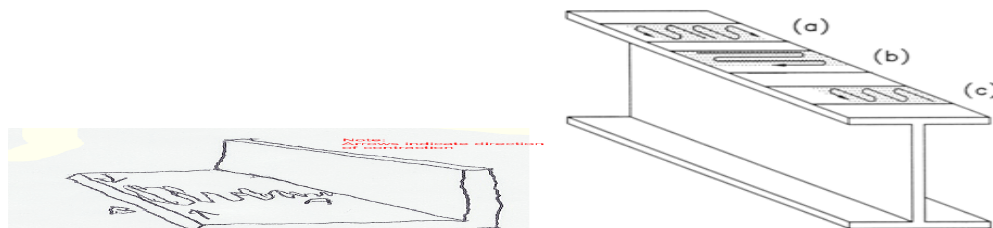
Με τη μέθοδο αυτή καθώς εξαπλώνεται η θερμότητα, αντιδρούν οι λιγότερο θερμές περιοχές και προσπαθούν να εμποδίσουν την εξάπλωση αυτή δημιουργώντας πλαστικές παραμορφώσεις και έτσι αλλάζοντας το παραμορφωμένο σχήμα της δοκού.

Απαιτεί συνετή χρήση της θερμοκρασίας και εφαρμόζεται σε μικρού μεγέθους παραμορφώσεις και κυρίως σε φαινόμενα λυγισμού.

Υπάρχουν 4 ειδών τρόποι εφαρμογής αυτής της μεθόδου, οι οποίοι φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. [7]



Σχήμα 13 : Spot Heat και Line Heat [8]



Σχήμα 14: Vee Heat και Strip Heat [8]

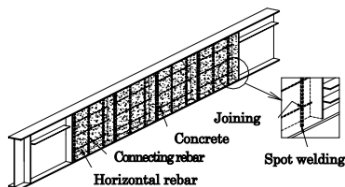
Ένας άλλος τρόπος ενίσχυσης πραγματοποιείται με τη χρήση σύνθετων υλικών, γνωστά και ως ινοπλισμένα πολυμερή (FRP). Τα υλικά αυτά αποτελούνται από συνεχείς ίνες (συνήθως άνθρακα ή γυαλιού ή αραμιδίου) και έχουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, χαμηλό βάρος και καλή ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές επιδράσεις. Τα υλικά αυτά εφαρμόζονται στην εξωτερική επιφάνεια των σύμμικτων δομικών μελών μέσω επικόλλησης, συνήθως με χρήση εποξειδικής ρητίνης. Οι ίνες τους μπορούν να παραλάβουν εφελκυστικές κυρίως δυνάμεις (δηλαδή, παράλληλα στον άξονά τους), για αυτό και έχουν εξαιρετικά υψηλή εφελκυστική αντοχή και γραμμικά ελαστική συμπεριφορά μέχρι τη θραύση τους. Μέσω της περιτύλιξης των σύμμικτων δομικών στοιχείων με αυτά τα υφάσματα ινών επιτυγχάνεται περίσφιξη του σκυροδέματος και έτσι αυξάνεται και η πλαστιμότητα και η αντοχή των στοιχείων, καθώς επίσης αποφεύγεται η ολίσθηση των διαμήκων ράβδων σε περιοχές αλληλοεπικάλυψης και καθυστερείται ο λυγισμός των ράβδων σε περιοχές σκυροδέματος που βρίσκονται σε θλίψη και υπάρχει αραιή διάταξη εγκάρσιου οπλισμού.[9]

Ένα βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι η εποξειδική ρητίνη δεν παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στις υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να χάνεται η «συνεργασία» της διεπιφάνειας. Για αυτό το λόγο, σύμφωνα με κάποιες μελέτες που έχουν διεξαχθεί για το είδος του υλικού που παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά σαν συνδετική ύλη, προέκυψε ότι το micro-cement διαθέτει επαρκείς μηχανικές ιδιότητες για μεταφορά φορτίων, επιτρέπει την σωστή συνοχή και διείδυση των ινωδών υφασμάτων, αποτελεί ένα καλό υπόστρωμα για πυραντίσταση και είναι οικολογικά αποδεκτό. [10]



Σχήμα 15: Εφαρμογή ινοπλισμένων πολυμερών σε σύμμικτο κτίριο [11]

Ακόμη, μία άλλη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επισκευή και ενίσχυση δομικών στοιχείων σε περιπτώσεις όμως μεγάλων παραμορφώσεων κυρίως για φαινόμενα λυγισμού είναι η προσθήκη σκυροδέματος σε τμήματα που αποτελούνταν μόνο από χάλυβα και η μετατροπή τους σε μερικώς εγκιβωτισμένα στοιχεία. Πειράματα που έγιναν απέδειξαν πως η καμπτική αντοχή αυξήθηκε κατά 2,08 φορές σε σχέση με την καμπτική αντοχή στοιχείων πριν τον μερικό εγκιβωτισμό τους. [12]



Σχήμα 16: Εφαρμογή της μεθόδου ενίσχυσης μεταλλικής δοκού με εγκιβωτισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα [12]

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η φωτιά έχει αρνητικές επιδράσεις πάνω στις σύμμικτες κατασκευές, το σκυρόδεμα συμπεριφέρεται καλύτερα από το χάλυβα, ενώ στους 1600° C καταστρέφεται και αυτό.
- Οι πρώτες εκτιμήσεις για την πυραντίσταση των δομικών στοιχείων δίνονταν μέσω της έκθεσης αυτών σε φούρνους υψηλών θερμοκρασιών, ενώ θα ήταν πιο ρεαλιστικά τα αποτελέσματα μέσω παρατήρησης πραγματικών γεγονότων.
- Σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, όλα τα στοιχεία μιας κατασκευής πρέπει να διαθέτουν πυραντίσταση, υπάρχει όμως και η δυνατότητα σχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη τις δράσεις μεμβράνης σταθεροποίησης, χωρίς να διαθέτουν όλα τα μέλη του κτιρίου πυραντίσταση.
- Οι παραμορφώσεις, που προκαλούνται, επισκευάζονται με τους παραπάνω τρόπους.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Παπαρίζου Χάιδω, “Αποτίμηση της Δομικής Συμπεριφοράς Χαλύβδινων Κατασκευών με Πυροπροστασία και χωρίς Πυροπροστασία σε συνθήκες Πυρκαγιάς”, Διπλωματική εργασία, Α.Π.Θ., Ιούλιος 2004.
- [2] “ Πυρασφάλεια”, Εισηγητής Εβρένογλου Βασίλειος Η.Μ., Σημειώσεις Σεμιναρίων για Νέους Μηχανικούς, του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, του τμήματος της Κεντρικής Μακεδονίας, Μάρτιος 2009.
- [3] Αθανάσιος Χ. Τριανταφύλλου, “Δομικά Υλικά”, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2008, 8^η έκδοση.
- [4] Κεφάλαιο 3, “Επίδραση Υψηλών Θερμοκρασιών στις Ιδιότητες Υλικών”, του Πρακτικού Οδηγού για την Αποτίμηση της Φέρουσας Ικανότητας και τις Δομητικές Επισκευές μετά από Πυρκαγιά σε Μικρά Κτίρια από Σκυρόδεμα και από Τοιχοποιία του ΤΕΕ-ΕΜΠ, ISBN 978-960-8369-43-6, εκδόσεις ΤΕΕ, Αθήνα 2009.
- [5] Ιωάννης Κ. Βάγιας, “Σύμμικτες Κατασκευές από χάλυβα και από οπλισμένο σκυρόδεμα”, ISBN 978-960-461-377-9, εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2010, 3^η έκδοση.
- [6] Χ. Κ. Μπανιωτόπουλος, Χ. Τ. Τσαλίκης, Ο. Vassart, Β. Zhao, “Χαλύβδινες Κατασκευές σε Πυρκαγιά και Σχεδιασμός Σύμμικτης Πλάκας”, ISBN10 9604563785, εκδόσεις Ζήτη, 2013.
- [7] Martin Anderson, coordinator of AISC’s Steel Solutions Center, “The Road to Repair”, Modern Steel Construction, August 2010, paper available online at www.modernsteel.com.
- [8] Ιστοσελίδα <http://www.repairengineering.com> (Λήψη Φωτογραφικού Υλικού)
- [9] Αθανάσιος Χ. Τριανταφύλλου, “Σύμμικτες Κατασκευές”, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2013.
- [10] S. R. Adhikarinayake, K. D. J. A. Gayan, N. G. T. T. Thathsarani, J. C. P. H. Gamage, “Performance of Epoxy Adhesive Bond Between CFRP And Concrete”, Department of Civil Engineering, University of Moratuwa, Sri Lanka, 2012, paper available online at www.saitm.edu.lk.
- [11] Ιστοσελίδα <http://www.remyapisal.com/index/frp.htm> (Λήψη Φωτογραφικού Υλικού).
- [12] Kenji HAYASHI, Shoji ONO, Shun-ichi NAKAMYRA, “Experimental Studies on Retrofit by Partially Encased Concrete to the Steel I-Girder subjected to Buckling Deformation”, Technical Memorandum, 2003, paper available online at www.pwri.go.jp.