

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΕ ΑΚΡΑΙΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΠΩΣ Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΙ
Η ΦΩΤΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΟΡΘΗ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΟ ΕΚΑΣΤΟΤΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .



ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:

ΒΑΡΕΛΙΔΟΥ ΚΑΛΙΟΠΗ - ΑΡΧ. ΜΗΧ. Ε.Μ.Π.

ΒΑΡΕΛΙΔΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ – ΑΡΧ. ΜΗΧ.-ΠΟΛΕΟΔΟΜΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ:

ΤΟΜΠΡΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ –Α.Μ. 27011
ΣΕΛΤΣΙΩΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ – Α.Μ. 26828

ΑΘΗΝΑ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- [1] Εισαγωγή , σελ. 1-2
- [2] Σύμμικτες κατασκευές γενικά, σελ. 4-17
- [3] Σκυρόδεμα γενικά, σελ. 18-23
- [4] Τσιμέντο σελ. 24-29
- [5] Αδρανή σελ.30-34
- [6] Ανθεκτικότητα, βελτιωτικά, διάστρωση, συντήρηση και ποιοτικός έλεγχος του σκυροδέματος σελ.35-46
- [7] Μέταλλα: κατεργασία & μέθοδοι παραγωγής σελ. 48-85
- [8] Σεισμοί : ως φυσικό φαινόμενο & ως επιβλαβή επίδραση έναντι των κατασκευών σελ. 86-100
- [9] Πλαίσια αποτίμησης – προτάσεις για συνηγορία σε ένα κοινά αποδεκτό πλαίσιο σελ. 101-107
- [10] Πυροπροστασία σύμμικτων κατασκευών και λεξιλόγιο όρων πυροπροστασίας σελ. 108-118

[11] Προτάσεις ορθής κατασκευής σύμμικτων κατασκευών από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα με στόχο την αντισεισμική επάρκεια των στοιχείων του φέροντα οργανισμού.

σελ.120-143

[12] Βιβλιογραφία σελ. 144-148

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη που σημειώνεται τις τελευταίες δεκαετίες σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας δεν θα μπορούσε να μην επηρεάσει και τον τομέα των δομικών κατασκευών.

Η ραγδαία εξέλιξη κατά τα τελευταία εκατό χρόνια των δομικών υλικών και των μεθόδων υπολογισμού των κατασκευών έδωσαν την δυνατότητα σχεδιασμού στους μηχανικούς τολμηρών κατασκευών , με μεγάλα ανοίγματα , με πτυχωτά ή κελυφωτα ανοίγματα , ανηρημένα ή όχι από άλλα φέροντα τμήματα , που αποτελούν πραγματικά έργα τέχνης.

Γέφυρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα μεγάλων ανοιγμάτων, υψηλά κτίρια από χάλυβα ,περίπτερα εκθέσεων κ.λ.π. ,αποτελούν μόνο μερικά από τα επιτεύγματα της σύγχρονης επιστήμης του πολιτικού μηχανικού. Πολλές φορές όμως αυτά τα αριστουργήματα χρειάζεται να δοκιμάσουν τις αντοχές τους σε ορισμένα ακραία φυσικά φαινόμενα όπως είναι ο σεισμός και η φωτιά. Κατά καιρούς έχουν δημιουργηθεί πολύ μεγάλες καταστροφές τόσο από σεισμούς όσο και από φωτιές , με αρκετά θύματα πολλές φορές.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα σεισμών που συγκλόνισαν την ανθρωπότητα είναι: α)ο σεισμός της Μεσσήνης το 1908 με 108000 νεκρούς β) ο σεισμός του Τόκυο το 1923 με 250000 νεκρούς γ) ο σεισμός της Κίνας το 1956 με περισσότερους από 800000 νεκρούς.

Πολύ πιο πρόσφατο παράδειγμα αποτελεί ο σεισμός στην ΝΑ Ασία της τάξεως των 8.5 Richter που σημειώθηκε τον Δεκέμβριο του 2004 με άγνωστο μέχρι στιγμής αριθμό νεκρών. Στον ελλαδικό χώρο ξεχωρίζουν οι σεισμοί της Καλαμάτας την δεκαετία του '80 και της Πάρνηθας του 1999. Αλλά και η καταστρεπτική μανία της φωτιάς πολλές φορές αποδείχθηκε καταστρεπτική για τις κατασκευές .

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κατάρρευση των δίδυμων πύργων της Νέας Υόρκης (WORLD TRADE CENTER) στις τρομοκρατικές επιθέσεις της 11^{ης} Σεπτεμβρίου 2001, εκεί όπου αυτά τα σύμβολα της δύναμης και του πλούτου των Η.Π.Α. έγιναν στάχτη μέσα σε λίγες ώρες.

Αποτελεί λοιπόν επιτακτική ανάγκη ο σχεδιασμός ασφαλών κατασκευών οι οποίες θα προσφέρουν σιγουριά και ασφάλεια στους ενοίκους τους.

Στην πτυχιακή μας εργασία θα αναλύσουμε την συμπεριφορά των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβα στον σεισμό και στην φωτιά , και θα προτείνουμε τρόπους προστασίας των κατασκευών.

Τέλος θα παρουσιάσουμε και ένα νέο σχετικά είδος κατασκευής το οποίο συνδυάζει τα δύο παραπάνω υλικά : την σύμμικτη κατασκευή από χάλυβα και σκυρόδεμα. Ένα είδος κατασκευής το οποίο εμφανίστηκε μόλις πριν από μερικά χρόνια και χρησιμοποιείτε ολοένα και περισσότερο στα μεγάλα έργα υποδομής , π.χ. το κατάστρωμα της καλωδιωτης γέφυρας Ρίου –

Αντιρίου είναι μία μικτή κατασκευή από προκατασκευασμένες πλάκες σκυροδέματος και μεταλλικές δοκούς ύψους 2.2 μέτρων τοποθετημένες ανά 4 μέτρα καταστρώματος , ή επίσης πολλά κλειστά γυμναστήρια π.χ. Ο.Α.Κ.Α.

Ακολουθεί ένα σύντομο λεξικό όρων που θα μας βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της εργασίας που πραγματοποιήσαμε.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την εισηγήτρια της πτυχιακής κα Πόπη Βαρελίδου και τον κ Γιώργο Βαρελίδη για τις πολύτιμες πληροφορίες και την βοήθεια που μας προσέφεραν στην διάρκεια εκπόνησης και μελέτης της εργασίας μας.

Οι σπουδαστές

Τόμπρος Βασίλειος

Σελτσιώτης Κωνσταντίνος

ΑΘΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2005

Σύμμικτες κατασκευές – Ιστορική αναδρομή

Οι μεγάλες αλλαγές που παρατηρούνται τις τελευταίες δεκαετίες σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης ζωής δεν ήταν δυνατόν να μην επηρεάσουν σημαντικά και την οικοδομική δραστηριότητα. Νέες τεχνολογίες, νέες μέθοδοι σχεδιασμού, νέοι τρόποι κατασκευής, νέα υλικά και νέοι κανονισμοί είναι ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της σημερινής εποχής.

Μία από τις εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών είναι και η ανάπτυξη των συμμίκτων κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα. Στις κατασκευές αυτές τα δύο δημοφιλέστερα δομικά υλικά, ο χάλυβας και το οπλισμένο σκυρόδεμα, συνδυάζονται με το βέλτιστο τρόπο ώστε να δώσουν ασφαλείς, λειτουργικές, ανθεκτικές στο χρόνο και οικονομικές κατασκευές. Η χρήση των συμμίκτων κατασκευών είναι πολύ διαδεδομένη στις περισσότερες προηγμένες χώρες του κόσμου. Για ορισμένα μάλιστα έργα, όπως κτίρια γραφείων και γέφυρες μεσαίων ανοιγμάτων, τα υπό την ευρεία έννοια οικονομικά τους πλεονεκτήματα οδηγούν στις κατασκευές αυτές ως την πλέον συνήθη δοκιμή λύση. Επιπροσθέτως, η εξαιρετική αντισεισμική συμπεριφορά τους τις καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλείς σε σεισμογενείς περιοχές.

Δυστυχώς στην Ελλάδα οι σύμμικτες κατασκευές είναι σχεδόν άγνωστες για τη πλειοψηφία των Μηχανικών. Η μελέτη των συμμίκτων κατασκευών στηρίζεται σε μεγάλοι μέρος σε κανόνες και μεθόδους που αφορούν τις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και τις σιδηρές κατασκευές. Έτσι μετά την έκδοση του Ευρωκώδικα 4 για τις σύμμικτες κατασκευές, την εισαγωγή του Ελληνικού κανονισμού για τη μελέτη και εκτέλεση έργων από σκυρόδεμα και του

Ευρωκώδικα 3 για τις σιδηρές κατασκευές, υπάρχει πλέον ένα σταθερό κανονιστικό πλαίσιο για τη μελέτη και εκτέλεση σύμμικτων κατασκευών.

Η συστηματική χρήση σύμμικτων στοιχείων σε οικοδομικά έργα ξεκίνησε από την Ιαπωνία, όπου ήδη από την δεκαετία του 1930 και μέχρι τη δεκαετία του 1970 ηλωτές δικτυωτές δοκοί και ηλωτά υποστυλώματα σύνθετων διατομών από γωνιακά εγκιβωτίζονταν σε σκυρόδεμα.

Στην Ευρώπη και για ένα μεγάλο διάστημα μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, δεν γινόταν χρήση του χάλυβα σε οικοδομικά έργα. Οι κυριότερες αιτίες ήταν η έλλειψη χάλυβα, οι χαμηλές τιμές του σκυροδέματος και το υψηλό κόστος της πυροπροστασίας. Η κατάσταση αυτή άλλαξε ριζικά στην Ευρώπη από τις αρχές του 1980 με την υιοθέτηση των αμερικανικών μεθόδων διαχείρισης fast-track, με πρωτοπόρες την Αγγλία και τις σκανδιναβικές χώρες.

Έτσι τα χαλύβδινα οικοδομικά έργα θεωρούνται σήμερα σύγχρονες, γρήγορες και οικονομικές κατασκευές. Το ποσοστό τους στο σύνολο των κτιρίων εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες. Το μέγιστο ποσοστό απαντάται με 64% στην Ιαπωνία, όπου οι αντισεισμικές απαιτήσεις είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Στην Αμερική το αντίστοιχο ποσοστό είναι 50%, ενώ στην Ευρώπη κατά μέσον όρο 33%.

Στην Ελλάδα δεν είναι δυνατόν να μιλάμε ακόμα για σημαντικό ποσοστό μεταλλικών κτιρίων. Τα τελευταία χρόνια όμως γίνεται όλο και μεγαλύτερη χρήση σύμμικτων κατασκευών σε οικοδομικά έργα για προσθήκες, μεσοπατώματα, σούπερ μάρκετ, βιομηχανίες, ξενοδοχεία κλπ.

Σύμμικτες κατασκευές – Τεχνική παρουσίαση

Η χρήση του χάλυβα σε κτίρια είναι συνδεδεμένη με τη συνεργασία πλακών από σκυρόδεμα και σιδηροδοκών σε μορφή συμμίκτων στοιχείων. Οι πλάκες μπορεί να αποτελούνται από επί τόπου έγχυτο σκυρόδεμα λεπτές πρόπλακες με επί τόπου έγχυτο σκυρόδεμα, χαλυβδόφυλλα με επί τόπου έγχυτο σκυρόδεμα ή πρόπλακες με επί τόπου σκυροδέτηση των αρμών. Με τη πρόβλεψη κατάλληλων διατμητικών συνδέσμων επιτυγχάνεται η συνεργασία μεταξύ των σιδηροδοκών και της πλάκας σκυροδέματος, η οποία οδηγεί στις **σύμμικτες δοκούς**. Παρατηρούμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις διαμόρφωσης πλακών και δοκών αποφεύγεται η χρήση ξυλοτύπου και επιταχύνεται η κατασκευή. Μόνο για μεγαλύτερα ανοίγματα είναι δυνατή η χρήση ενδιάμεσης προσωρινής υποστήριξης.

Εξάλλου η συνεργασία των χαλυβδόφυλλων με το σκυρόδεμα οδηγεί στις **σύμμικτες πλάκες**.

Άλλα στοιχεία από σύμμικτη κατασκευή είναι τα **σύμμικτα υποστυλώματα**. Τα υποστυλώματα αυτά αποτελούνται από μερικώς ή πλήρως εγκιβωτισμένες στο σκυρόδεμα χαλύβδινες ανοικτές ή κλειστές διατομές.

Η πυροπροστασία των δομικών στοιχείων, πρόβλημα ιδιαίτερα σοβαρό στα μεταλλικά κτίρια, αντιμετωπίζεται επίσης με απλό τρόπο, μέσω σκυροδέματος. Έτσι, για τις δοκούς μπορεί να προβλεφθεί π.χ. σκυρόδεμα στους κορμούς. Τα υποστυλώματα μπορούν να προστατευθούν με τον ίδιο τρόπο όπως οι δοκοί, με σκυρόδεμα μεταξύ των πελμάτων, είτε με πλήρη εγκιβωτισμό τους στο σκυρόδεμα. Η πυροπροστασία συμμίκτων υποστυλωμάτων από

κοιλοδοκούς ή σωλήνες γεμισμένους με σκυρόδεμα γίνεται με πρόβλεψη σιδηροπλισμού στο εσωτερικό του σωλήνα. Με τον τρόπο αυτό, το υποστύλωμα λειτουργεί σε περίπτωση πυρκαγιάς, όπου ο εξωτερικό χαλύβδινος σωλήνας χάνει την αντοχή του, ως υποστύλωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούμενο από το εσωτερικό σκυρόδεμα με τον σιδητοπλισμό του. Τα σύμμικτα υποστυλώματα έχουν μεγάλη αντοχή και δυσκαμψία και χρησιμοποιούνται τόσο σε συνήθεις περιπτώσεις, όσο και για παραλαβή ιδιαίτερα υψηλών αξονικών δυνάμεων και ροπών, όπως στην περίπτωση του κλειστού κολυμβητηρίου και γυμναστηρίου ΟΑΚΑ στην Καλογρέζα όπου ολόκληρη η στέγη στηρίζεται σε τέσσερις (4) πυλώνες από τετράδυμα σύμμικτα υποστυλώματα, δύο μόνον από τους οποίους παραλαμβάνουν όλη τη σεισμική ένταση. Εκτός αυτού τα σύμμικτα υποστυλώματα έχουν εξόχως ικανοποιητική σεισμική συμπεριφορά, καθ' ότι όσον αφορά το σκυρόδεμα εξασφαλίζουν την καλύτερη δυνατή περίσφιξη, όσο δε αφορά το χάλυβα εμποδίζουν τον τοπικό λυγισμό μέσω του πλήρους ή μερικού εγκιβωτισμού του.

Από τη σύντομη αυτή εισαγωγή φαίνονται τα πλεονεκτήματα κτιριακών φορέων από σύμμικτα δομικά στοιχεία. Τα πλεονεκτήματα αυτά υπερτερούν του ίσως μοναδικού μειονεκτήματος, δηλαδή του κατά τι υψηλότερου αρχικού κόστους κατασκευής, το οποίο όμως γρήγορα αποσβάζεται. Αυτό επιβεβαιώνεται από την ταχύτατη ανάπτυξη και διάδοση των συμμίκτων κατασκευών, οι οποίες πλέον κατέχουν διεθνώς ένα μεγάλο μερίδιο αγοράς.

Οι εξελίξεις στη γεφυροποιΐα είναι παράλληλες με αυτές στα κτίρια. Οι σημερινές σύμμικτες γέφυρες είναι συμπαγείς και απλές, με

λιγότερες διαδοκίδες, νευρώσεις και συνδέσμους, με στόχο τη μείωση του συνολικού κόστους και όχι όπως παλιά τη μείωση μόνο του κόστους του υλικού.

Οι σύμμικτες γέφυρες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην περιοχή των μικρών και μεσαίων ανοιγμάτων σε όλους τους τύπους συστημάτων, από απλές αμφιέρειστες μέχρι καλωδιωτές γέφυρες.

Ιδιαίτερα δημοφιλείς είναι οι σύμμικτες γέφυρες σε περιπτώσεις κόμβων ή ανισόπεδων διαβάσεων αυτοκινητοδρόμων, λόγω της ταχύτητας κατασκευής τους, η οποία δεν δημιουργεί προβλήματα μακρόχρονης παρεμπόδισης της κυκλοφορίας.

Στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί με μεγάλη επιτυχία αρκετές σύμμικτες γέφυρες σε διάφορα ανοίγματα, με μεγαλύτερο αυτό των 80 μέτρων του Αχελώου της ΔΕΗ, πρόσφατα ολοκληρώθηκε και η καλωδιωτή σύμμικτη γέφυρα Ρίου-Αντιρίου συνολικού μήκους 3 χιλιομέτρων, αποτελούμενη από 4 ανοίγματα των 600 μέτρων, σε ύψος 160 m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

Οι αρχές λειτουργίας των συμμίκτων κατασκευών παρουσιάζονται ενδεικτικά στο Σχήμα, όπου εξετάζεται η συμπεριφορά αμφιέρειστης δοκού υπό ομοιόμορφο φορτίο. Ο φορέας ανοίγματος 1, φορτίζεται από ομοιόμορφο φορτίο q και αποτελείται από δύο επιμέρους διατομές διαστάσεων $b \times h$ και $b \times 2h$ αντιστοίχως. Το υλικό είναι και για τις δύο διατομές το ίδιο. Θα εξετασθεί η συμπεριφορά της δοκού στην ελαστική περιοχή για τις εξής δύο περιπτώσεις:

Περίπτωση (1). Ασύνδετες επιμέρους δοκοί

Στην περίπτωση αυτή η άνω δοκός απλώς επικάθεται της κάτω, χωρίς να έχει ιδιαίτερη σύνδεση μαζί της. Οι δύο επιμέρους δοκοί κάμπτονται ανεξάρτητα, έχουν όμως το ίδιο βέλος. Κάθε επιμέρους δοκός έχει δική της ουδέτερη γραμμή στο κεντροβαρικό της άξονα και, συνεπώς, η όλη διατομή εμφανίζει **δύο ουδέτερους άξονες**. Η δυσκαμψία της όλης δοκού συντίθεται από το άθροισμα των δυσκαμψιών των επιμέρους δοκών. Στην ελαστική περιοχή κάθε επιμέρους δοκός καταπονείται ανάλογα με τη δυσκαμψία της.

Αν οι δύο επιμέρους δοκοί συνδέονται πλήρως με μηχανικά ή άλλα μέσα, τότε η συνολική δοκός συμπεριφέρεται ως ενιαία δοκός διατομής $b \times 3h$. Στη περίπτωση αυτή δεν λαμβάνεται χώρα διολίσθηση στη διεπιφάνεια, επειδή, λόγω της σύνδεσης, οι ανηγμένες παραμορφώσεις είναι ίδιες. Η διατομή αυτή έχει ένα **ουδέτερο άξονα**, ισχύουν οι σχέσεις:

$$\text{Καμπτική δυσκαμψία} \quad : \quad EI_{(2)} = \frac{1}{12} \times E \times b \times h_t^3$$

$$\text{Διατμητική δυσκαμψία} \quad : \quad GA_{(2)} = G \cdot b \cdot h_t$$

$$\text{Μέγιστη ορθή τάση} \quad : \quad \sigma = 6 \frac{M}{b \times h_t^2}$$

$$\text{Μέγιστη διατμητική τάση} \quad : \quad \tau = \frac{3}{2} \times \frac{V}{b \times h_t}$$

Η δοκός με πλήρως συνδεδεμένες διατομές σε σχέση με τη δοκό με ασύνδετες επιμέρους διατομές:

- Ø Έχει **τριπλή καμπτική δυσκαμψία**
- Ø Καταπονείται από **τις μισές ορθές τάσεις**
- Ø Έχει **την ίδια διατμητική δυσκαμψία** και
- Ø Καταπονείται από **τις ίδιες διατμητικές τάσεις**

Η σύνδεση επομένως των ανεξαρτήτων διατομών επιφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, η εκμετάλλευση των οποίων γίνεται στις σύμμικτες κατασκευές.

Μερικώς συνδεδεμένες επιμέρους δοκοί

Στη περίπτωση αυτή εμφανίζονται πάλι δύο ουδέτεροι άξονες, μόνο που αυτή τη φορά η απόστασή τους Δz είναι μικρότερη από την απόσταση που δίνεται από τον τύπο $\Delta z = 1,5h$ αλλά μεγαλύτερη από 0. Έτσι, τα σύμμικτα στοιχεία κατατάσσονται σύμφωνα με

- Ø **την αντοχή και**
- Ø **τη δυσκαμψία**

της διατμητικής σύνδεσης.

Με κριτήριο την αντοχή, γίνεται διάκριση μεταξύ

- Ø **πλήρους και**
- Ø **μερικής**

διατμητικής σύνδεσης.

Με κριτήριο τη δυσκαμψία, γίνεται διάκριση μεταξύ

- Ø **απαραμόρφωτης και**
- Ø **παραμορφώσιμης**

διατμητικής σύνδεσης.

Αντισεισμικός σχεδιασμός των σύμμικτων κατασκευών

Τα κριτήρια σχεδιασμού κτιρίων σε σεισμικές περιοχές είναι η προσφορά επαρκούς **δυσκαμψίας, αντοχής και ολκιμότητας**. Η δυσκαμψία απαιτείται για την αποφυγή βλαβών σε συχνούς, μέσης έντασης σεισμούς και τον περιορισμό των επιρροών 2^{ης} τάξης, η αντοχή για την ασφαλή παραλαβή των εντατικών μεγεθών και η ολκιμότητα για την απορρόφηση ενέργειας μέσω ανελαστικών παραμορφώσεων. Για το σύνολο της εισαγόμενης στο κτίριο σεισμικής ενέργειας ισχύει η σχέση:

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{el}} + E_{\text{diss}}$$

όπου:

E_{el} = ελαστική, αποθηκευόμενη ενέργεια

E_{diss} = απορροφούμενη ενέργεια

Κτίρια με σκελετό από σύμμικτα στοιχεία έχουν πλεονεκτικότερη αντισεισμική συμπεριφορά σε σύγκριση με κτίρια τόσο από οπλισμένο σκυρόδεμα όσο και από μεταλλικό σκελετό. Συνοπτικά μπορεί να αναφερθεί ότι η παρουσία της χαλύβδινης διατομής, π.χ. σε υποστυλώματα από κοίλες διατομές γεμισμένα με σκυρόδεμα, εξασφαλίζει την αναγκαία περίσφυξη στο σκυρόδεμα και προσδίδει πλαστιμότητα στο στοιχείο. Η παρουσία επίσης του σκυροδέματος εμποδίζει την εμφάνιση τοπικού λυγισμού σε χαλύβδινα στοιχεία, η οποία μειώνει πολλές φορές την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας και συνεπώς την πλαστιμότητά του.

Φυσικά για την επίτευξη αυξημένης ολκιμότητας πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα μόρφωσης και κατασκευαστικών λεπτομερειών, δεδομένου ότι η ολκιμότητα των μεταλλικών και σύμμικτων κτιρίων δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη από μόνη την

ολκιμότητα του χάλυβα ως υλικού. Η εμφάνιση διαφόρων μορφών ασταθείας (τοπικός, καμπτικός, στρεπτοκαμπτικός λυγισμός) ή φαινόμενα ολιγοκυκλικής κόπωσης στη περιοχή των κόμβων, μπορούν να επιφέρουν μείωση της ολκιμότητας και ψαθυρή συμπεριφορά. Ενδεικτικές είναι οι αστοχίες υπό μορφές ρηγματώσεων του μητρικού μετάλλου και των συγκολλήσεων που παρατηρήθηκαν στις περιοχές των κόμβων μεταλλικών κτιρίων μετά τους σεισμούς του Northridge στη Καλιφόρνια, 1994 και του Kobe στην Ιαπωνία.

Εξέλιξη των συμμίκτων φορέων

Η εξέλιξη των συμμίκτων φορέων στη γεφυροποιία όσο και στην οικοδομική είναι εντυπωσιακή.

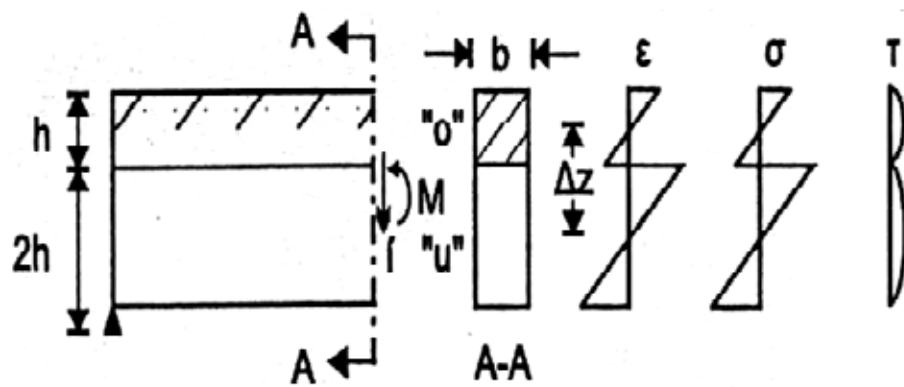
Ενδεικτική είναι η αύξηση του ποσοστού των συμμίκτων γεφυρών στη Γαλλία, η οποία έφτασε στις οδικές γέφυρες στο 25% του συνόλου.

Αν εξαιρέσει κανείς τις γέφυρες πολύ μεγάλου ανοίγματος, όπου η χρήση χαλύβδινου φορέα με ορθότροπη πλάκα είναι λόγω μικρού βάρους απαραίτητη, σε όλες τις περιπτώσεις μεταλλικών γεφυρών μικρού και μεσαίου ανοίγματος χρησιμοποιούνται σύμμικτοι φορείς. Η ορθότροπη πλάκα έχει σχεδόν τελείως εξαφανισθεί κυρίως λόγω υψηλού κόστους. Επίσης λόγω της μικρής θερμοχωρητικότητας του χάλυβα, το σιδηρό κατάστρωμα οδηγεί για μικρές θερμοκρασίες σε σχηματισμό πάγου, ενώ σε μεγάλες θερμοκρασίες προκαλούνται προβλήματα στη συνάφειά του με την άσφαλτο. Οι σύμμικτοι φορείς οδηγούν σε πολύ οικονομικές λύσεις με εφαρμογή συνδυασμών

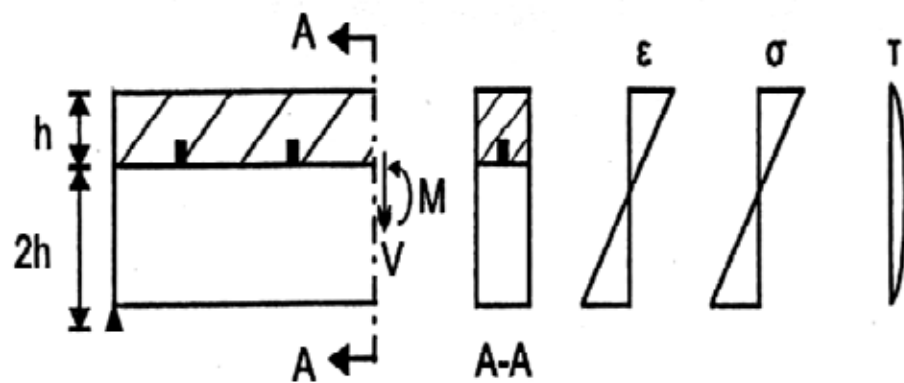
διαφόρων μεθόδων στις φάσεις κατασκευής. Οι φορείς των συμμίκτων γεφυρών έχουν όλες τις δυνατές μορφές.

Η κατανομή των ανοιγμάτων συμμίκτων γεφυρών στη Γαλλία φαίνεται στο Σχήμα. Παρατηρείται ότι η πλέον συνήθης περιοχή είναι των μεσαίων ανοιγμάτων μεταξύ 30 και 100 m.

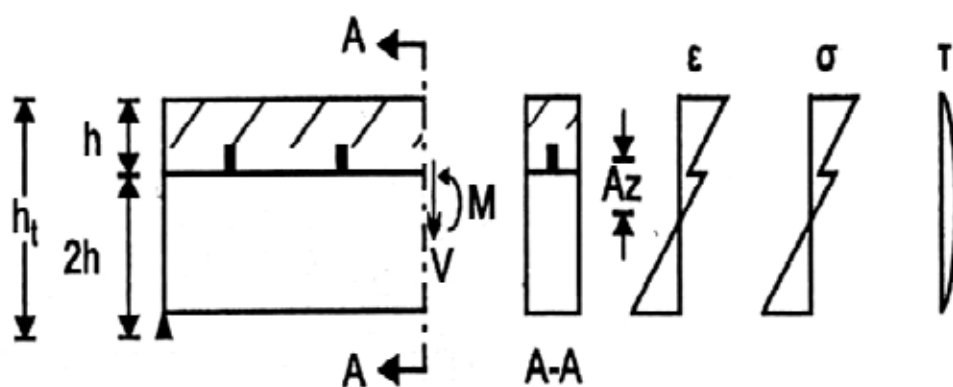
Η εξέλιξη αυτή οφείλεται στην εντυπωσιακή μείωση του κόστους, το οποίο είναι συγκρίσιμο με αυτό των προεντεταμένων γεφυρών.



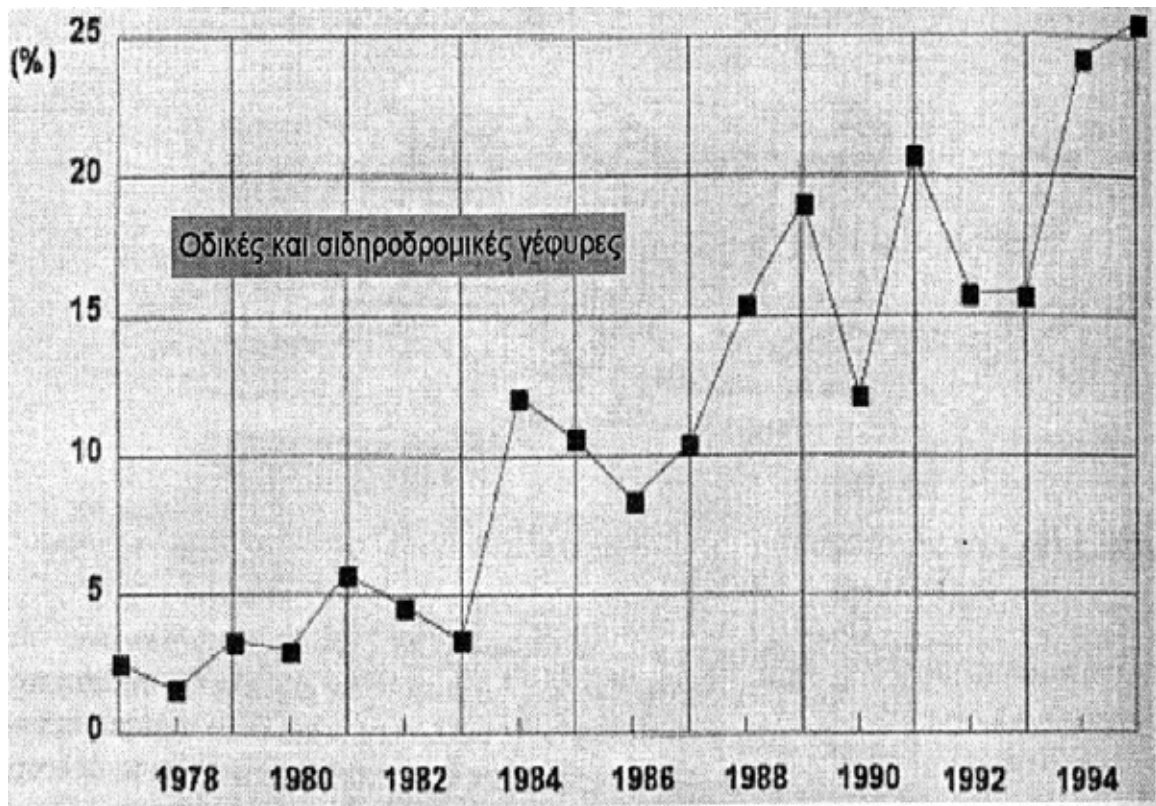
α) Ασύνδετες επιμέρους δοκοί



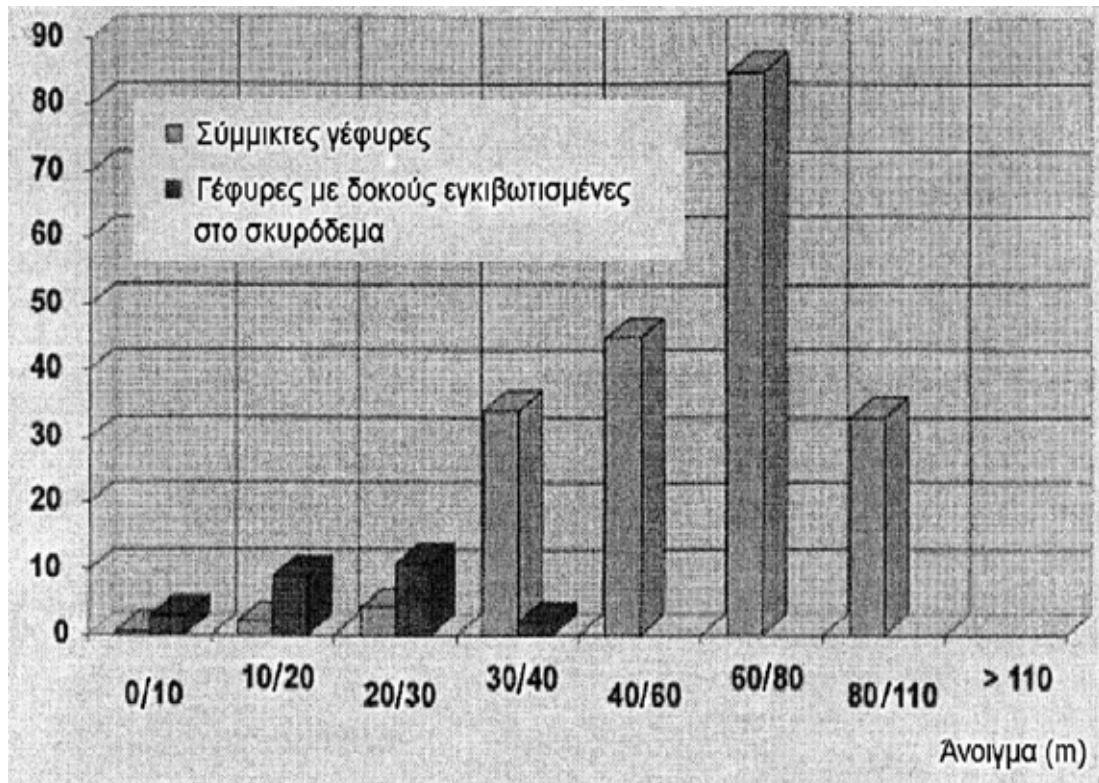
β) Πλήρως συνδεδεμένες επιμέρους δοκοί



γ) Μερικώς συνδεδεμένες επιμέρους δοκοί



Ποσοστό συμμίκτων γεφυρών στη Γαλλία



Ανοίγματα συμμίκτων γεφυρών στη Γαλλία

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ(concrete)

Το σκυρόδεμα, υπό την ευρύτερη έννοια μπορεί να θεωρηθεί ένα από τα αρχαιότερα δομικά υλικά. Η χρήση μεταλλικών συνδετικών υλικών και υδραυλικών κονιαμάτων εμφανίζεται στις κατασκευές των αρχαίων Αιγυπτίων, Ελλήνων και Ρωμαίων, μαρτυρώντας τις δυνατότητες του υλικού στο πέρασμα των χρόνων. Η πρώτη εργασία που αφορά τον τρόπο παραγωγής και σκλήρυνσης των κονιαμάτων, παρουσιάζεται στο βιβλίο “Αρχιτεκτονική” του Βιτρούβιου. Η εξέλιξη και η έρευνα δεν σταματά όμως. Πери τα 1824 στην Αγγλία, ένας κτίστης ο J. Aspdin αποκτάει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας παραγωγής του τσιμέντου Πόρτλαντ (Portland), ενώ το 1850-1860 εμφανίζονται τα πρώτα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου στην Αγγλία, Γαλλία. Η βιομηχανική επανάσταση λοιπόν του ευρωπαϊκού χώρου, αφορά και τον κατασκευαστικό τομέα και ειδικότερα τον κλάδο της βιομηχανικής παραγωγής κατασκευαστικών υλικών.

Η “αναγέννηση” των κατασκευών από σκυρόδεμα αρχίζει από τα τέλη του 18^{ου} και τις αρχές του 19ου αιώνα ακολουθώντας σταθερά εξελισσόμενη πορεία στους τομείς έρευνας, τεχνολογίας και κατασκευής τα τελευταία εκατό χρόνια. Το σκυρόδεμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως το υλικό του περασμένου αιώνα. Είναι όμως για τον ελληνικό χώρο, το κατεξοχήν κατασκευαστικό υλικό που ‘έχτισε’ την σύγχρονη Ελλάδα. Άμεση συνέπεια ήταν η γιγάντωση του κλάδου και η δημιουργία θέσεων εργασίας, καθώς σε κάθε γωνιά της χώρας δημιουργήθηκαν μονάδες παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος.

Τα βασικά πλεονεκτήματα που έκαναν γνώστο το σκυρόδεμα τα 2000 τελευταία χρόνια και το καθιέρωσαν τα τελευταία εκατό με τη σημερινή του μορφή, επιχειρούμε να τα αποκρυπτογραφήσουμε παρακάτω:

- Φθηνές πρώτες ύλες για την παραγωγή του τσιμέντου και των αδρανών υλικών, τα οποία είναι δυνατόν να βρεθούν σε οποιοδήποτε σημείο του ελλαδικού χώρου. Παράλληλα, κατά περίπτωση χρησιμοποιούνται και βιομηχανικά υπολείματα (π.χ. τέφρα, σκωρία υψικαμίνων κ.τ.λ.)

- Αυξημένη ανθεκτικότητα σε συνδυασμό με το μειωμένο κόστος διατήρησης - συντήρησης. Σε φυσιολογικές καιρικές συνθήκες εκτεθειμένο το σκυρόδεμα προσφέρει κατασκευές που υπερβαίνουν τα 50-60 έτη ζωής.
- Αυξημένη αντοχή σε θλίψη. Σήμερα παράγονται σκυροδέματα υψηλής αντοχής που αγγίζουν τα 60 ως 100N/mm². Το σκυρόδεμα είναι μάλλον και το μοναδικό υλικό που αυξάνει την αντοχή του με το πέρασμα του χρόνου.
- Αυξημένη αντοχή έναντι της φωτιάς, συγκρίτικα με άλλα δομικά υλικά (π.χ. χάλυβα, ξύλο). Το σκυρόδεμα είναι βραδύκαυστο και αυξάνεται έτσι ο διαθέσιμος χρόνος εκκένωσης των επισκέψιμων κατασκευών τις οποίες συνθέτει, σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς.
- Δυνατότητα βιομηχανοποιημένης παραγωγής τόσο του βασικού υλικού (εργοστασιακό σκυρόδεμα) όσο και των προϊόντων που προκύπτουν (προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία). Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται πολλές εταιρίες σκυροδέματος που ο κύκλος εργασιών τους αφορά τόσο τα ιδιωτικά όσο και τα δημόσια έργα υποδομής.
- Δυνατότητα μορφωσης φερόντων στοιχείων από σκυρόδεμα ως άοπλο, οπλισμένο, προεντεταμένο καθώς και σύμμεικτα στοιχεία, δημιουργώντας έτσι τις κατάλληλες συνθήκες σύνθεσης φορέων ανάλογα με τις δομοστατικές απαιτήσεις. Έτσι το σκυρόδεμα έχει καταφέρει να διατηρηθεί σαν κύριο κατασκευαστικό υλικό και στην εποχή της κυριαρχίας της σύγχρονης Αρχιτεκτονικής.
- Αντιδιαβρωτική προστασία. Το γύρω από τις χαλύβδινες ράβδους σκυρόδεμα εξασφαλίζει στα συνηθισμένα δομικά έργα αρκετή προστασία από τη διάβρωση. Με επικάλυψη του οπλισμού στο σκυρόδεμα να είναι παχειά και συμπαγής επιτυγχάνεται η προστασία.

- Υψηλή τεχνογνωσία. Η ευρεία και πολυετής χρήση του σκυροδέματος έχει προικήσει τον τεχνικό κόσμο με αυξημένη γνώση των ιδιοτήτων του σκυροδέματος και της συμπεριφοράς του κάτω από συνθήκες καταπόνησης. Η αποκρυπτογράφηση των χαρακτηριστικών του έχει επιτευχθεί και υπάρχει μια διαρκώς αναπτυσσόμενη ερευνητική διαδικασία παγκοσμίως για την βελτίωση των δυνατοτήτων του και την επίτευξη της απόλυτης λειτουργικότητας του, ακόμη και στις πιο ακραίες συνθήκες.

Ωστόσο, όπως και κάθε άλλο υλικό παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα:

- Μειωμένη αντοχή σε εφελκυσμό. Για την εξάλειψη αυτού του μειονεκτήματος το σκυρόδεμα οπλίζεται κατάλληλα, με αποτέλεσμα την δημιουργία του οπλισμένου σκυροδέματος. Αυξάνεται έτσι το κόστος της κατασκευής καθώς η τιμή του χάλυβα οπλισμού στην Ελλάδα είναι υψηλή λόγω των περιορισμένων κοιτασμάτων.
- Σημαντικό ίδιο βάρος. Το δεδομένο αυτό κάνει το οπλισμένο σκυρόδεμα, στις συνηθισμένες μορφές του, αντιοικονομικό για μεγάλα ανοίγματα. Η αδυναμία αυτή αντιμετωπίζεται με ειδικές μορφές (κελύφη, πτυχώματα) ή μεθόδους κατασκευής (προένταση, προκατασκευή).
- Υψηλή θερμική αγωγιμότητα (λ), συνεπώς μικρή θερμομονωτική ικανότητα ($1/\lambda$). Τα δώματα κατοικιών από οπλισμένο σκυρόδεμα, απορροφούν ποσότητες θερμότητας που μεταφέρονται στο εσωτερικό των κατοικιών, και καθιστούν την μόνωση της ταράτσας απαραίτητη για τη διαφύλαξη της λειτουργικότητας της κατοικίας.
- Περιορισμένη στεγανότητα, καθώς και διάβρωση σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η εκμηδένιση των κενών στη μάζα του σκυροδέματος μπορεί να επιτευχθεί με τον αυστηρό έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος, αλλά και με την σωστή τεχνική δόνησης κατά την διάστρωσή του.

- Δυσχέρειες μετασκευής και ενισχύσεως. Μεταγενέστερα είναι πολύ δαπανηρή και χρονοβόρα η μετασκευή ή η ενίσχυση των φορέων . Το ίδιο ισχύει και για την καθαίρεση στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ

Θα επιχειρήσουμε μια επισκόπηση των βασικότερων θεμάτων που αφορούν την εφαρμοσμένη τεχνολογία του σκυροδέματος, ξεκινώντας από τη σύνθεση και διάκριση των σκυροδεμάτων, συνεχίζοντας με ειδικά προβλήματα που παρουσιάζονται και καταλήγοντας στον απαραίτητο ποιοτικό έλεγχο του σκυροδέματος. Αυτό το τρίπτυχο σύνθεση- αντιμετώπιση προβλημάτων- έλεγχος ποιότητας, είναι πολύ σημαντικό για τον κατασκευαστικό κλάδο.

Με τον όρο σκυροδέμα σύμφωνα με τον Κ.Τ.Σ.- 97 και τον DIN 1045, εννοείται το δομικό υλικό που παρασκευάζεται με την ανάμειξη τσιμέντου, αδρανών υλικών, νερού και σε ορισμένες περιπτώσεις χημικών ουσιών για τη βελτίωση ορισμένων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων. Το τσιμέντο είναι το κλασσικό Πόρτλαντ και διάφορες παραλλαγές του, τα αδρανή υλικά είναι το χαλίκι και το γαρμπίλι, και οι αναφερόμενες χημικές ουσίες είναι διάφορα πρόσμεικτα που είτε ενισχύουν την αντοχή είτε επιβραδύνουν την πήξη.

Ειδικότερα, η δομή του σκυροδέματος (τύπος, ποσότητα, μέγεθος, σχήμα και κατανομή των διαφόρων φάσεων) είναι εξαιρετικά ανομοιογενής και περίπλοκη, και ακόμα και σήμερα δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως οι σχέσεις δομής ιδιοτήτων του υλικού. Άλλωστε οι μεγαλύτερες εταιρίες παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος, διαθέτουν εργαστήρια

ποιοτικού ελέγχου , με σκοπό την αποκρυπτογράφηση των ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Θεωρείται ιδιαίτερα απαραίτητη η κατανόηση των βασικών στοιχείων δομής του σκυροδέματος για να εξηγηθούν οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τις σημαντικότερες ιδιότητες του (αντοχή, ελαστικότητα, συστολή, ερπυσμός, ρηγμάτωση, ανθεκτικότητα σε διάρκεια).

Μια πρώτη μακροσκοπική εξέταση του υλικού (δηλαδή με γυμνό μάτι, οπότε διακρίνονται οι φάσεις με διαστάσεις περίπου 0.2mm) δείχνει ότι το σκυρόδεμα αποτελείται από αδρανή, δηλαδή αμμο, χαλίκι και σκύρα διαφόρων σχημάτων και μεγεθών που είναι συγκολλημένα μεταξύ τους μέσω του ενυδατωμένου τσιμεντοπολτού, που είναι το προϊόν αντίδρασης του νερού με το τσιμέντο. Η πολυπλοκότητα της δομής του σκυροδέματος αποκαλύπτεται σε μικροσκοπικό επίπεδο (με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου). Η δομή του σκυροδέματος δεν μένει σταθερή αλλά μεταβάλλεται με το χρόνο, την υγρασία του περιβάλλοντος και τη θερμοκρασία.

ΥΛΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΩΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Γενικά, το τσιμέντο είναι ψιλά αλεσμένο υδραυλικό συνδετικό μέσο που αναμειγνύομενο με το νερό πήζει στον αέρα (η ακόμη και σε υποβρύχιες συνθήκες) δημιουργώντας με τα αδρανή την τσιμεντόπετρα. Τα κύρια συστατικά του τσιμέντου είναι το κλίνκερ Portland, ο γύψος, η ποζολάνη, τεχνική και φυσική, το θεικό ασβέστιο για την ρύθμιση της πήξης. Ωστόσο, κάθε χώρα παρασκευάζει τσιμέντο χρησιμοποιώντας τις πηγές των πρώτων υλών που διαθέτει. Σύμφωνα με νέα πρότυπα προδιαγραφών EN 197-1 [Τσιμέντο Μέρος 1 “ Σύνθεση , προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για τα κοινά τσιμέντα”]

Η διαδικασία παρασκευής του τσιμέντου εκτελείται ως εξής.

Αρχικά, γίνεται ομογενοποίηση των πρώτων υλών, οι οποίες είναι ασβεστόλιθος , άργιλος και διάφορα διορθωτικά υλικά. Στη συνέχεια υποβάλλονται σε όπτιση σε θερμοκρασίες προοδευτικά αυξανόμενες μέχρι τους 1500 C περίπου. Η όπτιση γίνεται σε χαλύβδινες, ελαφρά επικλινείς περιστρεφόμενες κυλινδρικές καμίνους, όπου φλόγες προθερμασμένου αέρα, εκτοξεύονται σε βάθος αρκετών μέτρων, αναπτύσσοντας υψηλές θερμοκρασίες. Το μίγμα των πρώτων υλών εισάγεται από το άνω άκρο της καμίνου και καθώς κινείται αργά προς το κάτω άκρο, έρχεται σε επαφή με τα θερμά καυσαέρια και θερμαίνεται βαθμιαία. Στην αρχή (100-110 C) απομακρύνεται το δεσμευμένο νερό, ακολούθως καίγονται οι οργανικές ουσίες και σε θερμοκρασία 500 C περίπου απομακρύνεται το κρυσταλλικά ενωμένο νερό. Μεταξύ 700-900 C γίνεται η διάσπαση του ανθρακικού και του ανθρακικού μαγνησίου προς CaO MgO CO₂. Σε θερμοκρασίες άνω των 1000 C, το CaO ενώνεται με τα οξειδία που έχουν σχηματιστεί από τη διαίρεση της αργίλου.

Στο τελευταίο στάδιο λαμβάνει χώρα και η συσσωμάτωση του προϊόντος σε βώλους μεγέθους 2-3 cm εμποτισμένες με την

κολλώδη μάζα των συστατικών που έχουν τηχθεί. Τα συσσωματώματα αυτά καλούνται **ΚΛΙΝΚΕΡ**.

Ας δούμε τώρα τους κυριότερους τύπους τσιμέντου που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, και χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην παρασκευή σκυροδέματος από τις ελληνικές εταιρίες παραγωγής.

- **Τσιμέντο Πόρτλαντ** προερχόμενο από συνάλευση κλίνκερ, γύψου ή και φίλλερ.
- **Σύνθετο τσιμέντο Πόρτλαντ** (τσιμέντο Πόρτλαντ με σκωρία υψικαμίνων, με ποζολάνη, με ιπτάμενη τέφρα, με ψημένο σχιστόλιθο, με ασβεστόλιθο, με πυριτική παιπάλη).
- **Σκωριοτσιμέντο**, με ποσοστό κλίνκερ 20-35% και σκωρία υψικαμίνων.
- **Ποζολανικό τσιμέντο**.
- **Σύνθετο τσιμέντο** με ποσοστό κλίνκερ από 20-39%, σκωρίας υψικαμίνων 30-50% και ποζολάνη.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η ελληνική τσιμεντοβιομηχανία πέρασε μια μεταβατική περίοδο καθώς καταργήθηκε το Π.Δ. 244/80 και από 01/04/2004 ίσχυσαν τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 197-1 και 197-2. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η ανάγκη στις εταιρίες για έναν εξορθολογισμό της παραγωγικής τους διαδικασίας, συμμορφωμένης πλέον με τις νέες νομικές απαιτήσεις. Παράλληλα τροποποιήθηκε και ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος για να συμπεριλάβει νέα προϊόντα τσιμέντου και να ορίσει το νέο καθεστώς συναλλαγής που θα διέπει τις συμβάσεις, τα τιμολόγια, τις μελέτες σύνθεσης κ.τ.λ.

Στους πίνακες 2,3 που επισυνάπτονται παρουσιάζονται συγκριτικά οι αντοχές σύμφωνα με τις παλιές και τροποποιηθείσες διατάξεις. Η αντοχή του τσιμέντου επηρεάζεται από την χημική σύνθεση, από την λεπτότητα της άλεσης, την ποσότητα του νερού που αναμειγνύεται κατά τη σύνθεση, την θερμοκρασία και τις συνθήκες συντήρησης.

Πρακτικά, ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις, εκλέγεται και ο κατάλληλος τύπος τσιμέντου για την παρασκευή του σκυροδέματος. Ο κανονισμός υπαγορεύει την ποσότητα τσιμέντου που χρειάζεται η παρασκευή κάθε τύπου σκυροδέματος που διατίθεται στην αγορά. Αναλυτικότερα:

Τα ποζολανικά τσιμέντα παράγουν σκυροδέματα μεγάλης εργασιμότητας, εύπλαστα, με ιδιαίτερη αντοχή σε φυσικά ή χημικά διαβρωτικά περιβάλλοντα. Για συνήθεις συνθήκες, τα τσιμέντα πόρτλαντ χρησιμοποιούνται ευρέως στις κατασκευές οπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος. Με προσθήκη αλουμίνιας 40-45% στην μάζα του τσιμέντου δημιουργούνται τα τσιμέντα αλουμινίου κατάλληλα για σκυροδέματα βιομηχανικών δαπέδων, αύξηση αντοχής σε φωτιά, σκυροδέτηση σε ψυχρές και παγοπληθείσες περιοχές. Για εμφανές σκυρόδεμα με αρχιτεκτονικές απαιτήσεις καλό είναι να χρησιμοποιηθεί λευκό τσιμέντο Πόρτλαντ.

Για μείωση του κόστους των τσιμέντων Πόρτλαντ, στην σύνθεση αντί του κλίνκερ χρησιμοποιούνται ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικαμίνου κ.α. βιομηχανικά υπολλέματα. Αυτή η μέθοδος οικονομίας είναι αποδεκτή, μέχρι το σημείο που δεν έχουμε πτώση της ποιότητας.

Τσιμέντα ανθεκτικά σε θειικά άλατα και το θαλάσσιο νερό χαρακτηρίζονται αυτά που παρασκευάζονται από συνάλευση κλίνκερ πόρτλαντ και γύψου ενώ η περιεκτικότητα σε SO₃ δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2,5%.

Κάθε τσιμέντο πρέπει να είναι σύμφωνο με τους κανονισμούς, να προκύπτει το είδος του τσιμέντου, η κατηγορία της αντοχής, το εργοστάσιο παραγωγής καθώς και τυχόν πρόσθετες ειδικές ιδιότητες. Το τσιμέντο επιτρέπεται να αναμειγνύεται με άλλο τύπο τσιμέντου ή άλλο συνδετικό υλικό, μόνο όταν αυτά συμβιβάζονται μεταξύ τους.

Ωστόσο, συνίσταται η αποφυγή ανάμιξης συμβιβαστών τσιμέντων στη παρασκευή έτοιμου σκυροδέματος διότι υπάρχει αυξημένη πιθανότητα πρόωρης δυσπλαστότητας και μεγαλύτερης διασποράς της αντοχής.

ΤΥΠΟΙ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το κοινό τσιμέντο Πόρτλαντ έχει χρώμα τεφροπράσινο , που οφείλεται στις περιεχόμενες ενώσεις του σιδήρου.Ένα απο τα πιο σημαντικά φυσικά του χαρακτηριστικά του τσιμέντου είναι η λεπτότητα άλεσης, η οποία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα και την πληρότητα της ενυδάτωσης.

Ένα απο τα σημαντικά χαρακτηριστικά του τσιμέντου είναι ο χρόνος αρχικής και τελικής του πήξης.Ο χρόνος πήξης έχει μεγάλη πρακτική σημασία, γιατί αποτελεί προσδιοριστικό παράγοντα του χρόνου που είναι διαθέσιμος για την τοποθέτηση και μορφοποίησης του τσιμεντοκονιάματος αμέσως μετά την παρασκευή του.Η ταχύτητα πήξης, εξαρτάται από την περιεκτικότητα του στις χημικές ενώσεις που χαρακτηρίζονται με το όνομα “ υδραυλικοί παράγοντες”, η δε συνάλευση γύψου με το κλίνκερ αποσκοπεί στην επιβράδυνση της ενυδάτωσης του.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν και τροποποιούν το χρόνο πήξης είναι:

- α)Τσιμέντο λεπτότερης άλεσης, πήζει ταχύτερα.
- β)Τσιμεντοπολτός μεγαλύτερης αναλογίας σε νερό πήζει βραδύτερα.
- γ)Υψηλότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος επιταχύνει την πήξη του τσιμεντοπολτού.
- δ)Προσθήκη αδρανών προσμίξεων επιβραδύνει στον τσιμεντοπολτό επιβραδύνει την πήξη.
- ε)Η πήξη σε περιβάλλον αυξημένης υγρασίας συντελείται ταχύτερα από ότι η πήξη σε ξηρό περιβάλλον.

Το τσιμέντο ελέγχεται εργαστηριακά , κατ'αναλογία με το σκυρόδεμα. Παρασκευάζεται και συγχρόνως ελέγχεται με την τοποθέτησή του σε χυτοσίδηρες μήτρες και τη θραύση του έπειτα απο 28 μέρες.Η αντοχή του τσιμεντοπολτού και η ταχύτητα με την οποία αναπτύσσεται εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την χημική του σύσταση αλλά και απο την λεπτότητα άλεσης, την περιεκτικότητα σε νερό, την υγρασία κ' την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Αντοχή τσιμέντων. Σύγκριση προδιαγραφών EN 197-1 και Π.Δ. 244/80 <i>Cement strength. Comparison of specifications EN 197-1 and P.D. 244/80</i>			
Π.Δ. 244/80 P.D.244/80		ΕΛΟΤ EN 197-1	
Κατ. Αντοχής <i>Strength class</i>	Οριακή αντοχή <i>Ultimate strength</i>	Κατ. Αντοχής <i>Strength class</i>	Οριακή αντοχή <i>Ultimate strength</i>
	<i>N/mm²</i>		<i>N/mm²</i>
35	25-45	32.5	32.5-52.5
45	35-55	42.5	42.5-62.5
55	≥45	52.5	≥52.5

Αντοχή τσιμέντων σύμφωνα με το πρότυπο EN 197-1 <i>Cement strength according to Standard EN 197-1</i>					
Κατηγορία αντοχής <i>Strength class</i>	Αντοχή σε θλίψη [MPa] <i>Strength in compression [MPa]</i>			Αρχικός χρόνος πήξης <i>Initial setting time</i>	Διόγκωση <i>Dilatation</i>
	Αρχική αντοχή <i>Initial strength</i>		Τυπική αντοχή <i>Typical strength</i>		
	2 ημέρες <i>2 days</i>	7 ημέρες <i>7 days</i>	28 ημέρες <i>28 days</i>	<i>min</i>	<i>mm</i>
32.5N	---	≥ 16.0	32.5 ≤ τ. αντοχή ≤ 52.5	≥ 75	< 10
32.5R	≥ 10.0	---	32.5 ≤ t. strength ≤ 52.5		
42.5N	≥ 10.0	---	42.5 ≤ τ. αντοχή ≤ 62.5	≥ 60	
42.5R	≥ 20.0	---	42.5 ≤ t. strength ≤ 62.5		
52.5N	≥ 20.0	---	52.5	≥ 45	
52.5R	≥ 30.0	---			

ΑΔΡΑΝΗ

Με τον όρο αδρανή σκυροδέματος χαρακτηρίζεται το μίγμα θραυστών και / ή άθραυστων κόκκων ίσου η διαφορετικού μεγέθους από φυσικά και/ ή τεχνητά ορυκτά καθώς και σε ειδικές περιπτώσεις μέταλλα ή οργανικά υλικά. Γενικά τα αδρανή διακρίνονται ανάλογα με το είδος του υλικού (θραυστά αδρανή, φυσικά αδρανή) και την κοκκομετρική διαβάθμιση των κόκκων (άμμος, γαρμπίλι, σκύρα). Ο EN 932.1 ορίζει με πολύ συγκεκριμένους εργαστηριακούς όρους τις προδιαγραφές των αδρανών υλικών σκυροδέματος.

1. Άμμος ονομάζεται το υλικό, με μέγιστο κόκκο του να διέρχεται απο κόσκινο οπής 4,75 mm.
2. Χαλίκι ονομάζεται το υλικό με μέγιστο κόκκο του να διέρχεται απο κόσκινο οπής 25,4 mm.
3. Γαρμπίλι ονομάζεται το υλικό με μέγιστο κόκκο του να διέρχεται απο κόσκινο οπής 12,5mm.

Ισχύουσες διατάξεις για τα αδρανή υλικά είναι οι νόμοι ν.386/76, 1428/84, 2115/93 καθώς και ο ΚΤΣ -97 εξειδικευμένος στο σκυρόδεμα. Στην πράξη κατά τον έλεγχο των αδρανών πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στα παρακάτω:

1. Είδος και ιδιότητες του πετρώματος: Οι ιδιότητες των αδρανών εξαρτώνται απο το είδος και την υφή του πετρώματος. Οι κόκκοι των αδρανών πρέπει να είναι τόσο ανθεκτικοί , που να είναι δυνατή η παρασκευή σκυροδέματος της αντίστοιχης απαιτούμενης αντοχής. Τα αδρανή από θραυστά υλικά που έχουν θλιπτική αντοχή το λιγότερο 100N/mm² (DIN 52105), σε υγρή κατάσταση, είναι κατάλληλη για παρασκευή σκυροδέματος αντοχής. (π.χ. γρανίτης, βασάλτης, χαλαζίας, πυκνοί ασβεστόλιθοι κ.α.).

Ανάλογα με τη χρήση του παρασκευασμένου σκυροδέματος θα πρέπει να διαθέτουν αντοχή σε εξωγενείς παράγοντες (παγετό, χημικές προσβολές, υψηλές θερμοκρασίες). Στην περίπτωση σκυροδεμάτων με υψηλή αντοχή σε τριβή χρησιμοποιείται χαλαζίας, ενώ σε σκυροδέματα με υψηλή αντίσταση σε χημική προσβολή κατάλληλα αδρανή είναι τα

ανθρακικά αδρανή (πυκνοί ασβεστόλιθοι). Για τα πυράντοχα σκυροδέματα είναι αναγκαία αδρανή από πετρώματα με θερμική διαστολή όσο το δυνατόν πιο κοντά στο συντελεστή της τσιμεντόπετρας. Άρα χρειάζεται μια ιδιαίτερη προεργασία όταν πρόκειται να παραχθεί σκυρόδεμα που προορίζεται για σκυροδέτηση σε περιοχές ιδιαίτερων απαιτήσεων.

2. Περιορισμός βλαβερών συστατικών: Θα πρέπει να περιορίζονται τα πρόσθετα συστατικά που αποσυντίθενται και σχηματίζουν ανεπιθύμητες ενώσεις επηρεάζοντας τις ιδιότητες και την αντοχή του σκυροδέματος. Βλαβερά συστατικά των αδρανών είναι : υλικά λασπώδη, ενώσεις του θείου, αντισκληρυντικά, διάφορα οργανικά συστατικά, υλικά που προσβάλλουν το χάλυβα. Και φυσικά η διάβρωση του χάλυβα δημιουργεί πρόσθετα προβλήματα στην κατασκευή, καθώς η διόγκωσή του προκαλεί θραύση του μπετόν με συνέπεια την μείωση της αντοχής του φέροντα οργανισμού.

3. Σχήμα και επιφανειακή υφή των κόκκων: Το σχήμα των κόκκων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντόχοντρο (σφαιρικό, κυβικό). Η επιφάνεια πρέπει να είναι τραχεία για την αύξηση της συνάφειας και της αντοχής. Η οπτική αξιολόγηση είναι δύσκολη, μπορεί να γίνει όμως από έναν έμπειρο τεχνίτη ή μηχανικό. Για την αξιολόγηση σε εργαστήριο υφίσταται πλαίσιο προδιαγραφών που υπαγορεύει τις μεθόδους αξιολόγησης.

4. Μέγιστος κόκκος και κοκκομετρική διαβάθμιση: Το μίγμα των αδρανών πρέπει να είναι χονδρόκοκκο με λίγα κενά και χωρίς πολύ άμμο, για να έχει όσο γίνεται μικρότερη ανάγκη νερού-τσιμέντου, ενώ ταυτόχρονα προκύπτει σκυρόδεμα αυξημένης πλαστικότητας. Η κοκκομετρική διαβάθμιση θα πρέπει να είναι συνεχής και ορίζεται για τα ελληνικά σκυροδέματα από τον ΚΤΣ -97.

NEPO: Το νερό ανάμιξης και συντήρησης πρέπει να είναι φυσικό, υπόγειο, λιμνών ή ποταμών χωρίς βέβαια βιομηχανικά απόβλητα. Νερά έντονα μολυσμένα επηρεάζουν αρνητικά τη σκλήρυνση καθώς και τις ιδιότητες του ώριμου σκυροδέματος. Βασικές ιδιότητες που πρέπει να χαρακτηρίζουν το

σκυρόδεμα είναι η εργασιμότητα , η πλαστιμότητα και η αντλησιμότητα.

Δεν πρέπει να περιέχει ουσίες διαλυμένες ή αιωρούμενες, που εμποδίζουν τη σκλήρυνση του σκυροδέματος. Αποκλείονται γενικά τα νερά, τα οποία περιέχουν λάδια, λόπη ή σάκχαρο.

Ένδειξη για την ενδεχόμενη ακαταλληλότητα δίνει η οσμή, η γεύση και το χρώμα και η για πολύ χρόνο διατήρηση αφρού μετά την ανάδευση. Στις περιπτώσεις αυτές συνίσταται χημική ανάλυση ή ασφαλέστερα, έλεγχος της καταλληλότητας του νερού με την Παρασκευή δοκιμίων σκυροδέματος. Λόγω του κινδύνου διαβρώσεως του οπλισμού είναι για κατασκευές από οπλισμένο η προεντεταμένο σκυρόδεμα.

- Εργασιμότητα είναι η ιδιότητα του νωπού σκυροδέματος που χαρακτηρίζει την ευκολία με την οποία μεταφέρεται, διαστρώνεται και συμπυκνώνεται. Αποτελεί πολύ σημαντική παράμετρο για το σκυρόδεμα που γίνεται σημαντικότερη όταν έχουμε να κάνουμε με μεγάλες ποσοτητες παραγωγής που απαιτούν τα μεγάλα δημόσια έργα. Επομένως ένα σκυρόδεμα υψηλής εργασιμότητας μειώνει και το χρόνο κατασκευής ενός έργου. Μέτρο εργασιμότητας εκφράζει η εξάπλωση του σκυροδέματος η οποία μετράται με τη μέση διάμετρο που αποκτά μια κωνική στήλη νωπού σκυροδέματος επάνω στην τράπεζα εξάπλωσης. Επιπρόσθετα , η κάθιση σκυροδέματος αποτελεί ένα ακόμη μέτρο εργασιμότητας και εκφράζεται με την απώλεια ύψους που παρουσιάζει μια κωνική στήλη (σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97 ορίζοντας 4 κατηγορίες S1= 10-40 mm, S2=50-90 mm, S3=100/150 mm , S4 > 160 mm. Όπως ορίζει ο ΚΤΣ ο παραγγέλων έτοιμο σκυρόδεμα υποχρεούται εκτός από την ποσότητα και την κατηγορία να ορίζει και την κάθιση.
- Πλαστικότητα είναι η ιδιότητα του νωπού σκυροδέματος που καθορίζει την αντίσταση του σε παραμόρφωση ή την ευκολία με την οποία μορφοποιείται στον ξυλότυπο.
- Αντλησιμότητα είναι η ικανότητα του νωπού σκυροδέματος να μεταφέρεται μέσα από σωλήνες, ωθούμενο με κατάλληλη πίεση, χωρίς να χάνει την ομοιογένειά του και

την εργασιμότητά του. Κύριο μέσο άντλησης είναι η αντλία σκυροδέματος (πρέσσα), που διατίθεται σε διάφορους τύπους από τις εταιρίες παραγωγής.

Λαμβάνοντας υπόψη την μεγάλη ποικιλία παρασκευής σκυροδεμάτων από διαφορετικές πρώτες ύλες ανάλογα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις, την μεταφορά, την διάστρωση και τη συμπίκνωση, είναι δυνατό να ορίσουμε τις παρακάτω ταξινομήσεις σκυροδέματος

Σύμφωνα με το συνδετικό υλικό, τα αδρανή και τα πρόσθετα υλικά συστατικά διακρίνουμε:

- Κανονικά συνήθη σκυροδέματα.
- Ινοσκυροδέματα, σκυρόδεμα με προσθήκη χαλύβδινων, γυάλινων ή συνθετικών πολυμερών ίνων για την αύξηση της αντοχής και της ανθεκτικότητας του τελικού σκυροδέματος.
- Ελαφρά σκυροδέματα, με χρήση ελαφρών αδρανών. Σήμερα παρασκευάζονται σκυροδέματα με φυσαλίδες και αδρανή πυκνής σύνθεσης, σκυροδέματα χωρίς φυσαλίδες αλλά με αδρανή και κενά, αεριούχα και αφροσκυροδέματα. Στις εφαρμογές του ελαφροσκυροδέματος γενικά, επικράτησαν δύο κατευθύνσεις: το θερμομονωτικό ελαφρό σκυρόδεμα και το κατασκευαστικό. Γενικά, αυτού του τύπου το σκυρόδεμα έχει μικρή αντοχή, μειωμένο βάρος και κατά περίπτωση καλή θερμομονωτική ικανότητα λόγω των κενών και του πορώδους των αδρανών.
- Ανάλογα με τη μέθοδο κατεργασίας και συμπίκνωσης διακρίνουμε: **το αντλούμενο, το εκτοξευόμενο, το χυτό, το υποβρύχιο**. Αντλούμενο είναι το σκυρόδεμα που μπορεί να αντληθεί από την αντλία σκυροδέματος και να μεταφερθεί με τον τρόπο αυτό στην περιοχή διάστρωσης. Το εκτοξευόμενο, λεγόμενο και γκανάιτ που χρησιμοποιείται για τσιμεντενέσεις και ειδικές διεργασίες σκυροδέματος. Χυτό είναι το μπετόν που παρασκευάζεται στο εργοτάξιο κυρίως, και χαρακτηρίζεται από μεγάλη ρευστότητα. Το υποβρύχιο σκυρόδεμα, λέγεται και ταχείας πήξεως επειδή σκληραίνει γρήγορα και χρησιμοποιείται στις υποθαλάσσιες εργασίες σκυροδέτησης.

- Ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής και χρήσης: **επιτόπιο,εργοταξιακό και μεταφερόμενο η έτοιμο**.Εργοταξιακό σκυρόδεμα έχουμε όταν τα συστατικά του προσθέτονται και αναμιγνύονται στο εργοτάξιο.Μεταφερόμενο ή έτοιμο ονομάζεται το σκυρόδεμα, που η σύνθεση του γίνεται σε εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος, αναμειγνύεται στο εργοστάσιο ή τη βαρέλα και παραδίδεται στο εργοτάξιο έτοιμο για διάστρωση.Επιτόπιο καλείται το σκυρόδεμα, που μεταφέρεται ως νωπό σκυρόδεμα, εργοταξιακό ή έτοιμο, στην οριστική του θέση, στο έργο, όπου συμπυκνώνεται και σκληρώνεται.
- Ανάλογα με τις γενικές ιδιότητες και χρήσεις:Υψηλής αντοχής, στεγανό, μεγάλης αντοχής σε παγετό, σε τριβή σε χημικές προσβολές , πυράντοχο, μονωτικό διογκούμενο, οδών, μεγάλων όγκων (φραγμάτων).

ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.

Με τον όρο ανθεκτικότητα του σκυροδέματος εννοούμε την ικανότητα του υλικού έναντι εξωτερικών επιρροών που συνήθως δρουν για μεγάλο χρονικό διάστημα και δημιουργούν προβλήματα διάβρωσης στο σκυρόδεμα και τον οπλισμό, το φαινόμενο ενανθράκωσης του σκυροδέματος κ.α. Οι κατασκευές μειωμένης ανθεκτικότητας είναι επισφαλείς τόσο απο πλευράς αντοχής και καλής λειτουργίας του φορέα σε εξωτερικές δυνάμεις όσο και απο πλευράς αισθητικής. Παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα της κατασκευής στην διάρκεια του χρόνου συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Περιβαλλοντικές επιρροές όπως θερμοκρασιακές μεταβολές, υγρασία, ατμοσφαιρικοί παράγοντες. Έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές εμφανίζονται είτε λόγω κλιματικών συνθηκών είτε λόγω λειτουργίας π.χ. βιομηχανικά κτίρια με τεχνητές μεταβολές θερμοκρασίας. Δεδομένων των έντονων συστολοδιαστολών, οι οποίες δημιουργούνται αναπόφευκτα, εμφανίζονται μικρορηγματώσεις μη αναστρέψιμες οι οποίες αυξάνονται με το χρόνο, δημιουργώντας μηχανισμό φθοράς του σκυροδέματος και εν συνεχεία και του οπλισμού (π.χ. εμφάνιση οξειδωσης).
- Χημικές επιρροές, οι οποίες προέρχονται απο τις συνθήκες λειτουργίας της κατασκευής (π.χ. δεξαμενές βιομηχανικών εγκαταστάσεων κ.λ.π.) Η περίπτωση της χημικής προσβολής καθώς και οι δράσεις χημικές ενώσεις όσον αφορά το σκυροδέμα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Γενικά, μπορούμε να διακρίνουμε χημική προσβολή απο άλατα, οξέα, θειούχες ενώσεις, έλαια κ.τ.λ. Μείωση της ανθεκτικότητας παρουσιάζεται λόγω δημιουργίας όξινου περιβάλλοντος και διάβρωση του οπλισμού, ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων οι οποίες καταστρέφουν τη δομή του σκυροδέματος.
- Μηχανικές επιρροές, όπως τριβή δαπέδων, κρούσεις, κυκλοφορία οχημάτων ή και πεζών, κυκλοφορία νερού

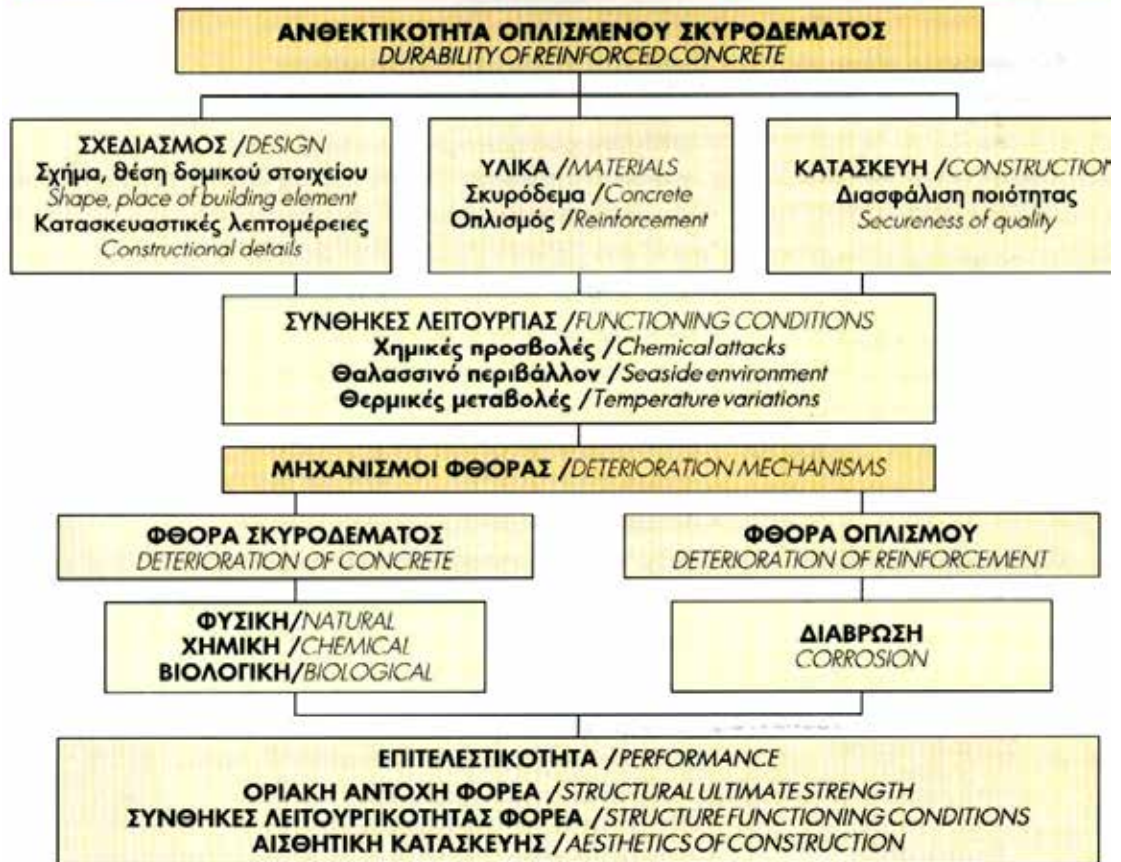
κ.τ.λ. Η επιφανειακή φθορά που θα υποστεί το σκυρόδεμα είναι δύσκολο να μετρηθεί, ωστόσο πρακτικά, παράμετροι έναντι των μηχανικών επιρροών αποτελούν η αντοχή του σκυροδέματος, το είδος και η σκληρότητα των αδρανών, καθώς και η εν γένει κατάσταση της προσβαλλόμενης επιφάνειας.

Η ενανθράκωση προχωρά με αργό ρυθμό και το πρόβλημα εμφανίζεται στις κατασκευές μετά από δεκαετή λειτουργία, έχει όμως δυσμενή επιρροή όχι τόσο στο σκυρόδεμα αλλά στον χάλυβα οπλισμού.

Επι του πρακτέου, στα συνήθη έργα τα οποία υποβάλλονται στις συνήθεις περιβαλλοντικές συνθήκες ο μηχανικός θα πρέπει να δώσει ιδιαίτερη σημασία στην αλκαλικότητα και την πυκνότητα.

Πιο συγκεκριμένα, στα συνήθη τσιμέντα (I,II) η αλκαλικότητα είναι σταθερή ενώ μεγάλη σημασία έχει η αποφυγή ύπαρξης όξινων ουσιών (π.χ χλωρίου). Η πυκνότητα συνδέεται με την αποφυγή διείσδυσης της υγρασίας και την αλκαλικότητα του υλικού. Για πυκνό σκυρόδεμα, συνεπώς για την προστασία του οπλισμού, θα πρέπει να διατηρείται χαμηλός ο λόγος νερού/τσιμέντου με μειωμένη κάθιση, επαρκή περιεκτικότητα του τσιμέντου, χρήση ποζολανικών τσιμέντων, αυξημένη επικάλυψη του οπλισμού, επαρκή συμπύκνωση και συντήρηση καθώς και κατά περίπτωση πρόσθετα βελτιωτικά για την ελάττωση του νερού.

Συνθήκες επιρροής της ανθεκτικότητας του οπλισμένου σκυροδέματος
Conditions influencing the durability of reinforced concrete



ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΠΡΟΣΜΙΚΤΑ ΜΑΖΗΣ

Με τον όρο βελτιωτικά σκυροδέματος εννοούνται τα πρόσθετα υλικά τα οποία εισάγονται στην μάζα του σκυροδέματος, σε μικρές ποσότητες (50g ανα kg τσιμέντου), επηρεάζοντας τις ιδιότητες του με χημικούς ή φυσικούς μηχανισμούς επίδρασης. Ωστόσο, δεν επιτρέπεται να παράγουν ανεπιθύμητες ενώσεις με τα συστατικά του σκυροδέματος, μειώνοντας τις γενικές ιδιότητες του σκυροδέματος και προκαλώντας γενική διάβρωση του οπλισμού. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις οδηγίες χρήσης του προμηθευτή για την ορθή εφαρμογή και δοσολογία. Στη συνέχεια παρατίθεται ταξινόμηση των προσμικτων βελτιωτικών ανάλογα με τον τύπο και την επίδραση που έχει στο σκυρόδεμα.

- **Υπερ-ρευστοποιητές:** Αξάνουν την εργασιμότητα του σκυροδέματος (π.χ. από κάθιση 8-10 cm σε 18-20cm). Γενικά το σκυρόδεμα μετά από πέρας 20-30 λεπτών έχει απώλειες κάθισης και συνίσταται η χρήση υπερρευστοποιητή επιτόπου στο έργο, μετά από ανάμιξη στη βαρέλα σε γρήγορες στροφές για 3-5 λεπτά. Η συνήθης δοσολογία κυμαίνεται από 0,5-0,8% αλλά σε ειδικές περιπτώσεις (υψηλοί χρόνοι διάστρωσης, υψηλή εργασιμότητα σε κλίματα ιδιαίτερα θερμά) μπορεί να φθάσει 1,2%. Ενδεικτικές τιμές ανα κιλό 200-280 δρχ./kg. Προδιαγραφές του συγκεκριμένου τύπου παρουσιάζονται στον Σ.Κ.-308, ASTM-C494 Type F,G ή ακόμη και στα εν 934-2. Στο εμπόριο υπάρχουν υπερ-ρευστοποιητές και για τις περιπτώσεις της βαριάς προκατασκευής ή ακόμη και για ειδικές περιπτώσεις κατασκευής βιομηχανικών δαπέδων, διευκολύνοντας την διάστρωση ανεξαρτήτως συνθηκών καιρού. Οι υπερ-ρευστοποιητές δεν πρέπει να περιέχουν χλώριο.
- **Επιβραδυντικό πήξης:** Αυξάνουν κατά 20 λεπτά τον χρόνο της πήξεως και συνεπώς το χρόνο μεταφοράς

του έτοιμου σκυροδέματος .Η ανάμιξη του επιβραδυντικού γίνεται στο μίξερ και όχι επιτόπου στο έργο.Η δοσολογία κυμαίνεται από 0,2-0,3% κατα βάρος του τσιμέντου , ανεξαρτήτως εποχής.Στην περίπτωση υπερδοσολογίας , συνίσταται η συντήρηση της πλάκας με “ πλημμύρισμα”.Ενδεικτικές τιμές : 50-55 δρχ/kg.Πρότυπα που ορίζουν τις προδιαγραφές του ανωτλερω βελτιωτικού είναι οΣΚ -308, ASTM C494

- **Επιταχυντικά πρόσθετα** :Επιτρέπουν μια σημαντική μείωση του χρόνου πήξης και αύξηση των αρχικών μηχανικών αντοχών του σκυροδέματος .Είναι δυνατό να αυξήσουν την αντοχή στις ταχείες ωρίμανσης έως και 100%.Η δοσολογία κυμαίνεται μεταξύ 1,0-5,0% κατα βάρος του τσιμέντου.Προδιαγραφές που ορίζουν τις σχετικές αναφορές με τους επιταχυντές είναι ο ASTM C 494 Type C,ASTM E494 Type E, EN 934-2, UNI 7105, 7109.Με την χρήση των επιταχυντών αυξάνονται οι χρόνοι αφαίρεσης των ξυλοτύπων και δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες πρόσφυσης .Χρησιμοποιούνται μετά απο διακοπή της σκυροδέτησης και επιτρέπουν σκυροδέτηση σε ψυχρό καιρό.
- **Αερακτικά πρόσθετα** : Πρόσμικτα για την βελτίωση του σκυροδέματος στους κύκλους ψύξης/ απόψυξης.Μειώνουν τον λόγο νερού/ τσιμέντου και βελτιστοποιούν την κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών.Γενικά η χρήση τους συνδέεται με σκυροδετήσεις εκτεθειμένες σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες (σκυροδετήσεις φραγμάτων, αυτοκινητοδρόμων).Η δοσολογία κυμαίνεται απο 0,2-0,5% κατά βάρος τσιμέντου.Κανονισμοί που προδιαγράφουν τα πρόσθετα αερακτικά είναι ο ASTM C260, EN 934-2, UNI7103.

- Σταθεροποιητές σκυροδέματος: Εμποδίζουν προσωρινά τις αντιδράσεις ενυδάτωσης του τσιμέντου και παράλληλη απόκτηση του νεπού αχρησιμοποίητου σκυροδέματος.
- Πρόσθετα Silica Fume: Επιτρέπουν την παρασκευή σκυροδέματος που χαρακτηρίζεται απο πολύ χαμηλή διαπερατότητα , υψηλή αντοχή σε θλίψη , κάμψη και αυξημένη αντίσταση σε χημικές προσβολές και διαβρώσεις. Συνεπώς με την προσθήκη του Silica Fume παρασκευάζονται σκυροδέματα υψηλής ανθεκτικότητας με μεγάλη διάρκεια στον χρόνο. Προδιαγραφές δίνονται στο ASTM C 1240 για ανάλογα προϊόντα .
- Πρόσμικτα στεγανοποιητικά: Προσδίδουν υψηλό βαθμό στεγάνωσης στο σκυρόδεμα. Δρουν δημιουργώντας ενώσεις στην τριχοειδή τομή , αποτρέποντας την διείσδυση του νερού. Η χρήση τους ενδείκνυται για θεμελίωσεις, τοίχους αντιστήριξης, υπόγεια, δεξαμενές, αυλάκια. Η δοσολογία τους κυμαίνεται από 0,2-1,0% κατά βάρος τσιμέντου.
- Βελτιωτικά πρόσφυσης σκυροδεμάτων: Βελτιώνουν την πρόσφυση του σκυροδέματος και ανάλογα με τη σύνθεση μπορεί να προσδίδουν και στεγανωτικές ιδιότητες. Η χρήση τους ενδείκνυται για αποκαταστάσεις κατασκευών , αγκυρώσεις δομικών στοιχείων κ.τ.λ.

Ταξινόμηση πρόσθετων βελτιωτικών σκυροδέματος
Classification of admixtures for concrete

Τύπος πρόσμικτου <i>Type of admixture</i>	Δοσολογία <i>Dosage</i>	Πλαίσιο Κανονισμών <i>Codes</i>
Υπερ-ρευστοποιήτες <i>Super-plasticizers</i>	0.5-0.8% συνήθως κατά βάρος τσιμέντου έως 1.2% <i>0.5-0.8% usual in weight of cement up to 1.2%</i>	Σ.Κ. 308 ASTM C 494 Type A,F,D,G UNI 8145
Επιβραδυντικό πήξης <i>Setting retarder</i>	0.2-0.3% κατά βάρος τσιμέντου <i>0.2-0.3% in weight of cement</i>	Σ.Κ. 308 ASTM C 494 Type B,D UNI 7104,7107 EN-934-2
Πρόσθετα επιταχυντικά <i>Accelerators</i>	1.0-5.0% κατά βάρος τσιμέντου <i>1.0-5.0% in weight of cement</i>	ASTM C 494 Type C,E UNI 7105,7109 EN-934-2
Πρόσθετα αερακτικά <i>Air-entrainers</i>	0.2-0.5% κατά βάρος τσιμέντου <i>0.2-0.5% in weight of cement</i>	ASTM C 260 UNI 7103 EN-934-2
Σταθεροποιητές σκυροδέματος <i>Concrete stabilizers</i>	Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προμηθευτή <i>According to manufacturer specifications</i>	---
Πρόσθετα Silica Fume <i>Additives Silica Fume</i>	5-15% κατά βάρος τσιμέντου <i>5-15% in weight of cement</i>	ASTM C 1240
Πρόσμικτα στεγανοποιητικά <i>Waterproofing additives</i>	0.2-1.0% κατά βάρος τσιμέντου <i>0.2-1.0% in weight of cement</i>	EN-934-2
Βελτιωτικά Πρόσφυσης σκυροδέματος <i>Concrete bonding improvement</i>	Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προμηθευτή <i>According to manufacturer specifications</i>	UNI 95

ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ

Το εργοταξιακό σκυρόδεμα μεταφέρεται απο τη θέση αναμίξεως στη θέση χρησιμοποιήσεως του το ταχύτερο, με οποιοδήποτε μέσο, αρκεί να αποφεύγονται η απόμιξη ή η απώλεια συστατικών, ιδιαίτερα του τσιμεντοπολτού και συγκεκριμένα μέσα σε 20 λεπτά από την ανάμιξη για σκυρόδεμα συνεκτικότητας K2 και σε 45 λεπτά για σκυρόδεμα με συνεκτικότητα K1.

Για μεταφερόμενο σκυρόδεμα με αυτοκίνητα-αναμικτήρες η εκφόρτωση πρέπει να συμπληρώνεται μέσα σε 90 λεπτά από την προσθήκη του νερού.

Αμέσως μετά την ανάμιξη η μεταφορά πρέπει να διεξάγεται η διάστρωση.

Προηγουμένως πρέπει να γίνεται έλεγχος των διαστάσεων , της αντοχής και της καθαρότητας του τόπου, διαπίστωση της τοποθέτησεως του οπλισμού κατά τα σχέδια και της εξασφάλισης της επικαλύψεώς του με υποθέματα.

Διάστρωση σημαίνει όχι μόνο τοποθέτηση του νωπού σκυροδέματος στους τύπους αλλά και συμπύκνωση, κυρίως με δόνηση και δευτερευόντως με αναμόχλευση, κοπάνισμα, κτυπήματα επάνω στον τύπο κ.λ.π.

Με την συμπύκνωση επιδιώκεται η μόρφωση συμπαγούς μάζας χωρίς κενά, πυκνή επικάλυψη των οπλισμών και ομοιογενής επιφάνεια, ιδίως στην επαφή με τους τύπους. Η αντοχή και η στεγανότητα του σκυροδέματος είναι συνάρτηση του βαθμού συμπύκνωσης.

Διακοπές της διαστρώσεως αυτοτελών μερών του έργου πρέπει να αποφεύγονται. Εάν το μέγεθος του όγκου του σκυροδέματος , που θα διαστρωθεί , τις επιβάλλει, οι θέσεις των αρμών διακοπής της εργασίας πρέπει να μην αφήνονται στην τύχη, αλλά να προγραμματίζονται, να καθορίζονται στα σχέδια και να τοποθετούνται κάθετα προς τη διεύθυνση των τάσεων.

Για να επιτευχθεί στέρεα και στεγανή σύνδεση του παλαιού με το νέο σκυρόδεμα, η επιφάνεια του αρμού πρέπει να γίνεται ανώμαλη μέχρις αποκαλύψεως των χονδρών αδρανών, να διαβρέχεται για πολύ χρόνο, για να κρατηθεί χαμηλά η διαφορά της συστολής ξηράνσεως, αλλά να στεγνώνεται κάπως, π.χ με πειεσμένο αέρα, λίγο πριν τη νέα σκυροδέτηση.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Μετά τη διάστρωσή του το σκυρόδεμα πρέπει να προφυλάγεται, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η σκλήρυνση του απο επιβλαβείς επιρροές π.χ. από ισχυρή ψύξη ή θέρμανση, αποξήρανση, ισχυρή βροχή κ.τ.λ. Ιδιαίτερη σημασία έχει η προστασία απο αποξήρανση, ιδίως σε θερμό και ξηρό καιρό και τούτο διότι το σκυρόδεμα αποκτά την πλήρη αντοχή του και συγχρόνως αποφεύγεται η ρηγματώσή του, μόνο όταν παρέχεται στο τσιμέντο για αρκετό χρόνο το απαιτούμενο για την ενυδάτωσή του νερό.

Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει το σκυρόδεμα να διατηρηθεί για μια εβδομάδα στις συνηθισμένες περιπτώσεις, μέχρι δε δύο εβδομάδες σε περίπτωση καύσωνα.

Η συντήρηση γίνεται ή με την διαβροχή του σκυροδέματος ή με την προσωρινή κάλυψή του με μεμβράνη.

Η διαβροχή γίνεται με βαθμιαίο και συνεχή καταιονισμό νερού, δύο φορές την ημέρα, κατά προτίμηση πρωί και απόγευμα, επάνω στις ορατές επιφάνειες του σκυροδέματος και του ξυλοτύπου.

Συνίσταται ως ορθότερη η κάλυψη των επιφανειών με λινάτσες ή λεπτό στρώμα άμμου, τα οποία να τηρούνται μόνιμα υγρά με ψεκασμό κατά διαστήματα ή στάγδην αρδεύσεως.

Η κάλυψη γίνεται επίσης με ψεκασμό με ειδικό έγχρωμο διάλυμα πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος, οπότε η

μεμβράνη , που σχηματίζεται, εμποδίζει την εξάτμιση του νερού.

Η συντήρηση με ατμό συνίσταται στην δημιουργία περιβάλλοντος με συνεχώς ελεγχόμενη θερμοκρασία και υγρασία, μέσα στο οποίο επιτυγχάνεται η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος και αναπτύσσονται γρήγορα μεγάλες αντοχές , οπότε γίνεται δυνατή η αφαίρεση του ξυλοτύπου λίγες ώρες μετά τη σκυροδέτηση. Πρέπει όμως να λαμβάνονται μέτρα βραδείας ψύξεως του σκυροδέματος, διότι αλλιώς δημιουργούνται επιφανειακές ρωγμές.

Γενικά το σκυροδέμα δεν θα ρηγματωθεί , μόνον αν η εφελκυστική αντοχή του είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την τάση εφελκυσμού , που προκαλεί η συστολή ξηράνσεως.

ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Γενικά, ο ποιοτικός έλεγχος ενός έργου προϋποθέτει μια σειρά απο ελέγχους (δειγματοληψίες, δοκιμές, επιθεωρήσεις κ.τ.λ.) οι οποίοι έχουν ως κύριο στόχο την μέτρηση ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού υλικού (αντοχή, πλαστικότητα, εργασιμότητα κλπ.), καθώς επίσης και τον έλεγχο του συνολικού κατασκευασμένου έργου. Επιπροσθέτως, η διασφάλιση της ποιότητας των υλικών μειώνει τις υπολογιστικές αβεβαιότητες που υπεισέρχονται στα διάφορα απλοποιητικά στατικά-υπολογιστικά μοντέλα έχοντας ως άμεση συνέπεια την όσο το δυνατόν καλύτερη ταύτιση μελέτης-πραγματικής κατασκευής –πραγματικής συμπεριφοράς σε έντονες καταπονήσεις , όπως στην περίπτωση του σεισμού.

Ο έλεγχος της ποιότητας του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι προληπτικός .Ενδείκνυται επίσκεψη στην μονάδα παραγωγής πρίν απο την παραγγελία όπου μπορούν να διαπιστωθούν οι συνθήκες παρασκευής του σκυροδέματος .Είναι σημαντικό ότι απο την ημέρα σκυροδέτησης και λήψης δοκιμίων η αντοχή του συγκεκριμένου σκυροδέματος θα διαπιστωθεί

έπειτα απο 28 μέρες , γεγονός που θα δυσκολέψει ιδιαίτερα τον επιβλέποντα μηχανικό ή κατασκευαστή σε περίπτωση σκυροδέματος χαμηλής ποιότητας.Είναι απαραίτητο ο μηχανικός να ελέγχει τις πρώτες ύλες (αδρανή, τσιμέντο, νερό, πρόσμικτα βελτιωτικά) καθώς αναγνωρίζει τους αντίστοιχους κανονισμούς που προδιαγράφουν τις πρώτες ύλες.

Οι μέθοδοι ελέγχου του σκυροδέματος διακρίνονται ανάλογα με την κατάσταση του υλικού.Στην περίπτωση του νωπού σκυροδέματος ακολουθώντας τα στάδια και τις δοκιμές όπως ορίζεται στη συνέχεια:Δειγματοληψία- παρασκευή δοκιμίων- έλεγχος εργασιμότητας, έλεγχος κάθισης, έλεγχος εξάπλωσης, συντελεστής συμπύκνωσης, θερμοκρασία, έλεγχος συντήρησης.Στην περίπτωση ώριμου σκυροδέματος :Έλεγχος θλιπτικής, καμπτικής και εφελκυστικής αντοχής λήψη καρότων, μη καταστροφικές μέθοδοι (κρουσίμετρο, υπέρηχοι).

Για την διασφάλιση της ορθής παραγγελίας στο εργοτάξιο θα πρέπει ο επιβλέπων ή εν γένει ο παραγγέλων να προδιαγράφει σύμφωνα με τον ΚΤΣ 97 τα ακόλουθα:

- Κατηγορία αντοχής
- Κατηγορία κάθισης
- Επιχρισμένο ή ανεπίχριστο σκυρόδεμα
- Κατα περίπτωση, εάν είναι παραθαλάσσιο
- Κατα περίπτωση, χρήση πρόσθετων βελτιωτικών.

Για την σωστή παραλαβή θα πρέπει να εξετάζεται το δελτίο αποστολής , σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97 και επιπρόσθετα οι χρόνοι φόρτωσης ,μεταφοράς και διάστρωσης (σε χρονικό διάστημα 2 ωρών).Στις περιπτώσεις σκυροδεμάτων χαμηλής αντοχής θα πρέπει να εξετάζονται οι ακόλουθες παράμετροι : συνθήκες δειγματοληψίας, συμπύκνωσης, συντήρησης των δοκιμίων σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Επίσης η χαμηλή αντοχή μπορεί να οφείλεται σε χαμηλή περιεκτικότητα τσιμέντου ανα κυβικό σκυροδέματος.Ιδιαίτερη προσοχή, ως γνωστό , θα πρέπει να δίνεται στις σκυροδετήσεις κάτω απο χαμηλή θερμοκρασία.Πιο συγκεκριμένα σε περιόδους καλοκαιριού είναι πιθανές, ανάλογα με την σπουδαιότητα του έργου και νυχτερινές σκυροδετήσεις διότι η θερμοκρασία του σκυροδέματος πρέπει να είναι μικρότερη των

32 βαθμών κελσίου. Αντίθετα, την χειμερινή περίοδο, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα (π.χ. χρήση αερακτικών) για θερμοκρασίες κάτω των +5 βαθμών κελσίου. Για θερμοκρασίες 0 βαθμών είναι επιθυμητό να αναβάλλεται η σκυροδέτηση, ενώ για θερμοκρασίες 15 βαθμών υπό το μηδέν απαγορεύεται η σκυροδέτηση.

1.1 Μέταλλα

Τα μέταλλα έχουν ως υλικά τεράστια σημασία στην κατασκευή δομικών εξαρτημάτων και τα εργαλεία και οι μηχανές που χρησιμοποιούνται στις οικοδομές κατασκευάζονται κυρίως από μέταλλα. Διακρίνονται σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα υλικά.

1.2 Σιδηρούχα υλικά

Τα σιδηρούχα υλικά κατασκευάζονται από αργό σίδηρο. Στα σιδηρούχα υλικά, ανήκουν ο χυτοσίδηρος και ο χάλυβας. Τα υλικά αυτά αποκτούν διαφορές, ανάλογα με το σκοπό εφαρμογής προσαρμοσμένες ιδιότητες. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους παρασκευής και επεξεργασίας με προσθήκη άλλων υλικών (κραμάτωση) και με θερμική επεξεργασία. Τα σιδηρούχα υλικά έχουν ιδιαίτερη σημασία στις χαλυβοκατασκευές, στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και στις κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα, καθώς και στις εγκαταστάσεις και αντικείμενα εξοπλισμού κατά τη συμπλήρωση κτιρίων.

Ο σίδηρος (Fe) υπάρχει ως ορυκτό στη φύση. Τα σιδηρούχα ορυκτά είναι χημικές ενώσεις του σιδήρου με άλλα στοιχεία, κυρίως με οξυγόνο· εμπεριέχουν εξάλλου και χωματικά συστατικά, όπως π.χ. χαλαζία, άργιλο, σχιστόλιθο και ασβέστη. Τα πιο σημαντικά σιδηρούχα ορυκτά είναι ο μαγνητικός σιδηρόλιθος (Fe_3O_4) ή μαγνητίτης με περιεκτικότητα σε σίδηρο από 60% μέχρι 70%, ο ερυθρός σιδηρόλιθος (Fe_2O_3) ή αιματίτης με περιεκτικότητα σε σίδηρο από 40% μέχρι 60% και ο ανθρακικός σιδηρόλιθος (FeCO_3) ή σιδηρίτης με περιεκτικότητα σε σίδηρο από 30% μέχρι 40%.

Τα σιδηρούχα ορυκτά μετατρέπονται στην υψικάμινο σε αργό σίδηρο· ως παραπροϊόντα λαμβάνονται απ¹ αυτό σημαντικά δομικά υλικά. Η υψικάμινος τροφοδοτείται από πάνω με σιδηρούχα ορυκτά,

προσθήκες (κυρίως ασβέστη) και με οπτάνθρακα. Με εμφύσηση ζεστού αέρα, ο οπτάνθρακας καίγεται. Λόγω αυτού παράγονται μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το μονοξείδιο του άνθρακα αφαιρεί από το σιδηρούχο ορυκτό το οξυγόνο (αναγωγή). Τα αέρια ανεβαίνουν προς τα πάνω και απέρχονται ως υψικαμιναέριο. Ο σίδηρος απορροφά άνθρακα, ρευστοποιείται και συγκεντρώνεται ως αργός σίδηρος στο κατώτατο μέρος της υψικαμίνου, στο ικρίωμα. Οι προσθήκες δεσμεύουν κατά την τήξη τα ανεπιθύμητα στοιχεία που εμπεριέχονται στα σιδηρούχα ορυκτά και τα κατά την καύση σχηματιζόμενα κατάλοιπα εξ' αυτών σχηματίζεται η τέφρα υψικαμίνου. Αυτή πλέει, λόγω της μικρότερης πυκνότητας της πάνω στο αργό σίδηρο και αποσύρεται μέσω της τεφροροής. Ο αργός σίδηρος αφήνεται κάθε 3 με 4 ώρες και επεξεργάζεται στη συνέχεια.

Τα προϊόντα της υψικαμίνου είναι ο αργός σίδηρος, η τέφρα υψικαμίνου και το υψικαμιναέριο. Ανάλογα με το είδος του ορυκτού, παράγεται φαιός αργός σίδηρος ή λευκός αργός σίδηρος.

Ο φαιός αργός σίδηρος περιέχει πυρίτιο, έχει φαιά επιφάνεια θραύσης, η δε χύτευση του είναι καλή. Επεξεργάζεται στα χυτήρια και δίνει το χυτοσίδηρο.

Ο λευκός αργός σίδηρος περιέχει μαγγάνιο, έχει λευκή και λαμπερή επιφάνεια θραύσης, είναι δε η πρώτη ύλη για την παραγωγή από χάλυβα.

Η τέφρα υψικαμίνου αποτελεί ένα παραπροϊόν της παραγωγής αργού σιδήρου. Από αυτή κατασκευάζονται πολύτιμα δομικά υλικά. Τέφρα υψικαμίνου αργής απόψυξης βρίσκει εφαρμογή στην οδοποιία ως τεμαχισμένη τέφρα. Λεπτόκοκκη άμμος προκύπτει, όταν η απόψυξη γίνεται με νερό. Η άμμος αυτή χρησιμοποιείται ως προσθήκη για την κατασκευή τεχνητών πλίνθων (πλίνθοι

υψικαμίνου) ή αλέθεται σε τσιμέντο υψικαμίνου εφόσον προηγηθεί ανάμειξη με εκβολάδες τσιμέντου Portland. Το γαρμπίλι υψικαμίνου κατασκευάζεται με προσαγωγή νερού υπό πίεση στην ακόμα ρευστή τέφρα. Κατά την απόψυξη, η τέφρα γίνεται πορώδης. Το γαρμπίλι υψικαμίνου χρησιμεύει ως προσθήκη, π.χ. για ελαφρύ σκυρόδεμα. Με εμφύσηση ατμού στη ρευστή τέφρα υψικαμίνου παράγεται ο "βάμβακας τέφρας". Αυτός έχει καλές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Με τη χύτευση τέφρας υψικαμίνου σε καλούπια, κατασκευάζονται λίθοι επίστρωσης.

Το υψικαμιναέριο αποτελείται από μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και άζωτο. Γίνεται εκμετάλλευση του αέριου αυτού κυρίως για θερμαντικούς σκοπούς, ειδικά για τη θέρμανση των αεροθερμαντήρων, στους οποίους παρασκευάζεται ο θερμός αέρας για τις εγκαταστάσεις της υψικαμίνου και για την παροχή ενέργειας στις εγκαταστάσεις της υψικαμίνου.

1.3 Χυτοσίδηρος

Στις οικοδομές, βρίσκουν εφαρμογή κυρίως ο φαιός χυτοσίδηρος και ο σφυρήλατος χυτοσίδηρος.

Από **φαιό χυτοσίδηρο** (GGL) κατασκευάζονται σωλήνες πίεσης με μούφες (LA = ελαφρά κατασκευή) ή με φλάντζες (σωλήνες FF) για την παροχή νερού και αερίων, σκεπάσματα φρεατίων και υποδοχές στο έδαφος. Πα σωλήνες ρυπαρού νερού χρησιμοποιούνται συνήθως χυτοί σωλήνες υποδοχής (GA), οι οποίοι στο εμπόριο υπάρχουν ως σωλήνες και ως εξαρτήματα μόρφωσης. Στους χυτούς σωλήνες υποδοχής τα μήκη των εξαρτημάτων μόρφωσης και των μούφών είναι μικρότερα απ' ό,τι στους

παραδοσιακούς κανονικούς σωλήνες υποδοχής ελαφρός κατασκευής (LNA)· έτσι μειώνεται το βάρος.

Ο σφυρήλατος χυτοσίδηρος (GT) έχει λόγω ειδικής θερμικής επεξεργασίας παρόμοιες με το χάλυβα ιδιότητες. Είναι ανθεκτικός και σε μικρό βαθμό εύκαμπτος. Ανάλογα με την εμφάνιση της επιφάνειας θραύσης διακρίνονται ο λευκός σφυρήλατος χυτοσίδηρος (GTW) και ο μαύρος σφυρήλατος χυτοσίδηρος (GTS). Από σφυρήλατο χυτοσίδηρο κατασκευάζονται κλειδαριές, κλειδιά και fittings (συνδετικά εξαρτήματα σωλήνων στην εγκατάσταση υποδοχών).

1.4 Χάλυβας

Για την κατασκευή του χάλυβα χρησιμοποιείται λευκός αργός σίδηρος. Ο αργός σίδηρος από πολλά χαρμάνια υψικαμίνου αναμειγνύεται στον αντίστοιχο μεικτή πριν από την περαιτέρω επεξεργασία του (σχήμα 119/1). Μ' αυτόν τον τρόπο, λαμβάνεται μία πιο ομοιόμορφη σύνθεση.

Ο αργός σίδηρος έχει περιεκτικότητα άνθρακα από 3% μέχρι 4,3%. Ο αργός σίδηρος εμπεριέχει εξάλλου ανεπιθύμητες ή πολύ υψηλές προσμείξεις σε πυρίτιο, μαγγάνιο, θείο και φώσφορο. Κατά τη μετατροπή του αργού σιδήρου σε χάλυβα η περιεκτικότητα του άνθρακα πρέπει με την καύση να ελαττωθεί κάτω από 1,5%· οι ανεπιθύμητες προσμείξεις απαλείφονται σχεδόν πλήρως.

Η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους. Υπάρχει η μέθοδος εμφύσησης οξυγόνου, η μέθοδος Siemens-Martin και η ηλεκτρική μέθοδος. Η μέθοδος Thomas δεν εφαρμόζεται στην Ομοσπονδιακή Γερμανία για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος.

Στη **μέθοδο εμφύσησης οξυγόνου** (μέθοδος LD, μέθοδος Linz- Donawitz) φυσάται το άπιο, το οποίο περιέχει το τήγμα αργού σιδήρου, οξυγόνα που ψύχεται με νερό. Από αυτό αναπτύσσονται θερμοκρασίες μέχρι και 2000° C. Για την ψύξη του τήγματος προστίθενται παλιό σίδηρο και σιδηρούχα ορυκτά. Επειδή στη διαδικασία αυτή δεν εφαρμόζεται αέρας, οι χάλυβες LD δεν περιέχουν σχεδόν καθόλου άζωτο άρα είναι σφυρηλατήσιμοι και συγκολλησιμοι

Στη μέθοδο **Siemens-Martin** ο ρευστός αργός σίδηρος φέρεται σε μία κοίλη εστία ενός κλίβανου. Στους θερμοσυσσωρευτές που είναι τοποθετημένοι κάτω από την εστία, προθερμαίνεται αέρας, ο οποίος στη συνέχεια θερμαίνεται μέχρι μία θερμοκρασία από 2000 °C. Ο θερμός αέρας προσάγεται πάνω στο τήγμα αργού σιδήρου και καίει έπ' αυτού τον άνθρακα. Ο κλίβανος τροφοδοτείται επιπρόσθετα με παλιά σίδηρα, π.χ. και με αποσυρμένα αυτοκίνητα, τα οποία συμπιέζονται προηγουμένως σε κατάλληλα πακέτα.

Ο χάλυβας Siemens-Martin είναι σφυρηλατήσιμος και συγκολλησιμος. Οι ιδιότητες του βελτιώνονται ήδη στη φάση της παραγωγής με προσθήκη (κραμάτωσης) από χρώμιο, νικέλιο και βανάδιο.

Στην **ηλεκτρική μέθοδο** το χαλύβδινο τήγμα θερμαίνεται στον κλίβανο δι' ηλεκτρικού τόξου ή με επαγωγή. Η ηλεκτρική μέθοδος επιτρέπει την τήξη ειδικά καθαρών χαλύβων (αμιγών χαλύβων), οι οποίοι ονομάζονται ευγενείς χάλυβες. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για την παρασκευή κεκραμένων χαλύβων.

Ο ρευστός χάλυβας χύνεται πριν από την περαιτέρω επεξεργασία του σε κοκίλλες (καλούπια), κατασκευάζοντας έτσι συμπαγή σώματα. Αυτά επεξεργάζονται π.χ. με κυλινδρισμό σε

ελάσματα, προφίλ χάλυβα, σε χάλυβες σκυροδέματος και σε χαλύβδινα σύρματα.

1.5 Κατηγορίες χάλυβα

Ανάλογα με τη σύνθεση διακρίνονται ο μη κεκραμένος και ο κεκραμένος χάλυβας. Ανάλογα με την εφαρμογή τους διακρίνονται εργαλειοχάλυβας και δομικός χάλυβας. Οι χάλυβες έχουν στο εμπόριο διάφορες ονομασίες.

Μη κεκραμένος χάλυβας (αμιγής χάλυβας)

Αυτός αποτελείται, (παραβλέπονται οι προσμείξεις), μόνο από σίδηρο και άνθρακα. Σε περιεκτικότητα άνθρακα από 0,6% μέχρι 1,7% ο μη κεκραμένος χάλυβας μπορεί με θερμική επεξεργασία να αποκτήσει υψηλή σκληρότητα. Εξαιτίας αυτού γίνεται κατάλληλος για εργαλεία κοπής, π.χ. για πλάνες. Όταν η περιεκτικότητα άνθρακα είναι κάτω από 0,6%, τότε η σκληρότητα του δεν μπορεί καθόλου ή μπορεί ελάχιστα να αυξηθεί. Αυτός χρησιμοποιείται π.χ. για την παραγωγή καρφιών, βιδών και οπλισμών.

Κεκραμένος χάλυβας

Ο κεκραμένος χάλυβας εμπεριέχει, πέρα από σίδηρο και άνθρακα, μέταλλα, τα οποία βελτιώνουν τις ιδιότητες του. Έτσι βελτιώνεται π.χ. με νικέλιο, χρώμιο, βανάδιο, μολυβδαίνιο και βολφράμιο η αντοχή σε εφελκυσμό και συχνά και η σκληρότητα. Οι χάλυβες με υψηλή περιεκτικότητα σε νικέλιο και χρώμιο (μαζί μέχρι 26%) δε σκουριάζουν. Ως ελάσματα εφαρμόζονται αυτοί οι χάλυβες για την κατασκευή νιπτήρων, δοχείων και σωλήνων. Οι χάλυβες με υψηλές προσθήκες σε χρώμιο και βολφράμιο αντέχουν σε σημαντικά υψηλότερες θερμοκρασίες απ' ό,τι οι μη κεκραμένοι

χάλυβες. Λόγω αυτού είναι κατάλληλοι για κοπτικά εργαλεία, όπως π.χ. για πριονοκορδέλες.

Εργαλειοχάλυβας

Ο εργαλειοχάλυβας είναι σκληρυνόμενος χάλυβας. Πριν από τη σκλήρυνση, μπορεί να επεξεργαστεί με αφαίρεση υλικού. Συναντώνται μη κεκραμένοι και κεκραμένοι εργαλειοχάλυβες.

Δομικός χάλυβας

Δομικός χάλυβας ονομάζεται κάθε μη σκληρυνόμενος χάλυβας. 90% ολόκληρης της παραγωγής χάλυβα προορίζεται για δομικό χάλυβα¹ εδώ οφείλεται και η ονομασία μαζικός χάλυβας (= δομικός χάλυβας). Ο δομικός χάλυβας εφαρμόζεται στα γενικά δομικά έργα, αλλά και σε μηχανολογικά εξαρτήματα. Κατασκευάζεται κεκραμένος και μη κεκραμένος.

Ο αμιγής δομικός χάλυβας ονομάζεται γενικός δομικός χάλυβας. Σημασία για την εφαρμογή του έχει η αντοχή σε εφελκυσμό. Αυτή δε φαίνεται όμως άμεσα στην ονομασία. Έτσι, είναι π.χ. St 33 ένας δομικός χάλυβας του οποίου η αντοχή σε εφελκυσμό κυμαίνεται συναρτήσει του πάχους του υλικού μεταξύ 290 N/mm και 540 N/mm . Οι αντοχές σε εφελκυσμό των χαλύβων είναι τόσο μεγαλύτερες, όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε άνθρακα. Χάλυβας με υψηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα, επεξεργάζεται όμως με μεγαλύτερη δυσκολία.

Εμπορικά σχήματα του δομικού χάλυβα είναι ελάσματα, προφίλ, σωλήνες και σύρματα.

Τα **ελάσματα** (λαμαρίνες) κατασκευάζονται με ακατέργαστη επιφάνεια ως μαύρες λαμαρίνες. Όταν στην επιφάνεια χαράσσεται

δια κυλινδρισμού κάποιο προφίλ, τότε ονομάζονται γραμμωτά ελάσματα, μπακλαβωτά ελάσματα ή ερπυστριοειδή ελάσματα.

Για τα ελάσματα, στο εμπόριο υπάρχουν πίνακες για κανονικό μέγεθος από 1000 mm X 2000 mm, για μεσαίο μέγεθος με διαστάσεις από 1250 x 2500 mm και στο μεγάλο μέγεθος με διαστάσεις από 1500 mm x 3000 mm.

Τα ελάσματα, διακρίνονται σε πολύ λεπτά με πάχη από 0,18 mm μέχρι 0,5 mm, σε λεπτά με πάχος μέχρι 3 mm, σε μεσαία με πάχος από 3 mm μέχρι 4,5 mm, σε χοντρά με πάχος πάνω από 4,5 mm και σε ελάσματα λέβητα, τα οποία παίρνουν την ονομασία τους ανάλογα με την αντοχή τους σε εφελκυσμό.

Τα προφίλ είναι στρογγυλοί, τετραγωνικοί και εξαγωνικοί χάλυβες έλασης, επίπεδοι χάλυβες και χάλυβες με διατομή σχήματος L, U, Z, T και I.

Οι στρογγυλοί, τετραγωνικοί και εξαγωνικοί χάλυβες εμπορεύονται ως ράβδοι μήκους μέχρι 8 m και με τις διαστάσεις d , a , s από 2 mm μέχρι 200 mm.

Ο ελασμάτινος χάλυβας έχει ορθογωνική διατομή. Το πάχος του κυμαίνεται από 0,8 mm μέχρι 8 mm και το πλάτος του από 10 mm μέχρι 500 mm.

Ο πλατύς επίπεδος χάλυβας έχει πάχος από 5 mm μέχρι 60 mm. Κατασκευάζεται σε πλάτη από 151 mm μέχρι 1250 mm.

Ο επίπεδος χάλυβας έχει ορθογωνική διατομή. Το πλάτος κυμαίνεται μεταξύ 10 mm και 150 mm και το πάχος μεταξύ 1 mm και 60 mm. Οι ράβδοι κατασκευάζονται σε μήκη από 3 m μέχρι 12 m.

Οι χάλυβες με διατομή σε σχήμα L, U, Z, T και I συμβολίζονται με το αντίστοιχο συντημητικό σήμα και συνήθως και με την αριθμητική τιμή για το ύψος h .

Οι σωλήνες έχουν συνήθως κυκλικό σχήμα διατομής. Εγκαθίστανται για την παροχή και αποχέτευση στα κτίρια (νερό, αέριο, απόνερα), Εξυπηρετούν όμως και κατασκευαστικούς και τεχνικούς ως προς την ασφάλεια σκοπούς ως σωλήνες κιγκλιδωμάτων και ως σωλήνες δομικών ικριωμάτων. Οι σωλήνες κατασκευάζονται χωρίς ραφή και με κατά μήκος συγκολλημένη ραφή· εμπορεύονται κατά κανόνα ως ράβδοι μήκους από 6 m.

Για την εγκατάσταση υγιεινής και για τη θέρμανση, χρησιμοποιούνται σωλήνες με σπείρωμα- συναρτήσει του πάχους του τοιχώματος ονομάζονται ημιβαρείς και βαρείς σωλήνες σπειρώματος. Κατασκευάζονται χωρίς ραφή ή με κατά μήκος συγκολλημένη ραφή, πρέπει να αντέχουν σε πιέσεις μέχρι 25 bar και έχουν ονομαστικά ανοίγματα (εσωτερική διάμετρος από 1/8" (≈ 6 mm) μέχρι 6" (≈ 150 mm)).

Οι δομικές στήλες εφαρμόζονται στις οικοδομές ως στηρίγματα. Αυτές υπάρχουν με διαφορετικά πάχη τοιχώματος, από St 37 και St 52, σε μήκη από 2,00 m μέχρι 4,00 m με διαβάθμιση από 0,25 m.

Οι δομικές στήλες εξοπλίζονται με τετραγωνικές πλάκες κεφαλής και ποδός πάχους από 10 mm μέχρι 50 mm που συγκολλούνται στα πιο πάνω σημεία. Οι δομικές στήλες σε St 37 κατασκευάζονται με διαμέτρους από 60,3 mm μέχρι 114,3 mm, σε Si 52 με διαμέτρους μεταξύ 127,0 mm και 298,5 mm.

Οι σωλήνες κιγκλιδώματος έχουν ονομαστικά ανοίγματα από 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/8" και 2". τα πάχη τοιχώματος διαφέρουν. Οι σωλήνες υπάρχουν και με τετραγωνικό και ορθογωνικό σχήμα διατομής. Οι ακμές μπορεί να είναι αιχμηρές ή στρογγυλεμένες. Οι τετραγωνικοί σωλήνες κατασκευάζονται στις διαστάσεις 15 mm χ 15

mm μέχρι 260 mm χ 260 mm, οι ορθογωνικοί σωλήνες στις διαστάσεις 20 mm X 10 mm μέχρι 220 mm X 120 mm

1.6 Χάλυβας σκυροδέματος

Δομικά στοιχεία όπως π.χ. οροφές ή φορείς πρέπει να απορροφούν δυνάμεις θλίψης, εφελκυσμού και ώστις. Για το λόγο αυτό τα εξαρτήματα αυτά κατασκευάζονται κατά κανόνα από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα καταπονείται σε θλίψη, ο δε χάλυβας από εφελκυσμό. Ο χάλυβας που είναι απαραίτητος για τον οπλισμό του σκυροδέματος, ονομάζεται χάλυβας σκυροδέματος (BSt). Κυκλοφορεί στην αγορά χάλυβας για μπετονόβεργες, σύρμα οπλισμού, δομικά πλέγματα και προεντεταμένος χάλυβας.

1.7 Χάλυβας για μπετονόβεργες

Ο χάλυβας για μπετονόβεργες (S) υπάρχει σε δύο κατηγορίες, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους στην αντοχή (πίνακας 119/1). Σύμφωνα με DIN 488, οι χάλυβες για μπετονόβεργες φέρουν συντημητική ονομασία και συντημητικό σήμα. BSt 420 S με το συντημητικό σήμα IN S επισημαίνεται ο χάλυβας μπετονόβεργας με όριο τανυσμού από 420 N/mm². BSt 500 S με το συντημητικό σήμα IV S επισημαίνεται ο χάλυβας μπετονόβεργας με όριο τανυσμού από 500 N/mm².

Και οι δύο κατηγορίες μπορούν να κατασκευαστούν με τρεις τρόπους: α) με κυλινδρισμό (έλαση) εν θερμώ χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, β) με κυλινδρισμό εν θερμώ και άμεση θερμική επεξεργασία για την αξιοποίηση της θερμότητας από την έλαση και γ) με κυλινδρισμό εν θερμώ και ψυχρή μορφοποίηση (διαστρέβλωση ή τάνυσμα).

Η επιφάνεια και των δύο κατηγοριών έχει λοξές νευρώσεις. Εξάλλου μπορούν να υπάρξουν και δύο κατά μήκος νευρώσεις. Η μέθοδος κατασκευής δε φαίνεται από τις νευρώσεις. Για να διακρίνονται οι δύο κατηγορίες χάλυβες οι λοξές νευρώσεις έχουν για κάθε κατηγορία διαφορετική διάταξη. Ο χάλυβας BSt 420 S χαρακτηρίζεται από δύο αντιμέτωπες σειρές παράλληλων λοξών νευρώσεων (πίνακας 119/1). Οι λοξές νευρώσεις στα δύο ήμισυ της περιφέρειας έχουν διαφορετικές αποστάσεις. Ο χάλυβας μπετονόβεργας BSt 500 S έχει δύο σειρές λοξών νευρώσεων στο ένα ήμισυ της περιφέρειας οι λοξές νευρώσεις είναι παράλληλες μεταξύ τους. Οι λοξές νευρώσεις στο άλλο ήμισυ της περιφέρειας έχουν ως προς τον άξονα της ράβδου άλλη κλίση.

Οι χάλυβες για μπετονόβεργες έχουν σχεδόν κυκλική διατομή, με διαμέτρους ράβδου από 6 mm μέχρι 28 mm (εκτός από τις διαμέτρους 18 mm και 22 mm). Εμπορεύονται στα κανονικά μήκη από 12 m και 14 m. Όλοι οι χάλυβες είναι κατάλληλοι για συγκόλληση. Για ειδικές εργασίες οπλισμού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο συγκολλησίμος δομικός χάλυβας St 37-2, ο οποίος έχει λεία επιφάνεια.

Σημαντικά μεγέθη για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων αντοχής του χάλυβα σκυροδέματος είναι η αντοχή σε εφελκυσμό R_m και το όριο τανυσμού R_e . Τα μεγέθη αυτά προσδιορίζονται με το πείραμα εφελκυσμού και παριστάνονται ως καμπύλη στο διάγραμμα τάσης - επιμήκυνσης. Απ' αυτό φαίνεται ότι σε μικρά φορτία η τάση και η επιμήκυνση αυξάνουν με τον ίδιο λόγο (περιοχή αναλογίας). Αφαιρώντας το φορτίο ο χάλυβας επιστρέφει στην αρχική του μορφή, συμπεριφέρεται δηλαδή ελαστικά. Όταν ο χάλυβας καταπονείται και πέρα από το όριο ελαστικότητας P , τότε η επιμήκυνση αυξάνει μέχρι το όριο ελαστικότητας E πιο γρήγορα από

την τάση. Στο χάλυβα σκυροδέματος παρατηρείται μία σχεδόν αμελητέα μεταβολή του μήκους. Σε περαιτέρω φόρτιση μέχρι το όριο τανυσμού S ο χάλυβας παραμορφώνεται πλαστικά, δηλαδή η μεταβολή μήκους παραμένει. Από το σημείο S, η επιμήκυνση αυξάνεται στην αρχή αισθητά, χωρίς να αυξάνει έπ' αυτού η φόρτιση. Ο χάλυβας "ρέει". Η περιοχή αυτή ονομάζεται περιοχή ροής. Σε περαιτέρω φόρτιση, η τάση αυξάνεται μέχρι το όριο θραύσης B. Αυτή η μέγιστη τιμή της τάσης ή η μέγιστη φόρτιση του χάλυβα ονομάζεται αντοχή εφελκυσμού R_m . Η αντοχή εφελκυσμού για BSt 420 S είναι 500 N/mm^2 , για BSt 500 S είναι 550 N/mm^2 . Σε περίπτωση υπέρβασης της μέγιστης τιμής, η τάση πέφτει μέχρι το όριο Z. Με την επιμήκυνση θραύσης ο χάλυβας αποκτά τη μέγιστη μεταβολή του μήκους του. Η επιμήκυνση θραύσης στο χάλυβα μπετονόβεργας είναι 10%.

Οι χάλυβες σκυροδέματος δεν πρέπει λόγω της μόνιμης μεταβολής του μήκους και του κινδύνου θραύσης να καταπονούνται μέχρι την αντοχή εφελκυσμού. Η επιτρεπόμενη τάση βρίσκεται στην περιοχή αναλογίας. Ο λόγος της αντοχής σε εφελκυσμό προς επιτρεπόμενη τάση δίνει μια τιμή για ασφάλεια.

1.8 Σύρμα οπλισμού

Το σύρμα οπλισμού κατασκευάζεται με ψυχρή επεξεργασία ως BSt 500 G με λεία επιφάνεια (σύντμηση IV P) και ως BSt 500 με επιφάνεια προφίλ (σύντμηση IV P). Οι διάμετροι κυμαίνονται από 4 mm μέχρι 12 mm, διαβαθμισμένες ανά 0,5 mm. Το σύρμα οπλισμού εμπορεύεται σε κουλούρες. Η επεξεργασία του περιορίζεται στην επί τόπου κατασκευή στοιχείων οπλισμού.

1.9 Δομικά πλέγματα

Τα δομικά πλέγματα BSt 500 **M** (σύντμηση **IV M**) είναι προκατασκευασμένοι οπλισμοί για σκυρόδεμα. Γι' αυτό συγκολλούνται ψυχρά μορφοποιημένες βέργες με διαμέτρους από 4 mm μέχρι 12 mm ως κατά μήκος και κατά πλάτος ράβδοι. Η σύνδεση στα σημεία διασταύρωσης γίνεται με συγκόλληση δι' αντίστασης (**RP**). η σύνδεση αυτή πρέπει να έχει την απαραίτητη αντοχή σε διάτμηση. Οι χάλυβες για δομικά πλέγματα πρέπει να έχουν όριο ελατότητας (τανυσμού) από 500 N/mm² και αντοχή σε εφελκυσμό από 550 N/mm . Διαθέτουν τρεις ισότιμες σειρές από λοξές νευρώσεις, η δε μία απ' αυτές είναι αντίρροπα διατεταγμένη σε σχέση με τις δύο άλλες.

Τα δομικά πλέγματα κατασκευάζονται σε ορθογωνικό σχήμα. Οι κατά μήκος και κατά πλάτος ράβδοι μπορούν έπ' αυτού να είναι απλές ράβδοι ή διπλές ράβδοι από δύο πυκνά διατεταγμένες ράβδους ίδιας διαμέτρου. Τα δομικά πλέγματα επιτρέπεται να έχουν διπλές ράβδους μόνο σε **μία** κατεύθυνση.

Οι κατά μήκος και πλάτος ράβδοι μπορούν να διατάσσονται έτσι, ώστε να προκύπτουν τετραγωνικά σχήματα (πλέγματα Q) με κατά κανόνα διαστάσεις βρόχου από 150 mm χ 150 mm ή ορθογωνικά σχήματα (πλέγματα R) με διαστάσεις βρόχου από 150 mm χ 250 mm ή πλέγματα K με διαστάσεις βρόχου από 100 mm χ 250 mm. Στα πλέγματα R και στα πλέγματα K, οι φέρουσες ράβδοι βρίσκονται μόνο στην κατά μήκος κατεύθυνση, ενώ στα πλέγματα Q οδεύουν κατά μήκος και κατά πλάτος. Στο ένα εκ των κατά μήκος μετώπων ή και στα δύο κατά μήκος μέτωπα ενός πλέγματος μπορούν να τοποθετηθούν πιο λεπτές ράβδοι ή, σε πλέγματα διπλών ράβδων να τοποθετηθούν απλές ράβδοι. Τέτοια πλέγματα ονομάζονται πλέγματα απλού μετώπου.

Τα δομικά πλέγματα έχουν συντομογραφίες, οι οποίες πληροφορούν για τη διατομή και για τη διάταξη των ράβδων.

Με **Q 221** ονομάζεται το δομικό πλέγμα, του οποίου οι ράβδοι σχηματίζουν τετράγωνο. Η ολική διατομή του χάλυβα των διάφορων κατά μήκος ή κατά πλάτος ράβδων ανά 1 m μήκους ή πλάτους είναι 221 mm².

Με **R 257** ονομάζεται το πλέγμα του οποίου οι ράβδοι σχηματίζουν ορθογώνιο. Η ολική διατομή χάλυβα των κατά μήκος ράβδων σε πλάτος από 1 m είναι 257 mm.

Τα πλέγματα με το χαρακτηριστικό γράμμα N δεν επιτρέπεται να εφαρμοστούν για στατικούς σκοπούς. Δομικά πλέγματα με ονομαστικές διαμέτρους από 4,0 mm και 4,5 mm μπορούν να εφαρμόζονται μόνο σε κυρίως μόνιμη φόρτιση, και μόνο ως εγκάρσιος οπλισμός σε μονοαξονικά τοποθετημένες πλάκες, σε οροφές με νευρώσεις και σε τοίχους. Από τον κανονισμό αυτό εξαιρούνται μη σημαντικά προκατασκευασμένα δομικά εξαρτήματα, όπως π.χ. μονώροφα γκαράζ για ένα αμάξι.

Κάθε πλέγμα πρέπει να φέρει μία πινακίδα που να αντέχει στις καιρικές συνθήκες (συνήθως από λαμαρίνα). Πάνω σ' αυτήν πρέπει να αναφέρεται η ονομασία του πλέγματος και ο αριθμός του κατασκευαστή. Τα δομικά πλέγματα κατασκευάζονται ως πλέγματα αποθήκης, ως πλέγματα καταλόγου, ως πλέγματα σχεδίου και ως προκατασκευασμένα στοιχεία και πλέγματα οπλισμού.

Τα **πλέγματα αποθήκης** είναι από αποθήκη προμηθευόμενα δομικά πλέγματα, με καθορισμένες διατομές ράβδων και καθορισμένες εξωτερικές διαστάσεις. Το πλάτος αυτών των πλεγμάτων είναι 2,15 m, το μήκος 5,00 m ή 6,00 m.

Τα πλέγματα αποθήκης έχουν καθορισμένες διατομές ράβδου, αποστάσεις ράβδων και εξοχές. Για την ονομασία, αρκούν τα

συνήθη σύμβολα. Τα ψηφία των συμβόλων δίνουν την 100-πλή διατομή των κατά μήκος ράβδων σε cm^2/m .

Τα **πλέγματα καταλόγου** είναι δομικά πλέγματα, των οποίων η διάμετρος ράβδου, οι αποστάσεις μεταξύ των ράβδων και οι διαστάσεις του πλέγματος καθορίζονται από τον εντολοδότη. Τα μήκη πλέγματος μπορούν να είναι μέχρι 12,00 m, τα δε πλάτη μέχρι 3 m. Για την αναγνώριση των πλεγμάτων καταλόγου απαραίτητη είναι η αναφορά των στοιχείων με την εξής σειρά:

Δομικό πλέγμα DIN 488 –BSt 500 M - 750 X 7,5 d/7,5-3/3-250 X 7,0/5,5- 4,4

Το δομικό πλέγμα έχει απόσταση των κατά μήκος ράβδων από 150 mm με διάμετρο των διπλών ράβδων στην εσωτερική περιοχή από 7,5 mm. Στην περιοχή της περιφέρειας οι απλές ράβδοι έχουν διάμετρο 7,5 mm. Το πλέγμα έχει αριστερά και δεξιά εκάστοτε 3 κατά μήκος ράβδους. Οι κατά πλάτος ράβδοι έχουν απόσταση από 250 mm, η διάμετρος των κατά πλάτος ράβδων στην εσωτερική περιοχή είναι 7,0 mm, στην περιοχή της περιφέρειας είναι 5,5 mm, με εκάστοτε 4 εγκάρσιες ράβδους περιφέρειας στην αρχή και στο τέλος του πλέγματος (αρχή και τέλος στην κατεύθυνση κατασκευής). Μερικοί κατασκευαστές προσφέρουν πλέγματα καταλόγου με σειρές διατομών προτίμησης (πλέγματα VZ). Γι' αυτά, δίνεται σε πίνακες ένας μεγάλος αριθμός δυνατοτήτων δομής του πλέγματος κατά μήκος και πλάτος. Έτσι αποφεύγεται ο πλήρης σχεδιασμός του πλέγματος από τον πελάτη. Οι διαστάσεις του πλέγματος και η διαμόρφωση των μετώπων αποτελούν όμως ένα πρόβλημα., το οποίο δεν μπορεί να λύσει κανείς άλλος, εκτός από τον ίδιο τον πελάτη.

Εξάλλου υπάρχουν και πλέγματα καταλόγου, στα οποία στην περιοχή των μέγιστων τάσεων, εφελκυσμού διατάσσονται επιπρόσθετα ράβδοι κατά μήκος. Έτσι εξοικονομείται οπλισμός στα εσωτερικά πεδία (ανοίγματα). Αυτά τα πλέγματα ονομάζονται πλέγματα καταλόγου με απλά πεδία.

Τα **πλέγματα σχεδίου** είναι δομικά πλέγματα των οποίων η δομή και οι διαστάσεις καθορίζονται από το σχέδιο.

Τα δομικά πλέγματα χωρίς ιδιαίτερη σήμανση επιτρέπονται για καταπόνηση από-κυρίως ακίνητα φορτία. Όταν πρόκειται για δυναμική καταπόνηση, όπως π.χ. στις οροφές όπου κυκλοφορούν περονοφόρα καροτσάκια, τότε πρέπει να εφαρμόζονται ειδικά επισημασμένα πλέγματα (πλέγματα dyn). Αυτά τα πλέγματα χρειάζονται ειδική άδεια εφαρμογής και κατασκευάζονται μόνο ως πλέγματα καταλόγου ή πλέγματα σχεδίου.

Στοιχεία οπλισμού και **πλέγματα οπλισμού** είναι π.χ. τα πλέγματα συνδετήρων, οι κλωβοί υποστήριξης, τα πλέγματα HS, τα πλέγματα με απλά πεδία και τα πλέγματα τοίχου.

Τα πλέγματα συνδετήρων είναι ειδικά δομικά πλέγματα που ως σύνολο κάμπτονται σε κλωβό συνδετήρων. Το πλάτος των πλεγμάτων κυμαίνεται μεταξύ 0,7 m και 2,0 m. Το μήκος των κλωβών είναι πάντα 2,45 m.

Οι κλωβοί υποστήριξης εξασφαλίζουν τη θέση του πάνω οπλισμού και κατασκευάζονται για ύψη υποστήριξης μεταξύ 8 cm και 40 cm. Τα πλέγματα HS εφαρμόζονται και θηλιές και για ενώσεις γωνιών. Τα πλέγματα λυγίζονται επ' αυτού σε κλωβούς πετάλου μήκους 5,00 m. Τα πλέγματα με απλά πεδία είναι πλέγματα σχεδίου, τα οποία στις περιοχές (πεδία) μικρότερων τάσεων εφελκυσμού έχουν λιγότερες ράβδους οπλισμού.

Τα πλέγματα τοίχου έχουν μήκος προσαρμοσμένο στο ύψος των ορόφων στη δομική κατοικιών. Στην περιοχή της οροφής (πλάκας) δεν έχουν ράβδους κατά πλάτος. Οι κατακόρυφες ράβδοι έχουν τέτοιο μήκος, ώστε να εξέχουν από την οροφή, έτσι ώστε να αποτελούν τη σύνδεση προς τον επόμενο, τον από πάνω οπλισμό τοίχου.

1.10 Δοκιμή του χάλυβα σκυροδέματος

Ο χάλυβας σκυροδέματος ελέγχεται από τον ίδιο τον κατασκευαστή κατά κανόνα ως προς την επιφανειακή διάπλαση, το όριο ελατότητας, την αντοχή εφελκυσμού, το όριο θραύσης και την ευπλαστότητα.

Ο έλεγχος της ευπλαστότητας του χάλυβα γίνεται με τη βοήθεια μιας μηχανής για κάμψη. Στο **πείραμα ανάκαμψης** οι χαλυβόβεργες λυγίζονται γύρω από κυλίνδρους κατά 90° (DIN 488 καθορίζει τις διαμέτρους των κυλίνδρων). Οι διάμετροι των κυλίνδρων είναι σε διαμέτρους ράβδων (ds) από 6 mm μέχρι 12 mm 5 ds, σε διαμέτρους ράβδων από 14 mm μέχρι 16 mm 6 ds και σε διαμέτρους ράβδων από 20 mm μέχρι 28 mm 8 ds. Μετά ακολουθεί η τεχνητή γήρανση: τα δοκίμια φέρονται για 30 λεπτά σε θερμοκρασία από 250°C . Μετά από ψύξη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος γίνεται ανατροπή του λυγίσματος κατά τουλάχιστον 20°. Τα δοκίμια δεν πρέπει να σχίζονται, ούτε να δείξουν ρωγμές.

1.11 Προεντεταμένος χάλυβας

Ο προεντεταμένος χάλυβας διαφέρει από το χάλυβα για μητέροβεργες ως προς τη σημαντικά υψηλότερη αντοχή του. Αυτή κυμαίνεται στην περιοχή μεταξύ των αντοχών των προεντεταμένων χαλύβων St 835/103Q και Si 1570/1770. Οι προεντεταμένοι χάλυβες

κατασκευάζονται ως σύρματα και ως ράβδοι με διαμέτρους μεταξύ 2 mm και 36 mm. Για όλους τους προεντεταμένους χάλυβες χρειάζεται ειδική άδεια.

Τα σύρματα μπορούν να έχουν στρογγυλό, ορθογωνικό ή ορθογωνικά στρεβλωμένο σχήμα διατομής. Τα στρογγυλά σύρματα έχουν λεία επιφάνεια. Τα ελλειψοειδή και τα ορθογωνικά σύρματα έχουν νευρώσεις ή προφίλ. Τα προεντεταμένα σύρματα εφαρμόζονται ξεχωριστά ή ως δέμα. Τα δέματα κατασκευάζονται από 2, 3, 5 ή 7 σύρματα με διαμέτρους από 3 mm μέχρι 5 mm. Για τη χρήση αυτή, τα σύρματα συστρέφονται.

Οι ράβδοι έχουν στρογγυλό σχήμα διατομής και λεία ή νευρωτή επιφάνεια

1.12 Φορείς σοβά από μέταλλο

Οι φορείς σοβά είναι απαραίτητοι, όταν κατασκευάζονται εσωτερικοί ή εξωτερικοί σοβάδες πάνω σε επιφάνεια χωρίς συνάφεια ή με κακή συνάφεια, όπως π.χ. πάνω σε ξύλινες ή σε χαλύβδινες επιφάνειες ή όταν πρόκειται να αποτραπούν ρωγμές στο σοβά κατά τη μετάβαση από το ένα υλικό στο άλλο, π.χ. από τοίχο σε ξύλο.

Οι φορείς του σοβά από μέταλλο μπορούν να είναι π.χ. συρμάτινο πλέγμα ή νευρωτό ελατό μέταλλο. Για την προστασία των γωνιών εφαρμόζονται ειδικές ράγες γωνίας.

Το συρμάτινο πλέγμα αποτελείται από λεπτά σύρματα που συνδέονται βροχοειδώς μεταξύ τους. Για προστασία από σκωρία τα πλέγματα επιψευδαργυρώνονται. Τα πλέγματα αυτά εμπορεύονται σε ρόλους διαφορετικού πλάτους.

Το νευρωτό ελατό μέταλλο κατασκευάζεται από ελασμάτινο χάλυβα. Γι¹ αυτό γίνεται έλαση των λαμαρινών κατά μήκος των

λαμαρινών κατασκευάζονται πολλές εγκοπές. Ανάλογα με τις εγκοπές διακρίνονται πλήρης νεύρωση και τρυπητή νεύρωση με ύψος εγκοπής από 10 mm και επίπεδη νεύρωση με ύψος εγκοπής από 4 mm.

Μεταξύ των εγκοπών ο χάλυβας κόβεται και αναδιπλώνεται έτσι προκύπτει διακεκριμένη επιφάνεια. Το νευρωτό ελατό μέταλλο εμπορεύεται σε πίνακες από 60 cm πλάτος και 2,50 m μήκος. Προστατεύεται από σκωρίαση με επιψευδαργύρωση ή με ψεκάσμο ασφαλτίου. Πα δομικά εξαρτήματα με υψηλή διαβροχή υπάρχει αντισκωριακό νευρωτό ελατό μέταλλο από ευγενή χάλυβα. Το νευρωτό ελατό μέταλλο είναι κατάλληλο ως φορέας σοβά για τοίχους, επίπεδες και θολωτές οροφές, ως χαμένος "ξυλότυπος" στις κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα και σε αρμούς.

Οι γωνιακές ράγες κατασκευάζονται από επιψευδαργυρωμένη χαλύβδινη λαμαρίνα, έχουν δε μία ευθεία ακμή σε σχήμα εγκοπής.

Οι γωνιακές ράγες τοποθετούνται κάτω από το σοβά και προστατεύουν τις γωνίες από ζημιές.

1.13 Μη σιδηρούχα μέταλλα

Τα μη σιδηρούχα μέταλλα (μέταλλα ΝΕ) χωρίζονται ανάλογα με την πυκνότητα τους σε βαρώ μέταλλα (πάνω από 5 kg/dm³) και σε ελαφρά μέταλλα (μέχρι 5 kg/dm³). Τα πιο σημαντικά μη σιδηρούχα βαριά μέταλλα είναι: χαλκός, ψευδάργυρος, μόλυβδος, νικέλιο και χρώμιο. Από τα ελαφρά μέταλλα, ευρεία εφαρμογή στις οικοδομές έχει το αργίλιο.

Εκτός από τον χαλκό όλα τα άλλα μη σιδηρούχα μέταλλα προσβάλλονται από το φρέσκο σκυροκονίαμα και από το σκυρόδεμα. Αυτά πρέπει επομένως να προστατεύονται με

επιχρίσματα ή με κολλημένο χαρτί ή φύλλο μέχρι τη στιγμή σκλήρυνσης του σκυροκονιάματος ή του σκυροδέματος.

Ο χαλκός (Cu) είναι μαλακός, ανθεκτικός και πολύ ελάσιμος. Ο αμιγής χαλκός είναι κόκκινος γυαλιστερός και έχει υψηλή (ειδική) αγωγιμότητα σε θερμότητα και σε ηλεκτρικό ρεύμα. Ο χαλκός είναι ανθεκτικός στη διάβρωση. Με το ανθρακικό οξύ σχηματίζει στον αέρα ένα λεπτό, στο νερό αδιάλυτο, πράσινο στρώμα προστασίας (πατίνα). Όταν ο χαλκός έρχεται σε επαφή με οξικό οξύ, τότε παράγεται βασικός οξικός χαλκός, ο οποίος είναι τοξικός και δε διαλύεται στο νερό.

Ο χαλκός επεξεργάζεται σε λαμαρίνες, φύλλα, σωλήνες χωρίς ραφή, προφίλ και σύρματα και εφαρμόζεται στις επιστεγάσεις, υδρορροές, σωλήνες βροχής, σωλήνες γενικά και σε ηλεκτρικές γραμμές.

Ο χαλκός κολλιέται με μαλακό και σκληρά τρόπο και υπό ειδικές συνθήκες συγκολλείται. Ο μαλακός χαλκός επεξεργάζεται πολύ δύσκολα με αφαίρεση υλικού.

Τα κράματα από χαλκό και ψευδάργυρο (ορείχαλκος) είναι πιο σκληρά και πιο στερεά από τον αμιγή χαλκό. Είναι κατάλληλα π.χ. για οπλισμό σε εγκαταστάσεις ύδρευσης και αερίων, όπως και για βίδες.

Ο αμιγής ψευδάργυρος (Zn) γυαλίζει σαν άργυρος. Απ' άλατα στερεά μέταλλα έχει τη μέγιστη θερμική διαστολή. Ο ψευδάργυρος σχηματίζει στον αέρα φαιό και πυκνό στρώμα στην επιφάνεια του, το οποίο έχει υψηλή συνάφεια και προστατεύει από διάβρωση.

Ο αμιγής ψευδάργυρος εμπορεύεται ως λαμαρίνα. Χαλύβδινα προϊόντα, π.χ. λαμαρίνες, σωλήνες και σύρματα προστατεύονται από τη σκωρία με επίχρισμα ψευδαργύρου. Ο ψευδάργυρος

εναποτίθεται με εμβάπτιση {γαλβάνισμα εν θερμώ), με έγχυση ή με γαλβανικό τρόπο.

Το έλασμα ψευδαργύρου και το επιψευδαργυρωμένο έλασμα (λαμαρίνα) χρησιμοποιείται στις επιστεγάσεις, υδρορροές, σωλήνες βροχής· οι επιψευδαργυρωμένοι σωλήνες εφαρμόζονται στις εγκαταστάσεις αερίων και νερού. Ο ψευδάργυρος κολλείται μαλακά είναι εύκαμπτος, αναδιπλώνεται. Όταν ο ψευδάργυρος κραματώνεται με μικρές ποσότητες από τιτάνιο και χαλκά, τότε παίρνουμε κεκραμένο ψευδάργυρο ή τιτανοψευδάργυρο, ο οποίος σε σχέση με τον αμιγή ψευδάργυρο έχει μικρότερη θερμική διαστολή και διατηρεί έτσι καλύτερα τις διαστάσεις του. Αυτός είναι ο λόγος που ο τιτανοψευδάργυρος χρησιμοποιείται συχνά στις επιστεγάσεις.

Ο μόλυβδος είναι μπλε - γκρίζος και είναι το πιο βαρύ μη σιδηρούχο μέταλλο. Στον αέρα σχηματίζεται στην επιφάνεια του μολύβδου ένα σκστεινόγκριζο στρώμα προστασίας. Αυτό το στρώμα είναι αντιδιαβρωτικό, ακόμα και έναντι οξέων. Οι ενώσεις του μολύβδου είναι πολύ τοξικές· κατά την ενασχόληση με μόλυβδο ή ενώσεις του μολύβδου, είναι απαραίτητη η συμμόρφωση με τους κανονισμούς.

Ο μόλυβδος εφαρμόζεται ως λαμαρίνα για συνδέσεις στη στέγη, ως σωλήνας για γραμμές πίεσης και απορροής και ως μολυβδοβάμβακας ή γραμμωτός μόλυβδος για τη στεγάνωση σωλήνων απόνερων και αποχέτευσης. Ο μόλυβδος είναι κατάλληλος και για την παρασκευή μαλακού υλικού συγκόλλησης. Με εμβάπτιση, έγχυση (εκνέφωση) ή γαλβάνισμα επιμολυβδώνονται σωλήνες και δοχεία. Επειδή ο μόλυβδος είναι πολύ μαλακός και εύπλαστος, κάμπτεται και μορφοποιείται εύκολα. Εξάλλου κολλείται εύκολα.

Η κραμάτωση του μόλυβδου με αντιμόνιο (Sb) δίνει σκληρό μόλυβδο, ο οποίος έχει μεγαλύτερη σκληρότητα και μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό.

Το νικέλιο (Ni) είναι κιτρινωπό - λευκό, το χρώμιο (Cr) είναι ένα μπλε - λευκό μέταλλο που γυαλίζει σαν άργυρος. - Ο χάλυβας, κεκραμένος με νικέλιο και χρώμιο, είναι αντισκωριακός και κατάλληλος π.χ. για την κατασκευή δοχείων και νεροχυτών.

Μεταλλικά εξαρτήματα επινικελώνονται και επιχρωμίζονται για να προστατεύονται δι' αυτού από διάβρωση.

Το αργίλιο έχει μη γυαλιστερή (ματ) επιφάνεια. Έχει καλή ηλεκτρική ειδική αγωγιμότητα και είναι καλός αγωγός θερμότητας. Στον αέρα σχηματίζεται στην επιφάνεια οξειδικό στρώμα, οπότε αποκτά αντιδιαβρωτική αντοχή. Το λεγόμενο αμιγές αργίλιο (99,5%) εφαρμόζεται ως λαμαρίνα στις επιστεγάσεις και για επενδύσεις τοίχων, ως φύλλο για στρώματα φράξης.

Τα κράματα αργιλίου με μαγνήσιο και πυρίτιο έχουν υψηλή αντοχή και είναι αντιδιαβρωτικά. Από αυτά κατασκευάζονται λαμαρίνες, σωλήνες, προφίλ για παράθυρα και πόρτες, ράγες προστασίας από νερό και σκέπαστρα πρεβαζιών, ρολά και σκιάστρες. Ως χυτό εξάρτημα, είναι κατάλληλο για πλάκες τοίχου, πόμολα πόρτων και παραθύρων.

Τα δομικά εξαρτήματα από αργίλιο ή από κράματα αργιλίου προστατεύονται από διάβρωση με τη μέθοδο της ηλεκτρικής οξειδωσης του αργιλίου (eloxal).

1.14 Διάβρωση και προστασία από διάβρωση

Διάβρωση σημαίνει καταστροφή των υλικών από χημικά και ηλεκτροχημικά φαινόμενα. Αυτό σημαίνει, ότι η διάβρωση είναι δυνατή σε όλα τα υλικά, όχι μόνο στα μέταλλα. Το επίπεδο της

διάβρωσης εξαρτάται κυρίως από το περιβάλλον των υλικών, δηλαδή από την υγρασία της ατμόσφαιρας (ατμοσφαιρική διάβρωση), από το θαλασσινό νερό και από χημικά δραστικά νερά.

Από τη διάβρωση προκαλούνται μεγάλες ζημιές. Πρέπει λοιπόν, να λαμβάνονται όλα τα μέτρα για την αποτροπή της διάβρωσης, κυρίως στα μεταλλικά υλικά.

Διακρίνουμε τη χημική διάβρωση και την ηλεκτροχημική διάβρωση.

1.15 Χημική διάβρωση

Πολλά μέταλλα μεταβάλλονται χημικά με οξείδωση· το οξυγόνο του αέρα επιδρά πάνω στην επιφάνεια του μετάλλου. Στις διαδικασίες αυτές μπορούν εξάλλου να λάβουν μέρος και υγρές ουσίες (νερό, οξέα, αλκαλικά διαλύματα, διαλύματα αλάτων), αέρια και ατμοί. Υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν το φαινόμενο της διάβρωσης.

Κατά την οξείδωση σε χαλκό, ψευδάργυρο, μόλυβδο ή αργίλιο σχηματίζεται στην επιφάνεια ένα πυκνά, δύσκολα καταστρέψιμο στρώμα οξειδίου, το οποίο προστατεύει αυτά τα μέταλλα από περαιτέρω διάβρωση.

Στα σιδηρούχα υλικά σχηματίζονται κατά τη χημική διάβρωση σε υγρό αέρα ή σε νερό που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα, υδροξείδιο του οξειδίου σιδήρου $FeO(OH)$ · τα σιδηρούχα υλικά σκωριάζουν. Η σκωρία είναι ένα χαλαρό και πορώδες στρώμα και επομένως δεν προσφέρει προστασία από περαιτέρω διάβρωση.

Τα ευγενή μέταλλα όπως π.χ. ο χρυσός και ο άργυρος έχουν ειδικά υψηλή ικανότητα να αντισταθούν στη χημική διάβρωση. Όσο πιο ευγενές είναι το μέταλλο, τόσο λιγότερο τείνει προς διάβρωση.

1.16 Ηλεκτροχημική διάβρωση

Στην ηλεκτροχημική διάβρωση μεταξύ δύο διαφορετικών μετάλλων πρέπει να υπάρχει μία ηλεκτρικά αγώγιμη ουσία, ο ηλεκτρολύτης. Ηλεκτρολύτης είναι π.χ. το νερό, η υγρασία του αέρα ή ο ιδρώτας του χεριού. Στην ηλεκτροχημική διάβρωση, παρατηρούνται φαινόμενα, όπως στο γαλβανικό στοιχείο.

Το **γαλβανικό στοιχείο** αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια διαφορετικού υλικού, π.χ. από έναν οπλισμό Cu και έναν οπλισμό Zn, και από τον ηλεκτρολύτη. Μεταξύ του οπλισμού Cu (+ πόλος) και του οπλισμού από ψευδάργυρο (- πόλος) παράγεται στο στοιχείο μία τάση. Ο ψευδάργυρος ως "μέταλλο του αρνητικού πόλου" διαλύεται, ενώ ο χαλκός ως "μέταλλο του θετικού πόλου" διατηρείται. Και με άλλα μέταλλα μπορούν να κατασκευαστούν γαλβανικά στοιχεία. Από ηλεκτρόδια ίδιου μετάλλου δεν προκύπτει τάση. Ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα μέταλλα (για τα ηλεκτρόδια), παίρνουμε ηλεκτρικές τάσεις διαφορετικής τιμής.

Συγκρίνοντας μερικά μέταλλα με το ηλεκτρικά ουδέτερο υδρογόνο, φαίνεται, ότι μεταξύ του υδρογόνου και του εκάστοτε μετάλλου επικρατούν διαφορετικές ηλεκτρικές τάσεις. Αυτές οι διαφορές τάσης παριστάνονται στη σειρά δυναμικού. Με τη βοήθεια της σειράς δυναμικού μπορεί να υπολογιστεί η τάση για οποιοδήποτε γαλβανικό στοιχείο. Το στοιχείο π.χ. από χαλκό και ψευδάργυρο έχει 1,11 Volt.

Τα μέταλλα που αποτελούν θετικούς πόλους, ονομάζονται ευγενή μέταλλα, ενώ τα μέταλλα των αρνητικών πόλων μη ευγενή μέταλλα. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση ενός μετάλλου από το υδρογόνο, τόσο πιο ευγενές ή τόσο πιο μη ευγενές είναι, το μέταλλο. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή σειρά δυναμικού η απόσταση μεταξύ δύο μετάλλων, τόσο πιο γρήγορα διαλύεται το μη ευγενές μέταλλο. Στην

ηλεκτροχημική διάβρωση, γίνεται διάκριση μεταξύ της διάβρωσης επαφής και της ενδοκρυσταλλικής διάβρωσης

Διάβρωση επαφής

Όταν δύο διαφορετικά μέταλλα έρχονται σε επαφή με ηλεκτρολύτη χωρίς κάποιο ενδιάμεσο μονωτικό στρώμα, τότε, εξαιτίας της επαφής των μετάλλων, παρατηρείται διάβρωση {διάβρωση επαφής}. Αν π.χ. το χάλκινο έλασμα έχει στερεωθεί με χαλύβδινα καρφιά, τότε σε υγρό αέρα ή σε βροχή τα χαλύβδινα καρφιά θα καταστραφούν. Για το λόγο αυτό πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους πάντα μόνο ίδια μέταλλα.

Ενδοκρυσταλλική διάβρωση

Τα κρύσταλλα ενός μεταλλικού υλικού, π.χ. του χάλυβα, μπορούν δομικά να διαφέρουν. Όταν εισχωρεί υγρασία, τότε μεταξύ των διαφόρων κρυστάλλων παράγεται ηλεκτρική τάση, όπως και στο γαλβανικό στοιχείο. Τα κρύσταλλα αρνητικού πόλου διαβρώνονται: έτσι καταστρέφεται η δομή του υλικού. Αυτός ο τρόπος διάβρωσης ονομάζεται ενδοκρυσταλλική διάβρωση. Αυτή μπορεί να εμφανίζεται στην επιφάνεια με ομοιόμορφο τρόπο. Όταν η ενδοκρυσταλλική διάβρωση εμφανίζεται όμως μόνο σε μερικά σημεία, τότε σχηματίζονται κωνοειδείς κρατήρες και διατρήσεις. Το φαινόμενο ονομάζεται **σημειακή διάβρωση**.

1.17 Προστασία από διάβρωση στα μέταλλα

Η διάρκεια ζωής των δομικών εξαρτημάτων, όπως π.χ. μεταλλικών σκέπαστρων ή υδρορροών, εξαρτάται κυρίως από το αν

έχει βρεθεί τρόπος για παρεμπόδιση της διάβρωσης. Σ' όλες τις μεθόδους προστασίας από διάβρωση καταβάλλονται προσπάθειες να αποτραπεί ο σχηματισμός γαλβανικών στοιχείων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί ήδη στο στάδιο της σχεδίασης των δομικών εξαρτημάτων καθόσον αποφεύγεται η χρήση διαφορετικών μετάλλων υπό υγρασία. Οι χάλυβες που τοποθετούνται ως οπλισμός στο σκυρόδεμα, μπορούν να προστατεύονται από τη διάβρωση, εφόσον το σκυρόδεμα έχει επαρκές πάχος, ικανό να αποτρέψει τη διείσδυση νερού. Όμως τα μέταλλα προστατεύονται συνήθως με επιχρίσματα.

Προστασία από τη διάβρωση με επιχρίσματα

Τα μέταλλα μπορούν να προστατεύονται από τη διάβρωση με τη χρήση μη μεταλλικών επιχρισμάτων και με μεταλλικά επιχρίσματα. Τα επιχρίσματα αυτά απωθούν υγρές ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση.

Μη μεταλλικά επιχρίσματα είναι π.χ. λάδια, λίπη ή στρώσεις με λαδομπογιές, βερνίκια από λάδια και πλαστικά βερνίκια. Οι επιφάνειες των υλικών πρέπει όμως πριν από τη στρώση, να καθαριστούν με φροντίδα από τη σκωρία και από άλλες ακαθαρσίες. Στα χαλύβδινα υλικά ο σχηματισμός σκωρίας αποτρέπεται με ειδικό αντισκωριακό επίχρισμα. Αυτό συνεπάγεται όμως και επιπρόσθετη υδρόφοβη στρώση.

Πιο χοντρά στρώματα προστασίας κατασκευάζονται με εναπόθεση πλαστικού, πίσσας ή ασφαλτίου, π.χ. στα βυτία πετρελαίου και στους σωλήνες ύδρευσης. Ο χάλυβας και ο χυτοσίδηρος εξοπλίζονται με στρώμα προστασίας δι' εφυάλωσης.

Εξαρτήματα κατεργασίας από αργίλιο και από κράματα αργιλίου, όπως π.χ. χειρολαβές πόρτων και παραθύρων προστατεύονται από διάβρωση με ηλεκτρική οξειδωση. Στη μέθοδο

αυτή το εξάρτημα κατεργασίας συνδέεται στο θετικό πόλο (άνοδος) ενός διαλύματος από θειικό οξύ, ενώ στον αρνητικό πόλο (κάθοδος) διέρχεται για αρκετό χρονικό διάστημα το ηλεκτρικό ρεύμα, οπότε στο θετικό πόλο παράγεται οξυγόνο, το οποίο ενώνεται με το αργίλιο σε σκληρό, ανθεκτικό οξειδικό στρώμα, το στρώμα *eloxal* (ηλεκτρικά οξειδωμένο αργίλιο). Σε αντίθεση μετά γαλβανικά επιχρίσματα το στρώμα αυτό εισχωρεί μέσα στο υλικό με τα 2/3 του πάχους του.

Τα **μεταλλικά επιχρίσματα** μπορούν να κατασκευαστούν, μεταξύ των άλλων και με εμβάπτιση σε λιωμένο μέταλλο {μέθοδος τήξης - εμβάπτισης}, με ψεκασμό του ρευστού μετάλλου ή με γαλβανική επιμετάλλωση (γαλβάνισμα).

Στη μέθοδο τήξης - εμβάπτισης, τα εξαρτήματα κατεργασίας βυθίζονται στο ρευστό μέταλλο, π.χ. στον ψευδάργυρο. Τελικά, καθιζάνει πάνω στην επιφάνεια του εξαρτήματος ένα λεπτό στρώμα του μετάλλου επιχρίσματος. Επειδή το μεταλλικό λουτρό θερμαίνεται από θερμική πηγή (παλιά ήταν πάντα φωτιά) η μέθοδος ονομάζεται στη Γερμανία "επιψευδαργύρωση δια πυρός", Τα εξαρτήματα ψευδαργυρωμένα με εμβάπτιση, αναγνωρίζονται από τη διάπλαση της επιφάνειάς τους αυτή μοιάζει με την επιφάνεια του παγωτού.

Το μέταλλο επιχρίσματος συχνά ψεκάζεται. Γι' αυτό το μέταλλο, το οποίο εισάγεται στο πιστόλι ψεκασμού ως σύρμα, ρευστοποιείται από φλόγα αερίου ή με ηλεκτρικά τρόπο, κονιοποιείται με πεπιεσμένο αέρα και ψεκάζεται.

Για τη γαλβανική, επιμετάλλωση χρειάζεται γαλβανικό στοιχείο. Το εξάρτημα κατεργασίας και το μέταλλο επίστρωσης συνδέονται σύμφωνα με τη σειρά δυναμικού με τέτοιο τρόπο στους πόλους μιας πηγής -συνεχούς ρεύματος, ώστε το μέταλλο επίστρωσης να εκδράμει μέσω του ηλεκτρολύτη στο εξάρτημα κατεργασίας. Ειδικά

κατάλληλα για γαλβάνισμα είναι τα μέταλλα νικέλιο, χρώμιο, κάδμιο, ψευδάργυρος, άργυρος και χρυσός.

Για την ποιότητα της ανηδιαβρωτικής προστασίας με μεταλλικά επιχρίσματα σημασία έχει η ηλεκτροχημική συμπεριφορά του προστατευόντος μετάλλου προς το προστατευόμενο μέταλλο. Όταν το επίχρισμα ψευδαργύρου πάνω στο χάλυβα υποστεί ζημιά και εφόσον εισχωρήσει και υγρασία, τότε ο ψευδάργυρος είναι ανάλογα με τη σειρά δυναμικού πιο αρνητικός σε σχέση με το χάλυβα. Το επίχρισμα από ψευδάργυρο καταστρέφεται μετά αρχίζει η διάβρωση του χάλυβα.

Στο επίχρισμα από νικέλιο πάνω στο χάλυβα το νικέλιο είναι ηλεκτροχημικά πιο ευγενές από το βασικό μέταλλο, άρα θετικό. Σε περίπτωση τραυματισμού του επιχρίσματος προσβάλλεται επομένως το βασικό μέταλλο, δηλαδή ο χάλυβας. Η διάβρωση εξελίσσεται κάτω από το μέταλλο επίστρωσης, μέχρι που η δημιουργούμενη σκωρία, εξαιτίας του μεγαλύτερου όγκου της σπάσει το επίχρισμα νικελίου (κρυφή σκωρίαση). Στο σημείο τραυματισμού το βασικό υλικό υφίσταται μεγαλύτερη καταστροφή απ' ό,τι αν δεν υπήρχε ουδεμία μεταλλική επιφανειακή προστασία. Ηλεκτρικώς θετικά μέταλλα προστασίας πρέπει να στρώνονται αρκετά πυκνά και στερεά, ώστε να προσφέρουν εγγύηση για μεγάλο χρόνο διατήρησης. Ένα ειδικά καλό στρώμα νικελίου πάνω σε χάλυβα προκύπτει όταν το εξάρτημα επιχαλκώνεται σε πρώτη φάση.

2.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ

Μεγάλο ποσοστό χαλύβων προκειμένου να διοχετευθεί στην παραγωγή, θα πρέπει να έχει ειδικές ιδιότητες, οι οποίες αποκτώνται όταν αυτοί υποβληθούν σε συγκεκριμένες θερμικές κατεργασίες.

Οι θερμικές κατεργασίες των χαλύβων περιλαμβάνουν **θερμικές κατεργασίες εντός της μάζας των χαλύβων** και **επιφανειακές κατεργασίες**. Οι δεύτερες θα αναπτυχθούν στο οικείο κεφάλαιο.

Οι θερμικές κατεργασίες εντός της μάζας των χαλύβων έχουν σκοπό την αποτελεσματική βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων. Στο κεφάλαιο των μηχανικών ιδιοτήτων είδαμε ότι η αύξηση της τιμής της τάσης διαρροής και της αντίστασης σε εφελκυσμό συνοδεύεται από μια ελάττωση της τιμής της δυσθραυστότητας και της ολκιμότητας. Είναι συνεπώς αναγκαίο, να βρεθεί ένας αποδεκτός συνδυασμός των τιμών των ιδιοτήτων αυτών, εάν θέλουμε να βελτιώσουμε τις μηχανικές ιδιότητες των χαλύβων.

Γενικά, οι θερμικές κατεργασίες εντός της μάζας των χαλύβων οδηγούν, κυρίως, στη σκλήρυνση τους, σε ελάττωση ή ολική απαλοιφή των μηχανικών τάσεων και σε ρύθμιση του μεγέθους των κόκκων και των μηχανικών ή άλλων ιδιοτήτων τους.

2.2 ΑΝΟΠΤΗΣΕΙΣ ΧΑΛΥΒΩΝ

Οι χάλυβες υποβάλλονται σε πολλών ειδών ανοπτήσεις προκειμένου να βελτιώσουμε τις ιδιότητες τους.

Στο σχήμα 13.18, παρουσιάζεται μέρος του διαγράμματος ισορροπίας των φάσεων Fe-Fe₃C (περιοχή χαλύβων) και οι περιοχές των θερμικών κατεργασιών ανόπτησης, στις οποίες υποβάλλονται οι μη κραματωμένοι χάλυβες, και που αναπτύσσονται παρακάτω.

Η οριζόντια γραμμή A_{c1} του σχήματος 13.18, οριοθετεί τη **χαμηλότερη κρίσιμη θερμοκρασία (ευτηκτοειδής θερμοκρασία)**, κάτω από την οποία, σε κατάσταση ισορροπίας όλος ο ωστενίτης έχει μετασχηματισθεί σε φερρίτη και σεμεντίτη. Οι καμπύλες A_{c3} και A_{cm} παριστούν τα όρια της **υψηλότερης κρίσιμης θερμοκρασίας** για τους υποευτηκτοειδείς και υπερευτηκτοειδείς χάλυβες αντίστοιχα, επάνω από την οποία υπάρχει μόνον η ώστε νιτική φάση.

Εκτός από τα είδη ανόπτησης που θα περιγραφούν στη συνέχεια, ανάλογα με τις προηγούμενες κατεργασίες, μπορεί να εφαρμοστούν και άλλα είδη ανόπτησης, τα οποία εξαρτώνται από τις μικροδομές των κατεργασμένων χαλύβων και τις επιθυμητές μηχανικές, ή άλλες ιδιότητες, που επιβάλλονται από συγκεκριμένες μηχανολογικές εφαρμογές.

2.3 Ανόπτηση κατεργασίας

Η ανόπτηση κατεργασίας είναι μια θερμική κατεργασία, στην οποία υποβάλλεται το μέταλλο προκειμένου να αναιρεθούν οι επιπτώσεις της ψυχρής κατεργασίας, -προκειμένου, δηλαδή, να αυξήσουμε την ολκιμότητα του μετάλλου, το οποίο έχει υποστεί σκλήρυνση με ενδοτράχυνση. Η ανόπτηση κατεργασίας εφαρμόζεται ώστε να είναι δυνατή η συνέχιση της πλαστικής παραμόρφωσης του υλικού, χωρίς να επέλθει θραύση του και χωρίς να καταναλωθούν υπερβολικά ποσά ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια αυτής της κατεργασίας, είναι δυνατόν να συμβούν αποκατάσταση και ανακρυστάλλωση.

Η οξειδωση της επιφάνειας αποφεύγεται, εάν η θερμοκρασία της ανόπτησης παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα, υψηλότερα όμως της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης, ή εάν η διεργασία πραγματοποιηθεί σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.

Γενικά, η θερμική αυτή κατεργασία επιτρέπει την απόκτηση λεπτοκρυσταλλικής δομής, εφόσον σταματήσει εγκαίρως, προτού, δηλαδή, συμβεί σημαντική αύξηση του μεγέθους των κόκκων.

2.4 Ανόπτηση εξομάλυνσης

Πολλές φορές, η δομή των υποευτηκτοειδών χαλύβων, όπως για παράδειγμα των χυτοχαλύβων, αποτελείται από κόκκους φερρίτη βελονοειδούς μορφής και περλίτη. Η μικρογραφική αυτή μορφή, προσδίδει στο χάλυβα ευθραυστότητα.

Η κατεργασία της **ανόπτησης εξομάλυνσης** εφαρμόζεται προκειμένου να δημιουργηθεί ομοιόμορφη, κυτταροειδής και λεπτοκρυσταλλική φερριτοπερλιτική δομή. Για το σκοπό αυτό, ο χάλυβας θερμαίνεται κατά 55-85 °C υψηλότερα της άνω κρίσιμης θερμοκρασίας A_{c3} ή A_{cm} , -εξαρτώμενης από την % κ.β. συγκέντρωση σε C,- για μια περίπου ώρα, οπότε επέρχεται πλήρης ωστενιτοποίησή του. Η κατεργασία περατώνεται με ψύξη στον αέρα, μέχρι τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (σχήμα 13.19). Κατ' αυτόν τον τρόπο, μειώνονται ή εξαφανίζονται οι ανισοτροπίες των ιδιοτήτων του χάλυβα και βελτιώνονται οι μηχανικές του ιδιότητες.

Πολλές φορές, λόγω της σχετικά μεγάλης ταχύτητας απόψυξης, οι υ-ποευτηκτοειδείς χάλυβες που υφίστανται ανόπτηση εξομάλυνσης, παρουσιάζουν ομοιογενή, λεπτόκοκκο περλίτη, χωρίς σχηματισμό προευτηκτοειδούς φερρίτη.

Για τους υπερευτηκτοειδείς χάλυβες, η ανόπτηση εξομάλυνσης εφαρμόζεται προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη διασπορά του σεμεντίτη.

Η κύρια βιομηχανική εφαρμογή της ανόπτησης εξομάλυνσης είναι η **εκλέπτυνση των κόκκων** αντικειμένων από χυτοχάλυβα, ή από τυχόν **υπερθερμανθέντα χάλυβα**, από χάλυβα, δηλαδή, ο

οποίος κατά το στάδιο της ωστενιτοποίησης, υπέστη υπερβολική αύξηση του μεγέθους των ωστενιτικών κόκκων, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.

2.5 Πλήρης ανόπτηση

Από τεχνικής πλευράς, η **πλήρης** ή απλώς **ανόπτηση**, μοιάζει με την ανόπτηση εξομάλυνσης. Εφαρμόζεται στους χάλυβες χαμηλής έως μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα, οι οποίοι πρόκειται να υποστούν πλαστική παραμόρφωση κατά τη διάρκεια κατεργασιών μορφοποίησης ή κοπής.

Το κράμα ωστενιτοποιείται, με θέρμανση κατά 15-40°C υψηλότερα της καμπύλης A_{c3} , μέχρι να αποκατασταθεί πλήρης ισορροπία (ωστενιτοποίηση). Τέλος, παραμένει για αρκετές ώρες, μέσα σε φούρνο, όπου αποψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, με την ίδια ταχύτητα απόψυξης, όπως εκείνη του φούρνου (περίπου 20 °0/ώρα). Μετά την κατεργασία, οι κόκκοι του περλίτη είναι μεγαλύτερου μεγέθους και τραχείς, ο χάλυβας, όμως, είναι μαλακός και όλκιμος

Η πλήρης ανόπτηση είναι χρονοβόρα διαδικασία, αλλά χρησιμοποιείται προκειμένου:

- Ο χάλυβας να αποκτήσει καλή κατεργασιμότητα, που να επιτρέπει τη συνέχιση της κατεργασίας διαμόρφωσης ή κοπής.
- Οι χυτοχάλυβες να αποκτήσουν ομοιογενή μικροδομή και να βελτιωθεί η αντοχή τους και, ιδιαίτερα, να αυξηθεί η δυσθραυστότητά τους.

- Να εξαλειφθούν οι εσωτερικές μηχανικές τάσεις, μετά από εν θερμώ μηχανική κατεργασία του χάλυβα ή μετά από συγκόλληση.
- Να αυξηθεί το μέγεθος των ωστενιτικών κόκκων, με σκοπό τη διευκόλυνση της μαρτενσιτικής βαφής.

2.6 Ανόπτηση ανακρυστάλλωσης

Κατά την **ανόπτηση ανακρυστάλλωσης**, ο χάλυβας θερμαίνεται σε θερμοκρασία υψηλότερη της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης του, εντός της φερριτικής περιοχής (500-700°C), ενώ, συγχρόνως, ελέγχεται η απόψυξη του (αργή απόψυξη στον αέρα). Εφαρμόζεται στους "εν ψυχρώ" παραμορφωμένους χάλυβες, προκειμένου να εξαλειφθεί ο ιστός της ενδοτράχυνσης (π.χ. σε λαμαρίνες μετά από ψυχρή έλαση) και να καταστεί δυνατή η περαιτέρω κατεργασία μορφοποίησης.

2.7 Ανόπτηση αποκατάστασης

Η **ανόπτηση αποκατάστασης** πραγματοποιείται για τους ίδιους λόγους, που πραγματοποιείται και η ανόπτηση ανακρυστάλλωσης, αλλά η θέρμανση γίνεται σε θερμοκρασία 450-600 °C, -χαμηλότερη από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης του χάλυβα

2.8 Αποτατική ανόπτηση

Κατά την **αποτατική ανόπτηση**, το κράμα θερμαίνεται εντός της φερριτικής περιοχής, 400-450°C, και, στη συνέχεια, υφίσταται αργή απόψυξη.

Λόγω της συντελούμενης διάχυσης των ατόμων εξαιτίας της βραδείας μεταβολής των θερμοκρασιών, πραγματοποιείται μείωση ή

τέλεια εξάλειψη των εσωτερικών μηχανικών τάσεων οι οποίες είχαν συσσωρευθεί κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής κατεργασίας και παραγωγής των χαλύβων.

Η ανόπτηση αποκατάστασης και η αποτακτική ανόπτηση δε μεταβάλλουν τη μικρογραφική μορφή των χαλύβων.

2.9 Ανόπτηση σφαιροποίησης

Η ανόπτηση σφαιροποίησης συνίσταται στη θέρμανση του χάλυβα σε θερμοκρασία λίγο χαμηλότερη της ευτηκτοειδούς θερμοκρασίας A_{c1} (περίπου 700°C), στην περιοχή $\alpha\text{-Fe} + \text{Fe}_3\text{C}$, και στην εν συνεχεία αργή απόψυξη του μέσα στο φούρνο για πολλές ώρες (έως και 25 ώρες).

Με την κατεργασία αυτή, επιτυγχάνεται η σφαιροποίηση του σεμεντίτη. Ο σφαιροποιημένος σεμεντίτης (σχήμα 13.21), χωρίς να υποστεί μετασχηματισμό φάσης, βελτιώνει την κατεργασιμότητα του χάλυβα, δεδομένου ότι αυτός γίνεται μαλακότερος και ολκιμότερος.

2.10 Ταλαντευτική ανόπτηση

Η ταλαντευτική ανόπτηση έχει, επίσης, σκοπό τη σφαιροποίηση του σεμεντίτη, η οποία επιτυγχάνεται καλύτερα με θέρμανση του χάλυβα σε περιοδικά μεταβαλλόμενη θερμοκρασία, μεταξύ $A_{c1}-50^{\circ}\text{C}$ και $A_{c1}+50^{\circ}\text{C}$.

2.11 ΩΣΤΕΝΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΒΑΦΗ ΧΑΛΥΒΩΝ

2.11.1 Ωστενιτοποίηση

Η ωστενιτοποίηση περιλαμβάνει θέρμανση του χάλυβα σε θερμοκρασία υψηλότερη κατά 50°C, περίπου, της υψηλότερης κρίσιμης θερμοκρασίας η οποία οριοθετείται από την καμπύλη A_{c3} (σχήμα 13.18).

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί πλήρης μετατροπή του κράματος σε ομογενή ωστενίτη, πρέπει η παραμονή στη θερμοκρασία αυτή να διαρκέσει αρκετό χρόνο, χωρίς όμως να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη αύξηση του μεγέθους των κόκκων (**υπερθέρμανση**). Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης, παρατηρείται συχνά μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας και του εσωτερικού της μάζας του κράματος, γεγονός που είναι δυνατό να προκαλέσει πλαστική παραμόρφωση του κρυσταλλικού πλέγματος του ωστενίτη. Επιβάλλεται, συνεπώς, η διαδικασία της θέρμανσης να γίνεται με τόσο βραδύ ρυθμό όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή του χάλυβδινου αντικειμένου. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης προς ωστενιτοποίηση, ο χάλυβας οξειδώνεται, γεγονός που συνοδεύεται από επιφανειακή απώλεια υλικού και ελάττωση της περιεκτικότητας σε άνθρακα. Τα παραπάνω προβλήματα αντιμετωπίζονται με θέρμανση σε φούρνους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας.

2.11.2 .Βαφή

Η θερμική κατεργασία της ανόπτησης, μετά το πέρας της απόψυξης, -η οποία πραγματοποιείται άλλοτε στο περιβάλλον και άλλοτε, με πολύ βραδύτερους ρυθμούς, μέσα σε φούρνο,- καταλήγουν στις φάσεις ισορροπίας φερρίτη και σεμεντίτη και στην μικρογραφική δομή του περλίτη, όπως αυτές προβλέπονται από το

διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων Fe-C. Εάν η απόψυξη πραγματοποιηθεί με πολύ ταχύτερους ρυθμούς (π.χ. σε κάποιο υγρό μέσο), τα λαμβανόμενα προϊόντα είναι φάσεις εκτός ισορροπίας. Η κατεργασία της ταχύτερης αυτής απόψυξης, καλείται **βαφή του χάλυβα**.

Η καμπύλη απόψυξης του χάλυβα δίνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διεργασίας της ψύξης, ως συνάρτηση του χρόνου, (σχήμα 13.22)

Όπως φαίνεται στο σχήμα 13.22, η ταχύτητα απόψυξης ($\Delta T/\Delta t$) μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια της ψύξης και μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κύριες περιοχές, οφειλόμενες στον διαφορετικό τρόπο απαγωγής της θερμότητας:

- **Περιοχή Α**

Η θερμοκρασία είναι τόσο υψηλή, ώστε το υγρό ψύξης εξατμίζεται ακαριαία, μόλις έρθει σε επαφή με τη μεταλλική επιφάνεια, σχηματίζοντας συγχρόνως ένα λεπτό στρώμα ατμών γύρω από αυτή, διαμέσου του οποίου πραγματοποιείται η ψύξη με αγωγή και ακτινοβολία. Η ταχύτητα απόψυξης είναι αργή, μικρή κλίση της εφαπτομένης $\Delta T/\Delta t$, λόγω της μικρής αγωγιμότητας των ατμών.

- **Περιοχή Β**

Το στρώμα ατμών σχεδόν διαλύεται. Το υγρό ψύξης εμφανίζει έντονο φαινόμενο βρασμού, λόγω της επαφής του με την ψυχόμενη, μεταλλική επιφάνεια. Η απαγωγή της θερμότητας γίνεται ταχύτατα, άρα η ταχύτητα της απόψυξης είναι μεγάλη.

- **Περιοχή Γ**

Όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας του μετάλλου φθάσει στη θερμοκρασία βρασμού του ψυκτικού υγρού, η εξάτμιση του υγρού σταματά και η ψύξη συνεχίζεται με απαγωγή διαμέσου του όγκου του υγρού. Η ταχύτητα απόψυξης, κατά το στάδιο αυτό, είναι η μικρότερη όλων.

Γενικά, η ταχύτητα απόψυξης εξαρτάται, εκτός από τον τρόπο απαγωγής της θερμότητας που προαναφέρθηκε παραπάνω, από το **είδος του ψυκτικού μέσου**, τη **θερμοκρασία** του, την **ενδεχόμενη ανάδευση** του, αλλά και από το **μέγεθος**, τη **γεωμετρία**, τη **μάζα** και την **κατάσταση της επιφάνειας του μετάλλου**.

ΣΕΙΣΜΟΙ

Με τον όρο σεισμός εννοούνται κινήσεις του εδάφους, μικρής ή μεγάλης έντασης, που προέρχονται από ενδογενή αίτια. Οι κινήσεις αυτές που προκαλούνται από κυκλοφορία μεγάλων οχημάτων, ενέργεια θαλάσσιων κυμάτων, καταρρεύσεις βράχων κ.τ.λ. ονομάζονται σεισμοειδής κινήσεις.

Η μελέτη των σεισμών και των αποτελεσμάτων τους γίνεται με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων ευαίσθητων οργάνων αναγραφής σεισμών, ενώ στις μακροσεισμικές μεθόδους η μελέτη στηρίζεται στις ανθρώπινες αισθήσεις και παρατηρήσεις.

Η θέση μέσα στο στερεό φλοιότης γής, όπου βρίσκεται το αίτιο που προκαλεί το σεισμό, λέγεται σεισμική εστία. Η εστία του σεισμού λέγεται και σεισμικό κέντρο. Η κατακόρυφη προβολή του σεισμικού κέντρου επάνω στην επιφάνεια της Γής λέγεται επίκεντρο του σεισμού.

Στην περίπτωση σεισμού, η ευρύτερη περιοχή που επηρεάζεται από το σεισμό και στην οποία σημειώθηκαν υλικές ζημιές ονομάζεται σεισμόπληκτη περιοχή. Η έκταση της σεισμόπληκτης περιοχής μέσα στην οποία τα αποτελέσματα του σεισμού παρουσιάζονται εντονότερα λέγεται πλειόσειστος ζώνη. Οι περιοχές που εμφανίζεται μόνιμα το επίκεντρο του σεισμού λέγονται σεισμογενείς, ενώ οι περιοχές που βρίσκονται σε φαινόμενα, δηλαδή τους σεισμούς και το σύνολο των εκδηλώσεων που συνδέονται με αυτούς λέγεται σεισμολογία.

ΕΙΔΗ ΣΕΙΣΜΩΝ

Οι σεισμοί των οποίων το ενδογενές αίτιο ή εστία βρίσκεται σε βάθος μικρότερο των 60km λέγονται κανονικοί σεισμοί ή σεισμοί επιφανείας, ενώ, όταν η εστία βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος, ονομάζονται πλουτώνειοι σεισμοί ή σεισμοί βάθους.

Τα αίτια δημιουργίας των σεισμών, των ηφαιστειών και των άλλων γεωδυναμικών φαινομένων είναι η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών και ειδικότερα, σε ότι αφορά τους σεισμούς, η κίνηση των συγκλίνουσων πλακών. Κατά την κίνηση αυτή, κατά την οποία η μία πλάκα καταδύεται κάτω από την άλλη, αναπτύσσονται τριβές που υπερβαίνουν τα όρια αντοχής των πλακών με αποτέλεσμα η δυναμική ενέργεια να μεταφέρεται σε κινητική ενέργεια.

Κατά τη θεωρία αυτή οι σεισμικές εστίες ή σεισμικά κέντρα βρίσκονται σε πάνω τμήμα της επιφάνειας της λιθοσφαιρικής πλάκας που καταβυθίζεται και λέγεται ζώνη Benioff.

Σημειώνεται ότι, μια απότομη μετακίνηση των πλακών , στην περιοχή της συγκλίσεως , τάξεως των δύο εκατοστών του μέτρου , είναι δυνατό να προκαλέσει σεισμό μεγάλης εντάσεως γιατί στην κίνηση μετέχουν γήινες μάζες μεγάλων διαστάσεων.

Οι σεισμοί οι οποίοι οφείλουν τη γένεση τους στα παρακάτω αίτια λέγονται τεκτονικοί σεισμοί.

Σεισμοί που σημειώνονται σε περιοχές ενεργών ηφαιστείων και οφείλονται σε πιέσεις, κρούσεις και τριβές που αναπτύσσονται κατά την έξοδο της λάβας, των αερίων και των αναβλημάτων στην επιφάνεια της γής λέγονται ηφαιστειογενείς σεισμοί. Πρόκειται για σεισμούς τοπικού χαρακτήρα και μικρής συνήθως εντάσεως.

Σεισμοί ακόμη είναι δυνατόν να προκληθούν και από κατακρημνίσεις βραχώδων μπαζών από την οροφή σπηλαίων και άλλων κοιλοτήτων που βρίσκονται στο εσωτερικό της γής. Πρόκειται και στην περίπτωση αυτή για σεισμούς τοπικού χαρακτήρα μικρής συνήθως εντάσεως, οι οποίοι λέγονται εγκατακρημνισιογενείς σεισμοί. Σεισμοί αυτού του είδους είχαν σημειωθεί κατά το παρελθόν σε περιοχή του φράγματος Κρεμαστών κατά την περίοδο πλήρωσεως του ταμιευτήρα, εξαιτίας υπόγειων κατακρημνίσεων στο φλύσχη της περιοχής, λόγω της ευαισθητοποίησης του από την πλήρωση του ταμιευτήρα.

ΕΝΤΑΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Οι σεισμοί παρουσιάζουν κάθε φορά διαφορετική ένταση. Η ένταση αυτή υπολογίζεται από τις επιδράσεις που έχουν οι σεισμοί στους ανθρώπους και τα τεχνικά έργα.

Για το χαρακτηρισμό της εντάσεως των σεισμών έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορες κλίμακες. Από τις κλίμακες αυτές επεκράτησε και χρησιμοποιείται η κλίμακα Rossi-Forel, όπως διορθώθηκε από τους Mercalli και Sieberg. Στην κλίμακα αυτή οι σεισμοί κατατάσσονται ανάλογα με το μέγεθός τους M , το οποίο υπολογίζεται από λογαριθμική σχέση του μεγίστου πλάτους αναγραφής του σεισμού , της αποστάσεως του επικέντρου από το σταθμό παρατηρήσεως και τις ελαστικές σταθερές των γεωλογικών σχηματισμών.

Για τον υπολογισμό του μεγέθους M των σεισμών στον Ελλαδικό χώρο χρησιμοποιείται με πολύ καλά αποτελέσματα ο εμπειρικός τύπος:

$$M = \log (A \cdot \Delta \cdot 1.44) + 0.2$$

Όπου A το μέγιστο πλάτος αναγραφής του σεισμού σε μικρά και Δ η επικεντρική απόσταση σε χιλιόμετρα.

Το σχήμα 1 αναφέρεται σε ένα γραφικό τρόπο προσαρμογής του μεγέθους M του σεισμού και της επικεντρικής αποστάσεως Δ από τα στοιχεία ενός σειсмоγραφήματος. Κατά τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται πάνω στο σειсмоγράφημα το μέγιστο πλάτος αναγραφής του σεισμού και η διαφορά του χρόνου αφίξεως των κυμάτων P και S στο σταθμό αναγραφής, τα οποία στη περίπτωση του παραδείγματος είναι είναι 23 χιλιοστά και 24 δευτερόλεπτα αντίστοιχα. Προσδιορίζονται στις αντίστοιχες κλίμακες τα σημεία στα οποία αντιστοιχούν τα παραπάνω μεγέθη και ενώνονται με ευθεία γραμμή. Το σημείο τομής της ευθείας αυτής και της ενδιάμεσης κλίμακας του διαγράμματος αντιστοιχεί στο μέγεθος M του σεισμού που στην περίπτωση αυτή είναι $M = 5$ βαθμοί της κλίμακας Richter.

Στο διάγραμμα του σχήματος 2 δίνεται ενδεικτικός σχηματισμός της κλίμακας Richter με την κλίμακα Mercalli- Sieberg. Στο ίδιο διάγραμμα σημειώνονται ακόμη και οι εντάσεις των σημαντικότερων σεισμών που έλαβαν χώρα κατά τα τελευταία 80 χρόνια στην Ελλάδα καθώς επίσης και το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται σε κάθε μέγεθος σεισμού εκφρασμένο σε ισοδύναμες ατομικές βόμβες τύπου Χιροσίμα.

Για τον καθορισμό της κατανομής των σεισμικών εντάσεων σημειώνονται σε χάρτη της σεισμόπληκτης περιοχής τα αποτελέσματα που προκλήθηκαν από το σεισμό σε διάφορες τοποθεσίες της. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά χαράζονται ισοσεισμικές καμπύλες, οι οποίες ενώνουν τόπους περιοχής με την ίδια σεισμική ένταση.

ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

Οι σεισμικές δυνάμεις και τα αποτελέσματά τους στα τεχνικά έργα παρουσιάζουν ξεχωριστό ενδιαφέρον για ένα μηχανικό. Το έδαφος και γενικότερα οι γεωλογικοί σχηματισμοί σαν μέσο υποδοχής των των τεχνικών έργων, αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα της μελέτης τους τόσο από άποψη συμπεριφοράς αυτών των ίδιων των γεωλογικών σχηματισμών όσο και των ενεργειακών επιδράσεων που μεταφέρονται από αυτές στην κατασκευή.

Τα εδάφη στα οποία θεμελιώνονται τα τεχνικά έργα, ανάλογα με τη συμπεριφορά τους στη σεισμική ενέργεια, τα κατατάσσουμε σε εδάφη μη επικίνδυνα και σε εδάφη σεισμικά επικίνδυνα. Μη επικίνδυνα σεισμικά εδάφη θεωρούνται τα εδάφη που βρίσκονται επί παλαιότερων γεωλογικών σχηματισμών, ενώ σεισμικά επικίνδυνα θεωρούνται τα εδάφη που βρίσκονται σε νέους και νεότερους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΩΣ ΕΠΙΒΛΑΒΗΣ ΦΥΣΙΚΗ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Εκτός από την μελέτη του φαινομένου, βασικό πρόβλημα για τον Μηχανικό αποτελεί ο *μηχανισμός δράσεως* των σεισμών επάνω στις κατασκευές. Έτσι, από υπολογιστική άποψη και καταναλογία προς άλλες στατικές και δυναμικές φορτίσεις, η σεισμική δράση θα μπορούσε καταρχήν να θεωρηθεί σαν μια απότομη και με εναλλασσόμενη φορά κίνηση της θεμελιώσεως. Πρόκειται δηλαδή για δυναμικά *επιβαλλόμενη μετακίνηση*, λόγω της οποίας η κατασκευή εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση.

Εντούτοις η παραπάνω εικόνα του φαινομένου δεν είναι πλήρης. Διότι ανάμεσα στο μητρικό πέτρωμα – απαρχής της δονήσεως – και την θεμελίωση παρεμβάλλονται συνήθως επάλληλες εδαφικές στρώσεις, που δεν αποτελούν ένα «ουδέτερο» μέσο διαδόσεως της σεισμικής δράσεως. Στην πραγματικότητα η εξαναγκασμένη κίνηση της θεμελιώσεως αποτελεί τη σεισμική *απόκριση* των παραπάνω εδαφικών στρώσεων ή, ακριβέστερα, τη σεισμική απόκριση του συμπλέγματος «έδαφος + κατασκευή». Ιδιαίτερη σπουδαιότητα έχουν ορισμένες μεγάλες παραμορφώσεις του εδάφους με *αθροιστικό* χαρακτήρα, στις οποίες θα αναφερθούμε περιληπτικά πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των μηχανισμών διεγέρσεως των κατασκευών.

α. Κατολισθήσεις. Προκαλούνται από έντονες διατμητικές παραμορφώσεις του εδάφους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση κτιρίου θεμελιωμένου επάνω σε χαλαρή εδαφική απόθεση που διατρέχει άμεσο κίνδυνο κατολισθήσεως κατά το σεισμό. Στην περίπτωση αυτή, αν δεν είναι δυνατή η πλήρη αποφυγή της, επιβάλλεται οπωσδήποτε η θεώρηση του συμπλέγματος εδάφους – ανωδομής κατά τον υπολογισμό.

β. Επιφανειακό ρήγμα. Είναι μάλλον συνήθης η περίπτωση «ανόδου» του σεισμικού ρήγματος μέχρι την επιφάνεια του εδάφους σε επιφανειακούς σεισμούς. Αν το ρήγμα διασχίζει τη θεμελίωση μιας κατασκευής, η ανεπανόρθωτη βλάβη της τελευταίας – και της κατασκευής συνακόλουθα – είναι αναπότρεπτη.

γ. Ρευστοποίηση εδάφους. Εμφανίζεται σε κορεσμένα αμμώδη εδάφη με ορισμένη κοκκομετρική σύνθεση, λόγω προοδευτικής αυξήσεως της πίεσεως πόρων. Το έδαφος χάνει πλήρως τη διατμητική του αντοχή με αποτέλεσμα την καθίζηση, ανατροπή, κλπ, των υπερκείμενων κατασκευών. Επίσης, εάν το ρευστοποιημένο έδαφος βρίσκεται επάνω σε κεκλιμένο υπόστρωμα, προκαλείται «ροή» μεγάλων εδαφικών όγκων και πλήρης αλλοίωση της τοπογραφίας της περιοχής.

δ. Συμπύκνωση εδάφους. Οι σεισμικές ταλαντώσεις προκαλούν συμπύκνωση των μη συνεκτικών εδαφών και συνακόλουθες καθιζήσεις. Ανάλογα με τη συνοχή του εδάφους οι παραπάνω καθιζήσεις μπορούν να φθάσουν το

1% ή και περισσότερο, με αποτέλεσμα την άμεση πρόκληση βλαβών στις κατασκευές.

Έπειτα από την προηγούμενη υπόμνηση των ειδικών περιπτώσεων «παθολογίας» του εδάφους, που συνήθως οδηγούν σε *πρώιμη αστοχία* των κατασκευών, θεωρούμε τη γενική περίπτωση *ομαλής* μεταδόσεως της σεισμικής δράσεως από το έδαφος στις υπερκείμενες κατασκευές. Το τυχόν σημείο της επιφάνειας θα εμφανίζει γενικά μία μετατόπιση στο χώρο, τα δε σημεία μιας αρχικής ευθείας θα βρίσκονται, μετά την παραμόρφωση, επάνω σε μία *στρεβλή* καμπύλη του χώρου λόγω των άνισων μετατοπίσεων μεταξύ τους. Έτσι, η στρεβλή επιφάνεια του εδάφους θα εμφανίζει *καμπυλότητες*, τόσο σε οριζόντιο επίπεδο όσο και σε τυχόν κατακόρυφο.

Η κίνηση του εδάφους θεμελιώσεως μιας συνήθους κατασκευής (π.χ. κτίριο) είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι αποτελείται:

- Από μία μεταφορική κίνηση *στερεού σώματος* με αμετάβλητες αποστάσεις των διαφόρων σημείων και με συνιστώσες u , v και w ως προς ένα ορθογώνιο σύστημα αναφοράς $Oxyz$,
- Από *διαφορικές* μετατοπίσεις των διαφόρων σημείων λόγω παραμορφώσεως του εδάφους, μεταβλητές στην έκταση της θεμελιώσεως.

Η παραπάνω *μεταφορική* κίνηση εισάγεται αυτούσια στη θεμελίωση και αποτελεί το *πρωταρχικό* αίτιο προκλήσεως ταλαντώσεων στο σύνολο της κατασκευής.

Κατά την υπόψη ταλάντωση τα διάφορα στοιχεία της κατασκευής υποβάλλονται σε *κυκλικές* παραμορφώσεις μεγάλου πλάτους, ως επί το πλείστον στην *μετελαστική* περιοχή συμπεριφοράς τους, με παράλληλη αλλοίωση της ακαμψίας και της αντοχής (ιδιαίτερα σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα).

Το είδος, τώρα, της ταλαντώσεως εξαρτάται από τη *δομή* της κατασκευής. Γενικά, κάθε συνιστώσα της μεταφορικής κινήσεως της θεμελιώσεως μπορεί να προκαλέσει ταλάντωση των στοιχειωδών μαζών με *έξι* συνιστώσες : τρεις μεταφορικές και τρεις περιστροφικές. Στην πραγματικότητα όμως ένας πολύ μικρός αριθμός από τις συνιστώσες αυτές είναι σημαντικός για τη συνολική απόκριση της κατασκευής. Έτσι π.χ. σε ένα συμμετρικό *πολυώροφο* κτίριο ή μεταφορική συνιστώσα της διεγέρσεως, που βρίσκεται σε ένα επίπεδο συμμετρίας, προκαλεί οριζόντιες, κατακόρυφες και στροφικές (με οριζόντιο άξονα) ταλαντώσεις των μαζών · από αυτές όμως μόνον οι οριζόντιες συνοδεύονται από ανάπτυξη σημαντικών δυνάμεων αδράνειας, ενώ οι κατακόρυφες δυνάμεις αδράνειας και οι αδρανειακές ροπές με οριζόντιο άξονα κατά κανόνα είναι αμελητέες. Μία ενδιαφέρουσα εξαίρεση από τον κανόνα αποτελούν οι *πρόβολοι* που εμφανίζουν σημαντικές κατακόρυφες δυνάμεις αδράνειας, καθώς επίσης και η περίπτωση μεγάλων *συγκεντρωμένων* μαζών που εμφανίζουν μεγάλες αδρανειακές ροπές (π.χ. υδατόπυργοι). Αν τώρα το πολυώροφο κτίριο είναι

ασύμμετρο, τότε στις οριζόντιες ταλαντώσεις προστίθενται και οι στρεπτικές των πατωμάτων, οι οποίες συνοδεύονται από μεγάλες αδρανειακές ροπές στρέψεως.

Ερχόμαστε τώρα στην ανάλυση του μηχανισμού δράσεως των διαφορικών μετατοπίσεων του εδάφους. Η συνολική επήρεια των μετατοπίσεων αυτών στην έκταση μιας περιορισμένης και δύσκαμπτης θεμελιώσεως μπορεί να εκφρασθεί με τη βοήθεια μιας γωνίας θ_z περί κατακόρυφο άξονα και δύο γωνιών περιστροφής θ_x και θ_y περί οριζόντιους άξονες. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν δεδομένα από απευθείας μέτρηση των παραπάνω γωνιακών συνιστωσών της σεισμικής διεγέρσεως. Για το λόγο αυτό ο υπολογισμός τους γίνεται έμμεσα συναρτήσεως των γραμμικών συνιστωσών u , v και w βάσει των τύπων :

$$q_z = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial \dot{v}}{\partial y}, \quad q_x = \frac{\partial w}{\partial y}, \quad q_y = \frac{\partial w}{\partial x}$$

που προκύπτουν από τις γενικές εξισώσεις της θεωρίας ελαστικότητας.

Είναι προφανές ότι η στρέψη θ_z της θεμελιώσεως προκαλεί στρεπτικές ταλαντώσεις όχι μόνον στα ασύμμετρα, αλλά και στα συμμετρικά κτίρια. Σε κάθε περίπτωση, από τη σύνθεση των αδρανειακών ροπών στρέψεως και των δυνάμεων αδράνειας λόγω μεταφορικής διεγέρσεως προκύπτει η λεγόμενη *τυχηματική εκκεντρότητα* των σεισμικών φορτίων.

Οι γωνίες περιστροφής θ_x και θ_y της θεμελιώσεως προκαλούν μεταφορικές και στροφικές (με οριζόντιο άξονα) ταλαντώσεις των μαζών. Η επιρροή των διεγέρσεων αυτών συνήθως παραλείπεται, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να είναι σημαντική.

Η ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μία απλή και καθολική εικόνα της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών αποκτάται αν σκεφθούμε το *ενεργειακό ισοζύγιο* κατά τη διάρκεια της σεισμικής κινήσεως. Πράγματι, ο σεισμός εισάγει καταρχήν στην κατασκευή μία ποσότητα ενέργειας. Ένα μέρος της ενέργειας αυτής καταναλώνεται για την υπερνίκηση των ποικίλων εξωτερικών και εσωτερικών αντιστάσεων – τριβών : τριβές κατασκευής – εδάφους (αλληλεπίδραση), τριβές σκελετού – στοιχείων πληρώσεως, ανελαστικές παραμορφώσεις σκελετού, κλπ.

Η υπόψη ενέργεια *αποσβέσεως* μετατρέπεται τελικά σε θερμότητα και αφαιρείται από το σύστημα, ενώ το εναπομένον τμήμα παραμορφώνει και θέτει σε κίνηση την κατασκευή. Το τμήμα αυτό αποτελεί τη *μηχανική ενέργεια* του συστήματος που αποτελείται από την ενέργεια *παραμορφώσεως* (ελαστικής) και από την *κινητική ενέργεια*. Κατά την κίνηση έχουμε αμοιβαία μετατροπή των παραπάνω δύο μορφών της μηχανικής ενέργειας, της οποίας το μέγεθος αυξομειώνεται ανάλογα με το μέγεθος της ενέργειας *εισαγωγής* (από το σεισμό) και της ενέργειας *εξαγωγής* (από τις αποσβέσεις).

Με βάση την παραπάνω ενεργειακή εικόνα η σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών από την αρχική μέχρι την τελική φάση καταρρεύσεως θα μπορούσε να συνοψισθεί ως εξής : Όσο αυξάνει η εισαγόμενη σεισμική ενέργεια τόσο

αυξάνουν και οι παραμορφώσεις, χάρη στις οποίες ένα μέρος της ενέργειας **αποθηκεύεται** και ένα άλλο μέρος **διαχέεται**. Η αύξηση των παραμορφώσεων σταματά όταν οι «εξαγωγές» εξισορροπούν τις «εισαγωγές», ενώ η κατάρρευση επέρχεται όταν η κατασκευή δεν μπορεί να υποστεί τις απαιτούμενες παραμορφώσεις για την επίτευξη του παραπάνω ισοζυγίου. Είναι προφανής από τα παραπάνω ο πρωταρχικός ρόλος των μεγάλων ανελαστικών παραμορφώσεων όχι μόνο για την αποθήκευση, αλλά κυρίως για τη διάχυση – κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων της σεισμικής ενέργειας. Πράγματι, από το διάγραμμα εντάσεως – παραμορφώσεως ενός στοιχείου της κατασκευής, που εμφανίζει την ελαστική (γενικά μη γραμμική) παραμόρφωση D, προκύπτει ότι η αποθηκευμένη ενέργεια στο υπόψη στοιχείο ισούται με το εμβαδόν του τριγώνου.

Η κατανάλωση ενέργειας σε μία κατασκευή συναρτάται με το γενικότερο *φαινόμενο αποσβέσεως*, του οποίου μία μόνο μορφή – αλλά όχι η μόνη – αφορά στις μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις του σκελετού. Οι αποσβέσεις διακρίνονται, γενικά, σε *εξωτερικές* και *εσωτερικές*. Οι πρώτες οφείλονται στις πάσης φύσεως τριβές στις επιφάνειες επαφής του σκελετού με τα διάφορα στοιχεία πληρώσεως και το έδαφος (απόσβεση τύπου *Coulomb*). Πρόκειται για έναν πολύ σημαντικό παράγοντα αποσβέσεως σε κτίρια με τοιχοποιίες, ο οποίος όμως υπόκειται σε απότομες μεταβολές μέχρι μηδενισμού σε

περίπτωση αποδιοργανώσεως της τοιχοποιίας. Οι εσωτερικές αποσβέσεις είναι πιο αξιόπιστες και διακρίνονται στην *ιξώδη* απόσβεση και στην *υστερητική* ή *δομική* απόσβεση. Η ιξώδης απόσβεση αποδίδεται στην ισοελαστικότητα και μη γραμμικότητα της ελαστικής συμπεριφοράς, ενώ η υστερητική απόσβεση είναι το αποτέλεσμα των μεγάλων πλαστικών παραμορφώσεων στην μετελαστική περιοχή.

Η θεωρητική διερεύνηση του φαινομένου της αποσβέσεως είναι δυσχερέστατη και ατελής μέχρι σήμερα. Κατά κανόνα το πρόβλημα σε όλες τις μορφές του αντιμετωπίζεται *πειραματικά* με βάση την κατασκευή του λεγόμενου *βρόχου υστερήσεως* κατά την εναλλασσόμενη κυκλική φόρτιση. Είναι προφανές ότι η επιφάνεια του βρόχου αυτού ισούται με την ενέργεια που καταναλώνεται και διαχέεται με τη μορφή θερμότητας κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου φορτίσεως – αποφορτίσεως.

$$z = \frac{1 \text{ επιφ. βρόχου}}{4\rho \text{ επιφ. (OAD)}}$$

Με το παραπάνω λογιστικό τέχνασμα ή απόσβεση εμφανίζεται γενικά στους υπολογισμούς σαν γραμμική ιξώδης, δηλαδή ισούται με το γινόμενο της ταχύτητας επί έναν *σταθερό* συντελεστή c που λέγεται συντελεστής αποσβέσεως. Η μέγιστη τιμή c_{cr} του υπόψη συντελεστή πέρα από την οποία δεν είναι δυνατή η ταλάντωση του

συστήματος χαρακτηρίζει τη λεγόμενη *κρίσιμη* απόσβεση, το δε ζ ισούται με το πηλίκο c/c_{cr} .

Στις δομικές κατασκευές οι τιμές του ποσοστού αποσβέσεως είναι γενικά μικρότερες από το 20%. Σύμφωνα με το Regulatory Guide 1.61 της Atomic Energy Commission των Η.Π.Α στην *ανελαστική* περιοχή συμπεριφοράς μπορούν να υιοθετηθούν οι παρακάτω τιμές ανάλογα με το είδος της κατασκευής :

- Κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα : $\zeta = 7\%$
- Κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα : $\zeta = 5\%$
- Μεταλλικές κατασκευές με κοχλιώσεις : $\zeta = 7\%$
- Μεταλλικές κατασκευές με συγκολλήσεις : $\zeta = 4\%$

Για το έδαφος θεμελιώσεως το ποσοστό αποσβέσεως μπορεί να πάρει υψηλότερες από τις παραπάνω τιμές, ανάλογα με το είδος του εδάφους και τις αναπτυσσόμενες τάσεις· έτσι π.χ. η τιμή $\zeta = 7\%$ μπορεί πάντοτε να υιοθετηθεί αν δεν υπάρχουν ακριβέστερα δεδομένα.

Ειδικότερα τώρα για την υστερητική απόσβεση, είναι φανερό ότι το μέγεθός της θα είναι τόσο μεγαλύτερο όσο μεγαλύτερες πλαστικές παραμορφώσεις μπορεί να υποστεί η κατασκευή υπό σταθερή περίπτωση φόρτιση πριν από τη θραύση. Η ιδιότητα αυτή μιας κατασκευής (ή ενός στοιχείου ή ενός υλικού) λέγεται *πλαστιμότητα* (ductility) και παίζει βασικό ρόλο στις αντισεισμικές κατασκευές. Ο δείκτης πλαστιμότητας μ του υπόψη στοιχείου ορίζεται από τη σχέση :

$$m = \frac{D_u}{D_y}$$

όπου D_u η παραμόρφωση θραύσεως και αποτελεί ένα «μέτρο» της πλαστιμότητας του στοιχείου.

Η έννοια της πλαστιμότητας είναι αντίθετη προς την έννοια της *ψαθυρότητας*. Ένα ψαθυρό στοιχείο δεν εμφανίζει οριζόντιο κλάδο πλαστικής παραμορφώσεως, δηλαδή είναι ανίκανο να φέρει τη μέγιστη φόρτιση με αυξανόμενη παραμόρφωση. Επίσης, η πλαστιμότητα δεν πρέπει να συγχέεται με την (παραμορφωσιμότητα)(ή ευκαμψία) ενός στοιχείου, που είναι το αντίστροφο $1/k$ της δυσκαμψίας k και ορίζεται στην ελαστική περιοχή συμπεριφοράς.

Η ΥΣΤΕΡΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Το μέγεθος της πλαστιμότητας και η μορφή του βρόχου υστερήσεως αποτελούν τους δύο βασικούς παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απορρόφηση και η κατανάλωση ενέργειας στις κατασκευές· αλλά και σε ορισμένα άλλα νέα φαινόμενα αποκαλύπτονται κατά την πειραματική έρευνα των παραγόντων αυτών υπό συνθήκες ανάλογες προς τις σεισμικές.

Μεταλλικές κατασκευές

Ο δομικός χάλυβας είναι ένα εξαιρετικά πλάστιμο υλικό. Έτσι π.χ. ο συνήθης χάλυβας St 37 εμφανίζει παραμόρφωση θραύσεως $\epsilon_u=250\%$ και παραμόρφωση διαρροής $\epsilon_y \equiv 1,1\%$, δηλαδή έχουμε δείκτη πλαστιμότητας της τάξεως του 250. επίσης σε εναλλασσόμενη κυκλική φόρτιση εμφανίζει ευσταθείς βρόχους υστερήσεως χωρίς φαινόμενα υποβαθμίσεως.

Στις μεταλλικές κατασκευές ο δείκτης πλαστιμότητας υπολογίζεται από ένα διάγραμμα εντάσεως – παραμορφώσεως, όπως και στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος· αλλά ενώ τα μεγέθη (ϵ_y , ϵ_u) του δομικού χάλυβα είναι μονοσήμαντα καθορισμένα, αντίθετα ο τρόπος προσδιορισμού των παραμορφώσεων διαρροής και θραύσεως στις κατασκευές ποικίλει και δεν υπάρχουν ενιαίες προτάσεις.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το πλαίσιο του Νέου Αντισεισμικού Σχεδιασμού (NEAK 1995), όπως ορίστηκε με την από 1995 τροποποίησή του κώδικα αντισεισμικών προδιαγραφών αφορά κυρίως στις νέες κατασκευές και η έμφασή του βρίσκεται στην εξασφάλιση πλαστιμότητας στα δομικά έργα έτσι ώστε να διασφαλίζεται ένα ικανοποιητικό επίπεδο αντισεισμικής προστασίας και για σπάνιους σεισμούς πολύ μεγάλης έντασης. Παραμένει όμως ανοικτό το θέμα της αντισεισμικής επάρκειας ενός μεγάλου αριθμού υφιστάμενων κτισμάτων, τα οποία κτίστηκαν υπό το καθεστώς των παλαιότερων Κανονισμών και τα οποία χαρακτηρίζονται ως παλαιάς τεχνολογίας, ή παλαιού τύπου σύμφωνα με τις σημερινές αντιλήψεις για την αντισεισμική δόμηση. Σημειώνεται ότι η υφιστάμενη κτιριακή υποδομή αποτελεί τεράστια επένδυση η οποία δεν μπορεί να αντικατασταθεί στο προβλέψιμο μέλλον με νέα κτιριακή υποδομή προσαρμοσμένη στις σύγχρονες προδιαγραφές αντισεισμικότητας, λόγω του απαγορευτικού κόστους. Η μόνη αποδεκτή λύση που είναι και συμβατή με την επιδίωξη εξασφάλισης αντισεισμικής προστασίας και ασφάλειας του κοινωνικού συνόλου αποτελεί η συστηματική αποτίμηση της αντισεισμικής επάρκειας των κτιρίων που έχουν χτισθεί σύμφωνα με τους πρό του 1995 Κανονισμούς, με συνακόλουθη μελέτη ενίσχυσης ώστε να βελτιωθεί το επίπεδο Αντισεισμικής τους προστασίας.

Ένας μεγάλος αριθμός κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα στην Ελλάδα κτίστηκε μετά την δεκαετία του 50 και του 60, σύμφωνα με παλιότερους αντισεισμικούς κανονισμούς. Με τις πρόσφατες αναπροσαρμογές του σεισμικού συντελεστή (επιτάχυνση εδάφους) σε υψηλότερα επίπεδα σε όλη την επικράτεια, οι σεισμικές δυνάμεις του σχεδιασμού είναι πολλαπλάσιες αυτών που είχαν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν κατά τον σχεδιασμό της πληθώρας των υφιστάμενων κτιρίων. Αυτό συνεπάγεται ότι αυτές οι κατασκευές θα χρειαστεί να αναπτύξουν μεγάλες παραμορφώσεις πολλαπλάσιες των παραμορφώσεων διαρροής, με ισοδύναμο απαιτούμενο συντελεστή συμπεριφοράς q πολύ μεγαλύτερο της τιμής 3.5 με την οποία σχεδιάζουμε σήμερα τα νέα έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα (Ο.Σ).

Στις κατασκευές παλαιού τύπου κατατάσσονται δομικά έργα τα οποία δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις διαστασιολόγησης οπλισμών, ή τα υλικά τους είναι χαμηλής ποιότητας, είτε υπάρχουν κακοτεχνίες, τοπικές αστοχίες και προβλήματα συντήρησης που απειλούν να μειώσουν την επιτελεστικότητα του φέροντα οργανισμού (αντοχή και πλαστιμότητα) σε ενδεχόμενο σεισμό. Πλήν της έλλειψης συνδετήρων, οι παλαιού τύπου κατασκευές, έχουν ποικίλα δυσμενή χαρακτηριστικά που σήμερα είναι γνωστό ότι αποδεικνύονται σε αντισεισμικά έργα, όπως έμμεσες στηρίξεις, ανεπαρκή αγκύρωση οπλισμού σε κόμβους, ματίσεις οπλισμών σε θέσεις αναμενόμενων πλαστικών αρθρώσεων χωρίς συνδετήρες, μη κανονική κατανομή καθ' ύψος, τόσο σε δυσκαμψία όσο και σε μάζα, ανεπαρκή θεμελίωση κ.α. Επιπλέον, μεγάλος αριθμός αυτών των κατασκευών παρουσιάζει πρόσθετες επιβαρύνσεις είτε λόγω αλλαγής χρήσης, είτε λόγω παρεμβάσεων των ιδιοκτητών στον φέροντα οργανισμό.

Ένα χαρακτηριστικό των κατασκευών αυτών ή των επιμέρους στοιχείων των είναι ότι διαθέτουν μικρή παραμορφωσιμότητα. Άρα, οι κατασκευές αυτές είναι περιορισμένης πλαστιμότητας, μη διαθέτοντας περιθώρια για ανελαστική παραμόρφωση (διαθέσιμος δείκτης συμπεριφοράς $q=1$ περίπου). Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα στοιχείων Ο.Σ., με ανεπαρκείς συνδετήρες, ακόμα και αν η διαθέσιμη ονομαστική αντοχή επαρκεί σύμφωνα με τις σημερινές απαιτήσεις για το μέγεθος του σεισμικού φορτίου σχεδιασμού, η συμπεριφορά σε επαναλαμβανόμενους κύκλους φορτίσεως είναι ψαθυρή (ταχύτατη αποσύνθεση και απώλεια αντοχής) χωρίς κατ' ανάγκη τα στοιχεία αυτά να έχουν προλάβει να φθάσουν στο σημείο διαρροής. Αναλόγως με τα χαρακτηριστικά του συστήματος (κατανομή δυσκαμψίας και μάζας καθ' ύψος εκκεντρότητες στην κάτοψη) αστοχίες σε στοιχεία περιορισμένης πλαστικότητας μπορούν να αποβούν καταστροφικές για το σύνολο της κατασκευής.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει σήμερα ενιαία μεθοδολογία αποτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας κτιρίων σχεδιασμένων σύμφωνα με τις παλαιότερες γεννέες αντισεισμικών κανονισμών. Η μεγάλη πλειοψηφία των μελετών τρωτότητας εκπονούνται με τρόπο υποκειμενικό και ανομοιομορφο. Μια δεδομένη προσέγγιση είναι ο έλεγχος συμβατότητας του κτίσματος με τις σύγχρονες διατάξεις του ισχύοντος Αντισεισμικού κανονισμού. Δεν επαρκούν η αντοχή έναντι τέμνουσας βάσης και η δυσκαμψία ιδιοπερίοδος του κτιρίου ως δείκτες της σεισμικής της επάρκειας. Δηλαδή, ακόμα και αν θα μπορούσε ναδειχθεί ότι η αντοχή σε τέμνουσα βάσης ενός υφιστάμενου κτιρίου είναι παρ' έλπιδα ισοδύναμη με τα επίπεδα που απαιτούν οι σύγχρονοι κανονισμοί, δεν θα εξασφαλιζέτο αυτομάτως και η ικανότητα της παλιότερης κατασκευής να ανταπεξέλθει με ασφάλεια στα σημερινά επίπεδα του σεισμικού

σχεδιασμού εφόσον και σήμερα οι σεισμικές δυνάμεις που χρησιμοποιούνται στη διαστασιολόγηση είναι αρκετά μικρότερες από τις αναμενόμενες. Επαρκής σεισμική προστασία στα πλαίσια του ΕΑΚ παρέχεται μόνο όταν όλες οι παράμετροι που στηρίζουν την φιλοσοφία του σύγχρονου Αντισεισμικού Κανονισμού πληρούνται ικανοποιητικά (διάταξη , αντοχή, πλαστιμότητα , υπερστατικότητα , δυσκαμψία , προδιαγραφές ποιότητας).

Είναι λοιπόν φανερό ότι υπάρχει πειστική ανάγκη για την διαμόρφωση και πιστοποίηση ενός απλού πλαισίου αποτίμησης της σεισμικής τρωτότητας υφιστάμενων κτιρίων που θα οδηγεί σε αξιόπιστα , μονοσήμαντα συμπεράσματα για το ενδεχόμενο βλάβης του δομήματος σε διάφορα επίπεδα σεισμικής έντασης . Το θέμα της αξιοπιστίας και του μονοσήμαντου αποτελέσματος είναι ίσως το πλέον κρίσιμο ζητούμενο. Για παράδειγμα , μετά από πρόσφατη πιλοτική εφαρμογή σε μεγάλο αριθμό κτιρίων που υπέστησαν βλάβες κατά τον σεισμό του 1999 στην Αθήνα ορισμένων μεθόδων ταχείας αξιολόγησης που είχαν προταθεί στο παρελθόν , διεφάνη ότι το περιθώριο λανθασμένου συμπεράσματος είναι σημαντικά μεγάλο τουλάχιστον όσον αφορά τους ταχείς ελέγχους . Έτσι σε πολλές περιπτώσεις όπου δοκιμάσθηκε η μεθοδολογία αυτή προέκυψε πρόβλεψη καταστροφικής κατάρρευσης σε κτίρια τα οποία επέζησαν και αντιστρόφως.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ

Σύμφωνα με την προηγηθείσα συζήτηση προκύπτει ότι ο κύριος στόχος διαδικασίας αποτίμησης της σεισμικής επάρκειας μιας υφιστάμενης κατασκευής θα πρέπει να είναι :

(α) Ορισμός των επιπέδων έντασης σεισμού (performance levels) για τα οποία διεξάγονται οι έλεγχοι επιτελεσματικότητας . Συσχετίζεται δηλαδή ο βαθμός βλάβης που θεωρείται αποδεκτός σε σχέση με την αντίστοιχη ένταση της σεισμικής διέγερσης. Στις οδηγίες της F.E.M.A. (Federal Emergency Managment Agency) ορίζονται πέντε οριακά επίπεδα επιτελεσματικότητας σύμφωνα με τον πίνακα 1. Σημαντικό είναι να παρατηρηθεί ότι σε κάθε περίπτωση είναι αποδεκτός κάποιος βαθμός βλάβης, χωρίς να συνεπάγεται αστοχία του σχεδιασμού (εάν πρόκειται για νέο κτίσμα) ή της αποτίμησης (εάν πρόκειται για υφιστάμενο κτίσμα). Με εξαίρεση το τελευταίο στάδιο που δεν είναι αποδεκτό , οι τέσσερις οριακές καταστάσεις αντιστοιχίζονται ποιοτικά σε τέσσερα επίπεδα σεισμικής έντασης δηλαδή σε σεισμό που συμβαίνει 1) συχνά (frequent) , 2) ενίοτε (occasional) 3) σπάνια (rare) , 4) εξαιρετικά σπάνια

(maximum credible earthquake) . Το μέγεθος καθενός από αυτά τα συμβάντα εξαρτάται από την σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής , αλλά μπορεί να αυξηθεί και από τη βασική τιμή αναφοράς που θεσπίζεται από την Διοικούσα Αρχή ανα περιοχή , ανάλογα με το οικονομικό ρίσκο που είναι προετοιμασμένος να αποδεχθεί ο εκάστοτε ιδιοκτήτης του κτίσματος. Κατά κανόνα , ο όρος συχνός περιγράφει το όριο σεισμού που έχει πιθανότητα υπέρβασης 87% τα επόμενα 50 χρόνια (μέση περίοδος επαναφοράς τα 25 χρόνια).

(β) εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου σε όρους μετατοπίσεων , ποσοτικός δηλαδή , προσδιορισμός της αναμενόμενης σεισμικής μετακίνησης , Δs_d , του δομήματος , ως σύνολο για τα διάφορα επίπεδα της σεισμικής έντασης .

(γ) προσδιορισμός της διαθέσιμης ικανότητας παραμόρφωσης , Δr_d , της κατασκευής .

Το φάσμα επιταχύνσεων - μετακινήσεων (ΦΕΜ) ως εργαλείο αποτίμησης

Εάν το φάσμα σχεδιασμού που χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την σεισμική διέγερση που χρησιμοποιείται για τα διάφορα στάδια της αποτίμησης περιγράφει σε άξονες απόλυτων επιταχύνσεων - σχετικών μετατοπίσεων (y και x άξονες αντιστοίχως, Σχήμα 5(α)), τότε προκύπτει άμεσα, για δεδομένη ιδιοπερίοδο T_{eff} η αναμενόμενη τέμνουσα βάσης και αναμενόμενη μέγιστη μετακίνηση **του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή που περιγράφει το κτίσμα** (T_{eff} είναι η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτίσματος, και του ισοδύναμου μονοβαθμίου ταλαντωτή). Το γράφημα που προκύπτει ονομάζεται **Φάσμα Επιταχύνσεων - Μετακινήσεων (ΦΕΜ, ή Acceleration-Displacement Response Spectra, ADRS)**, όπου κάθε ακτίνα αντιστοιχεί σε διαφορετική ιδιοπερίοδο (η κλίση της ακτίνας ισούται με τον λόγο ολικής επιτάχυνσης προς σχετική μετακίνηση, είναι δηλαδή ίση με ω^2 ή με $T^2/4\pi^2$). Ανελαστικά φάσματα σταθερής πλαστιμότητας μπορούν να εξαχθούν από το ελαστικό φάσμα με υποδιαίρεση των συντεταγμένων κατά μήκος μιας οποιασδήποτε ακτίνας

κατά 2 (για πλαστιμότητα 2), 3 (για πλαστιμότητα 3) κ.ο.κ. (Σχήμα 5(6)). (Για την εξαγωγή των ανελαστικών φασμάτων έχει υιοθετηθεί η θεώρηση των ίσων μέγιστων μετακινήσεων ελαστικού και ανελαστικού συστήματος).

Αφού κατασκευασθεί η υπερωθητική καμπύλη του κτιρίου (Σχήμα 6(α)), μπορεί αυτή να μετατραπεί σε υπερωθητική καμπύλη του ισοδύναμου μονο-βάθμιου ταλαντωτή (Σχήμα 6(β)) με αναγωγή των τιμών των δύο αξόνων με κατάλληλους συντελεστές. Σημειώνεται ότι εδώ προαπαιτείται μια προκαταρκτική ανάλυση του κτιρίου με τις κλασσικές μεθόδους ιδιομορφικής ανάλυσης για τον υπολογισμό του συντελεστού συμμετοχής της θεμελιώδους ιδιόμορφης στην απόκριση του κτιρίου (εναλλακτικά ένα οποιοδήποτε σχήμα που προσεγγίζει ποιοτικά την θεμελιώδη ιδιόμορφη του κτίσματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις αντίστοιχες εκφράσεις. Απουσία άλλης, πιο τεκμηριωμένης επιλογής, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η τριγωνική κατανομή, όπου η μέγιστη συντεταγμένη του σχήματος είναι μονάδα στην κορυφή του κτιρίου, βλ. Σχήμα 6(γ)). Έτσι, εάν Γ είναι ο συντελεστής συμμετοχής της θεμελιώδους ιδιόμορφης στην απόκριση και α ο συντελεστής συμμετοχής της μάζας του κτιρίου στην συγκεκριμένη ιδιόμορφη αντιστοίχως, τότε η τέμνουσα διαρροής καθώς και η μετακίνηση διαρροής του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή ισούται με την τέμνουσα διαρροής και την μετακίνηση διαρροής του κτιρίου πολλαπλασιασμένη με τον λόγο Γ/α . Με αναγωγή των τιμών του κατακόρυφου άξονα προς την μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή ο άξονας των δυνάμεων στην υπερωθητική καμπύλη μετατρέπεται εύκολα σε επιτάχυνση. Εναπόθεση της υπερωθητικής καμπύλης του μονοβάθμιου ταλαντωτή στο ΦΕΛΑ προκύπτει άμεσα, (1) το μέγεθος της απαιτούμενης πλαστιμότητας για τον δεδομένο σεισμό, (αυτή είναι η τιμή μ_{Δ} που χαρακτηρίζει το ανελαστικό φάσμα που διέρχεται από το σημείο διαρροής), και (2) η μέγιστη

αναμενόμενη ανελαστική μετακίνηση του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή από το γινόμενο της μετακίνησης διαρροής επί την απαιτούμενη πλαστιμότητα (βλ. Σχήμα 5(6)). Με περαιτέρω πολλαπλασιασμό αυτού του μεγέθους με τον λόγο α/Γ προκύπτει η αναμενόμενη μετακίνηση στην κορυφή του κτιρίου, η οποία μπορεί να συγκριθεί με την διαθέσιμη ικανότητα μετακίνησης, καθώς και με τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 1 για τα διάφορα στάδια επιτε-λεστικότητας (performance levels).

Απλοποιητικές παραδοχές για άμεσο έλεγχο

Για άμεσους υπολογισμούς και όταν δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες για το σεισμό σχεδιασμού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατά την αποτίμηση μπορούν οι έλεγχοι να γίνονται απλοποιητικά ως εξής: σε πλαίσια χωρίς τοιχοποιίες η διαρροή αναμένεται να πραγματοποιηθεί σε στροφή βάσης 0.5% (σχετική μετακίνηση ορόφων), ενώ η απαιτούμενη στροφή σχεδιασμού για στάδιο οριακής επιτελεστικότητας 4 (Πίν. 11 μπορεί να λαμβάνεται ως 2% (εφόσον το κτίσμα έχει σχεδιασθεί σύμφωνα με τις ισχύουσες αντισεισμικές προδιαγραφές). Τα αντίστοιχα μεγέθη για κτίρια με τοιχοποιίες ή μεγάλο αριθμό τοιχωμάτων είναι περίπου 0.25% και 1% (δηλαδή, και στις δύο περιπτώσεις, η απαιτούμενη πλαστιμότητα μετατοπίσεων για σπάνιο σεισμό λαμβάνεται περίπου ίση με 4). Εάν το κτίριο διαθέτει περιορισμένη πλαστιμότητα (δηλ. $\mu_{\Delta} < 1.5+2$), τότε οι αντίστοιχη μετακίνηση διαρροής οριοθετεί και το μέγεθος της απαιτούμενης τέμνουσας βάσης από το FEM. Από το μέγεθος αυτό προκύπτει και η απαιτούμενη διατηρητική αντοχή του κτίσματος ώστε το στάδιο επιτελεστικότητας 1 ή 2 (Πίν 1) να αντιστοιχισθεί στον σπάνιο σεισμό σχεδιασμού (αυξημένη απαίτηση αντοχής για κτίρια μικρής πλαστιμότητας).

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΟΡΩΝ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

ΠΑΘΗΤΙΚΗ(ΔΟΜΙΚΗ) ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ: είναι το σύνολο των μέτρων που πρέπει να ληφθούν και των κατασκευών που πρέπει να γίνουν ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα εκδήλωσης φωτιάς, αλλά όταν όμως συμβεί πυρκαγιά να διασφαλισθούν οι ένοικοι .

ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ: είναι το σύνολο των μέτρων που πρέπει να ληφθούν και να λειτουργήσουν μετά την εμφάνιση της πυρκαγιάς και κατά την διάρκεια της.

ΑΚΑΥΣΤΟ ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ:είναι το υλικό που δεν καίγεται έως την θερμοκρασία των 750 C.

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ: λέγονται τα όργανα ενός συστήματος αυτόματης ανίχνευσης πυρκαγιάς , τα οποία συνεχώς παρακολουθούν την τυχόν εμφάνιση της πυρκαγιάς και μεταδίδουν τα αντίστοιχα σήματα συναγερμού ή ελέγχου

ΟΔΕΥΣΗ ΔΙΑΦΥΓΗΣ: η πορεία που ακολουθεί ένα άτομο στην προσπάθεια του να διαφύγει από ένα κτίριο που φλέγεται. Χωρίζεται σε προστατευμένη και σε απροστάτευτη.

ΠΥΡΑΝΤΙΣΤΑΣΗ: λέγεται η ικανότητα μιας κατασκευής ή ενός δομικού στοιχείου ν ' αντιστέκεται για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα , που ονομάζεται δείκτης πυραντίστασης , στα θερμικά αποτελέσματα της φωτιάς , χωρίς απώλεια της ευστάθειας και της ακεραιότητας της κατασκευής .

ΠΥΡΟΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ :είναι τμήμα κτιρίου ή και ολόκληρο κτίριο που περικλείεται ερμητικά από δομικά στοιχεία με προκαθορισμένο , κατά περίπτωση,δείκτη πυραντίστασης .

ΠΥΡΟΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ : είναι το ποσό της εκλυόμενης θερμότητας από την καύση όλων των υλικών μέσα σε ένα χώρο κτιρίου .

ΟΡΟΦΟΣ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ : είναι ο όροφος του κτιρίου , από τον οποίο εξέρχονται προς ασφαλή χώρο οι οδεύσεις διαφυγής .

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΣΕ ΦΩΤΙΑ : είναι η ικανότητα ενός κτιρίου να μην καταρέει ή να μην ξεπερνά όρια παραμόρφωσης , όταν φορτισμένο με προκαθορισμένο φορτίο , εκτίθεται στην επίδραση της φωτιάς.

ΕΞΟΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ : είναι το άνοιγμα που οδηγεί απευθείας σε ασφαλή χώρο.

Πυροπροστασία κατασκευών και ανάλυση των συνδέσεων μεταξύ των στοιχείων του μεταλλικού φορέα σε υψηλές θερμοκρασίες

Η πολιτεία, σχεδιαστές, μελετητές αλλά και ο καθένας μας ξεχωριστά προβληματιζόμαστε, εντονότερα σήμερα, για τη σωστή πυροπροστασία των κατασκευών. Μια από τις κυριότερες αιτίες αυτού του εντονότερου προβληματισμού ήταν τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου 2001 στην Νέα Υόρκη, που είχαν σαν αποτέλεσμα τον άδικο χαμό χιλιάδων ανθρώπων με την πτώση των Δίδυμων Πύργων.

Με τη δημοσίευση των πορισμάτων της έρευνας (Μάιος 2002), που έγινε με στόχο να μελετηθεί η συμπεριφορά των κτιρίων στην περιοχή του World Trade Center (WTC), προβάλλεται η επιθυμία για σωστό σχεδιασμό των κτιρίων, ώστε σε περίπτωση φωτιάς ή τρομοκρατικών ενεργειών να παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.

Σε αυτή την έρευνα τονίζεται, ανάμεσα σε άλλα σημεία και η αναγκαιότητα για λεπτομερή μελέτη της συμπεριφοράς των συνδέσεων μεταξύ των φερόντων δομικών στοιχείων ενός μεταλλικού πλαισίου, σε υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης τονίζεται η αναγκαιότητα ύπαρξης συμβούλου παθητικής και ενεργητικής πυροπροστασίας από τα αρχικά στάδια μελέτης μιας κατασκευής.

Ο ρόλος του συμβούλου παθητικής και ενεργητικής πυροπροστασίας είναι να διασφαλίσει, μέσα από το σχεδιασμό και μελέτη του κτιρίου, την ασφάλεια των ανθρώπινων ζώων και τη μείωση των ζημιών στο κτίριο σε περίπτωση φωτιάς, ικανοποιώντας πάντα τους τοπικούς ή εθνικούς κανονισμούς και νομοθεσίες που σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να υπερβαίνουν τους δέκα σε αριθμό.

Τα συστήματα παθητικής πυροπροστασίας είναι μέρος του κτιριακού συνόλου και είναι ενεργά όλες τις ώρες ενώ τα μέτρα ενεργητικής πυροπροστασίας τίθενται σε λειτουργία μόνο σε περίπτωση φωτιάς.

Πίνακας 1

Μέτρα παθητικής και ενεργητικής πυροπροστασίας	
Passive and active fire protection measures	
Παθητικά μέτρα	Ενεργητικά μέτρα
Passive measures	Active measures
Έξοδοι κινδύνου	Πυρανίχνευση
Escape provisions	Fire detection
Πυροδιαμερίσματα	Συναγερμός
Compartmentation	Alarm
Πυροπροστασία δομικών στοιχείων	Πυρόσβεση
Structural fire protection	Fire fighting
Εσωτερικές επενδύσεις-Περιεχόμενα	
Contents and linings	

Παθητικά μέτρα πυροπροστασίας

Η σημασία των μέτρων παθητικής πυροπροστασίας αντικατοπτρίζει στη διασφάλιση της ακεραιότητας και λειτουργίας του κτιριακού συνόλου για προκαθορισμένο χρόνο πυραντίστασης ή χρόνο διαφυγής σε περίπτωση φωτιάς. Πιο συγκεκριμένα και βάσει του Άρθρου 3 – Δομική Πυροπροστασία – “Κανονισμός Πυροπροστασίας των Κτιρίων” Π.Δ. 71/1998 [1], η σωστή λειτουργία και ακεραιότητα του κτιριακού πλαισίου πετυχαίνεται με την δημιουργία των πυροδιαμερισμάτων και τη σωστή πυροπροστασία των φερόντων δομικών στοιχείων και όχι μόνο.

Πυροδιαμέρισμα είναι “τμήμα του κτιρίου ή και ολόκληρο το κτίριο που περικλείεται ερμητικά από δομικά στοιχεία με προκαθορισμένο, κατά περίπτωση, δείκτη πυραντίστασης”.

Πυροδιαμέρισμα

Τα σύνορα των πυροδιαμερισμάτων προστατεύονται από θερμοκρασία και εξάπλωση του καπνού, σε σενάριο φωτιάς, με συστήματα παθητικής πυροπροστασίας όπως:

1. Πυροπροστασία Αγωγών Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκατα-στάσεων

I. Πυράντοχο Τσιμέντο.

II. Ολοκληρωμένο σύστημα διαφράγματος (ορυκτοβάμβακας βαμμένος και από τις δύο πλευρές με βραδύκαυστο υλικό).

III. Πυράντοχοι “Σάκκοι” (σε περίπτωση φωτιάς διογκώνονται με στόχο να σφραγίσουν τα ανοίγματα από θερμοκρασία και καπνό).

2. Πυροφραγμοί σωλήνων

I. Κολάρα

II. Καλύμματα

Και τα δύο συστήματα σφραγίζουν το άνοιγμα που θα μένει μετά που θα λιώσει η πλαστική σωλήνα σε υψηλές θερμοκρασίες.

3. Πυροφραγμός αρμών διαστολής και συστολής

Το σύστημα αυτό είναι ελαστικό, δίνοντάς του την δυνατότητα να παραμείνει στην οριζόντια του θέση σε περίπτωση μετακίνησης του κτιρίου. Σε περίπτωση φωτιάς διατηρεί την ακεραιότητα του και εμποδίζει την διέλευση της φωτιάς στο επόμενο πυροδιαμέρισμα.

4. Πυράντοχη Μαστίχη

5. Λουρίδες Πυροπροστασίας γύρω από τις πυράντοχες πόρτες (σε περίπτωση φωτιάς διογκώνονται και σφραγίζουν από θερμοκρασία και καπνό το άνοιγμα μεταξύ της πόρτας και του ξύλινου σκελετού)

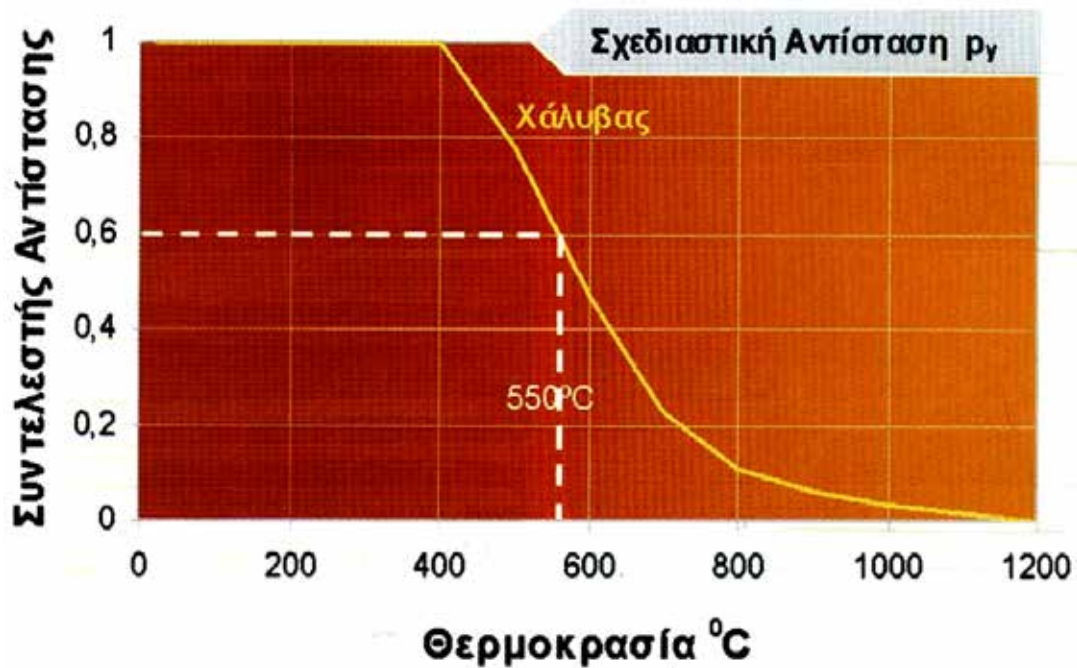
Τα πιο πάνω συστήματα παθητικής πυροπροστασίας είναι τα πιο διαδεδομένα μέσα στην κατασκευαστική βιομηχανία. Υπάρχουν όμως και άλλα συστήματα τα οποία είναι ανάλογα με τις ειδικές ανάγκες της κάθε περίπτωσης.

Φέροντα δομικά στοιχεία (μεταλλικά στοιχεία – κολώνες, δοκοί)

Σε αυτό το τομέα τα μέτρα παθητικής πυροπροστασίας εφαρμόζονται κυρίως στα φέροντα δομικά στοιχεία των μεταλλικών πλαισίων. Η αντίσταση των χαλύβδινων φερόντων δομικών στοιχείων, μειώνεται αισθητά με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας στα χαλύβδινα στοιχεία εξαρτάται από την διατομή του κάθε στοιχείου και κατά συνέπεια το πάχος του συστήματος παθητικής πυροπροστασίας καθορίζεται από την χαλύβδινη διατομή και τον προκαθορισμένο δείκτη πυραντίστασης.

Κυριότερος στόχος των συστημάτων παθητικής πυροπροστασίας είναι να αποτρέψουν την ανοδική αύξηση της θερμοκρασίας, σε περίπτωση φωτιάς, (κολώνες 550⁰C και δοκοί 620⁰C).



Υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι πυροπροστασίας των χαλύβδινων φερόντων δομικών στοιχείων:

1. Αντιπυρική βαφή

Η αντιπυρική βαφή ανάλογα με τις διαστάσεις και τη γεωμετρική αναλογία του στοιχείου τοποθετείται σε κάποιο πάχος (1-2 χιλιοστών) και σε περίπτωση φωτιάς διογκώνεται για να δώσει κάλυψη στο μέταλλο από τη θερμοκρασία.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αντιπυρικής βαφής σε σχέση με την τοποθέτηση της σε ένα έργο είναι:

Πλεονεκτήματα

- I. Καλή εμφάνιση
- II. Πολύ εύκολη η κάλυψη των λεπτομερειών (συνδέσεις μεταξύ στοιχείων του μεταλλικού φορέα)
- III. Το πάχος της είναι σε χιλιοστά και δεν αυξάνει το βάρος των φερόντων δομικών στοιχείων
- IV. Γρήγορη εφαρμογή.

Μειονεκτήματα

- I. Σχετικά υψηλό κόστος αγοράς της βαφής σε σχέση με την αγορά της πυράντοχης πλάκας
- II. Υγρή εργασία κατά την τοποθέτηση της βαφής.

2. Πυράντοχες Πλάκες

Οι πλάκες αυτές είναι σχεδιασμένες να παρέχουν την ανάλογη πυροπροστασία, σταθερότητα και ακεραιότητα, κατά τον προκαθορισμένο δείκτη πυραντίστασης, σε σενάριο φωτιάς.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της πυράντοχης πλάκας είναι:

Πλεονεκτήματα

- I.** Καλή εμφάνιση
- II.** Ξηρή εργασία κατά την τοποθέτηση της πλάκας
- III.** Το πάχος είναι σταθερό και μπορεί να εγγυηθεί (σε σχέση με την αντιπυρική βαφή)
- IV.** Δεν χρειάζεται να γίνει προεργασία πάνω στην επιφάνεια των χαλύβδινων στοιχείων για να μπορέσει να τοποθετηθεί.

Μειονεκτήματα

- I.** Το κόστος μπορεί να είναι υψηλό λόγω πολυπλοκότητας στην εφαρμογή της πλάκας
- II.** Χρονοβόρα εργασία για τη τοποθέτηση της πλάκας
- III.** Δύσκολο να τοποθετηθεί γύρω από τις λεπτομέρειες (συνδέσεις μεταξύ στοιχείων του μεταλλικού φορέα)
- IV.** Το πάχος της πλάκας αυξάνει το βάρος των φερόντων δομικών στοιχείων και πρέπει να υπολογιστεί στο σχεδιασμό του κτιρίου.

3. Ψεκαστικά Υλικά

Είναι υλικά από βερμικουλίτη & τσιμέντο με συγκολλητικά και μεταλλικές ίνες. Ανάλογα με τον δείκτη πυραντίστασης του στοιχείου καθορίζεται και το πάχος της κάλυψης, όπου λειτουργεί σαν μονωτικό υλικό σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ψεκαστικών υλικών είναι:

Πλεονεκτήματα

- I.** Γρήγορη εφαρμογή
- II.** Χαμηλό κόστος αγοράς των υλικών
- III.** Εύκολη η κάλυψη των λεπτομερειών (συνδέσεις μεταξύ στοιχείων του μεταλλικού φορέα)
- IV.** Τις περισσότερες φορές δεν χρειάζεται να γίνει προεργασία πάνω στην επιφάνεια των χαλύβδινων στοιχείων για να μπορέσουν να τοποθετηθούν αυτού του είδους υλικά.

Μειονεκτήματα

- I.** Δεν έχει καλό τελείωμα (Finish)
- II.** Υγρή εργασία κατά την τοποθέτηση αυτών των υλικών
- III.** Κατά τον ψεκασμό, οτιδήποτε μέσα στο δωμάτιο, χρειάζεται προστατευτικό κάλυμμα.
- IV.** Καθυστερήσεις άλλων υπεργολάβων κατά τον ψεκασμό.

Ακόμη μια μέθοδος πυροπροστασίας των φερόντων δομικών στοιχείων (σήμερα έχει εγκαταλειφθεί σε σημαντικό βαθμό), είναι η

χρησιμοποίηση παραδοσιακών υλικών όπως μπετόν, τούβλα, σοβάς και μπλοκς. Αυτή η μέθοδος είναι αργή στη τοποθέτηση, αυξάνει τα στατικά φορτία στο μεταλλικό φορέα και το κόστος τοποθέτησης, τέτοιων υλικών μπορεί να είναι υψηλό.

Στο σχεδιασμό ενός κτιρίου, τα μέτρα παθητικής πυροπροστασίας δεν είναι αντικατάσταση των μέτρων ενεργητικής πυροπροστασίας και αντίθετα. Λειτουργούν και τα δύο σαν μια ενιαία μονάδα και σε περίπτωση φωτιάς μηδενίζουν το κίνδυνο απώλειας ζωών και πρόκλησης ζημιών τόσο στο κτίριο όσο και στη συνέχιση της λειτουργικότητας του οργανισμού.

Ενεργητικά μέτρα πυροπροστασίας

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 τα συστήματα ενεργητικής πυροπροστασίας αποτελούνται από αυτόματα κυρίως κυκλώματα πυρανίχνευσης, προειδοποίησης (συναγερμός) και πυρόσβεσης.

Σκοπός της εγκατάστασης ενός αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης είναι να ανιχνεύσει και να σημάνει συναγερμό, ώστε να εκκενωθεί το κτίριο έγκαιρα, σε περίπτωση φωτιάς. Ταυτόχρονα μπορεί να δώσει και το έναυσμα για ενεργοποίηση κάποιου συστήματος ή αυτόματου κυκλώματος πυρόσβεσης με απώτερο στόχο την ελαχιστοποίηση κτιριακών ζημιών. Όλα τα πιο πάνω μέτρα για να μπορέσουν να ανταποκριθούν σε ένα επεισόδιο πυρκαγιάς πρέπει να υπόκεινται σε συστηματικό έλεγχο και συντήρηση.

1. Πυρανίχνευση

Ένα σύστημα αυτόματης πυρανίχνευσης πρέπει να περιλαμβάνει [5]:

- I.** Πίνακα
- II.** Καλωδιώσεις
- III.** Ανιχνευτές
- IV.** Φωτεινούς επαναλήπτες
- V.** Σειρήνες συναγερμού
- VI.** Ένδειξη ενεργοποίησης χειροκίνητου συστήματος
- VII.** Εφεδρική πηγή ενέργειας.

Οι ανιχνευτές είναι κυρίως μέγιστης θερμοκρασίας (θερμοδιαφορικοί) και ιονισμού-καπνού οι οποίοι καλύπτουν κυρίως τους επικίνδυνους χώρους έκρηξης πυρκαγιάς.

2. Προειδοποίηση – Συναγερμός

Σε περίπτωση φωτιάς ο συναγερμός προκαλείται [5]:

- I.** Με φωνητική επικοινωνία
- II.** Με χειροκίνητα μέσα
- III.** Με αυτόματα μέσα.

Ο συναγερμός αυτός σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να συνοδεύεται και με ηχογραφημένες ανακοινώσεις για εκκένωση του κτιρίου λόγω πυρκαγιάς ή τρομοκρατικής ενέργειας.

3. Πυρόσβεση

Τα συστήματα πυρόσβεσης μπορεί να είναι αυτόματα ή χειροκίνητα. Τα αυτόματα συστήματα καταιονητήρων (Sprinklers) στόχο έχουν να ελέγξουν την ανάπτυξη πυρκαγιάς και πρέπει να περιέχουν [5]:

I. Δεξαμενή ύδατος

II. Σύνδεση της δεξαμενής με ανεξάντλητη πηγή ύδατος

III. Πυροσβεστικές αντλίες όπου απαιτούνται

IV. Σωληνώσεις καταλλήλων διαμέτρων μετά των αναγκαίων βαλβίδων, μετρητών και συσκευής ανιχνεύσεως της ροής του ύδατος με το σύστημα συναγερμού του κτιρίου

V. Κεφαλές καταιονισμού ‘‘Sprinkler’’.

Ανάλογα με το είδος της φωτιάς χρησιμοποιείται και το ανάλογο κατασβεστικό υλικό (Αφρός, νερό, διοξειδίο του άνθρακα, αλογονούχες ενώσεις ή ξηρή σκόνη).

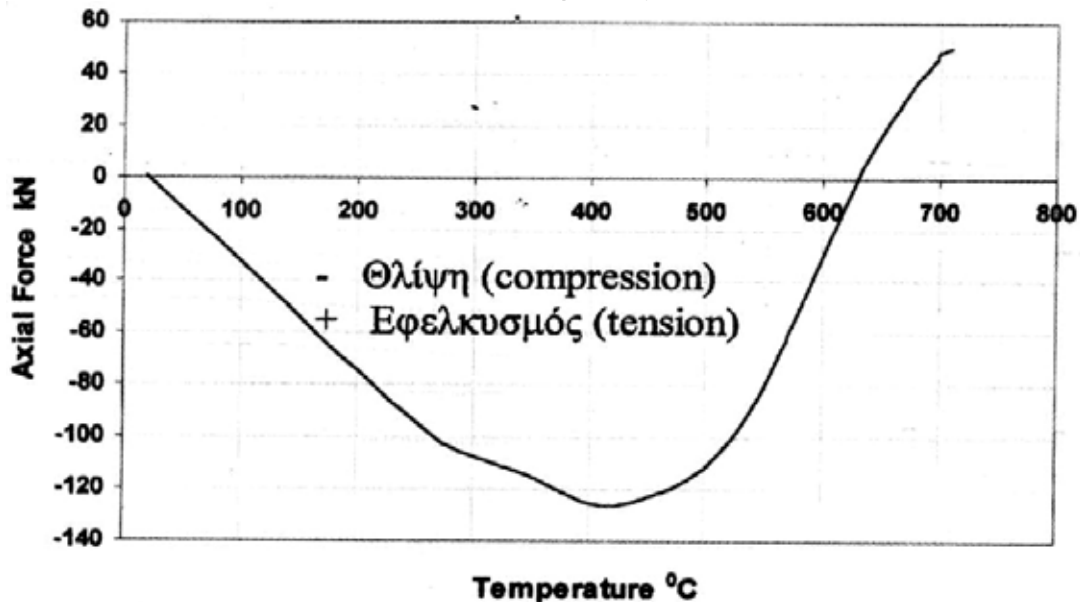
Όταν μερικές από τις πιο πάνω ουσίες είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο (τοξικές, ασφυξιογόνες, κ.λ.π.) επιβάλλεται η λήψη ειδικών μέτρων προστασίας, όπως κατάλληλη σήμανση, αυτόματο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, γραπτές οδηγίες για τους κινδύνους, αναρτημένες σε εμφανή σημεία, καθώς και ορισμένες αναπνευστικές συσκευές για τα μέλη της ομάδας Πυρασφάλειας. Όπου από τις διατάξεις απαιτείται εγκατάσταση αυτόματου συστήματος πυρόσβεσης είναι υποχρεωτική και η εγκατάσταση χειροκίνητων αγγελτήρων πυρκαγιάς.

Οι λύσεις παθητικής και ενεργητικής πυροπροστασίας βγαίνουν μέσα από τη μελέτη και το σχεδιασμό (χρησιμοποιώντας τρισδιάστατα λογισμικά προγράμματα) της συμπεριφοράς του καπνού, του κόσμου και του μεταλλικού πλαισίου, σε διάφορα σενάρια φωτιάς. Το σπουδαιότερο όμως σημείο αυτού του σχεδιασμού είναι η ανάλυση και εξακρίβωση της συμπεριφοράς του μεταλλικού πλαισίου, σαν μιας ενιαίας μονάδας, σε υψηλές θερμοκρασίες, και όχι η απομονωμένη μελέτη των επί μέρους φερόντων δομικών στοιχείων (κολώνες, δοκοί, τοιχία).

Σε καμιά περίπτωση δεν εξυπηρετείται ο αρχικός στόχος των μελετητών που είναι η ασφάλεια των ανθρώπινων ζώων και η μείωση των ζημιών στο κτίριο, αν καταρρεύσει το μεταλλικό πλαίσιο, σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Το μεταλλικό πλαίσιο είναι αποτέλεσμα των ενώσεων μεταξύ των φερόντων μεταλλικών δομικών στοιχείων, όπως φαίνεται και στο σχεδιάγραμμα. Πάνω σε αυτή τη βάση η συμπεριφορά των ενώσεων τόσο σε κανονικές θερμοκρασίες (20°C) όσο και σε υψηλές, επηρεάζει σημαντικά την ολική συμπεριφορά του πλαισίου.

Η ομάδα που συστάθηκε για να μελετήσει τα καταστροφικά γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου τόνισε ότι υπάρχει σημαντική ανάγκη για λεπτομερή μελέτη της συμπεριφοράς των συνδέσεων μεταξύ των στοιχείων του μεταλλικού φορέα, σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα θα βοηθήσουν στη σύσταση κωδίκων αλλά και κατευθυντήριων γραμμών προς τους μελετητές για καλύτερο σχεδιασμό αυτών των ενώσεων και κατ' επέκταση των μεταλλικών πλαισίων.

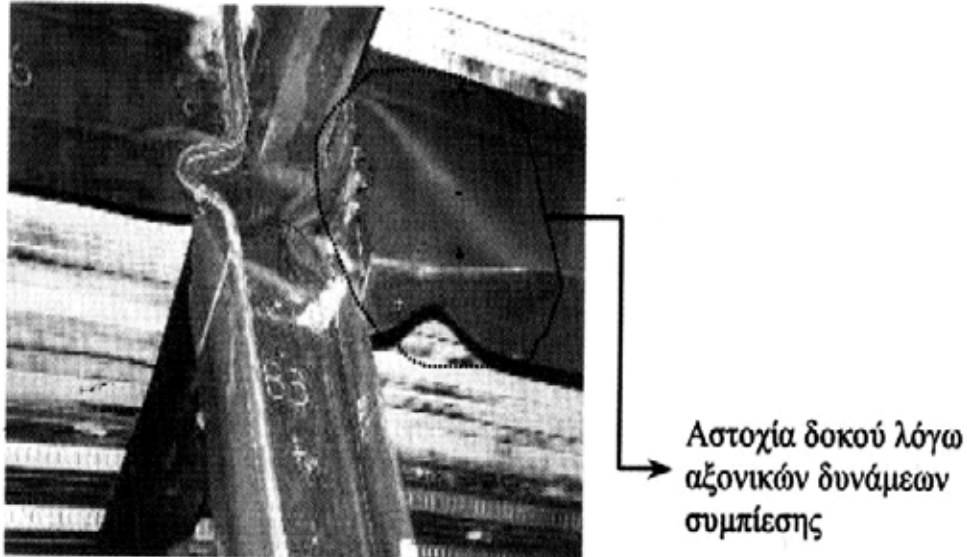


Σχήμα 10: Αξονικές δυνάμεις στη σύνδεση μεταξύ των στοιχείων του μεταλλικού φορέα

Από πειράματα και έρευνες που έγιναν σε τρισδιάστατα αλλά και δισδιάστατα μεταλλικά πλαίσια [6-9], κάτω από συνθήκες πυρκαγιάς, έχει διαπιστωθεί ότι οι συνδέσεις μελών του μεταλλικού φορέα, κατά τα αρχικά στάδια της αλλαγής της θερμοκρασίας υπόκεινται σε αξονικές δυνάμεις θλίψης (compression), λόγω διαστολής της δοκού. Στη συνέχεια, σε υψηλότερες θερμοκρασίες οι αξονικές δυνάμεις αντιστρέφονται σε δυνάμεις εφελκυσμού (tension), λόγω της αλλοίωσης της δοκού (βλέπε Σχήμα 10-Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων πάνω στην ένωση, μετά από ανάλυση που έγινε με το λογισμικό πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων VULCAN [10-13]. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα πειραματικά αποτελέσματα).

Ουσιαστικά η μελέτη των ενώσεων σε υψηλές θερμοκρασίες έχει αναλυθεί και ερευνηθεί πειραματικά από τον αρθρογράφο [14-16]. Επειδή οι ενώσεις σε σενάριο φωτιάς υπόκεινται σε αξονικές δυνάμεις θλίψης και εφελκυσμού ο σωστότερος τρόπος ανάλυσης και εισαγωγής τους σε λογισμικά προγράμματα είναι με την αντιπροσώπευση της κάθε ζώνης – θλίψης, εφελκυσμού και

διάτμησης (tension, compression and shear zone) – με ξεχωριστά ελατήρια ελαστο-πλαστικής συμπεριφοράς τα οποία θα υπόκεινται σε αξονικές δυνάμεις λόγω φωτιάς και λόγω ροπών κάμψης. Οι ροπές κάμψης στα άκρα του μέλους προκαλούν αξονικές δυνάμεις στα ελατήρια, ανάλογα με την ένταση τους και την μεταξύ τους απόσταση (βλέπε Σχήμα 11).



Σχήμα 11: Ένωση μετά από σενάριο φωτιάς – Cardington [6-8]

Η ανάλυση των ενώσεων σε υψηλές θερμοκρασίες γίνεται βάσει της θεωρίας (Component Method [17]) όπως περιγράφεται στον Ευρωκώδικα 3 Annex J[18] που είναι για κανονική θερμοκρασία (20°C).

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην ανάλυση των διάφορων ζωνών – θλίψης, εφελκυσμού και διάτμησης που προκύπτουν από ροπές στρέψης και επιπλέον αξονικές δυνάμεις λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, σε πιο μικρά τμήματα ή μονάδες (components).

Αυτά τα τμήματα ή μονάδες (component) έχουν ερευνηθεί πειραματικά και θεωρητικά τόσο σε κανονικές όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Στόχος ήταν να εξακριβωθεί η συμπεριφορά αυτών των τμημάτων μέσα από τον υπολογισμό του βαθμού ακαμψίας και των μέγιστων δυνάμεων εφελκυσμού και θλίψης που μπορεί να υποστούν ανάλογα με το γεωμετρικό και δυναμικό τους σχήμα.

Στην συνέχεια αυτή η μεμονωμένη συμπεριφορά των τμημάτων αντικατοπτρίζεται με ελαστοπλαστικά ελατήρια των ζωνών εφελκυσμού, θλίψης και διάτμησης με αποτέλεσμα να υπολογίζεται ο ολικός βαθμός ακαμψίας και η μέγιστη δύναμη εφελκυσμού, θλίψης ή διάτμησης που μπορεί να υποστεί μια ένωση.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΩΣΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Συνοψίζοντας θα μπορούσαμε να προτείνουμε μετρικούς απλούς κανόνες για την σωστή συμπεριφορά του φ.ο. ενός κτιρίου από σκυρόδεμα κατά την διάρκεια ενός σεισμού , έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα της κατασκευής .

Τα παρακάτω αφορούν κτίρια τα οποία έχουν κατασκευαστεί με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 με τα τότε οριζόμενα σεισμικά φορτία.

Έτσι λοιπόν ένα κτίριο μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές κατά την διάρκεια ενός σεισμού όταν πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις :

- Να μην έχει πιλοτή ή να μην παρουσιάζει έντονη μείωση των τοιχοποιϊών πλήρωσης σε άλλους ορόφους .
- Τα όποια τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα να είναι συνεχή μέχρι τα θεμέλια.
- Να μην δημιουργούνται ασυνέχειες δυσκαμψιών . Δηλαδή η δυσκαμψία του υπερκείμενου ορόφου να μην είναι ούτε μεγαλύτερη κατά 35 % του υποκείμενου ούτε μικρότερη του 50% αυτής .
- Να μην δημιουργούνται ασυνέχειες μαζών. Ισχύουν τα ίδια όρια με αυτά των δυσκαμψιών.
- Η συνισταμένη δυσκαμψία να βρίσκεται στον πυρήνα της κάτοψης του κτιρίου.
- Το κτίριο να μην είναι στρεπτικώς ευαίσθητο.
- Οι αποστάσεις των υποστυλωμάτων να μην ξεπερνούν τα 6.0 m σε καμία διεύθυνση.
- Η κάτοψη θα πρέπει να δημιουργεί ένα κλειστό- κυρτό σύστημα.
- Να μην υπάρχουν σημαντικού ανοίγματος πρόβολοι εκτός της περιμέτρου του κτιρίου , έτσι ώστε η κάτοψη να μην αυξάνει πέραν του 30% από την κάτοψη που καθορίζεται από τα περιμετρικά υποστυλώματα.
- Το έδαφος θεμελίωσης να είναι ομοιόμορφο.
- Να μην υπάρχουν δείγματα υποσκαφής των θεμελίων.
- Το κτίριο θα πρέπει να είναι πανταχόθεν ελεύθερο, ώστε η συμπεριφορά του να μην επηρεάζεται από τα γειτονικά σε αυτό κτίρια.
- Τα υλικά δεν θα πρέπει να έχουν πάθει διάβρωση ή να έχουν χάσει τις ιδιότητές τους με την πάροδο του χρόνου.
- Δεν θα πρέπει να έχουν διαμορφωθεί κοντά υποστυλώματα ή κοντά δοκάρια.

- Η χρήση του κτιρίου να είναι τέτοια ώστε να μην επιβαρύνεται από φορτία μεγαλύτερα από εκείνα της μελέτης.

Τα παραπάνω θα πρέπει να ισχύουν πάντα και σε όλες τις περιπτώσεις. Τυχόν επεμβάσεις που έχουν γίνει στο κτίριο δεν θα πρέπει να επηρεάζουν καθόλου τα παραπάνω.

5. Η προστασία ενσωματωμένων σιδηρών στοιχείων

Δεν πρέπει πάντως να λησμονείται πως οι χημικές διαδικασίες είναι αμείλικτες και κάποτε θα επιφέρουν την καταστροφή οποιουδήποτε έργου. Έχει όμως μεγάλη σημασία αν αυτό θα γίνει σε μερικά χρόνια, μερικές δεκαετίες, μερικούς αιώνες ή μερικές χιλιετίες.

Στην περίπτωση των ενσωματωμένων σιδηρών στοιχείων έχουν παρατηρηθεί ευρύτατες διακυμάνσεις του χρόνου ζωής σε συνάρτηση προς το πορώδες της καλυπτικής στρώσης του σιδήρου. Έτσι μπορούν να διατυπωθούν οι επόμενες συστάσεις για την προστασία τους.

α. Ιδιαίτερη επιμέλεια για στοιχεία μέσα σε στρώσεις που έχουν από τη μια μεριά το εσωτερικό του κτιρίου και από την άλλη το ύπαιθρο, όπως βεράντες ρετιρέ και ταράτσες, γιατί οι υδρατμοί από το εσωτερικό του κτιρίου συμπυκνώνονται μέσα στην ψυχρότερη αυτή στρώση διαπερνώντας την πλάκα του μπετόν και «παρασύροντας» κατά ένα τρόπο το διοξείδιο του άνθρακος. Επί πλέον υπάρχει πάντα ο κίνδυνος διείσδυσης νερών από ατελή στεγάνωση του περιβλήματος του κτιρίου, ή διαρροές του συστήματος αποχέτευσης. Για τους λόγους αυτούς συνιστάται, αν η διέλευση σωληνώσεων μέσα σε τέτοιες στρώσεις είναι αναπόφευκτη, να γίνεται πολύ καλή προστασία τους με αντισκωριακούς χρωματισμούς, επάλειψη με ασφαλικό βερνίκι, περιτύλιγμα με υφαντό υαλοϋφασμα εμποτιζόμενο με ασφαλικό βερνίκι, και περιβολή με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα από άμμο μπετόν με προσθήκη στεγανοποιητικού. Το τσιμεντοκονίαμα αυτό μπορεί να γίνεται και έξω από θερμομονωτικό περίβλημα αφρώδους πλαστικού, συντελώντας και στη μηχανική προστασία του.

Στη συνέχεια διάστρωση ελαφροκονιάματος με «αδρανή» που δίνουν βεβαιότητα πως δεν περιέχουν διαβρωτικά στοιχεία, όπως είναι ο περλίτης.

β. Για στρώσεις που είναι στο εσωτερικό του κτιρίου, να γίνεται πάντοτε η βαφή των σιδηρών στοιχείων και η προστασία με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα, οπότε στο ελαφροκονίαμα μπορεί να εισάγεται ένα ποσοστό φυσαλλίδων μέχρι ποσοστό 40% παράλληλα προς τους κόκκους περλίτη, οπότε είναι δυνατό το ανέβασμα του με αντλία κονιαμάτων.

Ιδιαίτερη προσοχή να δίνεται στην προστασία σιδηροσωλήνων που μεταφέρουν νερό ψύξης για κλιματισμό με τοπικά ψυκτικά σώματα, γιατί στην επιφάνεια τους συμπυκνώνονται οι υδρατμοί. Θα είναι σκόπιμο σ' αυτούς τους σωλήνες να εφαρμόζονται οι καλύψεις που αναφέρθηκαν στο α.

γ. Να επιδιώκεται σε κάθε περίπτωση η καλή στεγάνωση του περιβλήματος του κτιρίου, γιατί τα νερά που διεισδύουν από αυτό καταλήγουν κατά κανόνα στα διάκενα μεταξύ των πλακών του μπετόν και της επίστρωσης του δαπέδου.

Θεμελιώσεις

Ένα σημαντικό κριτήριο για το σχεδιασμό θεμελιώσεων αντισεισμικών κατασκευών είναι ότι το σύστημα θεμελίωσης πρέπει να είναι ικανό να στηρίξει τα φορτία σχεδιασμού λόγω βαρύτητας ενώ παράλληλα να διατηρεί τους επιλεγμένους μηχανισμούς διάχυσης της σεισμικής ενέργειας. Το σύστημα θεμελίωσης σ' αυτή την περίπτωση περιλαμβάνει το φορέα θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα ή τοιχοποιία, τους πασσάλους ή τα φρέατα και το έδαφος έδρασης.

Για τη σύλληψη ενός αξιόπιστου συστήματος θεμελίωσης, είναι βασικό να ορίζονται με σαφήνεια όλοι οι μηχανισμοί με τους οποίους μεταβιβάζονται στο έδαφος οι σεισμικές δράσεις του φορέα. Στη συνέχεια, ο ρόλος της διάχυσης ενέργειας μπορεί να αποδοθεί στην ανωδομή ή και στο φορέα θεμελίωσης, με τρόπο που οι αναμενόμενες απαιτήσεις τοπικής παραμόρφωσης να παραμείνουν μέσα στις αναγνωρισμένες δυνατότητες των επιλεγμένων στοιχείων σκυροδέματος ή τοιχοποιίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι οποιαδήποτε βλάβη μπορεί να προκληθεί στο σύστημα θεμελίωσης δε θέτει σε κίνδυνο τη φέρουσα ικανότητα σχετικά με τα φορτία βαρύτητας.

Κατά την ανασκόπηση των γενικών αρχών που μπορεί να διέπουν την επιλογή συστήματος θεμελίωσης, θα εξεταστούν οι δυνατοί μηχανισμοί αστοχίας οι σχετικοί με σεισμικές δράσεις. Στην ανασκόπηση αυτή, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ξεχωριστά στα συστήματα θεμελίωσης που είναι κατάλληλα να στηρίζουν ανωδομές τύπου πλάστιμου πλαισίου και ανωδομές τύπου φέροντος τοιχώματος. Ωστόσο, δεν επιχειρούμε να δώσουμε λεπτομερείς

συστάσεις για τη διαστασιολόγηση και διαμόρφωση λεπτομερειών των στοιχείων φορέων θεμελίωσης, καθώς εφαρμόζονται οι αρχές που ισχύουν για τα στοιχεία τυπικών ανωδομών.

Η αναμενόμενη σεισμική απόκριση του φορέα θεμελίωσης υπαγορεύει την αναγκαία διαμόρφωση λεπτομερειών όπλισης. Όπου δεν υπάρχει δυνατότητα να αναπτυχθούν ανελαστικές παραμορφώσεις στη διάρκεια σεισμικής απόκρισης, είναι επαρκής η διαμόρφωση λεπτομερειών όπλισης, όπως στα στοιχεία θεμελίωσης που υποβάλλονται σε φορτία προκαλούμενα από βαρύτητα και άνεμο. Όμως, όπου στη διάρκεια επιβολής σεισμικών δράσεων πρέπει να συμβεί διαρροή σε ορισμένα από τα στοιχεία του φορέα θεμελίωσης, τα επηρεαζόμενα στοιχεία πρέπει να έχουν διαμόρφωση λεπτομερειών σύμφωνα με τις αρχές που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, για να τους επιτρέψουν να υποστηρίξουν τις επιβαλλόμενες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Άρα, στο στάδιο σύλληψης του σχεδιασμού πρέπει να ληφθεί σαφής απόφαση σχετικά με την αποδοχή ανελαστικών παραμορφώσεων μέσα στο σύστημα θεμελίωσης.

Οι ροπές και οι τέμνουσες στο σύστημα θεμελίωσης μπορεί να επηρεαστούν έντονα από την κατανομή των εδαφικών πιέσεων αντίδρασης, που προκαλούνται στο έδαφος έδρασης. Συνεπώς, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες της αντοχής και ακαμψίας του εδάφους, ιδιαίτερα σε επαναλαμβανόμενες δυναμικές δράσεις, εξετάζοντας διάστημα πιθανών τιμών για τις εδαφικές ιδιότητες.

Ταξινόμηση της απόκρισης της θεμελιώσεως

Πρέπει να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ ελαστικής και ανελαστικής απόκρισης για την ανωδομή και για το σύστημα θεμελίωσης. Αυτή η διάκριση είναι προϋπόθεση της τερμινιστικής φιλοσοφίας του αντισεισμικού σχεδιασμού. Αν και υπάρχουν περιπτώσεις όπου το σύνθετο σύστημα ανωδομής - θεμελίωσης δε συμφωνεί εύκολα με τις κατηγορίες που παρουσιάζονται εδώ, οι αρχές που περιγράφονται επιτρέπουν στους μελετητές να αναπτύξουν με ευκολία κατάλληλες προσεγγίσεις για ενδιάμεσα συστήματα. Η επιλογή μεταξύ ελαστικής και ανελαστικής απόκρισης θεμελίωσης εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από τη φιλοσοφία που υιοθετείται για το σχεδιασμό της ανωδομής.

• Πλάστιμες ανωδομές

Για να επιτρέψουμε σε μία τέτοια πλάστιμη ανωδομή να αναπτύξει την πλήρη αντοχή της κάτω από την επίδραση οριζοντίων δυνάμεων, και συνεπώς και την αποκοπούμενη πλαστιμότητα, ο φορέας θεμελίωσης πρέπει να είναι ικανός να μεταβιβάσει τις δράσεις υπεραντοχής από την ανωδομή στο έδαφος έδρασης ή τους πασσάλους.

• Ελαστικές ανωδομές

Σε ορισμένες περιπτώσεις η απόκριση της ανωδομής στον ισχυρότερο αναμενόμενο σεισμό είναι ελαστική. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα απόφασης σχεδιασμού ή απαιτήσεων κανονισμού για ελάχιστα ποσοστά οπλισμού στην ανωδομή, τα οποία παρέχουν επαρκή αντοχή για πραγματικά ελαστική απόκριση. Συστήματα

θεμελίωσης που στηρίζουν τέτοιες ελαστικές ανωδομές μπορούν συνεπώς να καταταχθούν σε τρεις ομάδες:

α) Ελαστικά συστήματα θεμελίωσης

Όταν είναι κατάλληλη η διαδικασία σχεδιασμού ελαστικής απόκρισης, ολόκληρο το δόμημα μαζί με τη θεμελίωση αναμένεται να αποκριθεί μέσα στα ελαστικά όρια. Συνήθως, τα κριτήρια συνολικής ευστάθειας (ανατροπής) για αυτή την υψηλή στάθμη οριζοντίων δυνάμεων μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο σε περιοχές χαμηλής σεισμικότητας ή σε χαμηλά κτίρια με φέροντα τοιχώματα.

β) Πλάστιμα συστήματα θεμελίωσης

Όταν η πιθανή αντοχή της ανωδομής σε σχέση με τις καθοριζόμενες οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις είναι υπερβολική, ο μελετητής μπορεί να επιλέξει το φορέα θεμελίωσης για να περιορίσει τις οριζόντιες δυνάμεις που πρόκειται να αναληφθούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις, επιλέγεται ο φορέας θεμελίωσης παρά η ανωδομή ως ώρια πηγή διάχυσης ενέργειας στη διάρκεια της ανελαστικής απόκρισης. Όλες οι απαιτήσεις σχετικά με την πλάστιμη συμπεριφορά είναι εφαρμόσιμες στο σχεδιασμό στοιχείων ενός τέτοιου φορέα θεμελίωσης. Όμως, πριν επιλέξει ένα τέτοιο σύστημα, ο μελετητής πρέπει να σταθμίσει προσεκτικά τις συνέπειες πιθανής βλάβης στη διάρκεια σεισμών μέτριας έντασης. Οι ρωγμές, που μπορεί να είναι μεγάλες αν έχει συμβεί κάποια διαρροή και οι αποφλοιώσεις του σκυροδέματος μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστούν. Επιπλέον, λόγω της δυσκολίας πρόσβασης στα μέλη του φορέα θεμελίωσης, η οποία μπορεί κάλλιστα να είναι κάτω από

τη στάθμη των υπογείων υδάτων, οι εργασίες επισκευών θα είναι μάλλον δαπανηρές.

γ) Λικνιζόμενα στατικά συστήματα

Ένα συνηθισμένο χαρακτηριστικό στο σχεδιασμό αντισεισμικών φερόντων τοιχωμάτων είναι η δυσκολία με την οποία το σύστημα θεμελίωσης μπορεί να απορροφήσει την καμπτική ικανότητα τέτοιων τοιχωμάτων, ακόμη κι όταν είναι μέτρα οπλισμένα, χωρίς να γίνει ασταθές (δηλαδή χωρίς να ανατραπεί). Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο μελετητής μπορεί να επιλέξει ως ώριο μηχανισμό αντίστασης στο σεισμό τη λίκνιση μερών ή και ολόκληρου του φορέα. Επομένως, τα λικνιζόμενα μέρη της ανωδομής και τα αντίστοιχα μέλη της θεμελίωσης μπορούν σχεδιαστούν ώστε να παραμείνουν ελαστικά στη διάρκεια των λικνιστικών κινήσεων.

Φορείς θεμελίωσης για πλαίσια

• Μεμονωμένα πέδιλα

Δυνάμεις από φορτία βαρύτητας και σεισμικές δυνάμεις σε μεμονωμένα υποστυλώματα μπορούν να μεταβιβαστούν στο έδαφος θεμελίωσης με μεμονωμένα πέδιλα. Η ικανοτική ροπή ανατροπής τέτοιων πέδιλων εξαρτάται από το αξονικό θλιπτικό φορτίο, που δρα στα υποστυλώματα ταυτόχρονα με την οριζόντια σεισμική δύναμη, κι από τις διαστάσεις του πέδिलου.

Η συνηθισμένη και επιθυμητή περίπτωση, όπου η πλαστική άρθρωση στη βάση του υποστυλώματος μπορεί να αναπτυχθεί με καμπτική υπεραντοχή ενώ το υποστυλώμα παραμένει ελαστικό. Αν

το πέδιλο δεν είναι αρκετά μεγάλο, μπορεί να συμβεί λίκνιση ή κλίση λόγω πλαστικών παραμορφώσεων στο έδαφος. Όταν το πέδιλο δεν προστατεύεται με την εφαρμογή αρχών ικανοτικού σχεδιασμού, μπορεί να αναπτυχθούν ανελαστικές παραμορφώσεις μόνο στο πέδιλο. Αν συμβούν αυτές οι παραμορφώσεις λόγω σεισμικής προσβολής και στην άλλη διεύθυνση, μπορεί να χαθεί η φέρουσα ικανότητα στις ακμές του πέδιλου, για την ανάληψη φορτίων βαρύτητας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη διαμόρφωση λεπτομερειών όπλισης του κόμβου υποστυλώματος-πεδίλου. Μεμονωμένα πέδιλα του τύπου που εξετάστηκε εδώ είναι κατάλληλα μόνο για μονώροφα ή διώροφα κτίρια.

• Πέδιλα με συνδετήριες δοκούς

Ένας πιο εφικτός τρόπος για την απορρόφηση μεγάλων ροπών που μεταβιβάζονται από πλαστικές αρθρώσεις στις βάσεις υποστυλωμάτων είναι η χρήση άκαμπτων συνδετήριων δοκών μεταξύ των πέδιλων. Το ύψος των συνδετήριων δοκών συνήθως επιτρέπει τις ροπές υπεραντοχής από τις βάσεις των υποστυλωμάτων να αναληφθούν με ευκολία από την υπολογιστική αντοχή των δοκών. Αν και τα ίδια τα πέδιλα μπορεί να μεταβιβάζουν κάποιες ροπές, συνήθως αρκεί αυτά να σχεδιαστούν για να μεταβιβάζουν στο έδαφος μόνο τα αξονικά φορτία των υποστυλωμάτων, λόγω δυνάμεων βαρύτητας και σεισμικών δυνάμεων.

Όταν η υπολογιστική αντοχή του φορέα θεμελίωσης, βασίζεται στο φορτίο που εισάγεται από την ανωδομή σε στάθμη

υπεραντοχής, δε θα συμβεί διαρροή και συνεπώς δε χρειάζεται να εφαρμοστούν οι ειδικές απαιτήσεις λεπτομερειών για πλαστιμότητα. Οι κόμβοι μεταξύ υποστυλωμάτων και συνδετήριων δοκών πρέπει να τύχουν της δέουσας προσοχής. Αν χρειάζεται να μειωθεί η τάση έδρασης των πέδιλων, τότε μπορούν να ενωθούν, για να προκύψει κοινό πέδιλο.

Όταν το στρώμα ασφαλούς έδρασης είναι σε μεγαλύτερο βάθος, συχνά χρησιμοποιούνται κοντά υποστυλώματα ή βάρθρα που εκτείνονται του πέδिलου και της συνδετήριας δοκού. Τα κοντά υποστυλώματα απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή αν πρόκειται να αποφευχθούν οι ανελαστικές παραμορφώσεις και η διατμητική αστοχία. Γενικά, είναι προτιμότερο να περιοριστεί η διάχυση ενέργειας σ τις πλαστικές αρθρώσεις των υποστυλωμάτων πάνω από τις συνδετήριες δοκούς.

Συνδετήριες δοκοί που εκτείνονται και στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις εξυπηρετούν επίσης το σκοπό εξασφάλισης της ενεργού αλληλεπίδρασης όλων των στοιχείων μέσα στο σύστημα θεμελίωσης, ως ενιαίας μονάδας.

Οι εκτιμήσεις μεταβίβασης οριζοντίου φορτίου μεταξύ πέδιλων και εδάφους είναι μάλλον χονδροειδείς. Συνεπώς, πρέπει να γίνει κάποια πρόβλεψη για την οριζόντια κατανομή των οριζοντίων δυνάμεων μεταξύ μεμονωμένων βάσεων υποστυλωμάτων. Οι κανονισμοί συνιστούν αυθαίρετες στάθμες αξονικών δυνάμεων που παράγουν θλίψη ή εφελκυσμό, που πρέπει να ληφθούν υπόψη μαζί με τις ροπές κάμψης που δρουν στις συνδετήριες δοκούς ή θεμελιοδοκούς. Η τυπική στάθμη της δύναμης σχεδιασμού για τέτοια δοκό είναι της τάξης του 10% του μεγίστου αξονικού φορτίου που

θα μεταβιβαστεί από οποιοδήποτε από τα δύο γειτονικά υποστυλώματα.

Προσοχή πρέπει να δοθεί στην προσομοίωση της βάσης υποστυλωμάτων για πλάστιμα πλαίσια. Η κοινή παραδοχή πλήρους πάκτωσης στη βάση του υποστυλώματος μπορεί να ισχύει μόνο για υποστυλώματα που στηρίζονται σε άκαμπτες θεμελιώσεις με γενική κοιτόστρωση ή σε μεμονωμένα πέδιλα που εδράζονται σε κοντούς άκαμπτους πασσάλους ή σε τοιχώματα υπογείων. Πέδιλα θεμελίων που εδράζονται σε παραμορφώσιμο έδαφος μπορεί να έχουν σημαντική δυνατότητα στροφής, που καταλήγει σε ροπές υποστυλωμάτων του κατώτερου ορόφου σημαντικά διαφορετικές απ' αυτές που προκύπτουν με την παραδοχή άκαμπτης βάσης. Η συνέπεια μπορεί να είναι μη αναμενόμενη άρθρωση υποστυλώματος στην κορυφή των υποστυλωμάτων του κατώτερου ορόφου.

• Υπόγεια

Όταν υπάρχουν υπόγεια που εκτείνονται σε έναν ή περισσότερους ορόφους κάτω από το ισόγειο, και η σχετική μετακίνηση στο πρώτο ή το δεύτερο υπόγειο είναι πολύ μικρή λόγω της παρουσίας των τοιχωμάτων του υπογείων, τότε έχουμε ιδανικές συνθήκες θεμελίωσης για τα πλάστιμα πλαίσια της ανωδομής. Επομένως, κανονικά δεν πρέπει να προκύψουν δυσκολίες στην εξασφάλιση ελαστικού συστήματος θεμελίωσης που θα απορροφήσει με ευκολία τις δράσεις από την ανωδομή στη στάθμη υπεραντοχής.

Θεμελιώσεις για συστήματα φερόντων τοιχωμάτων

Συχνά, η σεισμική αντίσταση, αντί να είναι κατανεμημένη σε ολόκληρη την κάτοψη του κτιρίου, είναι συγκεντρωμένη σε μερικές θέσεις όπου έχουν τοποθετηθεί φέροντα τοιχώματα. Ως επακόλουθο, η τοπική απαίτηση για τη θεμελίωση μπορεί να είναι πολύ μεγάλη και μάλιστα κρίσιμη. Η συμπεριφορά του συστήματος θεμελίωσης επηρεάζει έντονα την απόκριση της ανωδομής από φέροντα τοιχώματα.

• **Ελαστικές θεμελιώσεις τοιχωμάτων**

Ο σχεδιασμός ελαστικών συστημάτων θεμελίωσης για ελαστικά αποκρινόμενους φορείς δεν είναι πολύπλοκος. Οι απλές αρχές που αφορούν τις πλάστιμες ανωδομές μπορούν να διατυπωθούν ως εξής:

1. Οι δράσεις που μεταβιβάζονται στο φορέα θεμελίωσης πρέπει να προκύψουν από τον κατάλληλο συνδυασμό σεισμικών δράσεων και δράσεων βαρύτητας, κατά την ανάπτυξη υπεραντοχής των σχετικών διατομών που διαρρέουν σε κάμψη σύμφωνα με τις αρχές του ικανοτικού σχεδιασμού. Για να προσδιοριστούν οι αντίστοιχες δράσεις σχεδιασμού σε διάφορα στοιχεία του φορέα θεμελίωσης, πρέπει να προσδιοριστούν οι κατάλληλες “εδαφικές επιδράσεις” ή “αντιδράσεις πασσάλων”. Σ' αυτή τη διαδικασία, ίσως χρειαστεί να γίνουν περιοριστικές παραδοχές για να καλυφθούν αβεβαιότητες στην αντοχή και την ακαμψία του εδάφους. Όταν οι θεμελιώσεις σχεδιάζονται για πλάστιμα τοιχώματα - προβόλους, οι δράσεις που μεταβιβάζονται από την ανελαστική ανωδομή στο φορέα θεμελίωσης πρέπει να είναι:

- α)** Η ροπή κάμψης πρέπει να είναι αυτή που αντιστοιχεί στην καμπτική υπεραντοχή της διατομής βάσης του τοιχώματος, που αναπτύσσεται ταυτόχρονα με το φορτίο βαρύτητας πολλαπλασιασμένο με τους κατάλληλους συντελεστές.
- β)** Η σεισμική τέμνουσα, που υποτίθεται ότι μεταβιβάζεται στη βάση του προβόλου, πρέπει να λαμβάνεται ως η κρίσιμη τέμνουσα που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό της ζώνης πλαστικής άρθρωσης του τοιχώματος, δηλαδή $V_{wall} = \omega \cdot \phi \cdot V_E$ όπου ω είναι συντελεστής δυναμικής μεγέθυνσης τέμνουσας και V_E τέμνουσα που λαμβάνεται από τις οριζόντιες δυνάμεις που καθορίζει ο κανονισμός.
2. Όλα τα στοιχεία του φορέα θεμελίωσης πρέπει να έχουν υπολογιστικές αντοχές ίσες ή μεγαλύτερες από τις ροπές και τις δυνάμεις που προκύπτουν από τη σεισμική υπεραντοχή της ανωδομής τοιχωμάτων.
3. Οι επιφάνειες έδρασης των πέδιλων, πασσάλων, ή φρεάτων πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να αναπτύσσονται αμελητέες ανελαστικές παραμορφώσεις στο έδαφος έδρασης, κάτω από την επίδραση των δράσεων που αντιστοιχούν στην υπεραντοχή της ανωδομής.
4. Επειδή η διαρροή, και συνεπώς η διάχυση ενέργειας, δεν αναμένεται να συμβεί σε στοιχεία φορέα θεμελίωσης που έχει σχεδιαστεί μ' αυτό τον τρόπο, δε χρειάζεται να ικανοποιούνται οι ειδικές απαιτήσεις για αντισεισμική διαμόρφωση των λεπτομερειών όπλισης. Αυτό, για παράδειγμα, σημαίνει ότι μπορεί να δοθεί αξιοπιστία στη συμβολή του σκυροδέματος να αναλάβει τέμνουσες, και ότι ο εγκάρσιος οπλισμός περίσφιγξης

του σκυροδέματος ή σταθεροποίησης των θλιβομένων ράβδων χρειάζεται να διατίθεται μόνο σε φορείς οπλισμένου σκυροδέματος με φορτία βαρύτητας.

5. Οι αρχές που περιγράφονται πιο πάνω ισχύουν εξίσου για τοιχώματα από τοιχοποιία και τοιχώματα πλάστιμων μικτών στατικών συστημάτων.

• Πλάστιμες θεμελιώσεις τοιχωμάτων

Για τον τύπο απόκρισης θεμελίωσης, η κύρια πηγή διάχυσης ενέργειας αναμένεται να είναι ο φορέας θεμελίωσης. Και πάλι τονίζεται ότι οι συνέπειες της εκτεταμένης ρηγμάτωσης των στοιχείων που είναι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά πριν υιοθετηθεί αυτό το σύστημα. Όταν προχωρήσουμε στο σχεδιασμό, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα επόμενα θέματα:

1. Θεμελίωσης, ο μελετητής πρέπει να ορίσει με σαφήνεια τις περιοχές διαρροής. Επιπλέον, όταν τα μέλη έχουν διαστάσεις αξιοσημείωτα διαφορετικές από εκείνες που συναντώνται σε πλαίσια, η ικανότητα πλαστιμότητας που πιθανόν θα απαιτηθεί στις πιθανές πλαστικές αρθρώσεις ίσως χρειαστεί να ελεγχθεί. Αν πρόκειται να συμβεί διάχυση ενέργειας σε στοιχεία του φορέα. Όταν το στοιχείο θεμελίωσης είναι κοντό, ο λόγος μήκους προς ύψος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον προσδιορισμό της πλαστιμότητας που μπορεί αξιόπιστα να αναπτύξει, όπως για τοιχώματα-προβόλους. Σ' αυτή την περίπτωση, ως μήκος της συνδετήριας δοκού ή του τοιχώματος πρέπει να λαμβάνεται η απόσταση μεταξύ του σημείου μηδενικής

ροπής και της διατομής με τη μέγιστη ροπή, στην οποία αποσκοπείται η ανάπτυξη πλαστικής άρθρωσης.

2. Τέτοιες θεμελιώσεις είναι πιθανό να ανήκουν στην κατηγορία φορέων με περιορισμένη ικανότητα πλαστιμότητας. Για το σχεδιασμό αυτών των φορέων, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα αυξημένες οριζόντιες δυνάμεις.
3. Οι τέμνουσες σχεδιασμού για στοιχεία του φορέα θεμελίωσης πρέπει να βασίζονται στις διαδικασίες του ικανοτικού σχεδιασμού, με την εκτίμηση της καμπτικής υπεραντοχής των πιθανών πλαστικών αρθρώσεων. Σε μέλη θεμελιώσεων με μεγάλο ύψος διατομής όπου η διάτρηση είναι κρίσιμη, ίσως είναι κατάλληλος ο διαγώνιος κύριος οπλισμός, όπως στο σύστημα που χρησιμοποιείται στις δοκούς ζεύξης συζευγμένων τοιχωμάτων. Λόγω σπανιότητας της πειραματικής μαρτυρίας σε σχέση με την πλαστική συμπεριφορά συστημάτων θεμελίωσης, πρέπει να υιοθετούνται με προσοχή συντηρητικές διαδικασίες διαμόρφωσης λεπτομερειών. Οι υπάρχουσες συστάσεις των κανονισμών δεν καλύπτουν τους κινδύνους για τέτοιες περιπτώσεις.
4. Για να προσδιοριστεί η απαιτούμενη αντοχή της ελαστικής ανωδομής, εφαρμόζεται η διαδικασία του ικανοτικού σχεδιασμού με αντίστροφο τρόπο απ' ό,τι εφαρμόζεται, για παράδειγμα, στα πλάστιμα πλαίσια. Αυτό επιτρέπει την εκτίμηση της έντασης των οριζοντίων δυνάμεων σχεδιασμού που αναλαμβάνονται από ολόκληρο το στατικό σύστημα.
5. Ανωδομές τοιχωμάτων που η υπολογιστική αντοχή της υπερβαίνει την αντίστοιχη καμπτική υπεραντοχή του πλάστιμου

συστήματος θεμελίωσης δε χρειάζεται να ικανοποιούν τις ειδικές αντισεισμικές απαιτήσεις διαμόρφωσης λεπτομερειών.

• **Λικνιζόμενα Συστήματα τοιχωμάτων**

Έχει πια αναγνωριστεί ότι, με την κατάλληλη μελέτη, η λίκνιση μπορεί να είναι ένας αποδεκτός τρόπος διάχυσης ενέργειας. Για την ακρίβεια, η ικανοποιητική απόκριση ορισμένων φορέων στους σεισμούς μπορεί να αποδοθεί μόνο στη λίκνιση της θεμελίωσης. Για τους μηχανισμούς λίκνισης, η ανωδομή τοιχωμάτων και ο φορέας θεμελίωσης της πρέπει να θεωρηθούν ενιαίο στοιχείο. Σ' αυτή την περίπτωση, η λίκνιση συνεπάγεται αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής. Εδώ, δεν υποδηλώνεται λίκνιση σε άλλες στάθμες του κτιρίου ή λίκνιση ενός μέρους της ανωδομής πάνω σε άλλο. Για να επαληθευτεί η βιωσιμότητα, ο σχεδιασμός πρέπει να βασίζεται σε ειδικές μελέτες, στις οποίες να συμπεριλαμβάνονται και οι κατάλληλες δυναμικές αναλύσεις. Τα επόμενα θέματα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν σχεδιάζονται οι θεμελιώσεις:

1. Το κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού πάνω στο λικνιζόμενο φορέα θεμελίωσης τοιχώματος πρέπει να προσδιορίζεται από τα φορτία βαρύτητας πολλαπλασιασμένα με τους αντίστοιχους συντελεστές, μαζί με τις συμβολές από τις πλάκες, τις δοκούς, και τα υπόλοιπα στοιχεία που γειτονεύουν με τα τοιχώματα, και προκαλούνται από τις σεισμικές μετακινήσεις λόγω λίκνισης. Το ενδεχόμενο σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων, πιθανόν με υπεραντοχή, εξαρτάται από το μέγεθος των παραμορφώσεων που επιβάλλονται στα επηρεαζόμενα μέλη. Η δυναμική ανάλυση δίνει το μέγεθος των παραπάνω μετακινήσεων. Σε μερικές περιπτώσεις, μία απλή προσέγγιση

φάσματος απόκρισης παρέχει επαρκή πρόβλεψη των μετακινήσεων. Τα στοιχεία που συνδέονται με το τοίχωμα μπορεί να διαρρέουν στη διάρκεια λίκνισης του τοιχώματος. Ο τρισδιάστατος χαρακτήρας της συμπεριφοράς ολόκληρου του φορέα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Οι εγκάρσιες δοκοί, που μπορεί να εκτείνονται μεταξύ λικνιζόμενου τοιχώματος και γειτονικών μη λικνιζόμενων πλαισίων, πρέπει να έχουν λεπτομέρειες διαμορφωμένες για πλαστιμότητα, για να διατηρήσουν τουλάχιστον την ακεραιότητα τους για την ανάληψη των φορτίων βαρύτητας. Τέτοια μέλη πρέπει να υποβάλλονται σε διαδικασίες ικανοτικού σχεδιασμού.

2. Οι συνολικές αναλαμβανόμενες οριζόντιες δυνάμεις, που δρουν ταυτόχρονα με τα κατακόρυφα φορτία που προκύπτουν υπό τις πιο πάνω θεωρήσεις, πρέπει να προσδιοριστούν από τις οριζόντιες δυνάμεις που προκαλούν τη λίκνιση των τοιχωμάτων και τις επιδράσεις των συνδέσεων με άλλα τοιχώματα ή πλαίσια μέσω των διαφραγμάτων των δαπέδων. Το σύνολο των οριζοντίων δυνάμεων που αναλαμβάνονται από ολόκληρο το φορέα μπορεί στη συνέχεια να προκύψει από την άθροιση της οριζόντιας αντίστασης όλων των λικνιζόμενων τοιχωμάτων και μη λικνιζόμενων πλαισίων, που όλα του είναι ενεργά συνδεδεμένα με άκαμπτα διαφράγματα δαπέδων.
3. Το κάτω όριο για την αντίσταση των τοιχωμάτων στις οριζόντιες δυνάμεις, στο οποίο μπορεί να επιτραπεί η έναρξη της λίκνισης, πρέπει να βασίζεται σε θεώρηση ελέγχου των βλαβών. Σχετικά μ' αυτό, η λίκνιση υποδηλώνει στροφή στερεού σώματος του τοιχώματος περί το θεωρητικό σημείο ανατροπής, που

συνεπάγεται απώλεια επαφής με το έδαφος για το μεγαλύτερο μέρος της αρχικής επιφάνειας έδρασης. Οι ενελαστικές παραμορφώσεις σε πλαστικές ανωδομές δεν αναμένεται να συμβούν πριν η ένταση της οριζόντιας δύναμης, που εφαρμόζεται στο κτίριο συνολικά, πλησιάσει την αξιόπιστη αντοχή συστήματος σε σχέση με τη σεισμική δύναμη σχεδιασμού. Για να εξασφαλιστούμε από πρόωρες βλάβες στα λικνιζόμενα συστήματα, τα ελαστικά φέροντα τοιχώματα δεν πρέπει να αρχίσουν τη λίκνιση σε ένταση οριζόντιας δύναμης μικρότερη απ' αυτή που συνδέεται με τη σεισμική δύναμη που καθορίζει ο κανονισμός.

4. Πρέπει να γίνει ανάλυση όλων των φερόντων στοιχείων του κτιρίου για να εκτιμηθούν οι απαιτήσεις πλαστιμότητας, που συνεπάγονται οι κατακόρυφες και οριζόντιες μετακινήσεις του λικνιζόμενου τοιχώματος ή τοιχωμάτων για να εξασφαλιστεί ότι αυτές δε θα υπερβούν την ικανότητα πλαστιμότητας των στοιχείων.
5. Τα λικνιζόμενα τοιχώματα μπορεί να επιβάλλουν μεγάλες δυνάμεις στο έδαφος έδρασης. Συνεπώς, οι επιφάνειες έδρασης στο φορέα θεμελίωσης, πρέπει κατά προτίμηση να είναι έτσι διαστασιολογημένες, ώστε να προστατεύουν το έδαφος από πλαστικές παραμορφώσεις που μπορεί να καταλήξουν σε πρόωρη μετατόπιση του κατά τα άλλα άθικτου φέροντος τοιχώματος ή και ολόκληρου του κτιρίου. Αυτή η θεώρηση μπορεί να οδηγήσει σε επιλογή μεμονωμένων πέλδλων επαρκών διαστάσεων, που να μπορούν να διανείμουν το συνολικό κατακόρυφο φορτίο του τοιχώματος στο έδαφος σε σημεία ή γραμμές λίκνισης. Έτσι

μπορεί να εξασφαλιστεί ότι οι πλαστικές παραμορφώσεις θα είναι αμελητέες ή ότι δε θα συμβαίνουν στο έδαφος. Εναλλακτικά, μπορούν να διατεθούν υπερδιαστασιο-λογημένα πέδιλα για να περιορίσουν την εδαφική τάση σε ασφαλή τιμή στη διάρκεια λίκνισης της ανωδομής. Μία μικρών διαστάσεων θεμελιοδοκός, κατά μήκος του τετραόροφου τοιχώματος οπλισμένης τοιχοποιίας, διανέμει το σχετικά μικρό φορτίο βαρύτητας στο έδαφος θεμελίωσης. Στην περίπτωση λίκνισης λόγω σεισμού, ολόκληρο το φορτίο βαρύτητας W_g και οι πρόσθετες δυνάμεις W_t που ενεργοποιούνται στις πλάκες δαπέδου και τις ακραίες δοκούς, εγκάρσια στο τοίχωμα, από τη μετακίνηση ανύψωσης Δu , πρέπει να μεταβιβαστούν στο έδαφος στο αριστερό σημείο λίκνισης.

6. Λικνιζόμενες ανωδομές τοιχωμάτων και οι θεμελιώσεις τους, που οι υπολογιστικές τους αντοχές υπερβαίνουν τις δράσεις που προκύπτουν από τις διαδικασίες του ικανοτικού σχεδιασμού και που αναφέρονται σε όλα τα διασυνδεδεμένα στοιχεία, δε χρειάζεται να ικανοποιούν τις ειδικές αντισεισμικές απαιτήσεις πλαστιμότητας.

- **Θεμελιώσεις με πασσάλους**

- α) Μηχανισμοί αντίστασης στο σεισμό**

Τα συστήματα θεμελιώσεων με πασσάλους που στηρίζουν φέροντα τοιχώματα μπορούν υποβληθούν σε μεγάλες συγκεντρωμένες δυνάμεις, ως αποτέλεσμα ροπών ανατροπής και τεμνουσών που αναπτύσσονται στο τοίχωμα στη διάρκεια σεισμού.

β) Επιδράσεις των οριζοντίων δυνάμεων στους πασσάλους

Η συμπεριφορά πασσάλων, που περιβάλλονται από έδαφος και υποβάλλονται σε οριζόντιες δυνάμεις και τις επακόλουθες ροπές κάμψης, τέμνουσες και παραμορφώσεις, είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια. Οι προβλέψεις της δυναμικής απόκρισης τέτοιων πασσάλων εξαρτώνται, μεταξύ άλλων μεταβλητών, από τις τεχνικές προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται και την εξομοίωση κατανομής της ακαμψίας και πυκνότητας του εδάφους, τη μεταβλητότητα συχνοτήτων των εδαφικών αντιδράσεων και την απόσβεση που προκαλείται από την εκπομπή κυμάτων και την εσωτερική τριβή (W5). Σε πιο απλοποιημένες προσεγγίσεις, χρησιμοποιείται το μοντέλο του Winkler για δοκούς σε ελαστική βάση, στο οποίο μπορεί να ληφθεί υπόψη η σχετική θέση του πασσάλου μέσα στην ομάδα με την κατάλληλη μεταβολή του δείκτη εδάφους κατά μήκος του πασσάλου. Κανονικά όμως, θα απαιτηθούν μη γραμμικά ελατήρια Winkler για να αναπαραστήσουν ικανοποιητικά τις εδαφικές ιδιότητες σε ισχυρή σεισμικής απόκριση.

Μέσα στο έδαφος, η οριζόντια εδαφική μετακίνηση θα επηρεαστεί από τη σεισμική απόκριση της ανωδομής (δυναμικές επιδράσεις) και, σε ορισμένες περιπτώσεις, και από τις κινήσεις του περιβάλλοντος εδάφους (κινηματικές επιδράσεις). Η προκύπτουσα αλληλεπίδραση πασσάλου-εδάφους μπορεί να προκαλέσει μεγάλες τοπικές καμπυλότητες στους πασσάλους, ιδιαίτερα όταν αυτοί διασχίζουν διεπιφάνεια μεταξύ σκληρών και μαλακών στρωμάτων εδάφους. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ίσως να μην είναι εφικτό να αποφευχθεί ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων, ακόμη κι αν είχε χρησιμοποιηθεί η προσέγγιση ικανοτικού σχεδιασμού σε μία

προσπάθεια προστασίας του πάσσαλου από βλάβη στη διάρκεια αδρανειακής απόκρισης της ανωδομής. Ενώ η συνολική τέμνουσα βάσης που μεταβιβάζεται στην ανωδομή κατά την ανάπτυξη της υπεραντοχής της μπορεί να προσδιοριστεί με εύλογη ακρίβεια, η εκτίμηση του μεγέθους των ροπών κάμψης και των τεμνουσών κατά μήκος πασσάλων είναι πολύ περισσότερο αβέβαιη. Αυτό συμβαίνει επειδή, εκτός από τη μεταβλητότητα των εδαφικών χαρακτηριστικών, μπορεί να μεταβάλλονται σημαντικά στην περιοχή του έργου και οι στάθμες στις οποίες οι πάσσαλοι δεσμεύονται έναντι στροφής, που συνήθως δεν επαληθεύονται για κάθε πάσσαλο. Συνεπώς, σε τέτοιες περιπτώσεις χρειάζεται συντηρητικότητα μετριασμένη με τεχνική κρίση. Αυτό συνεπάγεται εκούσια υποεκτίμηση της απόστασης μεταξύ μεγίστων ροπών για την εκτίμηση της μέγιστης απαίτησης τέμνουσας. Επειδή η θέση των μεγίστων ροπών, εκτός απ' αυτή που γειτονεύει με τον κεφαλόδεσμο, είναι αβέβαιη, η διαμόρφωση λεπτομερειών όπλισης, τουλάχιστον για περιορισμένη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων, πρέπει να εκτείνεται σε σημαντικό μήκος στις θέσεις όπου οι μεγάλες ροπές είναι εφικτές για τον πάσσαλο.

Όταν χρησιμοποιούνται θεμελιώσεις με πασσάλους η ενεργός μεταβίβαση τέμνουσας βάσης, με άλλους τρόπους εκτός από τους πασσάλους, πρέπει να γίνεται δεκτή μόνον αν μπορεί να αποδειχθεί ότι:

1. Οι τέμνουσες μπορούν να μεταβιβαστούν αποτελεσματικά, από το έδαφος σε επαφή με εκτεταμένο φορέα θεμελίωσης, μέσω τριβής και πιέσεων που εφαρμόζονται σε όνυχες που εισδύουν σε αδιατάρακτο έδαφος ή σε παρειές σκυροδέματος που έχουν

εγχυθεί απευθείας στο έδαφος (δηλαδή όχι εκείνων που αντιστηρίζουν επανεπιχώσεις).

2. Στη διαδικασία μεταβίβασης τέμνουσας, οι εδαφικές διατρητικές παραμορφώσεις, σε στρώματα ακριβώς κάτω από τον κεφαλόδεσμο, είναι αμελητέες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Συντελεστές τριβής για έγχυτο σκυρόδεμα σε διάφορα υλικά θεμελίωσης

ΥΛΙΚΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ
Καθαρός υγής βράχος	0.70
Καθαροί χάλικες, αμμοχάλικο, χονδρόκοκκη άμμος	0.55-0.60
Καθαρή λεπτομεσόκοκκη άμμος, ιλυώδης μεσοχονδρόκοκκη άμμος, ιλυώδεις ή αργιλώδεις χάλικες	0.45-0.55
Καθαρή λεπτή άμμος, ιλυώδης ή αργιλώδης λεπτομεσόκοκκη άμμος	0.35-0.45
Λεπτή αμμώδης ιλύς, μη πλαστική ιλύς	0.30-0.35
Πολύ στιφρή και σκληρή υπολειμματική ή προστερεοποιημένη άργιλος	0.40-0.50
Μέσης συνεκτικότητας και στιφρή άργιλος και ιλυώδης άργιλος	0.30-0.35

Κτίρια σε κεκλιμένες περιοχές μπορούν να στηριχθούν σε πασσάλους, μερικοί από τους οποίους θα εκτείνονται σε μεγάλο μήκος από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τον κεφαλόδεσμο. Όταν αποδίδονται οριζόντιες δυνάμεις σε πασσάλους, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διατμητική τους ακαμψία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Latter, R.A.C.: The Rebuilding of London-the success of Structural Steel, 1ο Εθνικό Συνέδριο Σιδηρών Κατασκευών, 1991, 8-14
- [2] Ταμβακλή-Τραβασάρου, Μ., Βάγιας, Ι: Πυλώνες στήριξης χωροδικτυώματος κλειστού κολυμβητηρίου και γυμναστηρίου Ολυμπιακού Αθλητικού Κέντρου Αθήνας, 1ο Εθνικό Συνέδριο Σιδηρών κατασκευών, 1991, 428-442
- [3] EN 10025: Hot rolled products of non-alloy structural steels - Technical delivery conditions, CEN
- [4] ΕΛΟΤ 959: Χάλυβες σκυροδέματος, Μηχανικά χαρακτηριστικά
- [5] ΕΛΟΤ 971: Συγκολλησιμοι χάλυβες σκυροδέματος, μηχανικά χαρακτηριστικά
- [6] EN 10113 : Hot rolled products in weldable fine grain structural steels, CEN
- [7] ISO 4997: Cold reduced steel sheet of structural quality
- [8] EN 10147: Specification for continuously hot-dip zinc coated structural steel sheet. Technical delivery conditions, CEN
- [9] Lawson, R.M., Rackham, J. W.: Design of Haunched Composite Beams in Buildings, The Steel Construction Institute, 1989
- [10] DIN 32500, Part 3, Studs for drawn Arc Stud Welding, 1979
- [11] Me, H.-J.: Bolzenschweissen im Bauwesen, Merkblatt 259, Beratungsstelle für Stahlverwendung, 1971
- [12] Leonhardt, F. et al.: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit. Beton und Stahlbetonbau 82 (1987), H.12, 325-331

- [13] Machacek, I., Studnicka, J.: Stahlbetonverbundtrager mit Perfobond-Leiste, Stahlbau 68 (1999), H 1, 9-14
- [14] Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός Σιδηρών Κατασκευών, Μέρος 1.3 Λεπτότοιχα μέλη και φύλλα εν ψυχρώ εξέλασης, CEN, ENV 1993-1-3, 1996
- [15] Tschemmemegg, F., Huber, G.: Flachdecken mit Stanzdiibeln, Bauingenieur 71 (1996), 425-436
- [16] EN 10113: Hot rolled products in weldable fine grain structural steels, CEN
- [17] European Steel Design Educational Programme, WG 4B, Protection: Fire
- [18] Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός Σιδηρών Κατασκευών, Παράρτημα N, Οπές στον κορμό, CEN, ENV 1993-1-1, 1994
- [19] Brett, P., Rushton, J.: Parallel Beam Approach - A Design Guide, The Steel Construction Institute, 1990
- [20] MOY, S., Tayler, C: The effect of precast concrete planks on shear connector strength, J. of Constructional Steel Research, Yo 136, No 3 (1996), 201-213
- [21] Kobe earthquake damage to steel moment connections and suggested improvement, Japanese Society of Steel Construction, Techn. Report 39, 1997
- [22] Ermopoulos, J., Vayas, I: Zum Nachweis von Rahmentragwerken mit verformbaren Knoten, Stahlbau 60 (1991), 326-332
- [23] Vayas, I (ed.): The Fire protection of steel structures, 1995. Klidarithmos Publ.

- [24] Βάγιας Ιωάννης: Σύμμικτες κατασκευές από χάλυβα και σκυρόδεμα, εκδ. Κλειδάριθμος
- [25] Huber, G, Tschemmerneegg, F.: Modelling of beam-to-column joints, J. of Constructional Steel Research, Vol 45, No 2 (1998), 199-216
- [26] Li,T., Nethercot D., Choo, B.: Behaviour of flush end-plate composite connections with unbalanced moment and variable shear/moment ratios, J. of Constructional Steel Research, Vol 38, No 2 (1996), 125-164, 165-198
- [27] Li,T., Moore, D., Nethercot D., Choo, B.: The experimental behaviour of full-scale, semi-rigidly connected composite frame, J. of Constructional Steel Research, Vol 39, No 3 (1996), 167-192, 193-220
- [28] Tschemmemegg, F. et al: Komponentenmethode und Komponentenversuche zur Entwicklung von Baukonstruktionen in Mischbauweise, Stahlbau 66 (1997), H 9, 624-638
- [29] Tschemmemegg, F. et al: Zur Nachgiebigkeit von Verbundknoten, Stahlbau 63 (1994), 380-388, 64(1995)16-24
- [30] Γιαλλούση Ε.Γ. "Σύμμικτες κατασκευές - Θεωρία, Εφαρμογές, Βοηθ. Πίνακες" Ξάνθη 1985
- [31] Kobe earthquake damage to steel moment connections and suggested improvement, Japanese Society of Steel Construction, Techn. Report 39, 1997
- [32] Eurocode 8: Design of structures in seismic regions, 7 Specific rules for steel – concrete composite Buildings, CEN, Pen 1998-1, 2000

- [33] Βάγιας, Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης, Σιδηρές Κατασκευές Τόμος Ι, Παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Κλειδάριθμος, 1997
- [34] Mazzolani, F., Gioncu, V. (eds), Seismic Resistant Steel Structures, Springer Verlag, 2000
- [35] Mazzolani, F., Gioncu, V. (eds), Behaviour of steel structures in seismic Areas, Proc. Of Intern. Conference, STESSA '94, E & F SPON, 1994
- [36] Mazzolani, F., Akiyama, H. (eds), Behaviour of steel structures in seismic Areas, Proc. of Intern. Conference, STESSA '97, Editioni 10/17, 1997
- [37] P.R. Knowles, Butterworths: Composite Steel and Concrete Construction, 1973
- [38] Χρυσουλάκης Δ. Γιάννης (Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ), Παντελής Ι. Δημήτρης (Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ), Επιστήμη και Τεχνολογία των Μεταλλικών Υλικών, Εκδ. Παπασωτηρίου
- [39] Μηλιωρίτσας Ευάγγελος, Τεχνολογία Δομικών Υλικών, Βιβλιοθήκη Δομικών Κατασκευών
- [40] Δεμίρη Κ. Α. (Καθηγητής Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου), Τεχνική Γεωλογία, Μέρος Α, Γεωλογικοί Σχηματισμοί, Θεσσαλονίκη 1986
- [41] Ύλη και Κτίριο, Τεύχος 57, Αύγουστος-Σεπτέμβριος 2002
- [42] Πανταζοπούλου Σ. (Καθηγήτρια ΔΠΘ), Αποτίμηση της Αντισεισμικής Επάρκειας Υφιστάμενων Κατασκευών,
- [43] Πτυχιακή Εργασία «Κριτήρια σχεδιασμού και γεωμετρικές απαιτήσεις κτιρίων για αντοχή στο σεισμό», Εισήγηση: Πόπη

Βαρελίδου / Επίβλεψη: Γιώργος Βαρελίδης, Βιβλιοθήκη ΤΕΙ Πειραιά /Τμήμα Πολ. Δομ. Έργων 2002

- [44] Αναστασιάδης Α. Σ. (Δρ. Πολ. Μηχ. ΥΤΤ), Ύλη και Κτίριο, Τεύχος 55, Απρίλιος-Μάιος 2002 (Τεχνολογία Σκυροδέματος: Ιδιότητες προβλήματα και βελτίωση σκυροδέματος)
- [45] Τριανταφύλλου Χ. Θανάσης (Αναπλ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών – Τμήμα Πολ. Μηχανικών), 4^η έκδοση, 2001
- [46] Γεωργίου Ρ. Γκρός (Καθηγητής ΕΜΠ), Μαθήματα Οπλ. Σκυροδέματος, Αθήνα 1981
- [47] Αναστασιάδης Κων/νος, Αντισεισμικές κατασκευές, Θεσσαλονίκη 1989
- [48] Ημερίδα Ευρωδικών, 30-3-2004, ΤΕΕ
- [49] Βαγιάς Ιωάννης – Ομάδα Εργασίας ΤΕΕ, Σεπτέμβριος 2004
- [50] Βαγιάς Ιωάννης, Σύμμικτες κατασκευές, Αθήνα 2001