

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΣΤΕΦ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Διδάσκουσα: Σοφία Μεταξά

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ**

(Μελέτη περίπτωσης)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΕΝΙΚΑ	2
1.ΧΑΛΥΒΑΣ.....	2
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	3
1.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	5
1.3.1 Γενικά - Δράσεις επί των κατασκευών	5
1.3.2 Μόνιμες δράσεις	8
1.3.3 Επιβαλλόμενες (μεταβλητές) δράσεις	9
1.3.4 Φορτίο χιονιού	10
1.3.5 Δράσεις ανέμου.....	12
1.3.6 Σεισμικές δράσεις	15
1.3.7 Άλλες δράσεις	19
1.4 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	19
1.4.1 Συνδυασμοί δράσεων.....	22
2 ΥΛΙΚΑ	22
2.1 Μηχανικές και θερμικές ιδιότητες των συνήθων χαλύβων	27
3 Συνδέσεις.....	28
3.1 Γενικά.....	28
3.1.1 Απλές συνδέσεις	29
3.1.2 Συνδέσεις ροπής.....	29
4 Σκυρόδεμα	31
4.1 Εισαγωγή	28
4.2 Αρχές.....	31
4.2.1 Συνάφεια.....	32
4.2.2 Συντελεστής θερμικής διαστολής.....	32
4.2.3 Αντιδιαβρωτική προστασία	32
5 Στέρεο σκυρόδεμα.....	313
5.1 Αντοχή	33
5.1.1 Θλιπτική αντοχή.....	34
5.1.2 Εφελκυστική αντοχή.....	37
Συμπεριφορά σε περιβαλλοντικές συνθήκες.....	38
Ποιοτική διαφορά.....	494
Συμπεριφορά στο χρόνο	497
Ταχύτητα κατασκευής.....	498
Οικονομικές διαφορές.....	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι γνωστό, ότι για την κατασκευή του φέροντα οργανισμού σε έργα Πολιτικού μηχανικού, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση μιας σειράς φυσικών ή τεχνητών υλικών(λίθος, ξύλο, σκυρόδεμα, χάλυβας κ.λ.π.).

Η τελική επιλογή τόσο του υλικού κατασκευής όσο και της μορφής του φορέα ενός συγκεκριμένου έργου πρέπει να βασίζεται σε συγκριτικά στοιχεία, τα οποία αναφέρονται σε μια σειρά παραγόντων που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα το έργο αυτό. Τέτοιοι παράγοντες είναι η γεωγραφική θέση του έργου, οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής , το είδος του έργου και ιδιαίτερα της φέρουσας κατασκευής (ανοίγματα, ύψη, φορτία κ.λ.π.), το κόστος του υλικού σε σχέση και με το κόστος κατασκευής, η ποιότητα του εδάφους, η δυνατότητα εξεύρεσης εργατικού δυναμικού(χρήση προκατασκευής ή όχι, ύπαρξη ειδικευμένου προσωπικού κ.λ.π.), κοινωνικοπολιτικές σκοπιμότητες (π.χ. διατήρηση παραδοσιακών μορφών για ιστορικούς ή αισθητικούς λόγους), κ.ά.

Προκύπτει λοιπόν εύκολα, ότι η επιλογή αυτή παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες και η λύση που προκρίνεται δεν είναι ποτέ η μοναδική. Γενικά, η μόρφωση και ο υπολογισμός μιας κατασκευής, θα μπορούσε να οριστεί σαν ένας συνδυασμός τέχνης και επιστήμης, όπου η εμπειρία του μηχανικού και η διαίσθησή του όσον αφορά τη συμπεριφορά της κατασκευής, αλλά και η γνώση των αρχών της στατικής, της δυναμικής και της ανάλυσης γενικά των κατασκευών ,αναμειγνύονται για να προσεγγισθεί το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα : η ασφαλής, οικονομική και λειτουργικά αποδεκτή κατασκευή, που ικανοποιεί πλήρως το σκοπό για τον οποίο μελετήθηκε και κατασκευάστηκε.

ΓΕΝΙΚΑ

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στην επί πραγματικών δεδομένων σύγκριση δύο διαφορετικών έργων, κατασκευασμένα το καθένα με διαφορετικό υλικό. Στην πρώτη περίπτωση θα μελετήσουμε ένα τριώροφο κτίριο γραφείων κατασκευασμένο από σκυρόδεμα αλλά και από χάλυβα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ένα ισόγειο βιοτεχνικό κτίριο κατασκευασμένο επίσης από χάλυβα και σκυρόδεμα, για να καταλήξουμε στην πιο σωστή επιλογή.

Στα πρώτα πέντε κεφάλαια που ακολουθούν, θα γίνει μία εκτενής προσέγγιση των ιδιοτήτων, των συμπεριφορών κ.ά, του χάλυβα και του σκυροδέματος, έτσι ώστε να κατανοήσουμε την λειτουργία τους, προτού προχωρήσουμε στη σύγκριση των κατασκευών.

1.ΧΑΛΥΒΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Χάλυψ, σύμφωνα με τη μυθολογία, ήταν γιος του Άρη και ο θεός στο όνομα του οποίου τιμούσαν το ομώνυμο μέταλλο, το υλικό των όπλων.

Ο χάλυβας υπήρξε ανέκαθεν το καταλληλότερο και περισσότερο χρησιμοποιούμενο δομικό υλικό στην κατασκευή βιομηχανικών κτιρίων. Η εξέλιξη στη χρησιμοποίηση του χάλυβα στην κατηγορία αυτών των κτιρίων κατά τα τελευταία 40 περίπου χρόνια υπήρξε διεθνώς μεν εντυπωσιακή, στην Ελλάδα δε οπωσδήποτε σημαντική και αξιόλογη, ενώ συγχρόνως διευρύνθηκε η χρήση του και στην κατασκευή κατοικιών. Στην εποχή μας υπάρχουν πολυάριθμα και εντυπωσιακά επιτεύγματα κατασκευασμένα από κάποιο είδος χάλυβα, ο οποίος είναι ένα κράμα σιδήρου με υλικά σε διάφορες αναλογίες, όπως ουρανοξύστες και πολυώροφα κτίρια, χώροι στάθμευσης, γέφυρες, αποθήκες, αθλητικές εγκαταστάσεις, χώροι πολιτιστικών εκδηλώσεων κτλ.

Η προτίμηση του τεχνικού κόσμου στο χάλυβα δεν οφείλεται μόνο στις γνωστές εξαιρετικές ιδιότητες του υλικού αυτού, όπως η εγγυημένη ποιότητα λόγω βιομηχανικής παραγωγής των δομικών στοιχείων, η αρχιτεκτονική ευελιξία λόγω της χρήσης μικρότερων διατομών, η κάλυψη μεγάλων ανοιγμάτων με οικονομικό τρόπο, η μεγάλη αντοχή σε σχέση με το μικρό ίδιο βάρος(νεκρό φορτίο) σε σχέση με τις αντίστοιχες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, στοιχείο ευνοϊκό στην περίπτωση θεμελίωσης σε κακό έδαφος. Λόγω επίσης του μικρού συνήθως ίδιου βάρους, οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις αδράνειας είναι μικρές, επομένως η επίπτωση της σεισμικής δράσης στα μονώροφα βιομηχανικά κτίρια είναι μειωμένη σε σχέση με τις υπόλοιπες κατασκευές.

Η ύπαρξη πολλών τύπων χάλυβα, η ποικιλία των διατομών και η ποικιλομορφία των στοιχείων επιτρέπουν τη «δημιουργική» ανακαίνιση παλαιών κτιρίων. Σήμερα τα μεταλλικά στοιχεία μπορούν να καμπυλωθούν εύκολα μέχρι και 180 μοίρες και να ακολουθήσουν πρακτικά οποιοδήποτε σχήμα, παρέχοντας πληθώρα λύσεων για όψεις, θόλους, κελύφη, διπλές καμπυλότητες κτλ.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η χρήση του χάλυβα ως δομικού υλικού ξεκίνησε το 19ο αιώνα στις γέφυρες, τις στεγάσεις χώρων και τα μονώροφα υπόστεγα. Οι πρώτες όμως εφαρμογές σε κτίρια άρχισαν πολύ αργότερα, στις αρχές του 20ου αιώνα στις ΗΠΑ. Η ταχεία βιομηχανική ανάπτυξη των μεσοδυτικών ιδιαίτερα Πολιτειών οδήγησε σε αυξημένες ανάγκες για γραφεία, καταστήματα και χώρους αποθήκευσης. Ο μεγάλος όγκος οικοδομικών εργασιών, σε συνδυασμό με την αύξηση των τιμών των οικοπέδων, ιδιαίτερα στο Σικάγο, απαίτησαν την καθ' ύψος ανάπτυξη των κτιρίων και τη συντόμευση του χρόνου κατασκευής, καθιστώντας απαραίτητη την χρήση νέων δομικών υλικών και μεθόδων. Η επιλογή μεταλλικού (χαλύβδινου) φέροντος οργανισμού με την ευελιξία και την ταχύτητα ανέγερσης που επιφέρει, αποτέλεσε την προσφορότερη λύση όσο καιμια άλλη παραδοσιακή μέθοδος κατασκευής. Έτσι στις ΗΠΑ, με πρώτο το Σικάγο και τη Νέα Υόρκη, κατασκευάστηκαν μια σειρά υψηλών κτιρίων με μεταλλικό σκελετό και πλάκες από σκυρόδεμα για την παραλαβή των

φορτίων βαρύτητας και εξωτερική τοιχοποιία από πλίνθους, η οποία εξασφάλιζε την πλευρική ευστάθεια.

Παρόμοια φαινόμενα παρατηρούνται σήμερα στις χώρες της ΝΑ Ασίας και ιδιαίτερα στην Κίνα. Η μεγάλη ανάπτυξη ορισμένων αστικών κέντρων της τελευταίας, όπως της Σαγκάης, της Καντώνας ή του Χονγκ Κονγκ, συνδέεται με την ανέγερση πολυώροφων κτιρίων από μεταλλικό (χαλύβδινο) φέροντα οργανισμό. Η ευρύτερη όμως εφαρμογή του χάλυβα σε κτίρια παρατηρείται στην Ιαπωνία, όπου λόγω των αυξημένων απαιτήσεων αντισεισμικότητας, το 65% των κτιρίων είναι μεταλλικά.

Τα σημερινά μεταλλικά (χαλύβδινα) κτίρια διακρίνονται για την αρχιτεκτονική τους πολυμορφία, τα μεγάλα ανοίγματα, το φυσικό φωτισμό, τη σύνθεση των χρωμάτων, την πολυμορφικότητα των προσώπων, τα υαλοστάσια και γενικώς για την εντύπωση που δίνουν ως σύγχρονες καλαίσθητες κατασκευές. Οι βασικότερες εφαρμογές είναι σε κτίρια γραφείων, τράπεζες, ξενοδοχεία, πολυκαταστήματα, πολυώροφα γκαράζ κλπ.

Η Ευρώπη υστερεί συγκριτικά με τις ΗΠΑ και την Ιαπωνία στη χρήση του χάλυβα σε ότι αφορά τα πολυώροφα κτίρια. Στην Ιαπωνία, χώρα μεγάλου σεισμικού κινδύνου, το 70% των πολυκατοικιών μέχρι 10 ορόφων είναι από μεταλλική κατασκευή. Στην Ευρώπη εκτεταμένες εφαρμογές παρατηρούνται στο Λονδίνο, στο οποίο η μεγάλη οικοδομική δραστηριότητα κατά τη δεκαετία του 1980 στηρίχτηκε στα μεταλλικά κτίρια, με ποσοστό 60% στο σύνολο των κτιρίων. Επίσης μεγάλη εφαρμογή βρίσκουν τα μεταλλικά κτίρια στις Σκανδιναβικές χώρες.

Η Ελλάδα δεν παρακολούθησε τις ανωτέρω εξελίξεις, αφού επί μακρό χρονικό διάστημα κυριάρχησε το οπλισμένο σκυρόδεμα ως δομικό υλικό. Με το πλήρωμα του χρόνου, ιδιαίτερα από τα μέσα του 1990, άρχισε η εφαρμογή του χάλυβα σε κτίρια γραφείων, ξενοδοχείων, πέρα από τις συνηθισμένες εφαρμογές σε βιομηχανικά, αγροτικά, εμπορικά και αθλητικά έργα. Καταλύτης για την ανάπτυξη των μεταλλικών κτιρίων αποτέλεσε η προετοιμασία των Ολυμπιακών έργων της Αθήνας 2004, για τα οποία αποτελεί κοινό τόπο ότι δεν θα μπορούσαν να ολοκληρωθούν έγκαιρα χωρίς την ευρεία εφαρμογή του χάλυβα. Με αυτή την ευκαιρία αναπτύχθηκε και εκσυγχρονίστηκε η εγχώρια βιομηχανία των μεταλλικών κατασκευών, όχι μόνο στην Αθήνα αλλά και στην περιφέρεια, με κυρίαρχα κέντρα τη Θεσσαλία(Λάρισα, Βόλος) και το Ηράκλειο.

1.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1.3.1 Γενικά - Δράσεις επί των κατασκευών

Στόχοι του μελετητή κατά το σχεδιασμό ενός έργου είναι η ασφάλεια, η οικονομία, η λειτουργικότητα, η ανθεκτικότητα και η αισθητική. Σημαντικός παράγων, ο οποίος δεν πρέπει να παραγνωρίζεται, ιδιαίτερα σε μεγάλα κτίρια ή μεγάλα τεχνικά έργα, είναι ο παράγων «εκτέλεση του έργου» (δηλαδή βιομηχανική προετοιμασία στο εργοστάσιο, μεταφορά και ανέγερση στο εργοτάξιο). Ο τρόπος εκτέλεσης, που επηρεάζει σημαντικά το κόστος του έργου, του οποίου βασικό στοιχείο είναι και η απαιτούμενη διάρκεια για την κατασκευή, πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό και να αντιμετωπίζεται από τον μελετητή ως μια αλληλουχία φάσεων, σε κάθε μία από τις οποίες(ενδιάμεσες) θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφάλεια του φορέα. Γενικότερα, όχι μόνο σε νεοαναγειρόμενα κτίρια, αλλά και σε υφιστάμενα, ή για το σχεδιασμό επισκευών και μετατροπών ή για την εκτίμηση των επιπτώσεων από αλλαγή χρήσης, θα πρέπει να εξετάζεται από το μελετητή κάθε νέα κατάσταση του φορέα, προκειμένου να εξασφαλίζεται το απαιτούμενο επίπεδο ασφαλείας και λειτουργικότητας.

Το βασικότερο κανονιστικό εργαλείο στα χέρια του μελετητή είναι το πλέγμα των Ευρωκωδίκων, μέσω του οποίου καλύπτονται τα περισσότερα από τα θέματα, τα οποία αναφέρονται κατά το σχεδιασμό (μόρφωση, ανάλυση, διαστασιολόγηση κλπ.) μιας κατασκευής.

Το πλέγμα αυτό περιλαμβάνει τα παρακάτω Ευρωπαϊκά Πρότυπα:

EN 1990 Ευρωκώδικας 0: Βασικές αρχές σχεδιασμού

EN 1991 Ευρωκώδικας 1: Δράσεις

EN 1992 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός Κατασκευών από σκυρόδεμα

EN 1992 Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός Κατασκευών από Χάλυβα

EN 1992 Ευρωκώδικας 4: Σχεδιασμός Σύμμεικτων Κατασκευών από Χάλυβα
Και Σκυρόδεμα

EN 1992 Ευρωκώδικας 5: Σχεδιασμός Κατασκευών από Ξύλο

EN 1992 Ευρωκώδικας 6: Σχεδιασμός Κατασκευών από Τοιχοποιία

EN 1992 Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικός Σχεδιασμός

EN 1992 Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός

EN 1992 Ευρωκώδικας 9: Σχεδιασμός Κατασκευών από Αλουμίνιο

Κάθε ένα από τα ανωτέρω πρότυπα περιλαμβάνει διάφορα Μέρη, μέσω των οποίων καλύπτονται σχεδόν όλα τα σχετικά αντικείμενα. Προκειμένου όμως να γίνει χρήση των παραπάνω προτύπων, τίθεται ως προϋπόθεση η ικανοποίηση των ακόλουθων παραδοχών :

- Η επιλογή του δομικού συστήματος και ο σχεδιασμός του φορέα γίνεται από καταλλήλως καταρτισμένο και έμπειρο προσωπικό.
- Η εκτέλεση πραγματοποιείται από προσωπικό, το οποίο διαθέτει τις κατάλληλες δεξιότητες και εμπειρία.
- Ασκούνται επαρκής επίβλεψη και ποιοτικός έλεγχος κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του έργου και σε όλες τις φάσεις του, δηλαδή στα γραφεία μελετών, στα εργοστάσια, στους χώρους ειδικών επεξεργασιών και στα εργοτάξια.
- Τα κατασκευαστικά υλικά και προϊόντα χρησιμοποιούνται όπως ορίζεται στους εφαρμοζόμενους κανονισμούς ή στις σχετικές προδιαγραφές εκτέλεσης του έργου, ή στις προδιαγραφές αναφοράς των υλικών και των προϊόντων.
- Ο φορέας θα συντηρείται επαρκώς.
- Ο φορέας θα χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με τις παραδοχές του σχεδιασμού του.

Οι παραπάνω παραδοχές συμβαδίζουν με το επιδιωκόμενο επίπεδο ποιότητας της κατασκευής σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, θέτοντας τον κάθε παράγοντα προ των ευθυνών του. Εφ' όσον λοιπόν εξασφαλίζεται η ισχύς των παραδοχών αυτών, τίθενται πλέον στο μελετητή οι βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού, σύμφωνα με τις οποίες :

- Ο φορέας πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε με κατάλληλο βαθμό αξιοπιστίας και κατά τρόπο οικονομικό, να αντιμετωπίζει όλες τις δράσεις (φορτία) και τις επιδράσεις από το περιβάλλον, οι είναι πιθανόν να εμφανιστούν κατά την εκτέλεση και τη διάρκεια ζωής του και να περιμένει κατάλληλος για τη χρήση για την οποία προορίζεται σε όλη τη διάρκεια αυτή.

- Ο φορέας πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να είναι επαρκής ως προς την :αντοχή, λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς, η αντοχή του φορέα πρέπει να είναι επαρκής για δεδομένο χρονικό διάστημα.

Μέσα στα πλαίσια του σχεδιασμού μιας κατασκευής, θα πρέπει να ορίζεται και η διάρκεια ζωής της, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της επιτελεστικότητας(performance), η οποία εξαρτάται από το χρόνο (π.χ. έλεγχοι κόπωσης). Στον πίνακα δίδονται οι διάρκειες που περιέχονται στο Εθνικό Προσάρτημα του EC1.

Ανάλογα με τη χρήση , τη θέση και τη μορφή του έργου, προσδιορίζονται οι δράσεις με βάση τις οποίες ο μελετητής θα προβεί στην ανάλυση του φορέα, για να προσδιορισθούν τα δυσμενέστερα εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη των μελών του.

Οι δράσεις επί των κατασκευών, προκειμένου να προσδιορισθούν τα αποτελέσματά τους(εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη), ορίζονται τελικά από ένα Κανονισμό, στον οποίο περιγράφεται τόσο η ποιοτική όσο και η ποσοτική τους διάσταση. Οι αριθμητικές τιμές που δίνονται για τις διάφορες δράσεις, έχουν προκύψει μετά από συστηματικές ή μακροχρόνιες μετεωρολογικές παρατηρήσεις και αντιστοιχούν σε μικρή και εκ των προτέρων καθοριζόμενη πιθανότητα υπέρβασής τους, ονομάζονται δε χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων. Στην πατρίδα μας, ως προς τις δράσεις, όπως και σε πολλές άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, εφαρμόζεται ο Ευρωκώδικας 1, ο οποίος παρέχει για κάθε χώρα λόγω των επιμέρους συνθηκών(κλιματολογικών, εδαφικών κλπ.), ιδιαίτερες πληροφορίες (π.χ. για χιόνι, άνεμο κλπ.). Οι δράσεις αυτές, ανάλογα με τις διακυμάνσεις τους στο χρόνο, κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως παρακάτω :

- *Μόνιμες δράσεις (G)*, π.χ. ίδιο βάρος φορέα, σταθερός εξοπλισμός και οδοστρωσία, επιστρώσεις, έμμεσες δράσεις από συστολή ξήρανσης και διαφορικές καθιζήσεις.
- *Μεταβλητές δράσεις (Q)*, π.χ. επιβαλλόμενα φορτία σε πατώματα (ωφέλιμα κλπ.), πιέσεις ανέμου, φορτία χιονιού, φορτία από γερανογέφυρες .
- *Τυχηματικές δράσεις (A)*, π.χ. εκρήξεις, πρόσκρουση οχήματος, πυρκαγιά.

Σημειώνεται ότι οι έμμεσες δράσεις, οι οποίες προκαλούνται από επιβαλλόμενες παραμορφώσεις, μπορεί να είναι είτε μόνιμες είτε μεταβλητές.

Δράσεις, οι οποίες προκαλούνται από νερό μπορεί να θεωρηθούν ως μόνιμες και/ή μεταβλητές, ανάλογα με τις διακυμάνσεις του μεγέθους τους με το χρόνο.

Οι δράσεις κατηγοριοποιούνται επίσης βάσει :

- Της προέλευσής τους, ως άμεσες ή έμμεσες
- Της χωρικής τους μεταβολής, ως σταθερές ή ελεύθερες και
- Της φύσης τους και/ή της απόκρισης της κατασκευής ως στατικές ή δυναμικές.

1.3.2 Μόνιμες δράσεις

Με τον όρο αυτό νοούνται όλες οι δράσεις, οι οποίες αναμένεται να επενεργήσουν κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου αναφοράς και για την οποία η διαφοροποίηση του μεγέθους αναφοράς και για την οποία η διαφοροποίηση του μεγέθους στο χρόνο είναι αμελητέα. Παλαιότερος όρος για τις μόνιμες δράσεις (permanent actions) ήταν «νεκρά φορτία» (dead loads), περιλαμβάνονται δε στην κατηγορία αυτή δράσεων όλα τα κατακόρυφα φορτία που δρουν καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής, όπως τα ίδια βάρη(φέροντα, τοίχοι πληρώσεως, ψευδοροφές, επικαλύψεις και επενδύσεις, επιστρώσεις και μονώσεις δαπέδων, ηλεκτρικά και υδραυλικά δίκτυα, κλιματιστικά συστήματα). Με εξαίρεση τα φέροντα στοιχεία, για τα οποία προηγείται μια αρχική εκτίμηση του βάρους τους και πιθανόν επανάληψη της ανάλυσης του φορέα, εφ' όσον η απόκλιση από τα τελικά φορτία κριθεί σημαντική, οι υπόλοιπες μόνιμες δράσεις μπορούν να προσδιορίζονται με ικανοποιητική ακρίβεια εξαρχής. Περιπτώσεις, όπου προβλέπεται μελλοντικώς τροποποίηση των μόνιμων δράσεων (π.χ. προσθήκη ή αφαίρεση τοίχων πληρώσεως, αλλαγή επικαλύψεων ή μονώσεων κλπ.) θα πρέπει να συνεκτιμώνται κατά το σχεδιασμό, και να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις επί των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να εντάσσονται στην κατηγορία των σταθερών (fixed) δράσεων, εκτός εάν προβλέπεται συχνή τροποποίησή τους (π.χ. μετακινήσιμα διαχωριστικά), οπότε αντιμετωπίζονται ως πρόσθετα επιβαλλόμενα φορτία. Ο Ευρωκώδικας 1, σε ειδικό μέρος του, παρέχει

αναλυτικούς πίνακες με τις χαρακτηριστικές τιμές της πυκνότητας μεγάλου αριθμού υλικών.

1.3.3 Επιβαλλόμενες (μεταβλητές) δράσεις

Εντάσσονται γενικώς στην κατηγορία των μεταβλητών ελεύθερων δράσεων (variable-free) εκτός αν ορίζεται κάτι διαφορετικό στον κανονισμό. Περιλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία που προκύπτουν από τη χρήση του κτιρίου και προέρχονται από την παρουσία ανθρώπων, επίπλων, κινητού εξοπλισμού, οχημάτων, αποθηκευμένων αγαθών κλπ. Λόγω της φύσεως των φορτίων αυτών, δεν είναι επακριβές το βάρος και η θέση τους, γι' αυτό και προσδιορίζονται στατιστικά, οι δε τιμές εφαρμογής τους (χαρακτηριστικές τιμές) δίνονται από τους κανονισμούς.

Οι μεταβλητές δράσεις, θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τον πλέον δυσμενή τρόπο στο φορέα, ώστε να καλύπτονται όλες οι ενδεχόμενες φορτικές καταστάσεις (δυσμενείς φορτίσεις), και να προσδιορίζεται η δυσμενέστερη επιρροή τους. Παρ' όλα αυτά, επειδή η πιθανότητα ταυτόχρονης φόρτισης όλου του φορέα με τις επιβαλλόμενες δράσεις είναι σχετικά μικρή, οι κανονισμοί προβλέπουν κάποια ποσοστά απομείωσης τους σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Η μείωση αυτή εφαρμόζεται ειδικά στα υποστυλώματα πολυώροφων κτιρίων, αυξανόμενη με τον αριθμό των ορόφων που υποστηρίζονται από ένα υποστύλωμα. Τυπικές μειώσεις κυμαίνονται από 10% έως 30% και εφαρμόζονται μόνο στις επιβαλλόμενες δράσεις. Δεν επιτρέπονται μειώσεις στις μόνιμες δράσεις ή σε συγκεκριμένους τύπους επιβαλλόμενων δράσεων, όπως στην περίπτωση αποθηκευτικών χώρων, φορτίων γερανών, φορτίων λόγω μηχανημάτων, ή λόγω ανθρώπων σε δημόσια κτίρια στα οποία συνήθως υπάρχει κοσμοσυρροή.

Οι επιβαλλόμενες δράσεις επενεργούν ως οιονεί στατικές δράσεις. Εφ' όσον όμως αναμένονται επιδράσεις συντονισμού (π.χ. από συγχρονισμένη ρυθμική κίνηση ανθρώπων ή από χορό ή άλματα) ή εισαγωγής σημαντικής επιτάχυνσης φορέα, στο προσομοίωμα φόρτισης πρέπει να προβλέπεται δυναμική αντιμετώπιση.

Σε καταστάσεις σχεδιασμού, όπου τα επιβαλλόμενα φορτία δρουν ταυτόχρονα με άλλες μεταβλητές δράσεις (π.χ. άνεμος, χιόνι κλπ.), το σύνολο των επιβαλλόμενων φορτίων που λαμβάνονται υπόψη στη συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης, θα

θεωρείται ως μία ενιαία δράση. Σε στέγες, τα επιβαλλόμενα φορτία δεν εφαρμόζονται ταυτόχρονα με τα φορτία χιονιού ή ανέμου.

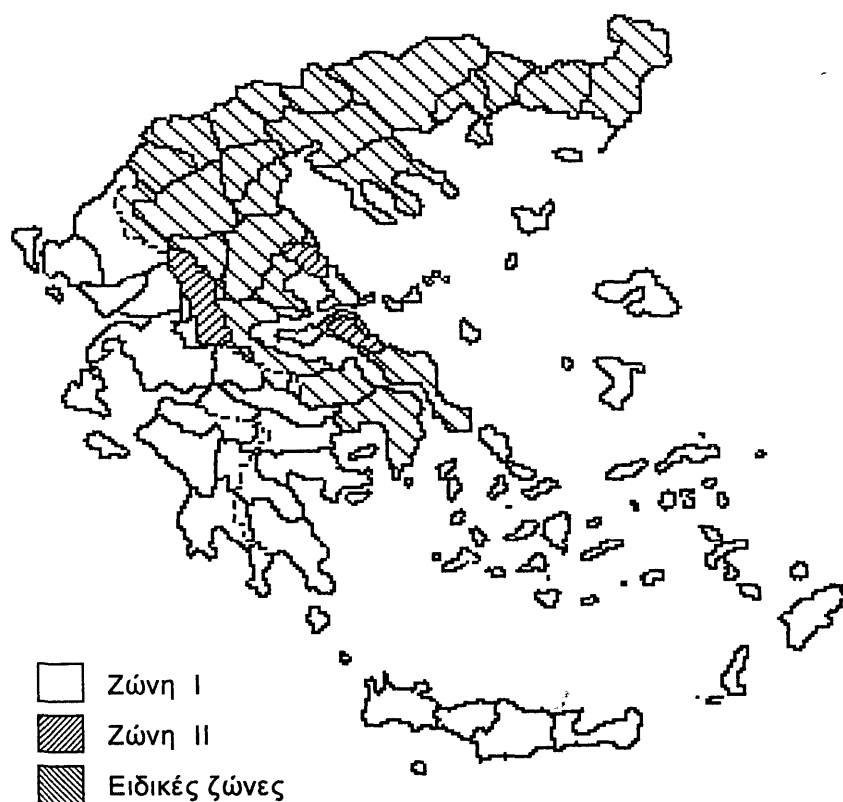
1.3.4 Φορτίο χιονιού

Τα φορτία λόγω χιονιού αντιμετωπίζονται παραδοσιακά, ορίζοντας μία συγκεκριμένη απλή τιμή φορτίου, με πιθανές μειώσεις για απότομες κλίσεις στεγών. Η προσέγγιση αυτή δεν λαμβάνει υπόψη περιπτώσεις όπως αυξανόμενη χιονόπτωση σε μεγαλύτερα υψόμετρα ή τοπικά υψηλότερα φορτία λόγω κίνησης της μάζας του χιονιού, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει πλήρη ή μερική κατάρρευση. Μια καλύτερη προσέγγιση είναι η χρησιμοποίηση κατάλληλου χάρτη, που δίνει τις βασικές εντάσεις των φορτίων χιονιού για ένα συγκεκριμένο υψόμετρο και περίοδο αναφοράς, ενώ μπορεί να εφαρμοστούν εν συνεχεία διορθώσεις για διαφορετικά υψόμετρα ή διάρκεια ζωής σχεδιασμού. Η επιρροή της μορφής της στέγης λαμβάνεται υπόψη με τη χρήση συντελεστών μορφής. Καλύπτονται επίσης ειδικότερες καταστάσεις όπως συσσωρεύσεις χιονιού πίσω από στηθαία, σε κοιλάδες και σε απότομες αλλαγές του ύψους της στέγης.

Το φορτίο χιονιού κατατάσσεται στις μεταβλητές σταθερές δράσεις. Προκαλείται από την εναπόθεση του χιονιού σε οριζόντιες ή κεκλιμένες στέγες και είναι ιδιαίτερα σημαντικό για περιοχές όπου επικρατεί κρύος καιρός και είναι συνήθεις μεγάλες χιονοπτώσεις. Η ποσότητα του χιονιού που εναποτίθεται σε μία στέγη εξαρτάται από την κλίση της στέγης και την τοποθεσία (υψόμετρο, προσανατολισμός κλπ.) του έργου, ενώ η πυκνότητα του μέσω της οποίας προσδιορίζεται το αντίστοιχο φορτίο λόγω χιονιού δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από το βαθμό συμπύκνωσης του στη συγκεκριμένη θέση. Έτσι, πέραν της χιονόπτωσης σε συνθήκες ηρεμίας, μπορεί να είναι αναγκαίο να θεωρηθούν οι επιδράσεις του ανέμου, ο οποίος είναι δυνατόν να προκαλέσει ανακατανομή του χιονιού και σε μερικές περιπτώσεις τη μερική του απομάκρυνση από τη στέγη. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη οποιεσδήποτε αλλαγές στην κατανομή του χιονιού στις στέγες λόγω διαφυγής θερμότητας από το κτίριο, μέσω κάποιου τμήματος της στέγης ή εργασίες απομάκρυνσης χιονιού, εάν οι μορφές αυτής της φόρτισης είναι κρίσιμες. Οι κανονισμοί παρέχουν γενικές πληροφορίες σχετικά με τις

παραμέτρους αυτές, τεκμηριωμένες μέσω μακροχρόνιων επί τόπου μετρήσεων και κατάλληλης στατιστικής επεξεργασίας.

Για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι τιμές του s_k για περίοδο αναφοράς 50 ετών δίνονται στο Παράρτημα C του EN 1991- Μέρος 1-3. Για την Ελλάδα, σύμφωνα με το Εθνικό Παράρτημα, ορίζονται οι παρακάτω τρεις ζώνες χιονιού, με τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές τιμές $S_{k,0}$ των φορτίων για έδαφος που βρίσκεται στη στάθμη της θάλασσας.



Ζώνη I

Περιοχές : Πελοπόννησος, Δυτική Στερεά, Ήπειρος, Νησιά(εκτός από περιοχές με υψόμετρα > 600 m στα νησιά Εύβοια και Κρήτη).

Υψόμετρο (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
s_k (kN/m)	0,22	0,27	0,33	0,39	0,47	0,57	0,68	0,82	0,98	1,19	

Ζώνη II

Περιοχές : Θράκη, Μακεδονία, Θεσσαλία, Ανατολική Στερεά, Εύβοια και Κρήτη(για υψόμετρα μεταξύ 600 m και 1000 m στα νησιά αυτά).

Υψόμετρο (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
s_k (kN/m ²)	0,44	0,52	0,62	0,73	0,86	1,01	1,19	1,41	1,67	1,97	

Για τοποθεσίες με υψόμετρο μεγαλύτερο από 1500 m πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη και αξιολόγηση.

Στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 1991-1-3 (Γενικές δράσεις- Φορτία χιονιού) περιέχονται λεπτομερώς οι μορφές φόρτισης που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάλυση ανάλογα με τον τρόπο εναπόθεσης του χιονιού πάνω στη στέγη (οριζόντια, κεκλιμένη, θολωτή κλπ.). Προβλέπονται επίσης ειδικές περιπτώσεις φόρτισης σε έκτακτες καταστάσεις μεγάλης συγκέντρωσης χιονιού επί της στέγης (π.χ. σε επαναλαμβανόμενες στέγες, καθώς και περιπτώσεις γειτονικών κτιρίων με διαφορετικό ύψος, όπου μπορεί να πραγματοποιηθεί υπερφόρτωση της χαμηλότερης στέγης, λόγω κατολίσθησης χιονιού από την υψηλότερη ή λόγω της φοράς του ανέμου).

1.3.5 Δράσεις ανέμου

Οι δράσεις λόγω ανέμου στις κατασκευές από χάλυβα, παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο και αποτελούν σε πολλές περιπτώσεις τη βασική φόρτιση, ανεξάρτητα από τον τύπο τους (μονώροφα, διώροφα κλπ). Το μέγεθος των δράσεων αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με την τοποθεσία, το ύψος της κατασκευής, το είδος του περιβάλλοντος χώρου κλπ.

Οι δυνάμεις λόγω ανέμου είναι χρονικά μεταβαλλόμενες και μπορεί να προκαλέσουν ταλαντώσεις, για πολλές όμως κατασκευές (π.χ. σε δύσκαμπτες) η

δυναμική αυτή επίδραση είναι μικρή, οπότε τα φορτία του ανέμου μπορεί να θεωρούνται ως στατικά. Σε εύκαμπτες κατασκευές οι δυναμικές επιρροές μπορεί να είναι σημαντικές, οπότε πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η δυναμική τους συμπεριφορά.

Η πλέον σημαντική παράμετρος για τον προσδιορισμό των δράσεων ανέμου είναι η ταχύτητα του ανέμου. Η βάση σχεδιασμού είναι η μέγιστη ταχύτητα (ριπή) που προβλέπεται για τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού της κατασκευής.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της ταχύτητας και της ασκούμενης πίεσης είναι :

- **Η γεωγραφική θέση.** Οι ταχύτητες του ανέμου είναι στατιστικώς μεγαλύτερες σε ορισμένες περιοχές απ' ό,τι σε άλλες. Για πολλές περιοχές υπάρχουν διαθέσιμα σημαντικά στατιστικά στοιχεία και οι βασικές ταχύτητες του ανέμου δημοσιεύονται συνήθως με τη μορφή ισοϋψών καμπυλών, οι οποίες είναι γραμμές ίσης βασικής ταχύτητας του ανέμου τοποθετημένες σε ένα χάρτη. Η βασική ταχύτητα του ανέμου αναφέρεται στον Ευρωκώδικα 1 και ως η ταχύτητα αναφοράς του ανέμου και αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα στα 10 m πάνω από το επίπεδο γυμνού εδάφους, λαμβάνοντας το μέσο όρο για μία περίοδο 10 λεπτών και με περίοδο επαναφοράς 50 λεπτών.
- **Η φυσική θέση.** Οι ριπές του ανέμου με υψηλές ταχύτητες απαντώνται σε εκτεθειμένες περιοχές όπως είναι τα κέντρα πόλεων, λόγω μεταβολών στην τραχύτητα των επιφανειών, που συνεπάγεται μείωση της ταχύτητας του ανέμου στο επίπεδο του εδάφους. Η μεταβολή αυτή λαμβάνεται υπόψη μέσω ενός συντελεστή τραχύτητας, ο οποίος σχετίζεται με την τραχύτητα του εδάφους και το ύψος πάνω από το επίπεδο του εδάφους.
- **Η τοπογραφία.** Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας σε σχέση με τους λόφους ή και τους γκρεμούς λαμβάνονται υπόψη με ένα συντελεστή τοπογραφίας.
- **Οι διαστάσεις των κτιρίων.** Το ύψος του κτιρίου είναι ιδιαίτερα σημαντικό, επειδή οι ταχύτητες του ανέμου αυξάνουν με το ύψος πάνω από το επίπεδο του εδάφους.
- **Η μέση ταχύτητα του ανέμου** προσδιορίζεται από τη βασική του ταχύτητα, που προσαυξάνεται για να ληφθεί υπόψη το ύψος του

κτιρίου, η τραχύτητα του εδάφους και η τοπογραφία. Η πίεση του ανέμου είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της μέσης ταχύτητας του.

- **Το σχήμα της κατασκευής.** Τα φορτία του ανέμου δεν είναι απλώς μία μετωπική πίεση, που εξασκείται στην πρόσοψη μιας κατασκευής, αλλά το αποτέλεσμα μίας σύνθετης κατανομής πιέσεων σε όλες τις όψεις, λόγω της κίνησης του ανέμου γύρω από όλη την κατασκευή . Γενικά αναπτύσσονται θετικές και αρνητικές πιέσεις στις διάφορες όψεις της κατασκευής αντίστοιχα προς τα αεροδυναμικά φαινόμενα που παρατηρούνται όταν ένα εμπόδιο (κτίριο) παρεμβάλλεται σε μία υπάρχουσα ροή (άνεμος). Η κατανομή είναι επιπλέον περίπλοκη λόγω των γειτονικών κατασκευών και των φυσικών εμποδίων/ μεταβολών, όπως λόφοι, κοιλάδες, δασικές εκτάσεις, που μπορεί να επηρεάζουν τη μορφή της κίνησης του ανέμου και τη σχετική κατανομή της πίεσης, Γενικά, ως προς τις κατακόρυφες επιφάνειες του κτιρίου, πιέσεις αναπτύσσονται στις προσήνεμες και υποπίεσεις στις υπήνεμες όψεις.
- **Η κλίση της στέγης.** Η παράμετρος αυτή είναι σημαντική ως προς το είδος των πιέσεων που αναπτύσσονται επί της κατασκευής. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι στέγες με μικρές κλίσεις μπορεί να υπόκεινται σε υφαρπαγή ή αναρρόφηση (αρνητικές πιέσεις ή υποπίεσεις), ενώ στέγες με μεγαλύτερη κλίση (μεγαλύτερη από περίπου 20^ο) μάλλον υπόκεινται σε πίεση προς τα κάτω.
- **Η διεύθυνση του ανέμου.** Οι κατανομές της πίεσης μεταβάλλονται για διαφορετικές διευθύνσεις του ανέμου.

Στις προδιαγραφές, πινακοποιημένες διαδικασίες επιτρέπουν να ληφθούν υπόψη οι παραπάνω παράμετροι κατά πρώτο λόγο στον υπολογισμό της ταχύτητας σχεδιασμού του ανέμου, και κατά δεύτερο λόγο στη μετατροπή της ταχύτητας του ανέμου σε ένα σύστημα δυνάμεων επί της κατασκευής. Οι ισοδύναμες στατικές δυνάμεις μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και στο σχεδιασμό της αντοχής της κατασκευής, ως σύνολο. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν επίσης υπόψη και συγκεκριμένα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά του ανέμου, όπως :

- Τοπικές πιέσεις, ιδιαίτερα σε γωνίες και γύρω από εμπόδια σε μία κατά τα άλλα «λεία» εξωτερική επιφάνεια, μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερες από το γενικό επίπεδο των πιέσεων. Οι υψηλές τοπικές

πιέσεις επηρεάζουν τα μικρά τμήματα ενός κτιρίου, όπως στοιχεία επικάλυψεων και λεπτομέρειες στηριγμάτων, που πρέπει να σχεδιαστούν για υψηλότερες πιέσεις ανέμου απ' ότι ολόκληρη η κατασκευή.

- ο Οι κατασκευές που είναι ευαίσθητες στον άνεμο πρέπει να αντιμετωπίζονται με ένα πιο σύνθετο τρόπο. Μπορεί να γίνουν δοκιμές σε αεροδυναμική σήραγγα με προσομοιώματα, στα οποία συμπεριλαμβάνεται και η επίδραση των γειτονικών κτιρίων. Μεταξύ των κατασκευών που μπορεί να χρειάζεται να αντιμετωπιστούν με αυτόν τον τρόπο, είναι και τα υψηλά κτίρια, στέγες σταδίων μεγάλου μήκους ή εύκαμπτες γέφυρες, ιστοί και πύργοι.

1.3.6 Σεισμικές δράσεις

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού αναπτύσσονται στο έδαφος επιταχύνσεις (οριζόντιες και κατακόρυφες), που έχουν ως συνέπεια τη δημιουργία αδρανειακών δυνάμεων επί των κατασκευών. Από τις δυνάμεις αυτές, οι οριζόντιες θεωρούνται οι πλέον σοβαρές, χωρίς αυτό να σημαίνει, ότι και οι κατακόρυφες δεν μπορεί να αποβούν καταστροφικές υπό ορισμένες συνθήκες.

Η χώρα μας βρίσκεται σε μία εξαιρετικά σεισμογενή περιοχή και ως εκ τούτου οι σεισμικές δράσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των κατασκευών. Ο ΕΑΚ 2000 (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός) ως νόμος του κράτους, καλύπτει τα λεγόμενα έργα «κανονικού κινδύνου» (δηλ. έργα των οποίων η ενδεχόμενη βλάβη περιορίζεται στο ίδιο το έργο, στο περιεχόμενο του και στην άμεση γειτονία του) και περιέχει τις βασικές απαιτήσεις, τα κριτήρια σχεδιασμού, το μέγεθος των σεισμικών δράσεων και τους κανόνες συνδυασμού με άλλες δράσεις, καθώς και κανόνες εφαρμογής για κτιριακά κυρίως έργα. Από την άλλη μεριά, το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 1998 με τα διάφορα Μέρη του, βρίσκεται σε εξέλιξη και όταν ολοκληρωθεί και συμπληρωθεί από τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα, θα αντικαταστήσει μετά παρέλευση ευλόγου διαστήματος τον ΕΑΚ2000.

Ως σεισμικές δράσεις σχεδιασμού θεωρούνται οι ταλαντώσεις του κτιρίου λόγω του σεισμού, οι οποίες ονομάζονται και σεισμικές διεγέρσεις ή σεισμικές δονήσεις. Οι σεισμικές δράσεις κατατάσσονται στις τυχηματικές και δεν

συνδυάζονται με άλλες τυχηματικές δράσεις, όπως επίσης δεν συνδυάζονται με τις δράσεις λόγω ανέμου.

Η ένταση των εδαφικών σεισμικών διεγέρσεων, καθορίζεται συμβατικά με μία μόνη παράμετρο, τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού A , ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας της χώρας στην οποία βρίσκεται το έργο. Η Ελλάδα, υποδιαιρείται σε τρεις Ζώνες Σεισμικής Επικινδυνότητας (I έως III), τα όρια των οποίων καθορίζονται στο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας (βλέπε ΕΑΚ 2000 και ΦΕΚ1154/12-8-03, Σχήμα 2.2 και Πίνακα 2.1). Σε κάθε Ζώνη αντιστοιχεί μια τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους A , η οποία, σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα, έχει πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια, (ή περίοδο επαναφοράς 475 χρόνια), με βάση τη σχέση:

$A = a \cdot g$ όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας
και $a = 0,16$ για Ζώνη I
 $a = 0,24$ για Ζώνη II
 $a = 0,36$ για Ζώνη III

Η εδαφική επιτάχυνση A κλιμακώνεται περαιτέρω μέσα στην ίδια ζώνη ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας των έργων, μέσω του συντελεστή σπουδαιότητας y_h κυμαινόμενου μεταξύ 0,85 και 1,30 ο οποίος εκφράζει μικρότερες ή μεγαλύτερες απαιτήσεις απόκρισης.

Οι σεισμικές διεγέρσεις σχεδιασμού ορίζονται στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους ως δύο οριζόντιες (κάθετες μεταξύ τους) και μία κατακόρυφη συνιστώσα, στατιστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους, καθορίζονται δε με τη βοήθεια φασμάτων απόκρισης (σε όρους επιτάχυνσης) ενός μονοβάθμιου ταλαντωτή.

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής προβλέπεται από τον ΕΑΚ 2000 (ανάλογα και από το EN 1998) η εφαρμογή των παρακάτω δύο μεθόδων: *Δυναμική φασματική μέθοδος* (πλήρης ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, υπολογισμός μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιόμορφη ταλάντωσης και τέλος τετραγωνική επαλληλία των μέγιστων ιδιομορφικών αποκρίσεων).

Απλοποιημένη φασματική ή ισοδύναμη στατική μέθοδος (δεν απαιτείται ιδιομορφική ανάλυση, αλλά στηρίζεται σε προσεγγιστική θεώρηση μόνον της θεμελιώδους ιδιόμορφης ταλάντωσης).

Για την ισοδύναμη γραμμική ανάλυση των κατασκευών στη μετελαστική περιοχή συμπεριφοράς της χρησιμοποιούνται φάσματα σχεδιασμού των οριζόντιων

συνιστωσών σεισμού , τα οποία προκύπτουν με τροποποίηση των ελαστικών φασμάτων

α) μέσω εισαγωγής του όρου $2/3$ ως εκθέτη στον κατιόντα κλάδο, και

β) με εφαρμογή του δείκτη συμπεριφοράς q , όπως αναλύεται στη συνέχεια.

Το φάσμα της κατακόρυφης συνιστώσας προκύπτει από το φάσμα των οριζοντίων συνιστωσών, με πολλαπλασιασμό των τεταγμένων του επί $0,70$.

Ο δείκτης συμπεριφοράς q εισάγει τη μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε ελαστικό σύστημα, εκφράζει δε γενικά την ικανότητα ενός δομικού συστήματος να απορροφά ενέργεια μέσω πλάστιμης συμπεριφοράς ορισμένων μελών του, χωρίς να μειώνεται δραστικά η αντοχή του. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται ο δείκτης συμπεριφοράς, είναι η διαθέσιμη πλαστιμότητα, η υπερστατικότητα, η υστερητική απόσβεση και άλλοι. Η τιμή του q ορίζεται, γενικά, για ολόκληρο το κτίριο. Στη συνήθη περίπτωση κτιρίων από το ίδιο υλικό σε όλους τους ορόφους και με ορθογωνική διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας, η τιμή του q ορίζεται για κάθε κύρια διεύθυνση (x ή y) του κτιρίου ανάλογα με το αντίστοιχο δομικό σύστημα. Σε κτίρια από διαφορετικό υλικό ή δομικό σύστημα ανά όροφο, για κάθε όροφο και διεύθυνση λαμβάνεται η αντίστοιχη τιμή του q εφόσον δεν υπερβαίνει την ελάχιστη τιμή του q των υπερκείμενων ορόφων. Στην αντίθετη περίπτωση η τιμή του q για κάθε όροφο και διεύθυνση λαμβάνεται ίση με την ελάχιστη τιμή του q των υπερκείμενων ορόφων. Στον Πιν.1 φαίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q , ανάλογα με το υλικό και το δομικό σύστημα, σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000.

Πίνακας 1: Μέγιστες Τιμές Συντελεστή Συμπεριφοράς q

ΥΛΙΚΟ	ΔΟΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	q
1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	α. Πλαίσια ή μικτά συστήματα	3,50
	β· Συστήματα τοιχωμάτων που λειτουργούν ως πρόβολοι	3,00
	γ· Συστήματα στα οποία τουλάχιστον το 50% της συνολικής μάζας βρίσκεται στο ανώτερο 1/3 του ύψους	2,00
2. ΧΑΛΥΒΑΣ	α. Πλαίσια	4,00

	β. Δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα	4,00
	Υ Δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα	
	• Διαγώνιοι σύνδεσμοι	3,00
	• Σύνδεσμοι τύπου V ή L	1,50
	• Σύνδεσμοι τύπου K (όπου επιτρέπεται)	1,00
3. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ	α. Με οριζόντια διαζώματα	1,50
	β- Με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα	2,00
	Υ- Οπλισμένη (κατακόρυφα και οριζόντια)	2,50
4. ΞΥΛΟ	α. Πρόβολοι	1,00
	β- Δοκοί - Τόξα - Κολλητά πετάσματα	1,50
	Υ- Πλαίσια με κοχλιώσεις	2,00
	δ. Πετάσματα με ηλώσεις	3,00

Σε περίπτωση επιθυμητής ελαστικής συμπεριφοράς λαμβάνεται $q = 1$.

Ο διορθωτικός συντελεστής «η» εκφράζει την αυξομείωση της επιρροής της ιξώδους απόσβεσης στην ελαστική περιοχή της συμπεριφοράς, όταν το ποσοστό της κρίσιμης απόσβεσης ζ είναι διάφορο του 5% και υπολογίζεται από τη σχέση:

Οι τιμές της κρίσιμης απόσβεσης $\zeta(\%)$ εξαρτώνται από το είδος της κατασκευής. Έτσι για συγκολλητή μεταλλική κατασκευή είναι $C = 2\%$, για κοχλιωτή είναι $\zeta = 4\%$, ενώ για κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι $\zeta = 5\%$.

Ο συντελεστής θεμελίωσης θ εξαρτάται γενικά από το βάθος και τη δυσκαμψία της θεμελίωσης, εκφράζει δε την ευνοϊκή επιρροή της δύσκαμπτης θεμελίωσης όχι μόνο στη μείωση της έντασης της σεισμικής δόνησης από την επιφάνεια του εδάφους προς το θεμέλιο, αλλά και στη μείωση των κινδύνων διαφορικών καθιζήσεων λόγω δυναμικής διατμητικής συνίζησης χαλαρών εδαφών, αύξηση της αξιοπιστίας, κλπ. Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας τα εδάφη κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες Α, Β, Γ, Δ και Χ, που περιγράφονται στον ΕΑΚ20G0. Σε εδάφη κατηγορίας Α ή Β ο συντελεστής θ λαμβάνει την τιμή 1,0. Σε εδάφη κατηγορίας Γ ή Δ ο συντελεστής θεμελίωσης θ επιτρέπεται να λαμβάνει μικρότερες τιμές, όταν συντρέχει τουλάχιστον μία από τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στον Πίν.2 και εφόσον η προκύπτουσα φασματική επιτάχυνση

σχεδιασμού δεν είναι μικρότερη από εκείνη που θα προέκυπτε για έδαφος κατηγορίας Β.

Πίνακας 2: Συντελεστής θεμελίωσης θ

Προϋποθέσεις		
1α.	Το κτίριο διαθέτει ένα υπόγειο	0,90
1β.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι γενική κοιτόστρωση	
1γ.	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που φέρουν δοκούς σύνδεσης στην κεφαλή	
2α.	Το κτίριο διαθέτει δύο τουλάχιστον υπόγεια	0,80
2β-	Το κτίριο διαθέτει ένα τουλάχιστον υπόγειο και η θεμελίωση είναι γενική	
2γ-	Η θεμελίωση του κτιρίου είναι με πασσάλους που συνδέονται με ενιαίο κεφαλόδεσμο (όχι αναγκαστικά ενιαίου πάχους)	

Παρατήρηση: Υπόγειος θεωρείται ένας όροφος όταν έχει περιμετρικά τοιχώματα, έτσι ώστε οι συνδεόμενες πλάκες να είναι πρακτικά αμετάθετες.

1.3.7 ΑΛΛΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Πέραν των δράσεων που περιγράφηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και μια σειρά από άλλες δράσεις κατά περίπτωση, όπως:

- θερμοκρασιακές μεταβολές
- πυρκαγιά
- γερανογέφυρες
- φορτία κόπωσης
- ωθήσεις γαιών ή υδροστατικές πιέσεις
- τυχηματικές δράσεις (εκρήξεις, πρόσκρουση οχημάτων, τρένων ή πλοίων, βίαιη προσγείωση ελικοπτερου σε ελικοδρόμιο επί στέγης κλπ)
- δράσεις κατά την ανέγερση.

1.4 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οριακές καταστάσεις είναι οι καταστάσεις πέραν των οποίων ο φορέας ή τμήμα αυτού δεν ικανοποιεί πλέον τα κριτήρια σχεδιασμού του. Διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

Οριακές καταστάσεις αστοχίας (Ultimate Limit States-ULS, πλαστικές αντοχές, απώλεια ευστάθειας, θραύση, κόπωση, ανατροπή κλπ), που συνδέονται με κατάρρευση ή με ισοδύναμες μορφές αστοχίας του φορέα ή τμήματος του.

Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (Serviceability Limit States- SLS, μετατοπίσεις, ταλαντώσεις, ρηγματώσεις κλπ), που συνδέονται με συνθήκες πέραν των οποίων δεν πληρούνται πλέον οι καθορισμένες λειτουργικές απαιτήσεις για το φορέα ή για μέλος αυτού.

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας σχετίζονται με την ασφάλεια των ανθρώπων, την ασφάλεια του φορέα και την προστασία των περιεχομένων, αφορούν δε τις παρακάτω καταστάσεις:

- Απώλεια ισορροπίας του φορέα θεωρούμενου ως άκαμπτου σώματος ή οποιουδήποτε μέρους του.
- Αστοχία λόγω υπερβάλλουσας παραμόρφωσης, μετατροπής του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του σε μηχανισμό, θραύση, απώλεια ευστάθειας του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του, συμπεριλαμβανομένων των στηρίξεων και των θεμελίων.
- Αστοχία η οποία προκαλείται από κόπωση ή άλλες επιδράσεις που εξαρτώνται από το χρόνο.

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας αφορούν:

- τις λειτουργικές απαιτήσεις από φορέα ή ένα δομικό μέλος υπό συνθήκες συνήθους χρήσης.
- την άνεση των χρηστών
- την εξωτερική εμφάνιση των δομικών στοιχείων (πχ. έντονη καμπτική παραμόρφωση ή εκτεταμένη ρωγμάτωση).

Πρέπει να γίνεται διάκριση μεταξύ αναστρέψιμων και μη-αναστρέψιμων οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.

Αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι οι καταστάσεις των οποίων τα αποτελέσματα αναιρούνται μετά την απομάκρυνση των φορτίων (δράσεων) που τα προκάλεσαν (π.χ. μεγάλες ελαστικές παραμορφώσεις).

Μη-αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι οι καταστάσεις που συνδέονται με το γεγονός ότι, όταν απομακρυνθούν οι δράσεις θα παραμείνουν

κάποιες συνέπειες τους (πχ παραμένουσες παραμορφώσεις υπό τα φορτία λειτουργίας).

Ο έλεγχος των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας πρέπει να βασίζεται σε κριτήρια, τα οποία να αφορούν τα ακόλουθα θέματα:

Παραμορφώσεις, οι οποίες επηρεάζουν:

- την εμφάνιση
- την άνεση των χρηστών
- τη λειτουργία του έργου (συμπεριλαμβανομένης και της λειτουργίας των μηχανημάτων ή των παρεχόμενων υπηρεσιών), ή οι οποίες προκαλούν ζημιά στα επιχρίσματα ή τα υπόλοιπα μη φέροντα στοιχεία.

Δονήσεις οι οποίες:

- προκαλούν ενόχληση στους χρήστες
- περιορίζουν τη λειτουργική αποδοτικότητα του έργου.

Βλάβες, οι οποίες πολύ πιθανόν να επηρεάσουν αρνητικά:

- την εμφάνιση
- την ανθεκτικότητα
- τη λειτουργία του έργου.

Οι καταστάσεις αυτές (ULS και SLS) προσεγγίζονται με προσαύξηση των φορτίων λειτουργίας του φορέα μέσω των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας (partial safety factors), οι οποίοι είναι σχεδόν πάντα μεγαλύτεροι ή ίσοι προς τη μονάδα. Τα προκύπτοντα φορτία ονομάζονται φορτία ή δράσεις σχεδιασμού και χρησιμοποιούνται υπό μορφή συνδυασμών για το σχεδιασμό του φορέα. Ο σχεδιασμός θα πρέπει να βασίζεται στη χρήση κατάλληλων για τη συγκεκριμένη οριακή κατάσταση προσομοιωμάτων του φορέα και της φόρτισης και πρέπει να ελέγχεται ότι δεν υπάρχει υπέρβαση σε καμία οριακή κατάσταση. Οι καταστάσεις σχεδιασμού ενός φορέα για τις οποίες γίνεται έλεγχος επάρκειας σε σχέση με τις προαναφερθείσες οριακές καταστάσεις αστοχίας ή λειτουργικότητας είναι οι ακόλουθες:

- **Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια**, οι οποίες αναφέρονται στις συνθήκες κανονικής χρήσης.

- **Παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού**, οι οποίες αναφέρονται σε προσωρινές συνθήκες που επιβάλλονται στο φορέα, π.χ. κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ή της επισκευής του. Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού, οι οποίες αναφέρονται σε εξαιρετικές συνθήκες που επιβάλλονται στο φορέα, π.χ. πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση.
- **Καταστάσεις σχεδιασμού έναντι σεισμού**, που αναφέρονται σε συνθήκες οι οποίες επιβάλλονται στο φορέα, όταν αυτός εκτίθεται σε σεισμικά γεγονότα.

1.4.1 Συνδυασμοί δράσεων

Ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίζονται οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων, οι οποίες επενεργούν επ' αυτής. Οι δράσεις αυτές, πολλαπλασιασμένες με κατάλληλους συντελεστές (επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ), συνδυάζονται μεταξύ τους καταλλήλως (συντελεστές συνδυασμού ψ) για κάθε μία από τις δύο οριακές καταστάσεις και στη συνέχεια εφαρμόζονται επί του φορέα. Είναι προφανές ότι οι δράσεις που υπεισέρχονται στους συνδυασμούς, επενεργούν και εκδηλώνονται ταυτόχρονα.

2 ΥΛΙΚΑ

Ο δομικός χάλυβας είναι το βασικό υλικό από το οποίο συντίθεται ο φέρων οργανισμός των χαλύβδινων κτιριακών και λοιπών τεχνικών έργων. Είναι κράμα με βασικό συστατικό τον σίδηρο (Fe) και διάφορα άλλα μεταλλικά και μη στοιχεία σε μικρή αναλογία, όπως άνθρακας (C), Μαγγάνιο (Mn), Πυρίτιο (Si), Νικέλιο (Ni), Χαλκός (Cu), Χρώμιο (Cr), Μολυβδαίνιο (Mo), Βανάδιο (V), Ζιρκόνιο (Zr), Θείο (S), Φωσφόρος (P) κλπ., ορισμένα έκτων οποίων είναι ανεπιθύμητα, επειδή επηρεάζουν δυσμενώς κάποια χαρακτηριστικά του χάλυβα.

Η ποσοστιαία συμμετοχή των στοιχείων αυτών προσδιορίζει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του χάλυβα (αντοχή, συγκολλησιμότητα, ευαισθησία στη διάβρωση, ολκιμότητα κλπ), μικρή δε μεταβολή της αναλογίας αυτής οδηγεί στη δημιουργία άλλου είδους χάλυβα. Έτσι, αναφορικά με την περιεκτικότητα σε άνθρακα, που είναι από τα κυριότερα συστατικά του χάλυβα, αυτή ποικίλει από 0,15% έως 1,70%, οι συνήθεις δε δομικοί χάλυβες έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μεταξύ 0,15% και 0,29%.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του χάλυβα, τα οποία του προσδίδουν το χαρακτηρισμό του πλέον ευέλικτου και ίσως του καλύτερου σήμερα δομικού υλικού, είναι τα εξής:

- *Μεγάλη αντοχή ή μεγάλος λόγος αντοχής προς ίδιο βάρος.* Αυτό οδηγεί σε λεπτές διατομές, μείωση των ιδίων βαρών του φέροντα οργανισμού, οικονομία χώρου και υλικού, ζεύξη μεγάλων ανοιγμάτων χωρίς ενδιάμεση υποστήλωση κ.λ.π (π.χ. γέφυρες μεγάλων ανοιγμάτων, υψηλά κτίρια και κατασκευές με κακές συνθήκες θεμελίωσης).
- *Ομογένεια υλικού.* Τα χαρακτηριστικά του είναι σταθερά σε κάθε σημείο της μάζας του υλικού, γεγονός που εξασφαλίζει την ακρίβεια των παραδοχών ανάλυσης και των ελέγχων αντοχής.
- *Μονιμότητα.* Τα χαρακτηριστικά του είναι αμετάβλητα στο χρόνο, εφ' όσον δε παρέχεται η κατάλληλη συντήρηση, εξασφαλίζεται απεριόριστη διάρκεια ζωής της κατασκευής-
- *Ελαστικότητα.* Ο χάλυβας συμπεριφέρεται ελαστικά μέχρι σχετικά υψηλές τάσεις, τα δε γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του προσδιορίζονται με μεγάλη ακρίβεια.
- *Ολκιμότητα.* Είναι η ικανότητα του χάλυβα να υπόκειται σε μεγάλες παραμορφώσεις χωρίς να αστοχεί. Έτσι, αν ένα τεμάχιο χάλυβα με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα υποβάλλεται σε εφελκυσμό, επιμηκύνεται σημαντικά με ταυτόχρονη μείωση της διατομής του στο σημείο αστοχίας, πριν επέλθει η τελική θραύση. Υλικό που δεν διαθέτει αυτή την ιδιότητα, χαρακτηρίζεται ως ψαθυρό και αν υποβληθεί π.χ. σε κρουστικό φορτίο, μπορεί να θραυσθεί. Η ολκιμότητα στο χάλυβα, επιτρέπει την ανάπτυξη τοπικής διαρροής σε σημεία όπου εμφανίζεται συγκέντρωση υψηλών τάσεων υπό τα φορτία σχεδιασμού, με αποτέλεσμα την ανακατανομή της έντασης και την πρόληψη πρόωρης αστοχίας. Επιπλέον, εάν η κατασκευή υπερφορτισθεί, οι μεγάλες παραμορφώσεις λόγω της ολκιμότητας, είναι ορατές και μπορεί να οδηγήσουν στην πρόληψη της επερχόμενης αστοχίας.
- *Η ταχύτητα εκτέλεσης.*
- Βιομηχανικό κατά το μεγαλύτερο μέρος του προϊόν με ελεγχόμενη εκ τούτου ποιότητα. Q. Το σχετικά μικρό βάρος των χαλύβδινων κατασκευών συνεπάγεται μικρότερες αδρανειακές σεισμικές δυνάμεις. Σε συνδυασμό με την ικανότητα ανάπτυξης σημαντικών πλαστικών παραμορφώσεων και απορρόφησης εξ αυτού προ της αστοχίας σημαντικής ενέργειας, καθίσταται ο χάλυβας ιδανικό υλικό για αντισεισμικές κατασκευές.
- Ευχέρεια διάνοιξης οπών για τη διέλευση καναλιών κλιματισμού και άλλων ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

- Άλλα πλεονεκτήματα του χάλυβα είναι: η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του (ως έχει ή μετά από ανάτηξη), η ευκολία ενίσχυσης υπαρχουσών κατασκευών (με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας), η ευκολία στην τυποποίηση και την προκατασκευή κλπ.

Στα μειονεκτήματα του υλικού συγκαταλέγονται:

- η ευαισθησία σε υψηλές θερμοκρασίες (οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε περίπτωση πυρκαγιάς, προκαλούν έντονη απομείωση της αντοχής του χάλυβα) και η ανάγκη λήψης μέτρων πυροπροστασίας
- η ευαισθησία σε φαινόμενα αστάθειας (η οποία οδηγεί σε αναγκαία αύξηση του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί σε θλιβόμενα στοιχεία, για την αποτροπή του φαινομένου του λογισμού)
- η ευαισθησία έναντι κόπωσης (σε περίπτωση μεγάλου αριθμού κύκλων επαναλαμβανόμενης φόρτισης) κλπ.

Είναι προφανές, ότι ο χαλύβδινος φορέας θα πρέπει να συντηρείται περιοδικά, όπως συμβαίνει με όλα τα δομικά υλικά. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 1993-1-1 (Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα-Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια), οι χάλυβες οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό δομικών έργων θα πρέπει να διαθέτουν μία ελάχιστη ολκιμότητα, η οποία εξασφαλίζεται μέσω της ικανοποίησης των παρακάτω περιορισμών:

- Πρέπει να ισχύει: $f_{lt} / f > 1,15$
- Η οριακή παραμόρφωση ϵ_{lh} πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση προς 15%.
- Πρέπει να ισχύει $\epsilon_{lh} > 5s_y$

Οι χάλυβες οι οποίοι περιλαμβάνονται στους Πίνακες 3 και 4 θεωρείται ότι ικανοποιούν τις παραπάνω απαιτήσεις.

Πίνακας 3: Ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής f_y και της εφελκυστικής αντοχής f_u για εν θερμώ ελατούς χάλυβες

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				

S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550

----- Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	fy [N/mm2]	fu [N/mm2]	fy [N/mm2]	fu [N/mm2]
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S235W	235	360	215	340
S355W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Πίνακας 4: Ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής f_y και της εφελκυστικής αντοχής f_u για χάλυβες παραγωγής κοίλων διατομών

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	fy [N/mm ²]	fu [N/mm ²]	fy [N/mm ²]	fu [N/mm ²]
EN 10210-1				
S235H	235	360	215	340
S275H	275	430	255	410
S355H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S420NH/NHL	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

Πρότυπο και ποιότητα χάλυβα	Ονομαστικό πάχος του στοιχείου t [mm]			
	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	fy [N/mm ²]	fu [N/mm ²]	fy [N/mm ²]	fu [N/mm ²]
EN 10219-1				
S235H	235	360		
S275H	275	430		
S355H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S460NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

Οι συμβολισμοί στον ανωτέρω Πίνακα είναι (περισσότερες πληροφορίες στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN10025):

N: Ανόπτηση εξομάλυνσης

M: Θερμομηχανική επεξεργασία

L: Αναφέρεται στην ενέργεια Charpy

W: Βελτιωμένη αντοχή στην ατμοσφαιρική διάβρωση

Q; Βαφή και ανόπτηση χαλύβων υψηλής αντοχής

Η: Κοίλες διατομές.

Σχετικά με τις προβλεπόμενες ανοχές (αποδεκτές ατέλειες χαλύβδινων ράβδων), αναφορά γίνεται στο πρότυπο EN1090.

Στον Πίνακα 5 δίνονται οι ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής και της εφελκυστικής αντοχής για διάφορες ποιότητες χάλυβα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κοχλιών.

Πίνακας 5: Ονομαστικές τιμές του ορίου διαρροής και της εφελκυστικής αντοχής f_{uh} για κοχλίες

Κατηγορία κοχλία	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	640	900
L (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Υπάρχει μια πολύ μεγάλη ποικιλία τυποποιημένων διατομών που παράγονται μέσω θερμής έλασης, σε διάφορες διαστάσεις και πάχη, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αντιμετώπιση των κατασκευαστικών και υπολογιστικών απαιτήσεων για μεγάλο εύρος κατασκευών. Οι πλέον συνήθεις διατομές είναι τα διπλά ταυ (υψίκορμα ή πλατύπελμα), οι διατομές πι, τα ισοσκελή ή ανισοσκελή γωνιακά και οι κοίλες διατομές διαφόρων μορφών (κυκλικές, τετραγωνικές, ορθογωνικές, εξαγωνικές). Εκτός αυτών, είναι δυνατή η κατασκευή σύνθετων ή πολυμελών διατομών, μέσω κοχλίωσης ή συγκόλλησης, με βάση τις προηγούμενες πρότυπες διατομές

2.1 Μηχανικές και θερμικές ιδιότητες των συνήθων χαλύβων

Ως μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα στους 20 °C θα λαμβάνονται εκείνες που δίνονται στο EN 1993-1-1 για το σχεδιασμό σε συνήθη θερμοκρασία. Η ειδική θερμότητα c_a του χάλυβα είναι η ποσότητα θερμότητας που είναι απαραίτητη για να ανεβεί η θερμοκρασία μάζας χάλυβα 1kg κατά 1 °C. Η ειδική θερμότητα, ενώ μεταβάλλεται ομαλά σε όλες τις θερμοκρασίες, υφίσταται μεγάλη και απότομη άνοδο στην περιοχή των 700-800 °C. Η απότομη αύξηση προς μία πολύ

μεγάλη τιμή στους 735°C περίπου είναι μία ένδειξη της ποσότητας θερμότητας που απαιτείται για να λάβει χώρα η αλλαγή στην κρυσταλλική δομή.

Η θερμική αγωγιμότητα λ_B είναι ο συντελεστής, ο οποίος υπαγορεύει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα που φτάνει στην επιφάνεια του χαλύβδινου μέλους διαδίδεται δια μέσου του μετάλλου, εκφράζει δε την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται σε 1 sec από τη μία στην άλλη πλευρά ενός τοιχώματος από το υλικό αναφοράς πάχους 1 m, όταν μεταξύ των δύο πλευρών υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας 1°C .

3 Συνδέσεις

3.1 Γενικά

Μια μεταλλική κατασκευή αποτελείται από επιμέρους προκατασκευασμένα τμήματα, τα οποία μεταφέρονται στο έργο και συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, ώστε να συνθέσουν το συνολικό φορέα. Αλλά και κάθε προκατασκευασμένο τμήμα αποτελείται από επιμέρους στοιχεία (μέλη), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους. Έτσι, σκοπός των συνδέσεων είναι α) η διαμόρφωση των μελών και των προκατασκευασμένων τμημάτων και β) η αποκατάσταση της συνέχειας των μελών και των επιμέρους τμημάτων. Οι θέσεις αποκατάστασης της συνέχειας αποκαλούνται, υπό την ευρεία έννοια, **κόμβοι**. Ως προς την έννοια των όρων, ισχύουν τα ακόλουθα :

Η σύνδεση ορίζεται ως το σύνολο των φυσικών επιμέρους τμημάτων που συνδέουν μηχανικά τα συνδεόμενα μέλη. Υποτίθεται ότι η σύνδεση είναι επικεντρωμένη στη θέση όπου εμφανίζεται η αντίστοιχη δράση, π.χ. στη διεπιφάνεια μεταξύ του άκρου της δοκού και του υποστυλώματος σε έναν κόμβο δοκού-υποστυλώματος. Ο όρος κόμβος χρησιμοποιείται όταν η σύνδεση θεωρείται μαζί με την αντίστοιχη ζώνη αλληλεπίδρασης μεταξύ των συνδεόμενων μελών. Οι κόμβοι δοκού-υποστυλώματος ή δοκού-δοκού θεωρούνται και σχεδιάζονται παραδοσιακά ως αρθρωτοί ή ως άκαμπτοι, παρά το γεγονός ότι και οι πλέον εύκαμπτοι προβάλλουν κάποια αντίσταση σε επιβαλλόμενη ροπή, ενώ και οι πλέον δύσκαμπτοι έχουν κάποιο βαθμό ευκαμψίας. Γενικώς υποτίθεται ότι οι απλοί κόμβοι δεν προβάλλουν καμία αντίσταση σε ροπή, όσο και αν στρέφεται ο κόμβος. Έτσι, ένα πλαίσιο με απλούς κόμβους, το οποίο είναι αμετάθετο, συμπεριφέρεται ως ένα σύνολο στατικώς ορισμένων τμημάτων, τα οποία μπορούν εύκολα να αναλυθούν με απλούς υπολογισμούς, κάθε δε μέλος μπορεί να διαστασιοποιηθεί χωρίς να επηρεάζεται από την υπόλοιπη κατασκευή. Εάν όμως οι κόμβοι θεωρηθούν άκαμπτοι, τότε το πλαίσιο μπορεί να αναλυθεί με μία σχετικά απλή μεν διαδικασία, η οποία όμως απαιτεί υπολογισμούς αρκετά πολυπλοκότερους από ένα πλαίσιο με αρθρωτούς κόμβους. Μπορεί λοιπόν να προκύψει το συμπέρασμα ότι οι παραδοχές για την προσομοίωση

των κόμβων ως αρθρωτών ή άκαμπτων, προέκυψαν λόγω των απλοποιήσεων που αυτές παρέχουν για την ανάλυση των πλαισίων και επομένως για το σχεδιασμό. Αν και οι υπολογιστικές δυνατότητες έχουν βελτιωθεί κατά πολύ κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, τα περισσότερα πλαίσια σχεδιάζονται ακόμη με βάση τις ανωτέρω παραδοχές, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το άνω και κάτω όριο της στροφικής δυσκαμψίας που μπορεί να έχει ένας πραγματικός κόμβος. Αυτό σημαίνει ότι πλαίσια τα οποία σχεδιάζονται με βάση την παραδοχή αρθρωτών κόμβων δεν εκμεταλλεύονται την έστω μικρή δυσκαμψία που έχουν ακόμη και οι απλούστερες συνδέσεις, ενώ πλαίσια που σχεδιάζονται ως συνεχή (με άκαμπτους κόμβους), επιβαρύνονται με το κόστος σύνθετων κόμβων, κάνοντας συχνά χρήση νευρώσεων προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη δυσκαμψία. Στην πραγματικότητα όλοι οι κόμβοι της πράξης έχουν πεπερασμένη δυσκαμψία και ειδικά χαρακτηριστικά που συνδέουν τη ροπή με τη σχετική στροφή των συνδεόμενων μελών, μεταξύ αυτών των δύο ακραίων περιπτώσεων (ίδια καμπύλη ροπής-στροφής για κάθε κόμβο).

3.1.1 Απλές συνδέσεις

Ονομάζονται οι συνδέσεις οι οποίες παραλαμβάνουν και μεταφέρουν μόνο δυνάμεις (αξονικές και τέμνουσες), επιτρέποντας τις στροφές που προκύπτουν λόγω των δράσεων σχεδιασμού, χωρίς να αναπτύσσουν σημαντικές ροπές. Παραδείγματα αποτελούν οι αρθρωτές συνδέσεις δοκών-υποστυλωμάτων, οι οποίες μεταφέρουν την τέμνουσα της δοκού στο υποστύλωμα, καθώς και οι αρθρωτές συνδέσεις δικτυωμάτων, οι οποίες μεταφέρουν στους κόμβους τις αξονικές δυνάμεις των ράβδων του δικτυώματος. Ο κανόνας εφαρμογής, που προβλέπεται από το EN 1993-1-8 (Σχεδιασμός συνδέσεων), είναι ότι ένας κόμβος μπορεί να ταξινομηθεί ως αρθρωτός, εάν η αντοχή σχεδιασμού του σε ροπή κάμψης A_{jRd} δεν είναι μεγαλύτερη από το 25% της αντοχής σχεδιασμού σε ροπή δοκού, που απαιτείται για ένα κόμβο πλήρους αντοχής, με την προϋπόθεση ότι ο κόμβος διαθέτει επιπλέον επαρκή στροφική ικανότητα.

3.1.2 Συνδέσεις ροπής

Ονομάζονται οι συνδέσεις που παραλαμβάνουν δυνάμεις και ροπές. Παραδείγματα αποτελούν οι αποκαταστάσεις συνέχειας των διατομών των μελών, οι πλαισιακές συνδέσεις δοκών -υποστυλωμάτων, οι οποίες μεταφέρουν μέσω πλαισιακής λειτουργίας την τέμνουσα και τη ροπή της δοκού στο υποστύλωμα, ή οι πακτώσεις των υποστυλωμάτων στη βάση τους. Ανάλογα με την αντοχή τους έναντι ροπών σε σχέση με τα μέλη τα οποία συνδέουν, οι συνδέσεις διακρίνονται σε:

3.1.2.1 Συνδέσεις πλήρους αντοχής

Πρόκειται για συνδέσεις των οποίων η ροπή αντοχής είναι μεγαλύτερη από τη ροπή αντοχής των συνδεόμενων μελών. Παραδείγματα αποτελούν αποκαταστάσεις συνέχειας διατομών, όπου η ροπή αντοχής της σύνδεσης είναι μεγαλύτερη από τη ροπή αντοχής της προς αποκατάσταση διατομής, ή κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων,

στους οποίους η ροπή αντοχής του κόμβου είναι μεγαλύτερη από τη ροπή αντοχής των συνδεόμενων δοκών.

3.1.2.2 Συνδέσεις μερικής αντοχής

Πρόκειται για συνδέσεις των οποίων η ροπή αντοχής είναι μικρότερη από τη ροπή αντοχής των συνδεόμενων μελών. Παράδειγμα αποτελούν κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων, στους οποίους η ροπή αντοχής του κόμβου είναι μικρότερη από τη ροπή αντοχής της συνδεόμενης δοκού ή γενικά κόμβου, ο οποίος διαστασιοποιείται με βάση τα εντατικά μεγέθη που αναπτύσσονται στη θέση του και όχι με βάση την αντοχή των συνδεόμενων.

3.1.3 Άκαμπτοι κόμβοι

Πρόκειται για κόμβους στους οποίους δεν μεταβάλλεται η αρχική γωνία μεταξύ των συνδεόμενων μελών. Η σύνδεση λειτουργεί και προσομοιώνεται ως πάκτωση.

3.1.4 Αρθρωτοί κόμβοι

Πρόκειται για κόμβους με ελεύθερη δυνατότητα σχετικής στροφής μεταξύ των συνδεόμενων μελών. Επομένως η σύνδεση λειτουργεί και προσομοιώνεται ως άρθρωση.

3.1.5 Ημιάκαμπτοι κόμβοι

Πρόκειται για κόμβους στους οποίους η γωνία φ μεταξύ του συνδεόμενου μέλους και του υπόλοιπου κόμβου μεταβάλλεται ανάλογα με την επιβαλλόμενη ροπή M στο μέλος. Η σύνδεση λειτουργεί ως ελαστική πάκτωση και προσομοιώνεται συνήθως με τη βοήθεια κατάλληλων στροφικών ελατηρίων.

3.1.6 Κοχλίες και εξαρτήματα

Ο κοχλίας αποτελείται από την κεφαλή, τον κορμό και το σπείρωμα. Η συνήθης κεφαλή είναι εξαγωνική. Το σπείρωμα ακολουθεί το μετρικό σύστημα ISO, σύμφωνα με το DIN ISO 898, Μέρος 1. Για το λόγο αυτό η ονομασία των κοχλίων αρχίζει με το γράμμα M, π.χ. M 20 (σημειώνεται ότι στις αγγλοσαξωνικές χώρες συνηθίζονται κοχλίες με διαφορετικό σπείρωμα, με γεωμετρικά χαρακτηριστικά εκφραζόμενα στο αντίστοιχο μετρικό σύστημα). Το σπείρωμα είναι κατά κανόνα δεξιόστροφο, Αν χρησιμοποιούνται κοχλίες με αριστερόστροφο σπείρωμα, πρέπει να μαρκάρονται κατάλληλα, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος απόσφυξης. Οι κοχλίες συνοδεύονται από τα εξαρτήματά τους, τα οποία είναι τα περικόχλια, οι δακτύλιοι και τα τυχόν μέσα εξασφάλισης (π.χ. δεύτερο περικόχλιο ή κόντρα παξιμάδι)*Οι δακτύλιοι παρεμβάλλονται συνήθως μεταξύ του περικοχλίου και των ελασμάτων ή

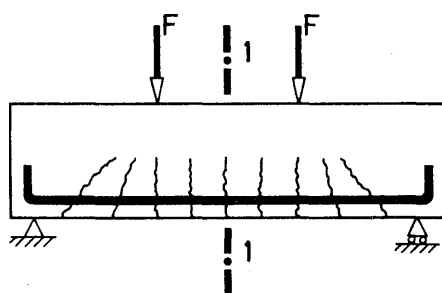
και μεταξύ των ελασμάτων και της κεφαλής του κοχλία. Οι διαθέσιμοι κοχλίες και τα σχετικά εξαρτήματα είναι τυποποιημένοι από τις ισχύουσες προδιαγραφές.

4 Σκυρόδεμα

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σκυρόδεμα είναι τεχνητός λίθος, ο οποίος, όπως και οι φυσικοί λίθοι, εμφανίζει υψηλή θλιπτική αντοχή και πολύ μικρή εφελκυστική. Για το λόγο αυτό το απλό σκυρόδεμα χρησιμοποιείται στα δομικά στοιχεία, τα οποία καταπονούνται μόνο σε θλίψη και δίολου ή ελάχιστα σε εφελκυσμό.

Το (οπλισμένο σκυρόδεμα είναι σκυρόδεμα ενισχυμένο («οπλισμένο») με χαλύβδινες ράβδους. Συνεπώς είναι ένα σύμμικτο υλικό, στο οποίο τις θλιπτικές δυνάμεις αναλαμβάνει το σκυρόδεμα και τις εφελκυστικές αποκλειστικά ο χάλυβας (Σχ. 1.).



Σχ. 1.: Συνεργασία σκυροδέματος και χάλυβα στην ανάληψη των φορτίων. Παράδειγμα δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα

4.2 ΑΡΧΕΣ

Η συνεργασία του σκυροδέματος και των χαλύβδινων ράβδων στην ανάληψη των φορτίων βασίζεται σε τρεις κυρίως ιδιότητες τους:

4.2.1. Συνάφεια

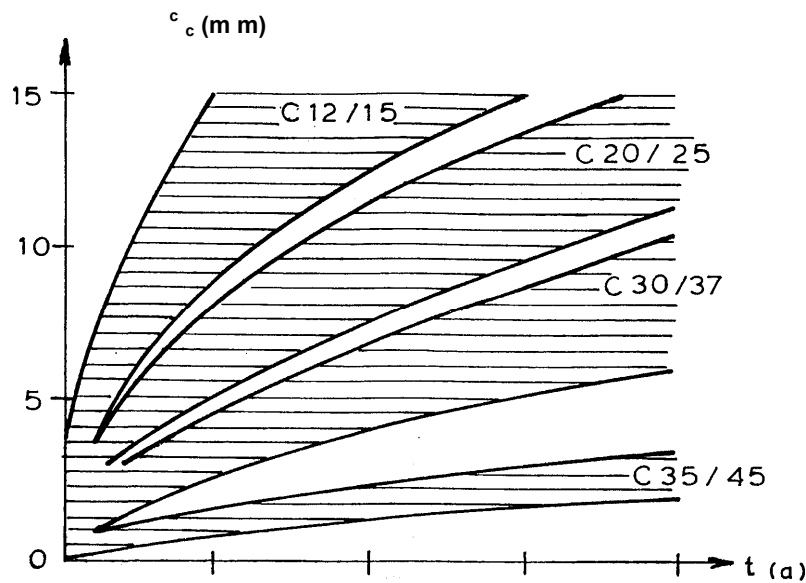
Με τον όρο αυτό νοείται, ότι οι ενσκυροδετημένες χαλύβδινες ράβδοι εμφανίζουν, σε πρώτη προσέγγιση, την ίδια παραμόρφωση με τις ίνες του σκυροδέματος, που εφάπτονται με αυτές. Τούτο σημαίνει, ότι μεταξύ σκυροδέματος και χαλύβδινων ράβδων μπορούν να διαβιβαστούν δυνάμεις. Το φαινόμενο οφείλεται κυρίως στις αναπτυσσόμενες κατά μήκος της ράβδου δυνάμεις προσφύσεως, τριβής και τμήσεως.

4.2.2. Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του σκυροδέματος κυμαίνεται από $\alpha_t = 9 \cdot 10^{-6}/K$ έως $12 \cdot 10^{-6}/K$ και λαμβάνεται κατά μέσον όρο: $\alpha_t = 10 \cdot 10^{-6}/K$. Για το χάλυβα είναι $\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6}/K$, κατά συνέπεια είναι σχεδόν οι ίδιοι. Εάν δεν συνέβαινε αυτό, θα χανόταν, κατά τις θερμοκρασιακές μεταβολές, μέρος της συνάφειας για παρεμπόδιση της διαφορετικής μηκύνσεως σκυροδέματος-χάλυβα.

4.2.3. Αντιδιαβρωτική προστασία

Το γύρω από τις χαλύβδινες ράβδους σκυρόδεμα εξασφαλίζει στα συνηθισμένα δομικά έργα αρκετή προστασία από τη διάβρωση. Γι' αυτό όμως η επικάλυψη του οπλισμού με σκυρόδεμα πρέπει να είναι αρκετά παχειά και συμπαγής, δηλαδή χωρίς πόρους, σκυροφωλιές, αρμούς κ.λ.π. Η αντιδιαβρωτική προστασία, που παρέχει το σκυρόδεμα στις χαλύβδινες ράβδους, είναι κυρίως χημική και συνίσταται στη δημιουργία αλκαλικού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο δεν είναι δυνατή η οξείδωση. Η επικάλυψη του σκυροδέματος αποσκοπεί στην δημιουργία αυτής της προστατευτικής στρώσεως και στην προφύλαξη της από μηχανικές φθορές.



Σχ. 2: Χρονική εξέλιξη του βάθους ενανθρακώσεως για έργα στο ύπαιθρο.

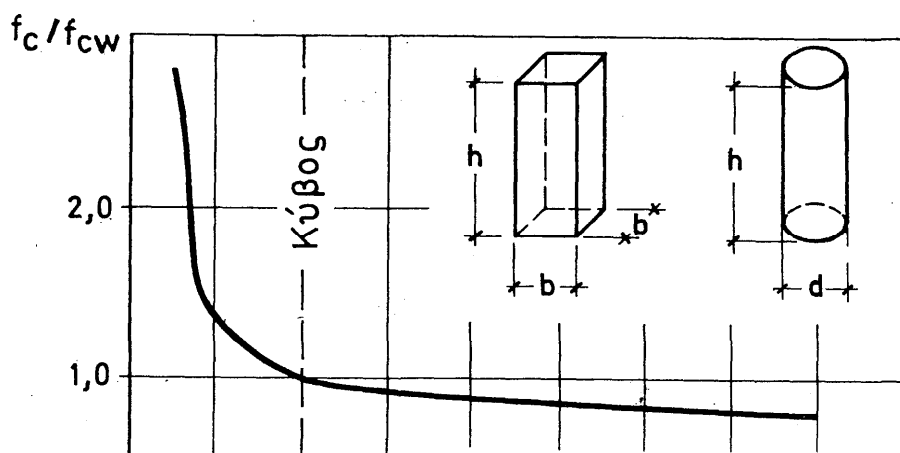
Μέσα σε υπόγειο νερό, εφ' όσον δεν περιέχει διαβρωτικές ουσίες, η διάβρωση εξελίσσεται πολύ αργά, λόγω ελλείψεως οξυγόνου. Όταν το περιβάλλον είναι έντονα διαβρωτικό, διάφορα διαλύματα διέρχονται μέσα από τις τριχοειδείς ρωγμές του σκυροδέματος και προσβάλλουν τις χαλύβδινες ράβδους. Λόγω της διογκώσεως της σκουριάς, το υδροξείδιο του σιδήρου έχει 2,5 φορές μεγαλύτερο όγκο από τον χάλυβα, ασκείται πίεση στο περιβάλλον σκυρόδεμα περίπου 30 MPa. Η επικάλυψη αποκολλάται και η διάβρωση επιταχύνεται. Όσο περισσότερο λεπτή και διαπερατή είναι η επικάλυψη, τόσο ταχύτερα προχωρεί η διάβρωση. Βασική σημασία επομένως για τη ζωή του φορέα έχει η επίτευξη επικάλυψης σκυροδέματος, που να είναι συμπαγής και να έχει κατάλληλο πάχος.

5. ΣΤΕΡΕΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

5.1 ANTOXH (strength, Festigkeit)

Η μηχανική αντοχή του σκυροδέματος αποτελεί τη βάση του υπολογισμού για το μελετητή και την πρώτη υποχρέωση του Εργολάβου. Αυτή καθορίζεται με δοκίμια, τα οποία παρασκευάζονται από το ίδιο με το έργο σκυρόδεμα και σκληρύνονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Το σχήμα, οι διαστάσεις και η μέθοδος ελέγχου του δοκιμίου επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα (Σχ. 3). Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, σύμφωνα με τους κανονισμούς, αποτελεί τη βάση της διαστασιολογήσεως σε θλίψη και κάμψη. Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, αν

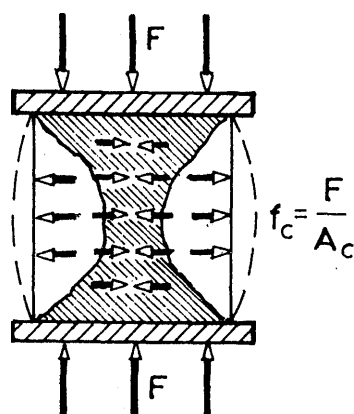
και έχει ουσιαστική σημασία και είναι αποφασιστική για την συνάφεια και την ρηγμάτωση, λαμβάνεται υπόψη σε ειδικές μόνο περιπτώσεις.



Σχ. 3.: Σύγκριση αντοχής πρισματικών και κυλινδρικών δοκιμών σκυροδέματος.

5.1.1. Θλιπτική αντοχή (compressive strength, Druckfestigkeit)

Εκτός ειδικών περιπτώσεων, η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος προσδιορίζεται με έλεγχο ποιότητας (control tests, Gutprüfung), που γίνεται σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150 mm και ύψους 300 mm ή σε κυβικά δοκίμια ακμής 150 mm σκυροδέματος ηλικίας 28 ημερών



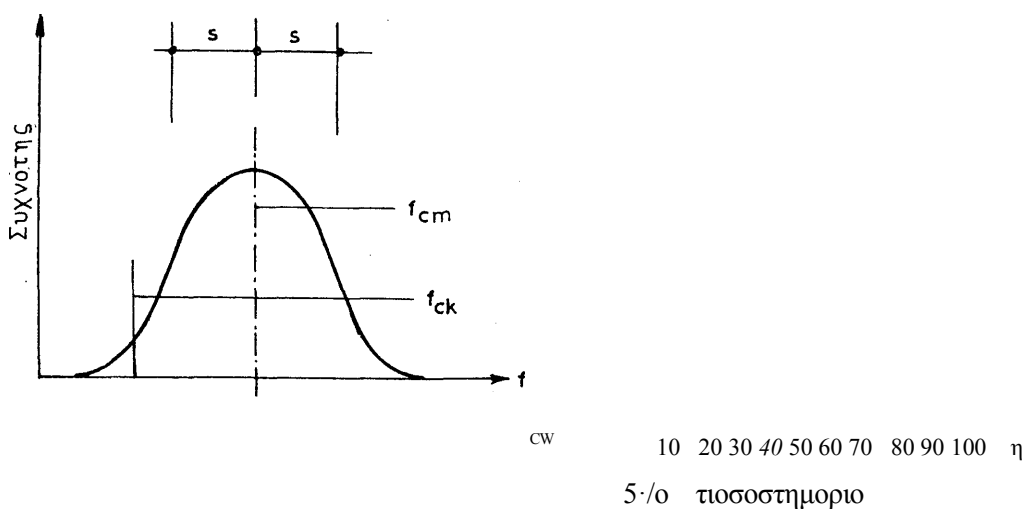
Σχ. 4: Δοκιμή κεντρικής θλίψεως σκυροδέματος.

Η κυλινδρική αντοχή χαρακτηρίζεται ως $f_{ck,Cyl}$, και η κυβική ως $f_{ck,Cube}$. Ο ΕΚΩΣ 2000 και ο EC2 καθορίζουν 9 κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος (C12/15 έως C50/60). (Πίνακας 6).

Πίνακας 6
Κατηγορίες αντοχής και μέτρο ελαστικότητας κανονικού σκυροδέματος σε N/mm^2 .

Κατηγορία αντοχής	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	Αναλυτική σχέση
$f'_{ck, cube}$	15	20	25	30	37	45	50	55	60	
$f'_{ck, cyl}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50	
$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	8	10,7	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3	f_c/γ_c
E_{cm}	26000	27500	29000	30500	32000	33500	35000	36000	37000	$9500 * ((f_c + 8))^{1/3}$

Η ηλικία των 28 ημερών θεσμοθετήθηκε για την αποφυγή της μεγάλης διασποράς των αποτελεσμάτων των δοκιμών μικρότερης ηλικίας. Παρ' όλα αυτά ο σημαντικός σκεδασμός των τιμών αντοχής του σκυροδέματος είναι αναπόφευκτος και για τούτο εισάγεται η έννοια της «χαρακτηριστικής αντοχής f_{ck} ». Τιμή χαρακτηριστικής αντοχής είναι εκείνη, την οποία υπερβαίνουν τα 95% των αποτελεσμάτων θραύσεως των δοκιμών του σκυροδέματος του έργου. (Σχ. 5).



Σχ. 5: Χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος.

Ως επί το πλείστον θεωρείται ότι οι τιμές των δοκιμών ακολουθούν την κανονική κατανομή κατά Gauss. Υπό την προϋπόθεση αυτή υπολογίζεται η χαρακτηριστική τιμή όπου σημαίνουν

f_{cm} = μέσος όρος αντοχής των n δοκιμών της δειγματοληψίας

f_d = αντοχή του i δοκιμίου

n = αριθμός δοκιμών

s = η τυπική απόκλιση της δειγματοληψία

α = συντελεστής υπολογισμού της χαρακτηριστικής τιμής του ποσοστημορίου συναρτήσεως του αριθμού των δοκιμών π.χ. για ποσοστημόριο 5% και 100 δοκίμια $\alpha = 1,64$.

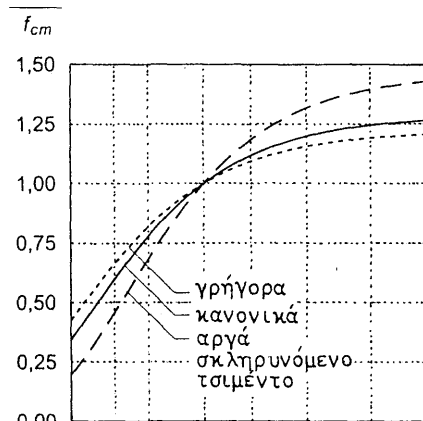
Η αντιστοιχία των αντοχών κατά EC2 και DIN 1045/1988 δεν είναι άμεση, επειδή διαφέρουν τόσο οι διαστάσεις των δοκιμών, όσο και οι συνθήκες συντηρήσεως κατά τη σκλήρυνση. Οι κατηγορίες αντοχής κατά DIN 1045 βασίζονται στη θλιπτική αντοχή κύβου ακμής 200 mm για συντήρηση μέσα στο νερό και τον αέρα. Τα δεδομένα αντοχής του EC 2 αναφέρονται σε κύλινδρο διαμέτρου 150 mm και ύψους 300 mm, που παραμένει μέσα στο νερό μέχρι τον έλεγχο. Η αύξηση της λυγηρότητας των δοκιμών του EC 2 και η επί 27 αντί των 7 ημερών παραμονή στο νερό, που μειώνει τις εσωτερικές δυνάμεις τριβής, προκαλούν πτώση της θλιπτικής αντοχής για την ίδια ποιότητα σκυροδέματος. Οι επιρροές αυτές οδηγούν στη σχέση (Πιν. 7) μεταξύ κυβικής αντοχής κατά DIN 1048 και κυλινδρικής κατά ISO 2736.

Πίνακας 7

Αντιστοιχία αντοχής σκυροδέματος κατά ΕΚΩΣ 2000 και DIN 1045/1988.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ποιότης κατά ΕΚΩΣ και DIN 1045	C12/15 B15	C16/20	C20/25 B25	C25/30	C30/37 B35	C35/45 B45	C40/50	C45/55 B55	C50/60
$f_{ck}[MN/m^2]$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$P_{WN}[MN/m^2]$	15		25		35	45		55	

Η θλιπτική αντοχή μειώνεται σε μακροχρόνια φόρτιση. Η μείωση αυτή αντισταθμίζεται από την αύξηση της θλιπτικής αντοχής σε συνάρτηση με την ηλικία του σκυροδέματος (Σχ. 6).



Σχ. 6: Αύξηση της θλιπτικής αντοχής σε συνάρτηση με την ηλικία του σκυροδέματος και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος

Στην υπολογιστική όμως τιμή f_{cd} για την διαστασιολόγηση, λαμβάνεται υπόψη μείωση της πρισματικής αντοχής κατά 15%. Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος έτοιμου έργου μπορεί να ελεγχθεί ή με τη θραύση κυλινδρικών δοκιμίων, που λαμβάνονται συνήθως από τις πλάκες με τρυπάνια λήψεως πυρήνος (καρότου), ή με ειδικές μεθόδους χωρίς θραύση των δοκιμίων, όπως είναι: κρούση σφύρας, κ.λ.π. Η ορθή όμως εφαρμογή τους απαιτεί τη χρησιμοποίηση εξειδικευμένου προσωπικού.

5.1.2. Εφελκυστική αντοχή (tensile strength, Zugfestigkeit)

Υπάρχουν περισσότερες μέθοδοι ελέγχου της εφελκυστικής αντοχής, η οποία, ανάλογα με την επιπόνηση, που δημιουργείται, διακρίνεται σε κεντρική, εγκάρσια ή διαρρήξεως και καμπτική. Συνήθως όμως καθορίζεται εμπειρικά ως συνάρτηση της θλιπτικής αντοχής.

ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Κάθε κατασκευή σχεδιάζεται και κατασκευάζεται για να εκπληροί την αποστολή της, εξαντλώντας την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής της. Θα πρέπει η κατασκευή με επιτυχία να ανθίσταται στις δράσεις και στις ιδιαίτερες επιρροές του περιβάλλοντος και το αντίστροφο, ώστε να έχει στη διάρκεια του χρόνου ικανή ανθεκτικότητα και λειτουργικότητα καθώς επίσης και την ελάχιστη δυνατή επιρροή των υλικών της απέναντι στο περιβάλλον.

Σκυρόδεμα

Η ανθεκτικότητα μιας κατασκευής τίθεται σε κίνδυνο όχι μόνο από την επίδραση των δράσεων αλλά και από τα επακόλουθα τους, όπως παραμορφώσεις, ρηγματώσεις κ.λ.π. Για να εξασφαλιστεί η αντοχή μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα θα πρέπει να έχει συμπαγή, κλειστό, ιστό, να περιέχει αρκετή ποσότητα τσιμέντου, σωστή σύνθεση (αναλογίες αδρανών υλικών κ.λ.π.), αποτελεσματική συμπίκνωση και επιμελή συντήρηση. Μόνο τότε προστατεύεται ο χάλυβας από την οξείδωση, η οποία είναι συνήθως αποτέλεσμα μη ικανοποιητικής στεγανότητας της μάζας του σκυροδέματος, σε συνδυασμό και με το μικρό πάχος επικάλυψης του χάλυβα με σκυρόδεμα. Ο EC2 ορίζει ότι, οι απαιτήσεις για μια αρκετά ανθεκτική κατασκευή ικανοποιούνται, αν κατά τη διάρκεια του προβλεπόμενου χρόνου ζωής της, η κατασκευή εκπληροί τον προορισμό της, όσον αφορά την λειτουργικότητα, αντοχή και ευστάθεια, χωρίς σημαντική μείωση της χρησιμότητας η υπερβολική απρόβλεπτη συντήρηση. Με τις συνθήκες περιβάλλοντος εννοούμε όλες τις χημικές και φυσικές δράσεις, στις οποίες είναι εκτεθειμένη μία κατασκευή ή τμήματα αυτής και δεν έχουν καμμία σχέση με τις δράσεις από φορτία. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες χημικές ή φυσικές αποτελούν ένα βασικό παράγοντα στο πρόβλημα αντοχής μιας κατασκευής (στο χρόνο).

Χημικές δράσεις προκύπτουν από την επίδραση δυσμενών διαβρωτικών περιβαλλοντικών συνθηκών ή άμεση επαφή του σκυροδέματος με χημικά διαλύματα

(θαλασσινό νερό, απόβλητα βιομηχανιών, προσμίξεις όπως χλωριδίων στα αδρανή ή στο νερό αναμίξεως).

Φυσικές δράσεις προκύπτουν από την εναλλαγή παγετού – δρόσου, διότι από τη διείδυση του ύδατος στις ρηγματώσεις, λόγω παγετού, προκαλείται φθορά από διόγκωση.

ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Το γύρω από τις χαλύβδινες ράβδους σκυρόδεμα εξασφαλίζει στα συνηθισμένα δομικά έργα αρκετή προστασία από τη διάβρωση. Για αυτό όμως η επικάλυψη του οπλισμού με σκυρόδεμα πρέπει να είναι αρκετά παχειά και συμπαγής, δηλαδή χωρίς πόρους, σκυροφωλιές, αρμούς κ.λ.π. Η χημική αντίδραση της οξειδώσεως προϋποθέτει την συνύπαρξη οξυγόνου και νερού, το οποίο γίνεται ηλεκτρολύτης, καθώς και διαφορά δυναμικού. Στους πόρους του σκυροδέματος υπάρχει οπωσδήποτε αρκετή ποσότητα νερού. Διαφορά δυναμικού μπορεί να προκληθεί από ανομοιογένεια στη σύνθεση του χάλυβα και του σκυροδέματος, διαφορετική μηχανική επιπόνηση κ.λ.π. Η αντιδιαβρωτική προστασία που παρέχει το σκυρόδεμα στις χαλύβδινες ράβδους, είναι κυρίως χημική και συνίσταται στη δημιουργία αλκαλικού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο δεν είναι δυνατή η οξείδωση. Η αλκαλικότητα δημιουργείται από το ελεύθερο ασβέστιο που προκύπτει κατά την πήξη του τσιμέντου και που με το νερό των πόρων γίνεται υδροξείδιο του ασβεστίου που έχει pH περίπου 12,5 και έτσι σχηματίζεται γύρω από τη ράβδο μία προστατευτική μεμβράνη. Η επικάλυψη του σκυροδέματος αποσκοπεί στην δημιουργία αυτής της προστατευτικής στρώσεως και στην προφύλαξη της από μηχανικές φθορές. Με την πάροδο του χρόνου το πάχος της στρώσεως υπό την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας μειώνεται. Η χημική διεργασία που ονομάζεται ενανθράκωση έχει ως αποτέλεσμα την πτώση του pH σε 8 περίπου όπου χάνεται η αντιδιαβρωτική προστασία της μεμβράνης. Σύμφωνα με μετρήσεις, όσο αυξάνεται η ηλικία του σκυροδέματος, τόσο μειώνεται η ταχύτητα ενανθράκωσης συναρτήσει της ποιότητας του σκυροδέματος, την επιμέλεια της συντήρησης και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση ορθά παρασκευασμένου και συμπαγούς σκυροδέματος, το βάθος μέχρι το οποίο φτάνει η ενανθράκωση δεν ξεπερνά τα 10 χιλιοστά μέσα σε 20 χρόνια και συνεπώς για τα πάχη επικάλυψεως, που προδιαγράφουν οι κανονισμοί και για τη συνθήκη διάρκειας ζωής των έργων, δεν καταλύεται η αντιδιαβρωτική προστασία. Επομένως, βασική σημασία για τη ζωή του φορέα έχει η επίτευξη επικάλυψεως σκυροδέματος, που να είναι συμπαγής και να έχει κατάλληλο πάχος.

ΠΥΡΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Το σκυρόδεμα παρέχει τη καλύτερη αντίσταση σε πυρκαγιά από τα συνήθη δομικά υλικά (κατηγορία A1 κατά EN-1305) για τους εξής λόγους:

□ Τα δομικά στοιχεία που κατασκευάζονται από αυτό είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερης μάζας από αντίστοιχα χαλύβδινα ή ξύλινα, έτσι η ανύψωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του στοιχείου καθυστερεί.

□ Το σκυρόδεμα, ακόμη και σε ξηρό περιβάλλον περιέχει νερό που βοηθά την πυραντοχή του αλλά ταυτόχρονα (το νερό) είναι υπεύθυνο για μια από τις σημαντικότερες βλάβες που προξενούνται στις κατασκευές κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, αυτή της εκρηκτικής απόσχισης (spalling). Επίσης, αξ σημειωθεί, πως το είδος των αδρανών που περιέχονται στο σκυρόδεμα παίζει σημαντικό ρόλο. Τα ασβεστολιθικά αδρανή (τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ελλάδα) είναι τα καλύτερα, διότι ο ασβεστόλιθος χάνει την ικανότητά του στους 900 °C, οπότε αρχίζει η ασβεστοποίηση με έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (διαδικασία που απορροφά επίσης σημαντικά ποσά θερμότητας) σε αντίθεση με αυτά που έχουν πυριτικά αδρανή και η ασβεστοποίηση ξεκινά πολύ νωρίτερα.

ΧΑΛΥΒΑΣ

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Η διάβρωση προκαλεί σοβαρές καταστροφές στα μέταλλα και υπολογίζεται ότι καταστρέφει το ¼ περίπου της παγκόσμιας παραγωγής σιδήρου και χάλυβα. Η εξεύρεση νέων, όσο και η βελτίωση παλαιότερων μεθόδων προστασίας των μεταλλικών αντικειμένων από τη διάβρωση απασχολεί ιδιαίτερα τη διεθνή κοινότητα τα τελευταία χρόνια ως φυσική συνέπεια των σημαντικών οικονομικών και τεχνολογικών επιπτώσεων στην αγορά των μεταλλικών κατασκευών και ιδιαίτερα των χαλύβδινων.

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Η διάβρωση διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

- **Τη χημική διάβρωση**, η οποία αναφέρεται στη χημική δράση του μετάλλου και των στοιχείων του περιβάλλοντος χώρου
- **Την ηλεκτροχημική διάβρωση**, η οποία αφορά στη μεταφορά ιόντων μεταξύ δύο διαφορετικών μεταλλικών στοιχείων μέσω ενός ηλεκτρολύτη συνήθως νερού.

Ο χάλυβας τείνει να αποσυντεθεί επιφανειακά όταν βρίσκεται σε διαβρωτικό περιβάλλον (υγρή ατμόσφαιρα, συμπύκνωση υδρατμών, νερό, έδαφος). Αν και είναι δυνατό να προβλεφθεί και να αντιμετωπιστεί η οξείδωση με την, κατά το δυνατόν, απομάκρυνση των μεταλλικών στοιχείων από το διαβρωτικό περιβάλλον ήδη από τη μελέτη, ο κίνδυνος διάβρωσης εξακολουθεί να είναι σημαντικός. Για το λόγο αυτό, στις περισσότερες περιπτώσεις επιβάλλεται η προστασία των επιφανειών που είναι εκτεθειμένες ή η επιλογή τύπου χάλυβα που είναι ανθεκτικός τη διάβρωση. Τα μέσα προστασίας του χάλυβα από τη διάβρωση είναι πολυάριθμα και ποικίλα. Γενικά, η προστασία των χαλύβδινων επιφανειών επιτυγχάνεται με τρεις κυρίως τρόπους:

- **Με επικάλυψη** με ειδικά αντιδιαβρωτικά χρώματα
- **Με χημική επεξεργασία**
- **Με ψεκασμό** με υλικά που παρέχουν προστασία έναντι οξείδωσης (επιψευδαργύρωσης, σπρέι αλουμινίου).

Η επιλογή του κατάλληλου ανά περίπτωση υλικού προστασίας εξαρτάται από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής της κατασκευής και το πρόγραμμα συντήρησης, το περιβάλλον έκθεσης, το γεγονός αν το στοιχείο που πρέπει να προστατευτεί είναι ορατό ή όχι, το μέγεθος του στοιχείου, τις συνθήκες του εργοταξίου, οι οποίες καθορίζουν τη δυνατότητα εφαρμογής των βαφών

στο εργοτάξιο ή όχι, στοιχεία που αφορούν στην αισθητική, στην απαίτηση πυρασφάλειας και στο κόστος αγοράς και εφαρμογής.

ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Το πρόβλημα της συμπεριφοράς μεταλλικών στοιχείων σε υψηλές θερμοκρασίες είναι θέμα ιδιαίτερα οξύ τα τελευταία χρόνια. Η συμπεριφορά μιας δομικής κατασκευής σε περίπτωση πυρκαγιάς αποτελεί εξαιρετικά σύνθετο και πολυπαραμετρικό πρόβλημα. Εξαρτάται δε από πλήθος στοιχείων σχετικών με την προέλευση ή την έναρξη της φωτιάς, την ένταση, την εξάπλωση της, τη διάρκεια έκθεσης μιας κατασκευής στην πυρκαγιά, τη χρήση των χώρων, το δομικό σύστημα κ.α. Ο χάλυβας, όπως και τα άλλα δομικά μέταλλα, είναι υλικό άκαυστο, αλλά με την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας παρουσιάζει μείωση της μηχανικής αντοχής του σε σημείο που μπορεί να αποβεί καταστροφική για το δομικό στοιχείο ή την κατασκευή συνολικά. Πιο συγκεκριμένα, η αντοχή του μαλακού χάλυβα αυξάνει κατά 10% περίπου στη θερμοκρασία των 200°C από την αντοχή σε θερμοκρασία δωματίου, εν συνεχεία όμως και με αυξανόμενη θερμοκρασία, η αντοχή του πέφτει στο 50% στη θερμοκρασία 550°C, μηδενίζεται δε περί τους 1200°C. Ανάλογα ελαττώνεται και η φέρουσα ικανότητα του δομικού στοιχείου με κίνδυνο παραμόρφωσης του με την επίδραση των φορτίων της κατασκευής ή μόνο του ιδίου βάρους (**ερπυσμός**). Σύμφωνα με το πρότυπο DIN 4102 η θερμοκρασία, επάνω από την οποία ο χάλυβας παύει να διατηρεί ευστάθεια και ακεραιότητα στη φωτιά είναι αυτή των 500 °C , ενώ σύμφωνα με το BS 476 η αντίστοιχη θερμοκρασία φτάνει τους 550°C, θερμοκρασίες οι οποίες επιτυγχάνονται σε χρόνο 15 λεπτών, για έκθεση στη πρότυπη φωτιά κατά ISO. Η κρίσιμη θερμοκρασία, στην οποία η αντοχή του δομικού μειώνεται, προκαλώντας κατάρρευση της κατασκευής, εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, όπως η ποιότητα και η περιεκτικότητα του χάλυβα, ο τρόπος σύνδεσης των δομικών στοιχείων, η μορφή του στατικού συστήματος, η γεωμετρία της διατομής, κυρίως όμως το μέγεθος φόρτισης κ.λ.π. Η θερμική δε, αγωγιμότητα του χάλυβα είναι υψηλή σε σχέση με αυτήν του σκυροδέματος. Για το λόγο αυτό η έκθεση του χάλυβα σε φωτιά ανεβάζει τη θερμοκρασία του με ταχύτετους ρυθμούς σε όλη τη μάζα της διατομής. Εάν, επομένως, η αύξηση της θερμοκρασίας, στη διάρκεια του χρόνου, δεν ανασταλεί είναι δεδομένο ότι ένα χαλύβδινο φέρον στοιχείο, είτε απροστάτευτο είτε προστατευμένο, θα καταρρεύσει από τα φορτία στα οποία υπόκειται την ώρα της φωτιάς, εντός κάποιου μικρότερου ή μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος. Ένα άλλο γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη και αφορά στη συμπεριφορά των δομικών στοιχείων από χάλυβα σε συνθήκες

πυρκαγιάς είναι η αύξηση του μήκους των στοιχείων λόγω αύξησης της θερμοκρασίας. Μια ράβδος χάλυβα μήκους 1 m παρουσιάζει αύξηση του μήκους κατά 1,4 mm για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 100 °C. Η πιθανότητα σημαντικής καταπόνησης των δομικών στοιχείων με τα οποία συνδέεται ή εφάπτεται ο χάλυβας καθώς και των αντίστοιχων συνδέσεων λόγω της διαστολής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό καθώς δεν είναι αμελητέα και επιφορτίζουν την κατασκευή δυσμενώς. Κατά τη διαδικασία παραγωγής ενός μεταλλικού κτιρίου, επιπτώσεις (περιβαλλοντικές και κοινωνικές) τοπικού χαρακτήρα, όπως θόρυβος, σκόνη, μόλυνση νερού, και κυκλοφοριακή συμφόρηση μειώνονται σημαντικά, καθώς οι μεταλλικές κατασκευές έχουν τις πιο προηγμένες τεχνολογικά και ποιοτικά μεθόδους, όπως και ταχύτητα παραγωγής και ανέγερσης από οποιαδήποτε άλλη κατασκευή. Η ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και η εξοικονόμηση υλικού αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα των υπολοίπων κατασκευών, καθώς τα μεταλλικά στοιχεία που απαιτούνται για την κατασκευή παραδίδονται στα εργοτάξια κατασκευασμένα στις ακριβείς τους διαστάσεις. Για προφανείς λόγους η κατασκευαστική βιομηχανία χρησιμοποιεί βελτιστοποίηση στις κοπές από την αρχική πρώτη ύλη (12-μετρα δοκάρια και ελάσματα για τις συνήθεις κατασκευές), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη δυνατή ποσότητα απορριμμάτων μη δομικά εκμεταλλεύσιμων. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των μεταλλικών είναι η δυνατότητα αλλαγής χρήσης. Με την επιμήκυνση του κύκλου ζωής ενός κτιρίου μειώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς περισσότερη αξία παράγεται από τους ίδιους υλικούς πόρους και με την ίδια κατανάλωση ενέργειας. Η χρήσιμη ζωή των μεταλλικών κτιρίων μπορεί να επιμηκυνθεί επίσης μέσα από αναπροσαρμογή της κατανομής των εσωτερικών χώρων τους, καθώς τα μεγάλα ελεύθερα ανοίγματα και ύψη δεν δημιουργούν περιορισμούς ή/και με τη μεταβολή και την αναβάθμιση των εξωτερικών τους όψεων με υλικά και τεχνικές κατασκευής προηγμένες, δίνοντας στο κτίριο σύγχρονη όψη με πιθανόν καλύτερη ενεργειακά συμπεριφορά (θερμομόνωση, ηχομόνωση). Τα α μεταλλικά κτίρια είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό αποσυναρμολογίσιμα. Ο προσεκτικός σχεδιασμός κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης σχεδίασης και ο προσχεδιασμός της πιθανής αποσυναρμολόγησης δίνουν τη δυνατότητα βέλτιστης εκμετάλλευσης των υλικών ακόμη και μετά το πέρας της ζωής του συγκεκριμένου τεχνικού έργου. Σε περίπτωση που τα μεταλλικά στοιχεία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αρχική τους μορφή για την κατασκευή άλλων έργων ή για την ανακαίνιση των ιδίων, υπάρχει η δυνατότητα ανακύκλωσης των περισσότερων μεταλλικών υλικών σε μεγάλων βαθμών.

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Στην παράγραφο που ακολουθεί θα γίνει μια όσο το δυνατόν πληρέστερη παρουσίαση των ιδιοτήτων και διαφορών των δύο υλικών.

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το οπλισμένο σκυρόδεμα, δομικό υλικό ηλικίας μόλις 150 ετών, έχει καταξιωθεί στην πράξη λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων που εμφανίζει. Τα κύρια πλεονεκτήματά του είναι :

1. **Μεγάλη θλιπτική αντοχή.** Το οπλισμένο σκυρόδεμα έχει σχετικά μεγάλη θλιπτική αντοχή και είναι αρκετά φθηνότερο από το χάλυβα στην παραλαβή θλιπτικής δύναμης. Η οικονομικότητα του οφείλεται και στις φθηνές σχετικά πρώτες ύλες.
2. **Προσαρμοστικότητα.** Το νωπό σκυρόδεμα παίρνει τη μορφή του ξυλότυπου, μέσα στον οποίο διαστρώνεται . Επομένως μας δίνει αισθητικά και στατικά κάθε επιθυμητό αποτέλεσμα και από την άποψη αυτή υπερέχει του χάλυβα.
3. **Ανθεκτικότητα.** Είναι ένα διαχρονικό υλικό και δεν προσβάλλεται από μικροοργανισμούς ή χημικές ουσίες, με την προϋπόθεση ότι έχει παρασκευαστεί ένα καλής ποιότητας σκυρόδεμα σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

Τα βασικά μειονεκτήματά του είναι :

1. **Ίδιο βάρος.** Έχει σημαντικό ίδιο βάρος (25 kn/m^3), ώστε το μεγάλο νεκρό φορτίο του ίδιου βάρους να το κάνει αντιοικονομικό για γεφύρωση μεγάλων ανοιγμάτων.

2. **Μικρή θερμομόνωση.** Δεν έχει θερμομονωτική ικανότητα και απαιτεί ειδική θερμομόνωση.

ΧΑΛΥΒΑΣ

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τα κτίρια από χάλυβα είναι :

1. **Το σχετικά μικρό ίδιο βάρος,** το οποίο συνεπάγεται ευχερέστερη θεμελίωση ιδίως σε κακής ποιότητας εδάφη και μικρές σεισμικές δυνάμεις.
2. **Μεγάλος βαθμός βιομηχανικής προκατασκευής,** που επιτρέπει την προετοιμασία του υλικού ταυτόχρονα με τις εργασίες εκσκαφών και θεμελίωσης, μικρότερους χρόνους κατασκευής, ανεξαρτητοποίηση από τις καιρικές συνθήκες, εν ξηρώ συναρμολόγηση και άμεση πρόσβαση των συναρμολογημένων τμημάτων, καλύτερη ποιότητα και ευχερέστερο ποιοτικό έλεγχο.
3. **Η πολύ ικανοποιητική και ελεγχόμενη απόκρισή του σε συνθήκες σεισμού** οφειλόμενη κυρίως στη μεγάλη ολκιμότητα του χάλυβα καθώς και του μικρού νεκρού βάρους. Άξιο αναφοράς, είναι το γεγονός ότι το 1999, στο σεισμό της Αθήνας, σύμφωνα με στοιχεία ερευνών, οι μεταλλικές κατασκευές συμπεριφέρθηκαν άριστα. Δεν καταγράφηκε ούτε μία κατάρρευση μερική ή συνολική, παρά μόνο μικρές αστοχίες σε συνδέσεις οι οποίες ήταν άμεσα επισκευάσιμες.

Έναντι των ανωτέρω, υπάρχουν και μειονεκτήματα :

1. **Απαίτηση βιομηχανικής εγκατάστασης για την προετοιμασία του υλικού**
2. **Απαίτηση εξειδικευμένου εργατοτεχνικού προσωπικού.**

3. **Αυξημένο κόστος πυροπροστασίας.**
4. **Αυξημένο κόστος αντιδιαβρωτικής προστασίας.**
5. **Οι κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας,** όποτε είναι αναγκαίοι για τη διαμόρφωση του μεταλλικού φέροντος οργανισμού, περιορίζουν σημαντικά την δημιουργία ανοιγμάτων στις θέσεις αυτές.
6. **Η διαδοκίδωση** (θέση στύλων και δοκών) είναι δεσμευτική και περιορισμένη στο μεταλλικό σκελετό σε αντίθεση με την ελευθερία που παρέχει ο φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα.
7. Ένα βιομηχανικό κτίριο διακρίνεται για την **απλότητα, έλλειψη προσωπικού γούστου και την κυριαρχία της παραγωγικής διαδικασίας.**
8. Στην χαλύβδινη κατασκευή δεν επιτυγχάνεται εύκολα η **συμβατότητα των υλικών,** αυτό γιατί η «λάσπη» δεν μπορεί να έρθει σε άμεση επαφή με τις μεταλλικές επιφάνειες, όχι μόνο λόγω του ασβέστη που μπορεί να περιέχει και που συντελεί στην οξειδωση αλλά γιατί είναι αδύνατη η όποια σύνδεση μεταξύ του κονιάματος και της λείας μεταλλικής επιφάνειας.
9. Στις μεταλλικές κατασκευές σε αντίθεση με τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν υπάρχει η **ελευθερία της εναλλακτικής λύσης στη θέση των τοίχων καθώς και στο υλικό αυτών.** Με την κατασκευή των τοίχων στον φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα υπάρχει στον ένα ή στον άλλο βαθμό η δυνατότητα και χρήσης οποιουδήποτε διαφορετικού υλικού από τους οπτόπλινθους καθώς και η δυνατότητα μετατόπισης ενός τοίχου ή και διαφορετικής εσωτερικής διαρρύθμισης που επιθυμεί ο ιδιοκτήτης. Αντίθετα, ο φέρων οργανισμός από μέταλλο δεν μπορεί να δεχτεί στον ίδιο βαθμό τις διαφοροποιήσεις αυτές.
10. **Μικρές μεταβολές της γεωμετρίας του φορέα** ενώ επηρεάζουν σημαντικά έναν φέροντα οργανισμό από χάλυβα, δεν συμβαίνει το ίδιο

στον φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος π.χ. η αύξηση του μήκους ενός προβόλου ή η κατασκευή ενός που δεν είχε προβλεφθεί είναι δυνατή με τις κατάλληλες παρεμβάσεις να έχει εφαρμογή στον φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος και σχεδόν αδύνατη στον φέροντα οργανισμό από χάλυβα.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ

Η ανθεκτικότητα μιας κατασκευής στο χρόνο επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες . Πιο συγκεκριμένα, εξαρτάται από την ποιότητα των υλικών τα οποία ενσωματώνονται στο έργο, την ποιότητα εκτέλεσης των εργασιών (π.χ. δόνηση-συντήρηση σκυροδέματος), την τήρηση μέτρων προστασίας των «ευαίσθητων» υλικών ή περιοχών (π.χ. εφαρμογή αποστατών οπλισμού σκυροδέματος, επάλειψη των επιφανειών εμφανούς σκυροδέματος με κατάλληλα και ειδικά υλικά, εφαρμογή πλέγματος στους διαμήκεις αρμούς σκυροδέματος-οπτοπλινθοδομής), την λήψη πρόσθετων και εξωτερικών μέτρων προστασίας (π.χ. στραγκιστήριοι αγωγοί, κατάλληλες κλίσεις των επιφανειών των δωματίων για την απορροή των ομβρίων).Χαρακτηριστικά αναφέρω ότι, σύμφωνα με τα μέχρι τώρα δεδομένα, ο μέσος χρόνος ζωής μιας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος εκτιμάται στα 50-60 χρόνια, ενώ μιας μεταλλικής κατασκευής στα 80-100 χρόνια με δυνατότητα παράτασής τους με σωστή συντήρηση. Όσον αφορά στις μεταλλικές κατασκευές σημειώνεται ότι η ποιότητα των υλικών είναι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό «εξασφαλισμένη» καθώς στην πλειοψηφία τους πρόκειται για υλικά παραγόμενα εργοστασιακά με τους κατάλληλους ελέγχους και τεχνικά χαρακτηριστικά. Η ποιότητα εκτέλεσης των εργασιών περιορίζεται μόνο στην πιστή εφαρμογή των κανονισμών και δεν εξαρτάται από την λήψη ιδιαίτερων μέτρων. Η λήψη μέτρων προστασίας των «ευαίσθητων» υλικών και περιοχών απαιτεί την εφαρμογή αντιοξειδωτικής βαφής σε όλες τις επιφάνειες των μεταλλικών στοιχείων και μετά την ολοκλήρωση της ανέγερσης, την αντιοξειδωτική βαφή των περιοχών που «τραυματίστηκαν» κατά τη φάση της μεταφοράς και της ανέγερσης. Τέλος, η ανθεκτικότητα της κατασκευής εξαρτάται και από τη συντήρηση, η συχνότητα της οποίας θα είναι μεγαλύτερη στα μεταλλικά κτίρια.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες επιλογής υλικού κατασκευής είναι ο χρόνος διεκπεραίωσης. Οι χρόνοι παράδοσης μιας κατασκευής εξαρτώνται από το μέγεθος και τη μορφή του κτιρίου που πρόκειται να κατασκευαστεί. Στην παρούσα εργασία εξετάζουμε δύο διαφορετικά είδη κατασκευών τα οποία βρίσκονται στο στάδιο της μελέτης, ένα κτίριο γραφείων και μια βιοτεχνία. Και στα δύο έργα έχουν γίνει τα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα για χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα, έτσι ώστε να γίνει η σύγκριση με πραγματικά δεδομένα. Με βάση το χρονοδιάγραμμα του κτιρίου γραφείων από οπλισμένο σκυρόδεμα οι εργασίες εκσκαφών, θεμελίωσης και ανωδομής ξεκινούν από 2 Ιουνίου και τελειώνουν στις 20 Οκτωβρίου. Το ίδιο έργο κατασκευασμένο από χάλυβα έχει σαν ημερομηνία αρχής των εργασιών την 2 Ιουνίου και ημερομηνία τέλους την 14 Ιουλίου. Για την βιοτεχνία κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα ημερομηνία έναρξης των εργασιών είναι η 2 Ιουνίου και ημερομηνίας λήξης τους είναι η 8 Σεπτεμβρίου. Για το αντίστοιχο έργο κατασκευασμένο από χάλυβα, οι εργασίες αρχίζουν στις 2 Ιουνίου και τελειώνουν στις 18 Αυγούστου.

Από τα παραπάνω δεδομένα συμπεραίνουμε ότι ανεξαρτήτως μορφής και μεγέθους του κτιρίου, ο χρόνος εκτέλεσης και παράδοσης ενός μεταλλικού κτιρίου είναι μειωμένος σε πολύ σημαντικό ποσοστό σε σχέση με την αντίστοιχη συμβατική κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος. Έτσι συμπίεζεται το εργοταξιακό κόστος της κατασκευής εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης προκατασκευασμένων στοιχείων. Με τους μεταλλικούς φορείς εξασφαλίζεται η απώλεια χρόνων κατασκευής μεγάλων θεμελίων και ανωδομής και σε συνδυασμό με υλικά πλαγιοκάλυψης και εσωτερικού διαχωρισμού, τα οποία επίσης έχουν μεγάλη ταχύτητα ανέγερσης, έχουν σαν αποτέλεσμα την ταχύτερη χρησιμοποίηση του ακινήτου και ως εκ τούτου την απώλεια σημαντικών εξόδων όπως αυτά των επιπλέον ενοικίων κ.ά.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΠΙΜΗΚΕΣ ΙΣΟΓΕΙΟ ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΧΑΛΥΒΑΣ
1	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	115000	29000
2	ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	145000	142000
3	ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΟΡΟΦΗΣ	-	42840
4	ΙΚΑ	35000	30000
	ΣΥΝΟΛΟ	295000	245000

2^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΤΡΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

A/A	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΧΑΛΥΒΑΣ
1	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	17500	7000
2	ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	50500	94000
3	ΔΑΠΕΔΑ	-	6500
4	ΙΚΑ	12000	1500
	ΣΥΝΟΛΟ	80000	109000

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Παρατηρούμε ότι στα επιμήκη ισόγεια κτίρια μεγάλων ανοιγμάτων είναι οικονομικότερη, κατά πολύ, η κατασκευή του φέροντα οργανισμού τους από χάλυβα έναντι του οπλισμένου σκυροδέματος. Τούτο εξηγείται κυρίως, με την ανάγκη κατασκευής μεγάλων δοκών και εξειδικευμένων πλακών (δοκιδωτές πλάκες) μεγάλου πάχους, άρα και ανάλογων υποστυλωμάτων και θεμελίων λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων. Στα κτίρια μικρότερης επιφανείας όπως το τριώροφο κτίριο γραφείων στο οποίο η μη ύπαρξη ανάγκης μεγάλων ανοιγμάτων επιτρέπει την διάταξη πιο πυκνών υποστυλωμάτων είναι ελαφρώς ακριβότερη η λύση της χρήσης του χάλυβα. Και αυτό βεβαίως γιατί η πυκνωση των υποστυλωμάτων επιτρέπει την κατασκευή λεπτότερων δοκών και πλακών από σκυρόδεμα.
2. Εξοικονόμηση χρημάτων από τα θεμέλια. Συγκεκριμένα, τα μικρά φορτία του φέροντος οργανισμού από χάλυβα έχουν σαν αποτέλεσμα ανάγκη για μικρότερα θεμέλια και άρα αντίστοιχες εκσκαφές. Ο μικρότερος όγκος εκσκαφών εξοικονομεί στην κατασκευή μεγάλο αρχικό κόστος κυρίως σε εδάφη βραχώδη και ημιβραχώδη και μάλιστα στα αρχικά κιάλας στάδια της κατασκευής.
3. Παρατηρούμε ότι το κόστος ημερομισθίων ΙΚΑ είναι πολύ μεγαλύτερο στην κατασκευή κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και τούτο οφείλεται στους παρακάτω λόγους :
 - α. Η χρησιμοποίηση συνεργείων εστεγασμένων επαγγελματιών για την κατασκευή κτιρίου από χάλυβα για τους οποίους δεν προβλέπεται η καταβολή από τον ιδιοκτήτη των ημερομισθίων εργατοτεχνικού προσωπικού.
 - β. Τα μικρότερα θεμέλια περιορίζουν τα προβλεπόμενα για πληρωμή ημερομίσθια λόγω μικρότερου όγκου και χρόνου εργασίας.

4. Ο μειωμένος χρόνος αποπεράτωσης μιας κατασκευής από χάλυβα έναντι μιας αντίστοιχης από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει πρόσθετα οικονομικά οφέλη για τον κύριο του έργου και πιο συγκεκριμένα :
- α) Μικρότερο νεκρό χρόνο συνολικής απόδοσης της επένδυσης.
 - β) Άμεσο οικονομικό όφελος από την ταχύτερη λειτουργία της επιχείρησης ή την εκμίσθωση του ακινήτου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κτίριο, Τεχνικό περιοδικό, **Μεταλλικά κτίρια**, Α έκδοση 2006
2. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ., **Σχεδιασμός δομικών έργων**, εκδόσεις Κλειδάριθμος
3. Γεωργόπουλος Θ., **Ωπλισμένο σκυρόδεμα**, Τόμος Α, Β' έκδοση
4. Γεωργόπουλος Θ., **Ωπλισμένο σκυρόδεμα**, Τόμος Β, Β' έκδοση
5. Γκρός Γεωργίου, ., **Ωπλισμένο σκυρόδεμα κατά τον Ελληνικό Κανονισμό 2000, Σύγκριση με τον Ευρωκώδικα 2 και το DIN 1045/2001, Υλικό-Διαστασιολόγηση-Φορείς**, εκδόσεις Συμμετρία
6. Ερμόπουλος Ιωάννης, **Ευρωκώδικας 1**, εκδόσεις Κλειδάριθμος
7. Geistefeldt- Goris, **Ευρωκώδικας 2**, εκδότης Μ. Γκιούρδας
8. Falke J., **Ευρωκώδικας 3**, εκδότης Μ. Γκιούρδας
9. Μιχάλτσος Γ., **Ελαφρές μεταλλικές κατασκευές-Μέθοδοι υπολογισμού**, Παπασωτηρίου
10. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, **Συνδέσεις Μεταλλικών Κατασκευών στα πλαίσια των Ευρωκωδίκων 3&9**, εκδότης Μπανιωτόπουλος
11. Σοφιανόπουλος Δ., **Στοιχεία μεταλλικών κατασκευών**, Παπασωτηρίου
12. Κουνάδη Α., **Σιδηρές κατασκευές Συμπεριφορά και Ανάλυση**, εκδόσεις Συμεών