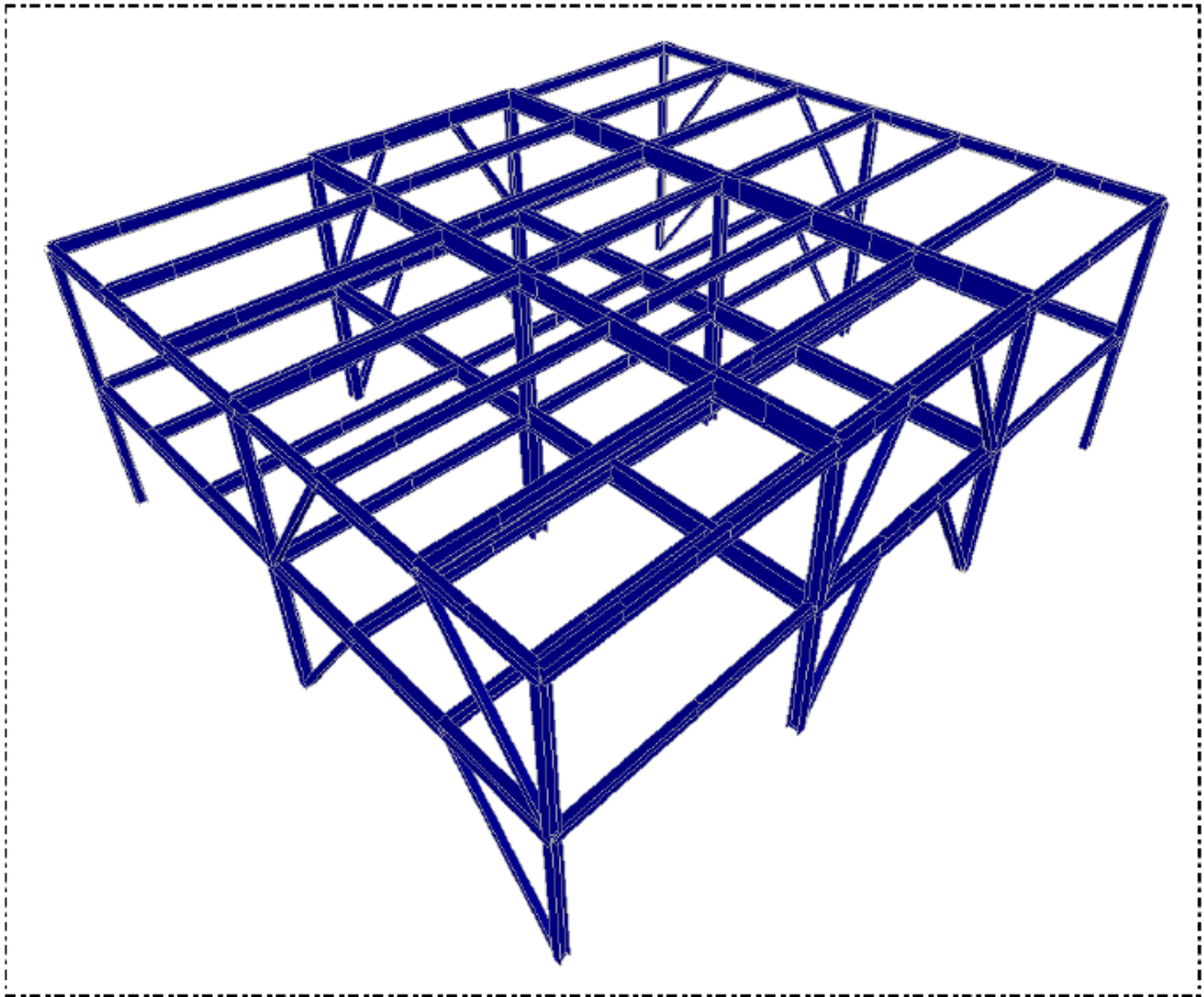


Σχεδιασμός μεταλλικής κατασκευής με κατακόρυφους έκκεντρους συνδέσμους



Το έγραψε ο Μπαρέτας Αντώνιος
Τεχνικός Μηχανικός Μηχανολόγος

Το επιμελήθηκε η Μάρκα Ολυμπία
Υπομηχανικός Μηχανολόγος

mailto: abaretas@sch.gr

Εισαγωγή στις μεταλλικές κατασκευές

Ιστορική αναδρομή

Ο χάλυβας (κοινώς ατσάλι) είναι κράμα σιδήρου – άνθρακα που περιέχει λιγότερο από 2,06% κ.β. άνθρακα, λιγότερο από 1,0% μαγγάνιο και πολύ μικρά ποσοστά πυριτίου, φωσφόρου, θείου και οξυγόνου. Οι κραματωμένοι χάλυβες, όπως π.χ. οι ανοξείδωτοι χάλυβες, οι εργαλειοχάλυβες, κ.λπ., αποτελούν ειδική κατηγορία χαλύβων που περιέχουν υψηλότερα ποσοστά άλλων μετάλλων.

Είναι το πιο διαδεδομένο κατασκευαστικό υλικό μετά το σκυρόδεμα και το ξύλο.

Χρησιμοποιείται παντού: από την αρχιτεκτονική και τη ναυπηγική μέχρι την κατασκευή χειρουργικών εργαλείων.

Το ατσάλι είναι ένα από τα σημαντικότερα βιομηχανικά υλικά και οι χαλυβουργίες (εργοστάσια παραγωγής χάλυβα) ανήκουν στις βαριές βιομηχανίες. Σε παλαιότερες εποχές, η βιομηχανική παραγωγή μιας χώρας αξιολογούνταν από την παραγωγή της σε χάλυβα. Μια από τις τρεις Ευρωπαϊκές Κοινότητες που ιδρύθηκαν το 1957 ήταν και η Ευρωπαϊκή Κοινότητα Άνθρακα και Χάλυβα.

Η ιστορία του χάλυβα ξεκινά γύρω στο 1000 π.Χ. , όταν μεταλλουργοί της εποχής εκείνης άρχισαν να παράγουν χάλυβα συστηματικά με ενανθράκωση σπογγώδους σιδήρου. Πάντως οι Χετταίοι γνώριζαν μια παρόμοια μέθοδο παραγωγής χάλυβα ήδη από το 2300 π.Χ. .Την εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, πολλοί μεσογειακοί λαοί, αλλά και οι Ινδοί, οι Κινέζοι και οι Ιάπωνες γνώριζαν την τέχνη της παραγωγής σπογγώδους σιδήρου και χάλυβα, καθώς και την τέχνη της σκλήρυνσης του χάλυβα με θέρμανση και απότομη ψύξη («βαφή»). Περίφημα ήταν τα σφυρήλατα χαλύβδινα δαμασκηνά σπαθιά, που κατασκευάζονταν κατά τον Μεσαίωνα στη Συρία και στην Ιαπωνία.

Από την εποχή της Αναγέννησης υπήρχε η τεχνολογική δυνατότητα ανάπτυξης των υψηλών θερμοκρασιών τήξης του χάλυβα, οι πρώτοι χάλυβες σε κάμινο παρήχθησαν το 1740. Μέχρι τότε κατασκευάζονταν μόνο λεπτού πάχους τεμάχια από χάλυβα, όπως ξίφη και εργαλεία, με ενανθράκωση σιδήρου, δηλαδή με τεχνικές διάχυσης του άνθρακα

σε τεμάχια σιδήρου. Η σύγχρονη ιστορία του χάλυβα αρχίζει ουσιαστικά στα μέσα του 19ου αιώνα, με τη δυνατότητα για πρώτη φορά μαζικής παραγωγής χάλυβα υψηλής ποιότητας, όταν το 1856 ο Χένρι Μπέσσεμερ ανακάλυψε πως να μετατρέπει το τηγμένο χυτοσίδηρο σε χάλυβα με εμφύσηση οξυγόνου σε έναν κάδο («μεταλλάκτη») επενδυμένο με πυρίμαχα τούβλα. Την ίδια εποχή ανακαλύφθηκε η μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα σε καμίνους ανοικτής εστίας (κάμιнос Siemens-Martin). Σήμερα, η ανακάλυψη του Μπέσσεμερ χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την απανθράκωση του χυτοσιδήρου. Η κάμιнос Siemens-Martin εγκαταλείφθηκε ως πιο ενεργοβόρος και λιγότερο φιλική προς το περιβάλλον.

Ο χάλυβας παράγεται με τρεις βασικές μεθόδους:

1. Με αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου, και την μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα μέσα σε μεταλλάκτη με εμφύσηση οξυγόνου.
2. Με την άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων (δηλ. αναγωγή σε στερεά κατάσταση) σε φρεατώδη κάμινο για την παραγωγή σπογγώδους σιδήρου (αγγλ., \Direct reduced iron\ ή DRI), και την μετατροπή του σπογγώδους σιδήρου σε χάλυβα μέσα σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου
3. Με την ανάτξη παλαιοσιδήρου (σκραπ) σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου (Electric Arc Furnace - EAF).

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, το 65,4% της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα προέρχεται από τις δύο πρώτες καθιερωμένες μεθόδους και το 31,7% από την ανάτξη παλαιοσιδήρων και σπογγώδους σιδήρου σε κλιβάνους ηλεκτρικού τόξου. Ένα μικρό ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα (2,9% για το 2005) προέρχεται από την μετατροπή

χυτοσιδήρου σε κάμινους ανοικτής εστίας ή άλλες μεθόδους.

Στην Ελλάδα, όλη η παραγωγή χάλυβα (περίπου ένα εκατ. τόνοι ετησίως) προέρχεται από την ανάτηξη παλαιοσιδήρου και προορίζεται κυρίως για την παραγωγή μπετόβεργας.

Ο χάλυβας δεν είναι ένα μοναδικό προϊόν. Σήμερα υπάρχουν περισσότερα από 3.500 διαφορετικά είδη χαλύβων με πολύ διαφορετικές φυσικές, χημικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες. Περίπου τα τρία τέταρτα των ειδών των χαλύβων δημιουργήθηκαν μόλις τα τελευταία είκοσι χρόνια. Οι σύγχρονοι χάλυβες είναι πολύ πιο ανθεκτικοί σε σύγκριση με παλιότερες ποιότητες χαλύβων. Αν χτιζόταν σήμερα ο Πύργος του Άιφελ στο Παρίσι, θα χρειαζόταν το ένα τρίτο της ποσότητας χάλυβα. Ένα σύγχρονο αυτοκίνητο χρειάζεται 25% λιγότερο χάλυβα από ό,τι χρειαζόταν ένα αυτοκίνητο πριν από δυο με τρεις δεκαετίες.

Οι χάλυβες διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες (αγγλ. grades), ανάλογα με την χημική τους σύσταση, την περαιτέρω κατεργασία τους, την κρυσταλλική τους δομή ή και την τελική τους χρήση. Ως προς την χημική τους σύσταση, οι χάλυβες ταξινομούνται ως εξής:

1. Κοινοί ή ανθρακούχοι χάλυβες (αγγλ. Carbon steels).

Περιέχουν άνθρακα (έως 2,06%) και μικρό ποσοστό μαγγανίου (έως 1,65%), πυριτίου (έως 0,6%) και χαλκού (έως 0,6%). Χρησιμοποιούνται πολύ και συγκολλούνται εύκολα.

Με βάση τον περιεχόμενο άνθρακα, οι κοινοί χάλυβες διακρίνονται στις εξής υποκατηγορίες:

χάλυβες χαμηλού άνθρακα ή μαλακοί χάλυβες (αγγλ. mild steels· $C < 0,30\%$),

χάλυβες μέτριου άνθρακα (αγγλ. medium carbon steels· $0,30\% < C < 0,60\%$),

χάλυβες υψηλού άνθρακα (αγγλ. high carbon steels· $0,60\% < C < 1,00\%$), και

χάλυβες πολύ υψηλού άνθρακα (αγγλ. ultra-high carbon steels· $1,00\% < C < 2,00\%$)

2. Κραματωμένοι χάλυβες (αγγλ. alloy steels), δηλ. κράματα σιδήρου με άλλα μέταλλα σε σημαντική περιεκτικότητα.

Τέτοιοι είναι οι: ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες ή χάλυβες χαμηλής κραμάτωσης, που περιέχουν συνήθως χρώμιο, μολυβδαίνιο, βανάδιο, νικέλιο κ.λπ. σε συνολικό ποσοστό που δεν ξεπερνά το 10 % κ.β., όπως π.χ. οι εργαλειοχάλυβες ($0,7\% < C < 1,4\%$, $Mn < 0,3\%$), και οι ισχυρά κραματωμένοι χάλυβες ή χάλυβες υψηλής κραμάτωσης, όπως οι ανοξειδωτοί χάλυβες ($Cr > 10,5\%$), οι ταχυχάλυβες ($C \sim 0,7\%$, $Cr \sim 4,0\%$, $5,0\% < Mo < 10\%$, $1,5\% < W < 18,0\%$, $0\% < Co < 8,0\%$), κ.λπ.

Ανάλογα με την περαιτέρω κατεργασία τους, οι χάλυβες διακρίνονται σε:

χάλυβες διαμόρφωσης, που υφίστανται περαιτέρω μηχανική κατεργασία (έλαση, διέλαση, κ.λπ.), και χυτοχάλυβες, που παράγονται απευθείας με χύτευση υπό μορφή πλινθωμάτων («χελωνών») και επαναχυτεύονται για την κατασκευή διαφόρων εξαρτημάτων.

Τέλος, συχνά γίνεται λόγος για φερριτικούς, περλιτικούς, μαρτενσιτικούς, μπαινιτικούς κ.λ.π. χάλυβες ανάλογα με την κύρια κρυσταλλική φάση τους.

Η ονοματολογία των χαλύβων γίνεται σύμφωνα με διάφορα συστήματα τυποποίησης όπως DIN, ASTM, ΕΛΟΤ κ.λπ.

Συχνά υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στο όνομα μιας κατηγορίας χάλυβα και την αντοχή της συγκεκριμένης κατηγορίας χάλυβα σε εφελκυσμό. Για παράδειγμα, το πρότυπο ΕΛΟΤ 1421-3 ορίζει ότι ο χάλυβας B500C πρέπει να έχει όριο διαρροής μεγαλύτερο από 500 MPa (500 N/mm²).

Τα χαλυβουργεία παράγουν ημιτελή και τελικά προϊόντα χάλυβα. Τα ημιτελή προϊόντα χάλυβα είναι συνήθως δοκοί τετραγωνικής διατομής («μπιγιέτες») με ακμή περίπου 10 εκ. ή κυκλικής διατομής με διάμετρο περίπου 25 εκ. (κυλινδρικές «μπιγιέτες» ή «κορμοί») και μήκος μερικά μέτρα, ή ακόμα πλατιά πρίσματα (πλάκες ή «σλαμπ») διατομής 10 εκ. x 100 εκ. και με μήκος μερικών μέτρων. Η παραγωγή των ημιτελών προϊόντων γίνεται με συνεχή χύτευση σε μήτρες από χαλκό, που ψύχονται

με νερό και με έλαση σε ειδικά έλαστρα.

Τα ημιτελή προϊόντα αναθερμαίνονται και υποβάλλονται σε έλαση, διέλαση, ολκή κ.λπ. για την παραγωγή των τελικών προϊόντων, που μπορεί να είναι πλατέα ή επιμήκη. Τόσο τα πλατέα προϊόντα όσο και τα επιμήκη παράγονται με θερμή ή ψυχρή έλαση. Η θερμή έλαση γίνεται σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 925 °C, οπότε οι παραμορφωμένοι κόκκοι του μετάλλου ανακρυσταλλώνονται. Η ψυχρή έλαση ωστόσο επιτρέπει την παραγωγή προϊόντων με διαστάσεις πολύ πλησιέστερες στις τελικές διαστάσεις που θέλει ο καταναλωτής.

Τα πλατέα προϊόντα διακρίνονται σε πλάκες ή χονδρές κατασκευαστικές λαμαρίνες (αγγλ., plates), με πάχος 1 έως 20 εκ. για χρήση στην ναυπηγική, την οικοδομή, κ.ά., και σε λεπτές λαμαρίνες σε ρολά ή επίπεδα φύλλα (αγγλ. strips), με πάχος 0,1 έως 1 εκ. για την αυτοκινητοβιομηχανία, την βιομηχανία οικιακών συσκευών, την οικοδομή, κ.ά.

Τα επιμήκη προϊόντα μπορεί να είναι ράβδοι ή χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος (μπετόβεργα· αγγλ., reinforcing bars), ελάσματα ή λάμες (τσέρκι· αγγλ. narrow strips), μορφοσίδηρος (χάλυβας διαμορφωμένης διατομής, όπως γωνίες, ταυ, κ.λπ.· αγγλ. profiles), κοίλες δοκοί (αγγλ. hollow sections), σωλήνες με ή χωρίς ραφή (αγγλ. welded or seamless tubes), κ.ά. Στα επιμήκη προϊόντα συμπεριλαμβάνεται και το σύρμα (αγγλ. wire).

Εκτός από τα πλατέα και τα επιμήκη προϊόντα, ο χάλυβας διατίθεται ακόμα στην μορφή χυτής χελώνας (χυτοχάλυβας). Πολλές χαλυβουργίες διαθέτουν φύλλα ή ρολούς επιψευδαργυρωμένου (γαλβανισμένου), επικασσιτερωμένου και επιχρωματισμένου χάλυβα.

Οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται για τον οπλισμό σκυροδέματος σε οικοδομικά έργα είναι πολλών ειδών. Συνήθως διακρίνονται ως εξής:

A. Σύμφωνα με τη μέθοδο

παραγωγής, σε Θερμής έλασης, χωρίς καμία άλλη περαιτέρω θερμική ή θερμομηχανική κατεργασία οποιασδήποτε μορφής (χάλυβες ΘΕ-Χ)

Θερμής έλασης, που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας (χάλυβες ΘΕ-Θ)

Ψυχρής κατεργασίας, με ολκή ή έλαση του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (χάλυβες ΨΚ-Ο) ή με στρέψη του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση (χάλυβες ΨΚ-Σ) ή με συνδυασμό των παραπάνω.

B. Σύμφωνα με τη μορφή της επιφάνειας της ράβδου σε

Λείους χάλυβες κυκλικής διατομής

Χάλυβες με ανάγλυφες νευρώσεις, υψηλής συνάφειας

Χάλυβες με κοιλότητες (έγγλυφες αυλακώσεις).

Γ. Σύμφωνα με την ολκιμότητα, σε

Χάλυβες χαμηλής ολκιμότητας

Χάλυβες μέσης ολκιμότητας

Χάλυβες υψηλής ολκιμότητας

Δ. Σύμφωνα με τη συγκολλησιμότητα, σε

Χάλυβες συγκολλησίμους

Χάλυβες μη συγκολλησίμους ή συγκολλησίμους υπό προϋποθέσεις.



Ε. Σύμφωνα με την αντοχή τους σε διάβρωση σε:

7 Κοινούς χάλυβες, που είναι κράματα σιδήρου με άνθρακα (Fe-C) και με άλλα στοιχεία σε μικρές περιεκτικότητες

Ανοξειδωτους χάλυβες, που είναι κράματα σιδήρου με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο (Cr) 12%. Οι χάλυβες αυτοί είναι ανθεκτικοί σε διάβρωση. Η αντοχή τους σε διαβρωτικό περιβάλλον είναι μεγαλύτερη αν περιέχουν και άλλα κραματικά στοιχεία όπως νικέλιο (Ni), μολυβδένιο (Mo), τιτάνιο (Ti) κ.λπ.

Από το 1998, η πρώτη χώρα σε παραγωγή χάλυβα είναι η Κίνα. Μάλιστα, μέσα στην περίοδο 1997–2014, η Κίνα αύξησε την παραγωγή της σε χάλυβα κατά δέκα φορές, ενώ στον δυτικό κόσμο, στην Ιαπωνία, στην Νότιο Κορέα και στην Ινδία, ο ρυθμός αύξησης της παραγωγής χάλυβα ήταν κατά πολύ μικρότερος. Οι δέκα πρώτες χώρες σε παραγωγή ακατέργαστου χάλυβα κατά το 2014 ήταν:

1. Κίνα 823 Mt,
2. Ιαπωνία 111 Mt,
3. ΗΠΑ 88 Mt,
4. Ινδία 83 Mt,
5. Ν. Κορέα 71 Mt,
6. Ρωσία 71 Mt,
7. Γερμανία 43 Mt,
8. Τουρκία 34 Mt,
9. Βραζιλία 34 Mt, και
10. Ουκρανία 27 Mt.

Η μεγαλύτερη σε παραγωγή εταιρεία είναι η ινδικών–ευρωπαϊκών συμφερόντων Arcelor–Mittal, η οποία παρήγαγε 98 Mt ακατέργαστου χάλυβα μέσα στο 2014 [6]. Δεύτερος σε παραγωγή χάλυβα κατά το 2014 ήταν ο ιαπωνικός όμιλος Nippon Steel and Sumitomo Metal Corp. (49 Mt). Την πρώτη πεντάδα των μεγαλύτερων χαλυβουργικών εταιρειών κατά το 2014 συμπληρώνουν οι κινεζικές Hebei Steel (47 Mt) και Baosteel (43 Mt), και η νοτιοκορεάτικη Posco (41 Mt)

Η πρώτη ελληνική βιομηχανία χάλυβα, που έφερε τον τίτλο «Ελληνική Χαλυβουργία», ιδρύθηκε από την οικογένεια Σταύρου Σαλαπάτα στην οδό Πειραιώς στην Αθήνα το 1937, ο οποίος προηγουμένως είχε ιδρύσει την εταιρεία «Ελληνικά Συρματουργεία» (1932). Το 1951, το εργοστάσιο της Ελληνικής Χαλυβουργίας μετακόμισε στον Ασπρόπυργο Αττικής, όπου λειτουργούσε έως το 2014 ακόμα ως μία από τις δύο μονάδες της «Χαλυβουργίας Ελλάδος» με ετήσια παραγωγική δυναμικότητα 400.000 τόνους χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου.

Η δεύτερη ελληνική χαλυβουργία ήταν η «Χαλυβουργική» της οικογένειας Θεόδωρου Αγγελόπουλου. Η εταιρεία αυτή ξεκίνησε ως βιομηχανία καρφιών το 1932 για να εξελιχθεί σε μικρό χαλυβουργείο επί της οδού Πειραιώς στην Αθήνα το 1938. Το 1953 η εταιρεία έθεσε σε λειτουργία νέες καμίνους ηλεκτρικού τόξου στην Ελευσίνα, που σύντομα μεταβλήθηκαν σε πλήρως καθετοποιημένη σιδηρουργία – χαλυβουργία. Το 1958, η «Χαλυβουργική» απέκτησε κάμινο ανοικτής εστίας τύπου Siemens - Martin, και το 1963 έθεσε σε λειτουργία την πρώτη υψικάμινο στον ελλαδικό χώρο, καθώς και μεταλλάκτες τύπου LD. Το 1975, η εταιρεία έθεσε σε λειτουργία και δεύτερη υψικάμινο ανεβάζοντας έτσι την παραγωγική της δυναμικότητα σε 2,5 εκατ. τόνους χάλυβα ετησίως. Έκτοτε όμως η εταιρεία άρχισε να φθίνει και το 1981 διέκοψε την λειτουργία των υψικάμινων. Συνέχισε ωστόσο την παραγωγή πλατέων και επιμηκών προϊόντων με ανάτηξη παλαιοσιδήρων σε καμίνους ηλεκτρικού τόξου. Η εταιρεία συνέχισε να παράγει επιμήκη προϊόντα στην Ελευσίνα, σε σύγχρονες εγκαταστάσεις δυναμικότητας 500.000 τόνων, υπό την

διεύθυνση του Κωνσταντίνου Π. Αγγελόπουλου και των γιων του. Εξαιτίας της

οικονομικής κρίσης και του υψηλού κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, η εταιρεία υπολειτουργεί από το 2012.

Το 1962, η οικογένεια Στασινόπουλου ίδρυσε την εταιρεία «Σιδενόρ» για να παράγει προϊόντα χάλυβα, όπως χαλυβδοσωλήνες, λέβητες, κ.λπ. Το 1964, η Σιδενόρ ξεκίνησε την παραγωγή μπετόβεργας και άλλων επιμηκών προϊόντων στην Θεσσαλονίκη, στο εργοστάσιο που για πολλά χρόνια ήταν γνωστό στους Θεσσαλονικείς ως «εργοστάσιο Βιοχάλκο». Το εργοστάσιο αυτό εξακολουθεί να βρίσκεται σε λειτουργία με ετήσια δυναμικότητα 600.000 τόνους χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου.

Το 1963, η οικογένεια Μάνεση ίδρυσε την «Χαλυβουργία Βόλου», η οποία το 1974 μετονομάστηκε σε «Θεσσαλική Χαλυβουργία». Οι εγκαταστάσεις της «Θεσσαλικής Χαλυβουργίας» περιλαμβάνουν χαλυβουργείο στο Βελεστίνο Μαγνησίας ετήσιας δυναμικότητας 700.000 τόνων χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου και ελασματοουργείο στην Βιομηχανική Ζώνη Βόλου. Το 2006, η «Θεσσαλική Χαλυβουργία» εξαγόρασε την «Ελληνική Χαλυβουργία» και ο νέος όμιλος ονομάστηκε «Χαλυβουργία Ελλάδος».

Το 1972, η οικογένεια Αναστασόπουλου έθεσε σε λειτουργία την χαλυβουργία «Μεταλλουργική Χάλυψ» στον Αλμυρό Μαγνησίας ετήσιας δυναμικότητας περίπου 600.000 τόνων. Η εταιρεία, που παρήγαγε μόνον επιμήκη προϊόντα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου, βρέθηκε μέσα σε λίγα χρόνια υπερχρεωμένη και το 1991 κήρυξε πτώχευση. Το 1996, η «Σιδενόρ» εξαγόρασε τις εγκατελειμμένες εγκαταστάσεις της «Μεταλλουργικής Χάλυψ» στον Αλμυρό Μαγνησίας και έκτισε εκεί σύγχρονη χαλυβουργία με ετήσια δυναμικότητα 900.000 τόνους χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου. Μέσα στο 2007, ο όμιλος «Σιδενόρ» ανακοίνωσε πως το εργοστάσιο στον Αλμυρό Μαγνησίας, που φέρει την επωνυμία «Σοβέλ» («Sovel»), θα κάνει νέες επενδύσεις για επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας στους 1,2 εκατ. τόνους χάλυβα τον χρόνο.

Μία ακόμα εταιρεία που δραστηροποιούνταν στον χώρο του χάλυβα στην Ελλάδα ήταν η «Ελληνική ΑΕ Χάλυβος» ή «Ανώνυμος Ελληνική Εταιρεία Χάλυβος», πιο γνωστή ως Hellenic Steel. Η εταιρεία αυτή ανήκε κατά ποσοστό 52% στον ιταλικό όμιλο Riva, ενώ μικρότερα ποσοστά κατείχαν άλλες ευρωπαϊκές και ιαπωνικές επιχειρήσεις, καθώς και ελληνικές τράπεζες[14][15]. Από το 1964, η Hellenic Steel λειτουργούσε εργοστάσιο στην Θεσσαλονίκη με παραγωγική δυναμικότητα 800.000 τόνους σε πλατέα προϊόντα ψυχρής έλασης, 95.000 τόνους σε επικασσιτερωμένα πλατέα προϊόντα και 135.000 τόνους σε επιψευδαργυρωμένα πλατέα προϊόντα. Η εταιρεία έκλεισε οριστικά τον Μάιο του 2015 λόγω προβλημάτων ρευστότητας της μητρικής ιταλικής εταιρείας και αδυναμίας εξεύρεσης άλλων επενδυτών για να αναλάβουν το εργοστάσιο.

Γενικά, η ελληνική βιομηχανία χάλυβα έχει αυξήσει σημαντικά την παραγωγή της τα τελευταία χρόνια και, από 1,0 εκατ. τόνους το 1990, ξεπέρασε τα 2,5 εκατ. Τόνους το 2007. Ωστόσο, με την οικονομική κρίση που άρχισε το 2009, η ελληνική παραγωγή χάλυβα έπεσε κατακόρυφα και το 2014 ήταν μόνο 1 εκατ. Τόνοι.

Πλεονεκτήματα μεταλλικών κατασκευών

Αντισεισμικές κατασκευές

Η αντισεισμικότητα που παρέχουν οι μεταλλικές κατασκευές οφείλονται στην τεχνολογική εξέλιξη της μεταλλουργίας και στις ελαστικές ιδιότητες του χάλυβα. Σε σχέση με το σκυρόδεμα ο χάλυβας είναι αρκετά ελαστικότερος ώστε να μην καταπονείται με τις δονήσεις ενός σεισμού. Το σκυρόδεμα από την άλλη είναι ευάλωτο στις ρωγμές και κατά συνέπεια στον ίδιο τον σεισμό.

Μικρότερο βάρος

Το βάρος στις μεταλλικές κατασκευές είναι αρκετά μικρότερο από τις άλλες κατασκευές Αυτό είναι ένα θετικό κομμάτι όσον αφορά το κόστος αλλά και την αντισεισμικότητα .

Χαμηλό κόστος

Μια κατασκευή μεταλλική είναι αρκετά πιο φτηνή από μία άλλη κατασκευή. Αυτό οφείλεται στο ότι ο σκελετός κατασκευάζεται εντός εργοστασίου και υπάρχει μειωμένη εισφορά του κατασκευαστή στο ΙΚΑ λόγω στεγασμένου επαγγέλματος.

Μειονεκτήματα των σιδηρών κατασκευών

Στα κυριότερα μειονεκτήματα επιλογής της σιδηράς κατασκευής, με έμφαση στα ισχύοντα στην Ελλάδα, μπορούν να αναφερθούν τα εξής :

Το κόστος μιας σιδηράς κατασκευής επηρεάζεται ευθέως και σε σημαντικό βαθμό από τις τρέχουσες τιμές του χάλυβα στην αγορά. Έτσι, ενώ το κόστος κατασκευής ενός κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα αυξάνεται με σχετικά προβλέψιμους περιορισμένους ρυθμούς, και το μπετόν εξακολουθεί για λόγους αφθονίας και εύκολης παραγωγής να διατηρείται φτηνό, το αντίστοιχο μεταλλικό είναι πολύ ευαίσθητο στις τάσεις που ακολουθούν παγκόσμια οι τιμές του χάλυβα, κάνοντας τον προϋπολογισμό της κατασκευής επισφαλή.

Οι σιδηρές κατασκευές είναι περισσότερο ευαίσθητες στη φωτιά σε σχέση με τις κατασκευές σκυροδέματος, οπότε υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις πυραντίστασης.

Η τεχνογνωσία αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα σε σχέση με τις ολοκληρωμένες εφαρμογές σιδηρών κατασκευών για συνήθεις χρήσεις είναι σε χαμηλό σχετικά επίπεδο.

Το κόστος συντήρησης μια σιδηράς κατασκευής είναι κατά κανόνα υψηλότερο από αυτό μιας συνήθους κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος.

Η διαθεσιμότητα των διατομών που έχουν προδιαγραφεί στην μελέτη της σιδηράς κατασκευής ενδέχεται να μην είναι συνεχής, και αυτό να επηρεάσει τον χρόνο κατασκευής, σε περίπτωση που δεν έχει εγκαίρως προβλεφθεί από τη μελέτη.

Κατηγορίες φορτίων – συνδυασμοί δράσεων

Κατηγορίες φορτίων

Η κατασκευή μας καταπονείται από διάφορα φορτία, τα οποία πρέπει να παραλάβει αρχικά και να μεταφέρει στη συνέχεια με ασφάλεια στο έδαφος.

Τα κυριότερα φορτία είναι:

Μόνιμα (ίδιο βάρος)

Κινητά

Φορτίο χιονιού

Διαφορά θερμοκρασίας

Ανεμοπίεση

Ατέλειες

Σεισμικές δυνάμεις

Συνδυασμοί δράσεων

3.2 Μόνιμα φορτία «G»

Οι μόνιμες δράσεις υπάρχουν σε όλες τις κατασκευές και πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη. Τα μόνιμα φορτία περιλαμβάνουν τα 'νεκρά' φορτία (δηλαδή τα ίδια βάρη των φερόντων στοιχείων), αλλά επίσης μπορούν να περιλαμβάνουν και μόνιμα επιβαλλόμενα (συγκεντρωμένα ή κατανεμημένα) φορτία, π.χ. λόγω μηχανών

ή μόνιμα αποθηκευμένου υλικού αντίστοιχα.

Τα μόνιμα φορτία είναι φορτία βαρύτητας λόγω:

- α. Ίδιου βάρους των κατασκευαστικών στοιχείων
- β. Τυχόν μόνιμων προσαρτημάτων της κατασκευής

Ακόμα τα μόνιμα φορτία διακρίνονται σε κύρια και δευτερεύοντα. Ως κύρια, αναφέρονται τα φορτία που είναι κατά μέγεθος μεγαλύτερα και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των μόνιμων φορτίων. Ως δευτερεύοντα αναφέρονται τα μόνιμα φορτία που είναι μικρότερης τάξης μεγέθους. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούμε να τα λάβουμε κι αυτά υπόψη μας, στη μελέτη της κατασκευής, εφόσον το πλήθος και το μέγεθος των φερόντων στοιχείων της κατηγορίας αυτής (σύνδεσμοι δυσκαμψίας) είναι - συγκριτικά με τα κύρια φορτία - υπολογίσιμο.

3.3 Κινητά φορτία «Q»

Τα κινητά φορτία αποτελούν τις μεταβλητές ελεύθερες δράσεις και είναι σχετικά με τα είδη χρήσης του κτιρίου. Λόγω της φύσης των φορτίων αυτών, δεν είναι επακριβές το βάρος και η θέση τους και για αυτό προσδιορίζονται στατιστικά, η δε τιμές εφαρμογής τους (χαρακτηριστικές τιμές) δίνονται από τους κανονισμούς. Τα φορτία αυτά αν και επιβάλλονται σημειακά και η τιμή του φορτίου είναι δυνατόν να διαφέρει κατά πολύ από σημείο σε σημείο, γίνεται παραδοχή ότι εφαρμόζεται ισοδύναμο κατανεμημένο φορτίο σε όλη την έκταση της πλάκας. Στη συγκεκριμένη μελέτη ο συντελεστής ασφαλείας για τα κινητά είναι ίσος με 1,50.

3.4 Φορτία «S»

Το φορτίο S θεωρείται ότι επιδρά κατακόρυφα και αναφέρεται στην οριζόντια προβολή της επιφάνειας της στέγης, κατατάσσεται στις ελεύθερες μεταβλητές δράσεις και υπολογίζεται σύμφωνα με το Μέρος 1 EC 1. Σε πολύ ειδικές περιπτώσεις (ακραίες τιμές χιονόπτωσης εκτός στατιστικών δεδομένων) τα φορτία λόγω χιονιού αντιμετωπίζονται ως τυχηματικές δράσεις.

Τα φορτία αυτά έχουν προκύψει με την παραδοχή φυσικής απόθεσης και δεν λαμβάνουν υπόψη πιθανή τεχνητή αφαίρεση ή αναδιανομή του χιονιού επί της στέγης από ανθρώπινη επέμβαση, ενώ αναφέρονται σε κτίρια και γενικότερα σε έργα Πολιτικού Μηχανικού, που κατασκευάζονται σε περιοχές με υψόμετρα κάτω των 1500m. Για τις περιοχές εκείνες όπου επικρατούν ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες (όπως υψηλές ταχύτητες ανέμου, λιώσιμο του χιονιού) στον EC 1 προβλέπονται ειδικές διατάξεις και συντελεστές (Παράρτημα Β).

Για τον υπολογισμό της έντασης που προκαλείται στην κατασκευή λόγω χιονόπτωσης, είναι σύνηθες να μελετάται η ομοιομορφία του χιονιού που έχει συσσωρευτεί κάτω από ήπιες καιρικές συνθήκες, το σχήμα της μορφής της στέγης και το σχήμα της χιονοστιβάδας που έχει δημιουργηθεί υπό συνθήκες ανέμου.

Το φορτίο του χιονιού (s), όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, θεωρείται ότι επιδρά κατακόρυφα και αναφέρεται στην οριζόντια προβολή της επιφάνειας της στέγης. Επιπλέον θεωρούμε ότι το φορτίο δημιουργείται από εναποθέσεις διαφόρων σχημάτων και δεν ερμηνεύονται ως τοπικές ανομοιομορφίες εξ' αιτίας κάποιας τεχνητής μετακίνησης ή της διασποράς του χιονιού στην στέγη.

Ανάλογα με τη μορφή της στέγης, τα θερμικά χαρακτηριστικά, την τραχύτητα της επιφάνειας, το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κάτω από την στέγη, την απόσταση των γειτονικών κτιρίων, τον περιβάλλοντα χώρο και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, το χιόνι μπορεί να συσσωρευτεί επί της στέγης κατά διαφόρους τρόπους.

Τελικά όμως για την εκτίμηση του φορτίου χιονιού συνήθως θεωρείται αρχικά το ομοιόμορφο χιόνι που συγκεντρώνεται υπό συνθήκες νηνεμίας, ενώ η τελική μορφή του φορτίου λόγω χιονόπτωσης προκύπτει για συνθήκες όπου επικρατούν άνεμοι.

Θερμοκρασιακή μεταβολή

Μια κατασκευή υποβάλλεται κατά τη διάρκεια της ζωής της σε θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές είναι μεγαλύτερες για κατασκευές στην ύπαιθρο (π.χ. γέφυρες) από άλλων των οποίων τα φέροντα προστατεύονται έναντι θερμοκρασιακών επιρροών από μη φέροντα στοιχεία (π.χ. κτίρια). Επειδή οι θερμοκρασιακές μεταβολές έχουν μικρή διάρκεια, τα εντατικά μεγέθη λόγω των επιρροών τους δεν υπόκεινται σε ερπυσμό και συνεπώς τα αδρανειακά στοιχεία της διατομής υπολογίζονται για βραχυχρόνια φόρτιση.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1, οι δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών είναι έμμεσες και κατατάσσονται στις μεταβλητές, ελεύθερες δράσεις και πρέπει να προσδιορίζονται για κάθε κατάσταση σχεδιασμού που προβλέπεται από τον Ευρωκώδικα 1. Για ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας, που οφείλεται στην ολική μεταβολή θερμοκρασίας περιβάλλοντος (π.χ. χειμώνας-καλοκαίρι) υπολογίζονται οι χαρακτηριστικές τιμές μέγιστης διακύμανσης της θετικής και της αρνητικής ενεργού θερμοκρασίας.

Η διαφορά θερμοκρασίας (ομοιόμορφη αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας ολόκληρου του σκελετού σε σχέση με τη θερμοκρασία συναρμολόγησής του) λήφθηκε στην περίπτωση μας ίση με $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

Ανεμοπίεση

Τα φορτία του ανέμου κατατάσσονται στις μεταβλητές ελεύθερες δράσεις. Η συνολική απόκριση των κατασκευών, στη δράση του ανέμου, θεωρείται ως επαλληλία μιας «βασικής» (που δρα ως οιοσεί στατική) και μιας «συντονιστικής» συνιστώσας (που δρα ως δυναμική).

Για τις περισσότερες κατασκευές η «συντονιστική» συνιστώσα είναι πολύ μικρή και μπορεί να αγνοηθεί, με συνέπεια, ο υπολογισμός να γίνεται μόνο βάσει της πρώτης (βασικής συνιστώσας) μέσω της απλοποιημένης μεθόδου που προτείνεται στο Μέρος 2-4 του EC1.

Απεναντίας, οι εύκαμπτες κατασκευές, (όπως καπνοδόχοι, πύργοι παρατήρησης, στοιχεία ανοικτών πλαισίων ή δικτυωμάτων, γέφυρες κ.λ.π.) πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να αντέχουν στη δυναμική επιρροή της τυρβώδους ροής του ανέμου, η οποία είναι μεταβαλλόμενη συναρτήσει του χρόνου.

Γενικά η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στο Μέρος αυτό του EC1 αφορά, επαρκώς δύσκαμπτες επιφάνειες ώστε να αμελούνται οι δυναμικές ταλαντώσεις που προκαλούνται από τον άνεμο. Στη γενική περίπτωση, ο άνεμος ασκεί πίεση προς την προσήνεμη πλευρά και υποπίεση (αναρρόφηση) προς την υπήνεμη. Η δράση του ανέμου υπολογίζεται για κάθε προσβαλλόμενη επιφάνεια, η οποία μπορεί να είναι ολόκληρη η κατασκευή ή κάποια επιμέρους μέλη αυτής.

Οι δράσεις του ανέμου μεταβάλλονται με το χρόνο και δρουν άμεσα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής (πίεση) και έμμεσα στις εσωτερικές επιφάνειες αυτής (υποπίεση), μέσω του πορώδους των εξωτερικών επιφανειών.

Ενδέχεται επίσης, οι δράσεις του ανέμου να επιδρούν εμμέσως στις εσωτερικές επιφάνειες ανοικτών κατασκευών. Οι αναπτυσσόμενες πιέσεις προκαλούν δυνάμεις κάθετες στις επιφάνειες των κατασκευών ή των μεμονωμένων στοιχείων επένδυσης.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο προσδιορισμός των φορτίων που προέρχονται από την ανεμοπίεση, προτείνονται από τον EC1 δύο μέθοδοι υπολογισμού :

- α. απλή μέθοδος και
- β. λεπτομερής μέθοδος

Η απλή μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε κατασκευές οι οποίες δεν είναι

ευαίσθητες σε δυναμική διέγερση, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κτίρια ή καπνοδόχους με ύψος μικρότερο των 200m, καθώς επίσης και για οδικές ή σιδηροδρομικές γέφυρες με άνοιγμα μικρότερο των 200m, με την προϋπόθεση, ότι $c/d > 1.2$ (όπου c/d : είναι ο συντελεστής δυναμικής απόκρισης της κατασκευής σε ανεμορριπή για ένταση εντός του επιπέδου ροής του ανέμου). Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από τον τύπο της κατασκευής (χάλυβα, σκυρόδεμα ή σύμμικτη), καθώς επίσης και από το ύψος και το πλάτος την κατασκευής, μπορεί δε να εκτιμηθεί με τη βοήθεια διαγραμμάτων.

Η λεπτομερής μέθοδος εφαρμόζεται σε κατασκευές οι οποίες είναι ευαίσθητες σε δυναμική διέγερση και ο δυναμικός συντελεστής c/d είναι μεγαλύτερος του 1,2. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση, δίνοντας κάθε φορά τα πλέον ακριβή αποτελέσματα σε σχέση με την απλή μέθοδο. Συνιστάται δε να χρησιμοποιείται όταν $1,0 < c/d < 1,2$.

Οι σχέσεις της πίεσης του ανέμου, ισχύουν για επιφάνειες αρκετά δύσκαμπτες, ώστε να μπορούν να αγνοηθούν τα φαινόμενα ταλάντωσης, λόγω συντονισμού, που προκαλούνται από τον άνεμο. Εάν η θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα της ταλάντωσης μιας επιφάνειας είναι χαμηλή, η ταλάντωση μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. (Δεν καλύπτεται όμως η περίπτωση αυτή από το Μέρος 2-4 του EC1).

Σεισμικές δυνάμεις

Ως σεισμός, ορίζεται ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο προκαλείται από ξαφνική απελευθέρωση μηχανικής ενέργειας από το εσωτερικό της γης με συνέπεια τη δημιουργία σεισμικών κυμάτων. Τα κύματα αυτά μεταφέρουν την ενέργεια του σεισμού και προκαλούν ταλαντώσεις και αναταράξεις του εδάφους δηλαδή επιβάλλουν μετακινήσεις μεταβαλλόμενης φοράς σε μια περιοχή (περισσότερο ή λιγότερο εκτεταμένη) της επιφάνειας της γης.

Κατά συνέπεια, κατά την διάρκεια ενός σεισμού, οι κατασκευές υποβάλλονται σε ανακυκλιζόμενες μετακινήσεις, οφειλόμενες στη μετακίνηση του εδάφους.

Τα δομήματα αποκρίνονται στις ανακυκλιζόμενες μετακινήσεις που επιβάλλονται από το έδαφος, επιστρατεύοντας την ακαμψία τους και τις αντοχές τους σε κάμψη, σε διάτμηση, σε θλίψη κ.λ.π. Είναι, λοιπόν, φανερό ότι ο σεισμός δεν επιβάλλει δυνάμεις πάνω στην κατασκευή, αλλά μετακινήσεις εναλλασσόμενης φοράς. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μέσα σε αυτό είναι εσωτερικές αντιδράσεις στις αδρανειακές δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω των εξωτερικώς επιβαλλόμενων παραμορφώσεων. Για τον λόγο αυτό κατατάσσονται τα 'φορτία' του σεισμού στις έμμεσες δράσεις.

Συνδυασμοί δράσεων

Σύμφωνα με τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1 (EC1) στην παράγραφο αυτή περιγράφονται οι αρχές και οι απαιτήσεις για ασφάλεια, λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα των κατασκευών με βάση τη θεωρία των οριακών καταστάσεων και τη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας.

Ο έλεγχος των κατασκευών έναντι αστοχίας ή λειτουργικότητας επιτυγχάνεται με τη χρήση των λεγόμενων «καταστάσεων σχεδιασμού», που περιγράφουν με επαρκή αξιοπιστία όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων, στις οποίες θα εκτεθεί η κατασκευή κατά την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής της (για κτιριακά έργα 50 χρόνια).

Ο υπολογισμός γίνεται με βάση τις δράσεις και τις ιδιότητες των υλικών. Γι' αυτό επιβάλλεται μεγάλη ακρίβεια προσδιορισμού των δράσεων που καταπονούν την κατασκευή καθώς και του ποσοστού συμμετοχής κάθε δράσης ξεχωριστά.

Οι καταστάσεις σχεδιασμού ταξινομούνται ως εξής :

α. Καταστάσεις διάρκειας, που αντιστοιχούν σε κανονικές συνθήκες χρήσης.

β. Παροδικές καταστάσεις, που αντιστοιχούν σε παροδικές συνθήκες (π.χ. κατά τη φάση ανέγερσης ή επισκευών).

γ. Τυχηματικές καταστάσεις, που αντιστοιχούν σε εξαιρετικές συνθήκες

(π.χ. πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση).

δ. Καταστάσεις σεισμού, που αντιστοιχούν σε συνθήκες επιβολής σεισμικής καταπόνησης στην κατασκευή.

Οριακές καταστάσεις-Δράσεις

Οριακές καταστάσεις είναι εκείνες, πέρα των οποίων η κατασκευή δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφαλείας και λειτουργικότητας του σχεδιασμού και διακρίνονται σε:

Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Σύμφωνα με τα παραπάνω η κατασκευή θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις τόσο στην οριακή κατάσταση αστοχίας όσο και στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας αντιστοιχούν σε κατάρρευση ή άλλου είδους αστοχίες που θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές, ενώ οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας της κατασκευής είναι εκείνες, πέρα των οποίων δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια λειτουργικότητας της κατασκευής (μεγάλες παραμορφώσεις η μετακινήσεις που προκαλούν βλάβες στα στοιχεία πλήρωσης, ή ταλαντώσεις ενοχλητικές για ενοίκους).

Οι δράσεις οι οποίες επιβάλλονται στην κατασκευή ταξινομούνται σε:

Μόνιμες – Ίδια βάρη της κατασκευής [G]

Μεταβλητές

Κινητά φορτία – φορτίο εργάτη

Φορτία χιονιού [S]

Ανέμου [W]

Τυχηματικές

Σεισμικές [E]

Θερμοκρασιακή μεταβολή [T]

Ατέλειες [If]

Οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των παραπάνω δράσεων προσδιορίστηκαν ανάλογα με το είδος τη μορφή και τη θέση της κατασκευής.

Όπως προαναφέρθηκε, ανάλογα με το είδος τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίζονται οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων, οι οποίες επενεργούν επί της κατασκευής. Προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια της κατασκευής στις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας, εφαρμόσαμε τους συνδυασμούς δράσεων όπως ορίζει το Μέρος 1 του Ευρωκώδικα 1. Στους συνδυασμούς αυτούς δεν συνυπολογίζονται δράσεις οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν ταυτόχρονα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ανάλυση μεταλλικής κατασκευής. Η ανάλυση της κατασκευής έγινε σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς. Στην εν λόγω κατασκευή, προσδιορίστηκαν αρχικώς τα φορτία που καταπονούν το φορέα και όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των δράσεων, και στη συνέχεια έγινε η ανάλυση και η διαστασιολόγησή για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας. Πλέον όμως τούτου, ο σχεδιασμός έγινε και με γνώμονα την απαίτηση της λειτουργικής χρήσης του φορέα ώστε να καλύπτει επαρκώς τις ανάγκες για τις οποίες κατασκευάζεται. Επομένως, η επιλογή των έκκεντρων συνδέσμων αφ' ενός μεν είναι οικονομικότερη αφ' ετέρου δε είναι πλέον λειτουργική έναντι των αντιστοιχών χιαστί συνδέσμων διότι επιτρέπει την πρόσβαση μεταξύ όμορων χώρων του κτιρίου (με κατασκευή θυρών) όπως επίσης και την κατασκευή παραθύρων στην περίμετρο του κτιρίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

«Ευρωκώδικας 1, Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών
Ευρωκώδικας 3, «Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα»

Αυτό το έργο με τίτλο Ψυγείο και Κλιματιστικό του δημιουργού Μπαρέτα Αντώνιου χορηγείται με άδεια [Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές](#).