

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Αντώνιος Σ. Καραμάνος
Πολιτικός Μηχανικός
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail : karama@otenet.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τι διαφοροποιεί ένα αισθητικά επιτυχημένο μεταλλικό έργο από ένα αισθητικά κοινώς μη αποδεκτό ? Η προσπάθεια απάντησης στο ερώτημα αυτό αποτελεί τον σκοπό της παρούσης εργασίας. Μία από τις αιτιάσεις κατά των οικοδομικών κατασκευών από χάλυβα είναι η μη δυνατότητα επίτευξης πλαστικών μορφών όπως στο χυτό επιτόπου οπλισμένο σκυρόδεμα. Υποστηρίζεται ότι η μεταλλική κατασκευή υστερεί μορφολογικά στις λεπτομέρειες. Πράγματι, το γεγονός ότι μία τέτοια κατασκευή απαρτίζεται από ραβδόμορφα ή/και επιφανειακά βιομηχανικά στοιχεία τα οποία πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους επιτόπου, καθιστά αυτόματα το υλικό αυτό δέσμιο της βιομηχανικής μορφής των στοιχείων αυτών και των συνδέσεών τους. Επομένως η ελλιπής γνώση και ανεπαρκής μελέτη ενσωμάτωσης στο έργο των παραπάνω στοιχείων και των συνδυασμών τους από μορφολογική άποψη , μπορεί να οδηγήσει σε έργα αισθητικώς μη αποδεκτά ή/και απαράδεκτα. Δυστυχώς, υπάρχουν πολλές κατασκευές από χάλυβα που αδικούνται από τις λεπτομέρειές τους.

Στην ανά χείρας εργασία επισημαίνεται αρχικά η ανάγκη γνώσης των χαλύβδινων υλικών και των συνδυασμών τους από άποψη μορφολογίας, και στη συνέχεια αναφέρονται μερικοί βασικοί κανόνες σχεδιασμού των λεπτομερειών ενός μεταλλικού έργου.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή εποχή της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας νέα υλικά περιμένουν τη χρησιμοποίησή τους στις σύγχρονες μεταλλικές κατασκευές.

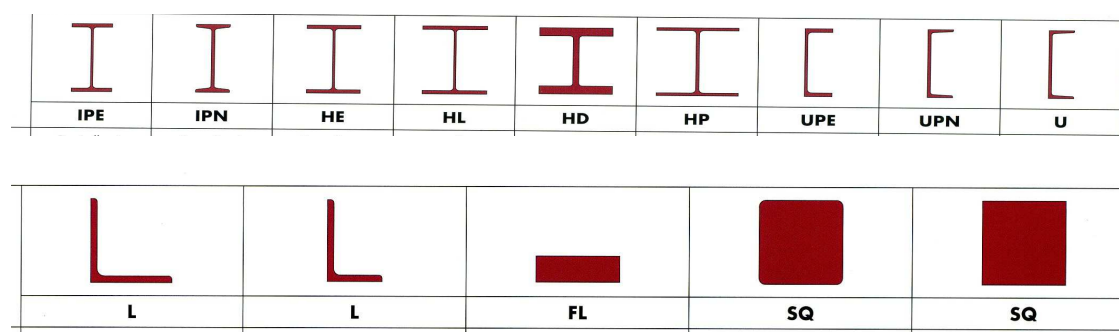
Μία μεταλλική κατασκευή αποτελείται ουσιαστικά από δύο πράγματα, τα μέλη που την απαρτίζουν και τις συνδέσεις μεταξύ τους.

Κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ενός μεταλλικού έργου , τρία είναι τα υποχρεωτικά βήματα που πρέπει να γίνουν α) επιλογή των κατάλληλων μεταλλικών στοιχείων ή μελών β) απόφαση για τον τρόπο σύνδεσης των μελών αυτών μεταξύ τους και γ) σύνθεση όλων αυτών σε μία ολοκληρωμένη κατασκευή. Σχετικά με το πρώτο βήμα ,πρέπει να μην λησμονείται ότι τα μεταλλικά μέλη είναι τυποποιημένα βιομηχανικά προϊόντα, ραβδόμορφα ή επιφανειακά, τα οποία έχουν το καθένα συγκεκριμένη μορφή, και των οποίων η μετάβαση από τη μία διατομή στην άλλη δεν είναι συνεχής, αλλά γίνεται με άλματα. Τα ίδια ισχύουν και για το δεύτερο βήμα, δηλαδή τα μηχανικά μέσα σύνδεσης, τους κοχλίες.

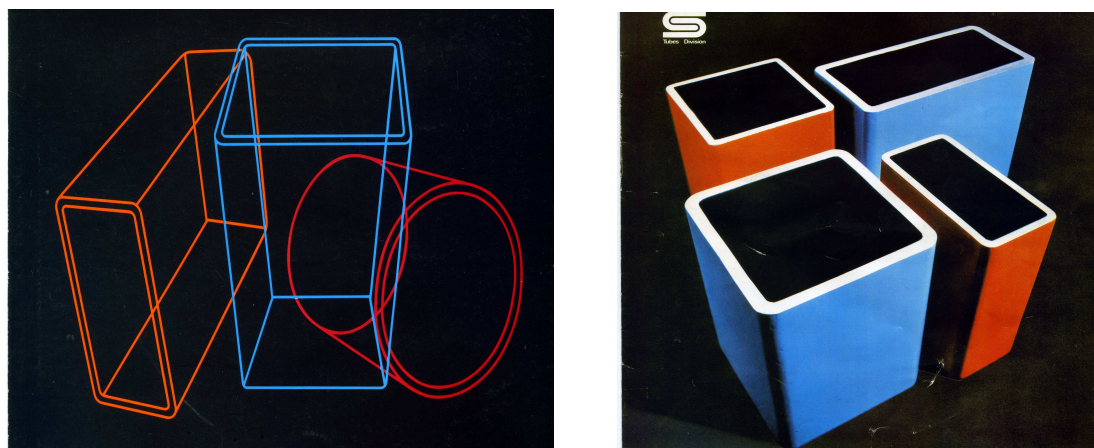
Οι δύο πρώτες επιλογές, δηλαδή τα μέλη και τα μέσα σύνδεσης, είναι κρίσιμες για το αποτέλεσμα της σύνθεσης, αν δηλαδή αυτό θα είναι θετικό ή αρνητικό. Επομένως είναι κατ' αρχήν απαραίτητη η γνώση, και μάλιστα η καλή γνώση, των διαθεσίμων μεταλλικών στοιχείων και των μέσων σύνδεσης. Όμως στη φάση της σύνθεσης αυτό δεν αρκεί. Είναι επίσης απαραίτητη η γνώση και εφαρμογή μερικών κανόνων που έχουν να κάνουν με την αισθητική των μεταλλικών στοιχείων και των μέσων σύνδεσης. Πρόκειται για απλούς κανόνες που απορρέουν από τη λογική και από τη στοιχειώδη γνώση συμπεριφοράς των φυσικών δυνάμεων.

3. ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Η ΜΕΛΗ

Τα χρησιμοποιούμενα βασικά μεταλλικά στοιχεία διακρίνονται σε ραβδόμορφα και επιφανειακά. Στα πρώτα περιλαμβάνονται οι πάσης φύσεως δοκοί και ράβδοι, διατομής διπλού ταυ, πι, απλού ταυ, γωνιές, λάμες κλπ., καθώς επίσης οι κοίλες κλειστές διατομές, τετράγωνες, ορθογωνικές και κυκλικές (κοινώς σωλήνες). Στα δεύτερα στοιχεία περιλαμβάνονται οι λαμαρίνες διαφόρων παχών.



Εικόνα 1: Ευρωπαϊκές διατομές χάλυβα



Εικόνα 2: Ορθογώνιες και κυκλικές κοίλες διατομές

Επιπροσθέτως υπάρχουν πολλά ειδικά μεταλλικά στοιχεία όπως ελκυστήρες (ντίτζες), πείροι και εξαρτήματα αρθρώσεων, ειδικά χυτά ή χυτοχαλύβδινα τεμάχια κ.ο.κ. Ευρεία χρήση των ειδικών αυτών στοιχείων έχει γίνει στα μεταλλικά έργα υψηλής τεχνολογίας γνωστά ως high-tech. Αλλά και σε συνήθους τεχνολογίας κατασκευές, υπάρχουν σήμερα πολλά ειδικά μεταλλικά εξαρτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ή ακόμη και να κατασκευασθούν ειδικά για το έργο.

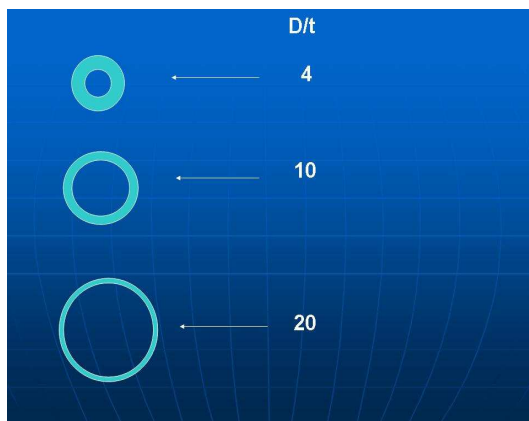
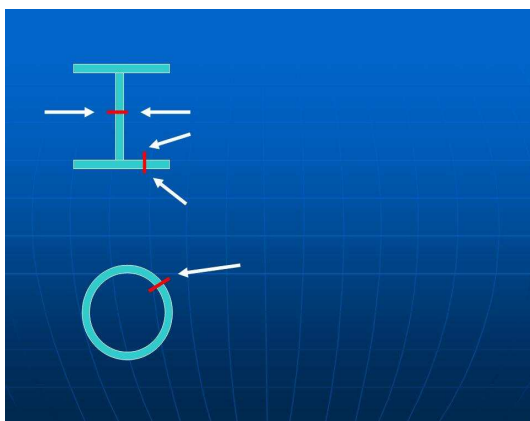


Εικόνα 3: Ειδικά μεταλλικά στοιχεία (ελκυστήρες, αρθρώσεις, πείροι)



Εικόνα 4 : Ειδικά χυτοχάλυβδινα στοιχεία σε έργα υψηλής τεχνολογίας

Το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό των ελασμάτων ανοικτής διατομής, είναι η απομάκρυνση του υλικού από το κέντρο βάρους . Αυτό γίνεται για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ροπής αδρανείας, κι επομένως αντοχής μέσα στο δεδομένο περίγραμμα. Το αποτέλεσμα είναι ευκολία στις συνδέσεις, αξιοποίηση των κοιλοτήτων ακόμη και αισθητικά όπως π.χ. με την αξιοποίηση της διαμήκουσ σκιάς που ενδεχομένως μπορεί να φανεί χρήσιμη . Αντίθετα, στις κλειστές κοίλες διατομές (σωλήνες) ενώ το υλικό είναι πάλι απομακρυσμένο από το κέντρο, εν τούτοις αυτό δεν φαίνεται.



Εικόνα 5 : Ανοικτές και κλειστές διατομές

Το χαρακτηριστικό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί θετικά, μεταβάλλοντας τη διάμετρο σε σχέση με το πάχος, αλλά μπορεί να επιδράσει στη μορφολογία του έργου και αρνητικά εάν δεν ληφθεί υπόψη κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Επιπλέον, οι κλειστές διατομές παρουσιάζουν δυσκολίες στις κοχλιωτές συνδέσεις, λόγω μη δυνατότητας πρόσβασης στο εσωτερικό τους, οι οποίες αρκετές φορές οδηγούν σε αντιαισθητικούς κόμβους συνδέσεων.

4. ΚΟΧΛΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Οι πάσης φύσεως κοχλίες ανήκουν στα μηχανικά μέσα σύνδεσης και αποτελούν τη μία από τις δύο κυριότερες μεθόδους σύνδεσης. Πρόκειται για τυποποιημένα βιομηχανικά προϊόντα αυστηρών προδιαγραφών . Όταν ενσωματώνονται σε μία σύνδεση, αναγκαστικά αυξάνουν τον όγκο της, διότι στον όγκο των ελασμάτων προστίθεται και παραμένει ο όγκος της κεφαλής και του περικοχλίου. Κι επειδή σε μία σύνδεση υπάρχουν κατά κανόνα περισσότεροι κοχλίες, το αποτέλεσμα μπορεί σε ορισμένες συνδέσεις να μην είναι αποδεκτό. Γιαυτό έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι κοχλιωτών συνδέσεων στις οποίες μειώνεται ή και εξαφανίζεται πλήρως ο εξέχων όγκος κεφαλών και περικοχλίων, όπως π.χ. με κοχλίες πλήρως βυθισμένης κεφαλής



Εικόνα 5 : Ποικιλία κοχλίων



Εικόνα 6: Κοχλίες βυθισμένης κεφαλής

Κριτήριο για τέτοιου είδους επιλογές είναι κυρίως το κόστος, το οποίο πρέπει να συνεκτιμηθεί με τα άλλα κριτήρια περιλαμβανομένου του αισθητικού.

Όταν κατά τη διάρκεια του Β' παγκόσμιου πολέμου αναπτύχθηκε η τεχνική της ηλεκτροσυγκόλλησης, δημιουργήθηκε ένα κλίμα αισιοδοξίας για την ανάπτυξη και την αισθητική των συνδέσεων. Αυτό αποδείχτηκε αληθινό σε μεγάλο βαθμό.

Πράγματι η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνικής των συγκολλήσεων δημιούργησε τεράστιες δυνατότητες ανάπτυξης των συνδέσεων, θεωρητικά απεριόριστες. Από άποψη δε αισθητική, έκανε δυνατή τη δημιουργία φορέων και συνδέσεων απαλλαγμένων από τη δουλειά των κοχλίων , καταρρίπτοντας έτσι τον μύθο ότι οι μεταλλικές κατασκευές δεν μπορούν να έχουν πλαστικές φόρμες. Όμως άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. οι δυνατότητες μεταφοράς των ετοιμών τεμαχίων από το εργοστάσιο κατασκευής στο εργοτάξιο, καθώς και οι πολύ αυστηροί κανόνες εκτέλεσης των συγκολλήσεων στο ύπαιθρο, περιόρισαν αισθητά τη γενικευμένη χρήση των συγκολλήσεων.



Εικόνα 7 : Ολόσωμα συγκολλητά πλαίσια

Δηλαδή σε επίπεδο εφαρμογής η σημασία και η αναγκαιότητα των κοχλιωτών συνδέσεων παρέμειναν ακέραιες. Οι τελευταίες κυριαρχούν σε επιτόπου συνδέσεις (field connections) οικοδομικών έργων και κυρίως γεφυρών, όπου η επιτόπου σύνδεση είναι υποχρεωτική.



Εικόνα 8 : Καθολική κοχλιωτή σύνδεση επιτόπου

5. ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Εκτός των βασικών βιομηχανικών προϊόντων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η βιομηχανία διαθέτει και μία σειρά σύνθετων προϊόντων, τα οποία ο μελετητής πρέπει να γνωρίζει προκειμένου να μπορεί να τα χρησιμοποιήσει, εμπλουτίζοντας το αρχιτεκτονικό έργο με νέες δυνατότητες και καινοτόμες λύσεις.

Ένα παράδειγμα τέτοιων προϊόντων είναι οι δοκοί με ανοίγματα στον κορμό, οι οποίες είναι πολύ χρήσιμες για την κάλυψη χώρων, δεδομένου ότι από τα ανοίγματα του κορμού μπορούν να περάσουν διάφορες εγκαταστάσεις, όπως αγωγοί εξαερισμού, διάφορες σωληνώσεις, κλπ.

Δοκοί με ανοίγματα στον κορμό υπήρχαν εδώ και δεκαετίες, κυρίως με εξαγωνικά ανοίγματα, αλλά η χρησιμοποίησή τους ήταν περιπτωσιακή διότι η συμπεριφορά τους δεν ήταν πλήρως τεκμηριωμένη με βάση σχετική έρευνα. Σήμερα όμως, η σχετική έρευνα έχει ολοκληρωθεί και αυτού του τύπου οι δοκοί, περισσότερο με κυκλικά ανοίγματα στον κορμό, έχουν τυποποιηθεί και διατίθενται προς χρήση. Μάλιστα οι δοκοί αυτές έχουν διερευνηθεί ακόμη και από άποψη συμπεριφοράς σε συνθήκες πυρκαγιάς, και έτσι με τον κατάλληλο σχεδιασμό ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στις απαιτήσεις των κανονισμών πυροπροστασίας.



Εικόνα 9: Δοκοί με ανοίγματα κορμού

6. ΑΠΛΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΩΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ

Θα μπορούσε κανείς να καταρτίσει έναν απλό κατάλογο μερικών βασικών κανόνων για το σχεδιασμό συνδέσεων και γενικώς λεπτομερειών.

Απλότητα :

Ο κανόνας αυτός είναι αυτονόητος. Η επιδίωξή του κατά τον σχεδιασμό οδηγεί όχι μόνο σε αισθητικώς αποδεκτό αποτέλεσμα, αλλά έχει και άλλα πλεονεκτήματα όπως σαφή στατική λειτουργία, ευκολία κατασκευής και ασφαλώς μικρότερο κόστος. Η επιδίωξη της απλότητας κατά τον σχεδιασμό των λεπτομερειών απαιτεί από τον μελετητή αυτοπειθαρχία, διότι συνήθως επικρατεί η φυσική τάση να φορτώνεται η λεπτομέρεια με περιττά στοιχεία (σύνηθες παράδειγμα ο μεγάλος αριθμός νεύρων ακαμηνίας).

Ανθεκτικότητα

Μία λεπτομέρεια πρέπει να έχει διάρκεια στο χρόνο, δηλαδή να παραμένει ακέραια και λειτουργική καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Παράγοντες που μπορεί να μειώσουν την ανθεκτικότητα μιας λεπτομέρειας με την πάροδο του χρόνου μπορεί να είναι λιμνάζοντα νερά (διάβρωση), χαλάρωση κοχλιών, έκθεση σε οξειδωτικούς παράγοντες, κλπ. Παρόμοιοι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αντιμετωπίζονται κατά τον σχεδιασμό.

Τελείωμα ή φινίρισμα

Το ποιοτικό τελείωμα (φινίρισμα) των λεπτομερειών μιας κατασκευής δεν είναι μόνο δείγμα ποιοτικού επιπέδου του κατασκευαστή, αλλά μπορεί να έχει επιρροή και στην ίδια την αντοχή της συγκεκριμένης λεπτομέρειας, ιδίως όταν αυτή μπορεί να υποστεί κόπωση λόγω εναλλασσόμενης φόρτισης. Γιαυτό το ποιοτικό τελείωμα και φινίρισμα των λεπτομερειών είναι υποχρεωτικό σε μεταλλικές κατασκευές όπως γέφυρες, γερανογέφυρες και ορισμένα οικοδομικά έργα. Αλλά γενικότερα, το ποιοτικό φινίρισμα των λεπτομερειών ενισχύει το αισθητικό αποτέλεσμα και καταδεικνύει το τεχνολογικό επίπεδο της χώρας. Πράγματι σε χώρες με υψηλό τεχνολογικό επίπεδο (ΗΠΑ, Ιαπωνία, κλπ) οι μεταλλικές κατασκευές είναι άψογες

από άποψη φινιρίσματος, ακόμη και αν πρόκειται για κατασκευές βοηθητικές ή προσωρινού χαρακτήρα.

1.

Εκφραση στατικής λειτουργίας

Στις περισσότερες λεπτομέρειες και συνδέσεις μιας μεταλλικής κατασκευής, είναι συνήθως εύκολο να φαντασθεί κανείς τη διαδρομή των δυνάμεων, χωρίς να είναι ειδικός. Αρκεί η λεπτομέρεια να υποδεικνύει και να εκφράζει αυτή η ίδια τη διαδρομή των δυνάμεων. Γιατί εάν δεν συμβαίνει αυτό, και η λεπτομέρεια είναι πολύπλοκη, ατελής ή και λανθασμένη, τότε κανείς δεν μπορεί να διακρίνει τη στατική λειτουργία.

Συμβατότητα λεπτομερειών και συνόλου

Γενικώς πρέπει να υπάρχει μία αρμονική σχέση μεταξύ των λεπτομερειών και του συνόλου μιας μεταλλικής κατασκευής. Εξεζητημένες λεπτομέρειες σε μία απλή μεταλλική κατασκευή μπορεί να έχουν αρνητικό αισθητικό αποτέλεσμα. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζονται οι συνδέσεις, ο αριθμός των οποίων πρέπει να είναι σύμμετρος με την όλη κατασκευή. Εάν ο αριθμός αυτός είναι δυσανάλογα μεγάλος, η κατασκευή θα μοιάζει κατακερματισμένη και εκτός από το αισθητικό αποτέλεσμα μπορεί να εμπνέει και δυσπιστία ως προς την στατική της επάρκεια.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μόνο η άριστη γνώση των εμπορικά διαθέσιμων χαλύβδινων βιομηχανικών προϊόντων και η εφαρμογή μερικών απλών κανόνων κατά τον σχεδιασμό, μπορούν να οδηγήσουν σε ικανοποιητικές λεπτομέρειες και επομένως σε αισθητικώς αποδεκτά μεταλλικά έργα.

Τα χαλύβδινα βιομηχανικά προϊόντα ποικίλουν από τις γνωστές πρότυπες διατομές μέχρι ειδικά προϊόντα όπως ελκυστήρες, πείρους, χυτοχαλύβδινα εξαρτήματα, κλπ.

Μεγάλη κατηγορία προϊόντων αποτελούν οι σωληνωτές διατομές (tubular sections), οι οποίες εφαρμόζονται σε πολλά μεταλλικά έργα. Στις διατομές αυτές επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό των συνδέσεων, ώστε να αποφεύγονται συνδέσεις ογκώδεις και ανιασθητικές.

Επίσης υπάρχουν σύνθετα προϊόντα, όπως δοκοί με ανοίγματα στον κορμό, που διευκολύνουν σημαντικά την ενσωμάτωση μηχανολογικών εγκαταστάσεων στο μεταλλικό έργο.

THE IMPORTANCE OF DETAIL IN THE ARCHITECTURAL DESIGN OF STEEL STRUCTURES

Anthony Karamanos
Civil Engineer
Athens, Greece
e-mail : karama@otenet.gr

SUMMARY

The importance of the design of details is fundamental for a steel structure, and it determines whether the structure is commonly accepted from the aesthetic point of view or not.

The satisfactory design of details, especially of connections, of a steel structure can be achieved only by a good knowledge of the available steel products, such as standardized steel sections, hollow sections and tubes, fasteners etc.

The above steel products have their own characteristics which the designer can use to obtain a satisfactory result. For example open sections such as I and WF beams, are easy to connect with bolts, while hollow sections are not because their interior is not accessible. Moreover, hollow sections hide the amount of material used in the section, and this characteristic can be used favorably by the designer.

Welding can lead to quite elegant details, but bolts are still the only solution for field connections.

Apart from the good knowledge of steel products available in the market, the designer must follow a small number of simple rules in order to achieve a good aesthetic result. The simple rules that the designer has to follow in detailing, are simplicity, durability, good finishing and harmonization between the details and the global steel structure.