

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

Ξενοφών Πειστικός
Πολιτικός Μηχανικός
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
e-mail: peistikos@otenet.gr

Γιώργος Παπαγεωργόπουλος
Πολιτικός Μηχανικός
Ναύπλιο, Ελλάδα
e-mail: papgeorg@otenet.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόγραμμα SC υπολογίζει και σχεδιάζει λεπτομέρειες συνδέσεων χαλύβδινων κτηρίων. Το SC εισάγει τα αποτελέσματα της ανάλυσης από βάσεις δεδομένων που δημιουργούν άλλα προγράμματα (π.χ. ETABS[®], SAP2000[®]) και εξάγει λεπτομέρειες συνδέσεων σε σχεδιαστικά προγράμματα (π.χ. BricsCAD[®] ή AutoCAD[®]).

Το SC σχεδιάζει αυτόματα ένα τρισδιάστατο προσομοίωμα του κτηρίου στην πλατφόρμα CAD. Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο της σύνδεσης και τα συνδεόμενα μέλη (στο παράθυρο CAD). Κατόπιν το SC υπολογίζει και σχεδιάζει τη λεπτομέρεια της σύνδεσης με τις διαστάσεις της, εξάγοντας όλα τα απαραίτητα επί μέρους στοιχεία (διατομές, ελάσματα, κοχλίες, συγκολλήσεις κλπ.) για περαιτέρω επεξεργασία στα συστήματα CAD. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί όσες φορές απαιτείται έως ότου σχεδιαστούν οι λεπτομέρειες όλων των συνδέσεων του έργου. Οι συναφείς υπολογισμοί μπορούν να εξαχθούν σε ένα λογιστικό φύλλο ή ένα απλό αρχείο κειμένου. Οι λεπτομέρειες των συνδέσεων υπολογίζονται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 και τα πρότυπα του AISC.

Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει ή να διατηρήσει τις προτεινόμενες από το πρόγραμμα παραμέτρους μιας σύνδεσης δηλ. τις διαστάσεις των επί μέρους στοιχείων, το είδος της σύνδεσης, την κλίμακα, τα υλικά, τους κοχλίες και τον τύπο των συγκολλήσεων.

Λέξεις κλειδιά: Λεπτομέρειες χαλύβδινων συνδέσεων, αυτόματη σχεδίαση, συνδέσεις με μετωπικά ελάσματα, χαλύβδινα τοιχώματα, ελάσματα βάσης.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά τους σεισμούς του Northridge το 1994, και τις βλάβες στις συνδέσεις ροπής χαλύβδινων υποστλωμάτων και δοκών, αποφασίστηκε στις ΗΠΑ η διερεύνηση τους, καθώς πολλές από αυτές αστόχησαν ψαθυρά.

Για την ανάλυση των αστοχιών και τα αίτιά τους δαπανήθηκαν εκατομμύρια δολάρια και χιλιάδες ώρες έρευνας και πειραμάτων, η FEMA συστηματοποίησε τις βλάβες και έτσι για πρώτη φορά έχουμε εξισώσεις διαστασιολόγησης των κόμβων. Οι εξισώσεις αυτές έχουν προκύψει από μεγάλο δείγμα δοκών και υποστλωμάτων ανά τύπο σύνδεσης και εμπεριέχουν όλες τις καταπονήσεις σε κάθε μέρος της σύνδεσης, συμπεριλαμβανομένης της κόπωσης χαμηλού κύκλου από τη σεισμική δράση.

Όλη η εργασία παρουσιάστηκε το 2000 με τίτλο *“FEMA 355D State of the art report on connection performance”* και ενσωματώθηκε στον ANSI/AISC 2010 με τίτλο *“Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”* και στον CISC 2008 με τίτλο *“Moment Connections for Seismic Applications”*. Η ανυπαρξία αντίστοιχης εργασίας στους Ευρωκώδικες καθιστά υποχρεωτική την εφαρμογή των παραπάνω εργασιών στο παρόν πρόγραμμα. Άλλωστε η παρακάτω παράγραφος του EC-3 το νομιμοποιεί αν δεν το προτείνει :

1.4 Distinction between Principles and Application Rules

(1) Depending on the character of the individual clauses, distinction is made in EN 1990 between Principles and Application Rules.

(2) The Principles comprise :

- general statements and definitions for which there is no alternative, as well as ;
- requirements and analytical models for which no alternative is permitted unless specifically stated.

(3) The Principles are identified by the letter P following the paragraph number.

(4) The Application Rules are generally recognised rules which comply with the Principles and satisfy their requirements.

(5) It is permissible to use alternative design rules different from the Application Rules given in EN 1990 for works, provided that it is shown that the alternative rules accord with the relevant Principles and are at least equivalent with regard to the structural safety, serviceability and durability which would be expected when using the Eurocodes.

Φωτ. 1: Απόσπασμα Ευρωκώδικα (Πηγή: Eurocode - Basis of structural design)

Η σύνθετη φύση των υπολογισμών οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας του **Steel Connections (SC)**, μιας διαδραστικής εφαρμογής, η οποία χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα των πιο διαδεδομένων προγραμμάτων ανάλυσης και αφού πραγματοποιήσει τη διαστασιολόγηση των κόμβων, μετατρέπει αυτόματα τους υπολογισμούς σε κατασκευαστικά σχέδια.

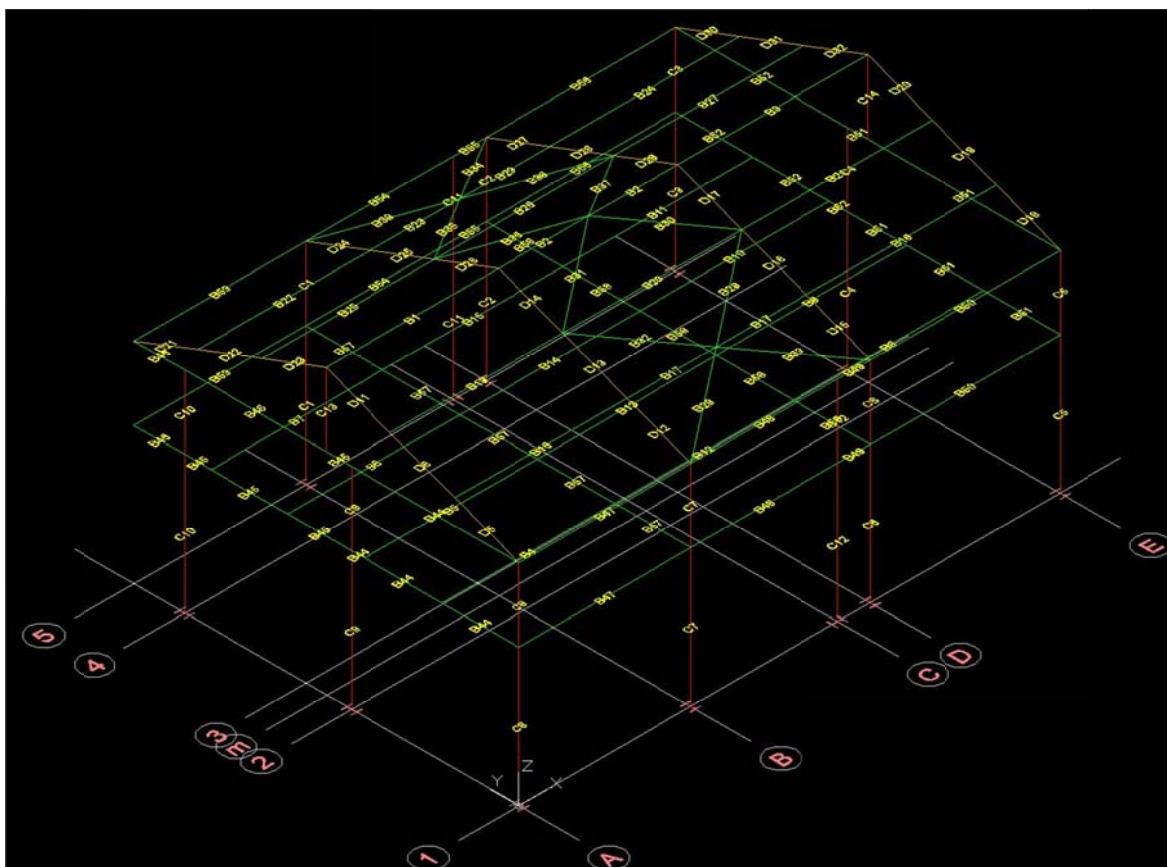
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Αν και το υπολογιστικό κομμάτι των κόμβων για τους σύγχρονους υπολογιστές είναι μια απλή διαδικασία, δεν ισχύει το ίδιο για το σχεδιαστικό. Η πολυπλοκότητα της ακριβούς σχεδίασης σε οποιαδήποτε κλίμακα και η δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων, απαιτεί τη χρήση τόσο μιας υπολογιστικής μηχανής όσο και μιας σχεδιαστικής τύπου CAD (π.χ. BricsCAD[®] ή AutoCAD[®] κλπ).

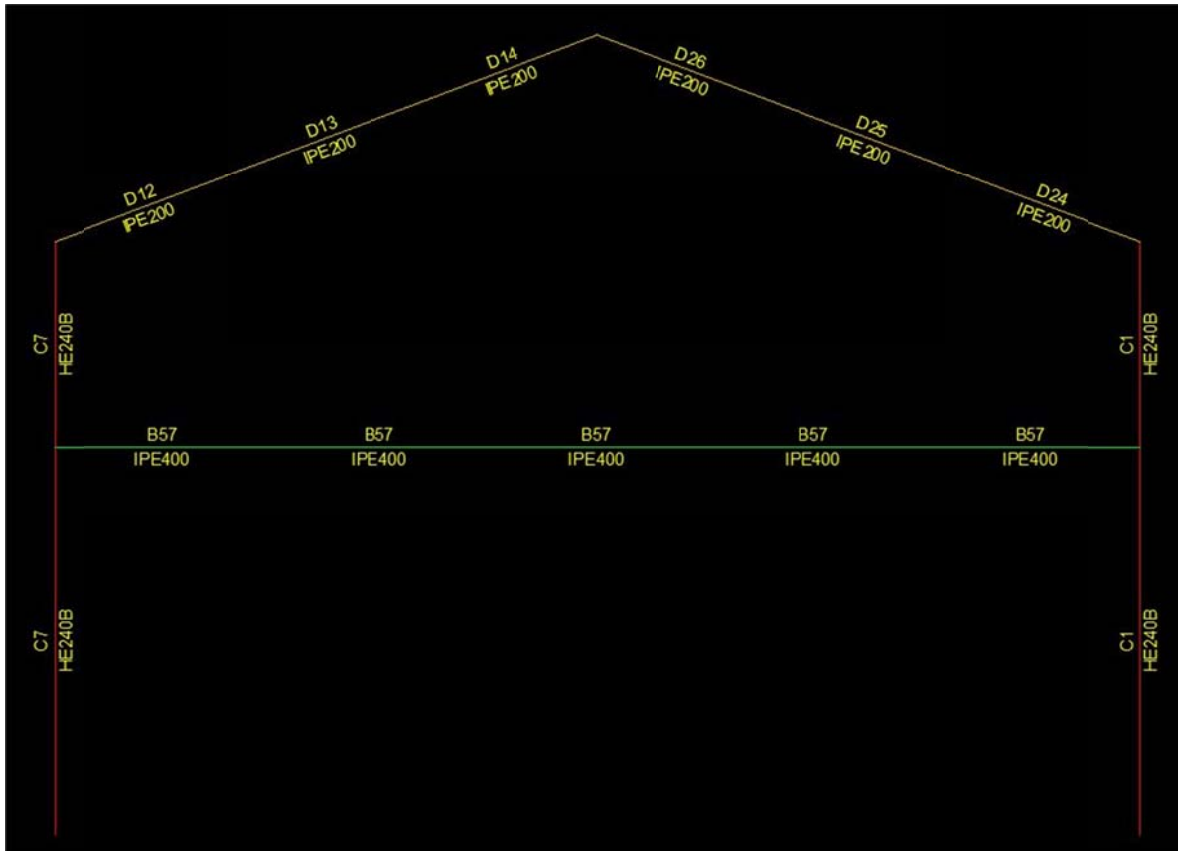
Το λογισμικό *Steel Connections* (SC) δημιουργεί λεπτομέρειες για χαλύβδινα κτίρια. Το SC διαβάζει αρχεία αποτελεσμάτων ανάλυσης (*.mdb σε Microsoft Access[®] format), τα οποία εξάγουν τα προγράμματα (ETABS[®] v.9.xx, v.2013.xx ή SAP2000[®] v.14.xx, v.15.xx, v.16.xx) με τη χρήση SQL. Έτσι δημιουργεί στην πλατφόρμα CAD τρία αρχεία:

1. Το τρισδιάστατο (3D) στατικό προσομοίωμα του κτηρίου (Σχ. 1).
2. Μια δισδιάστατη (2D) όψη ή τομή του κτηρίου η οποία διέρχεται από έναν από τους άξονες του προσομοιώματος κατά X ή Y (Σχ. 2).
3. Το αρχείο στο οποίο σχεδιάζεται η σύνδεση (Σχ. 3).

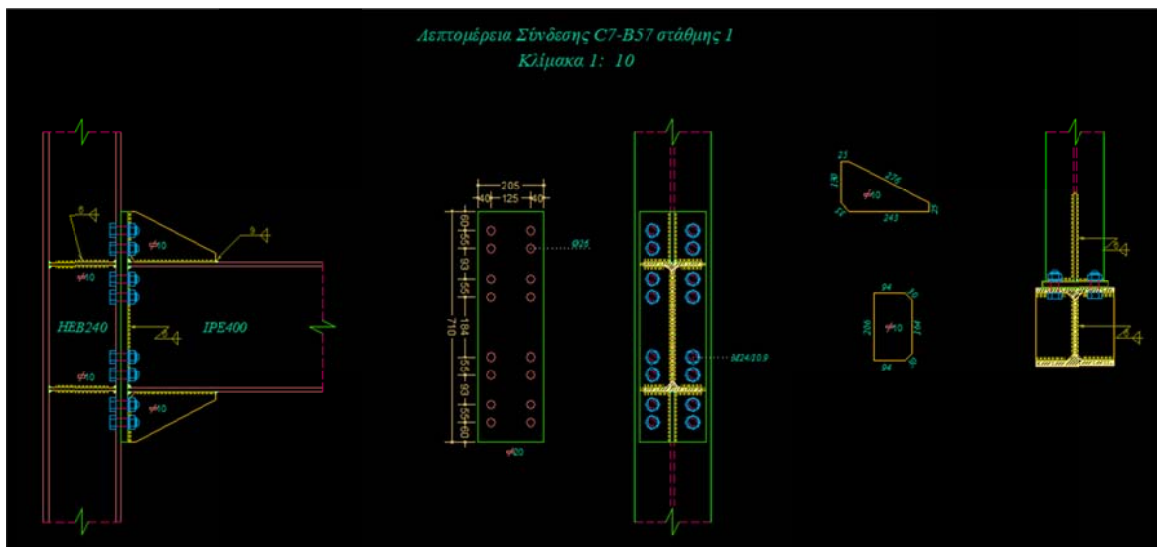
Η επιλογή των συνδεόμενων μελών μπορεί να γίνει είτε από το 3D είτε από το 2D προσομοίωμα.



Σχ. 1: Παράθυρο τρισδιάστατου στατικού προσομοιώματος του κτηρίου



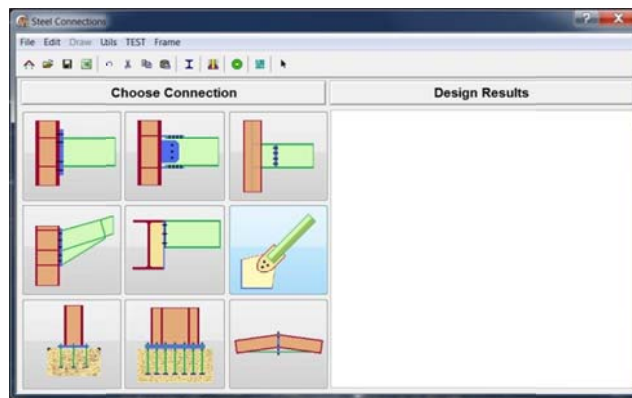
Σχ. 2: Παράθυρο διαδιάστατης όψης του κτιρίου



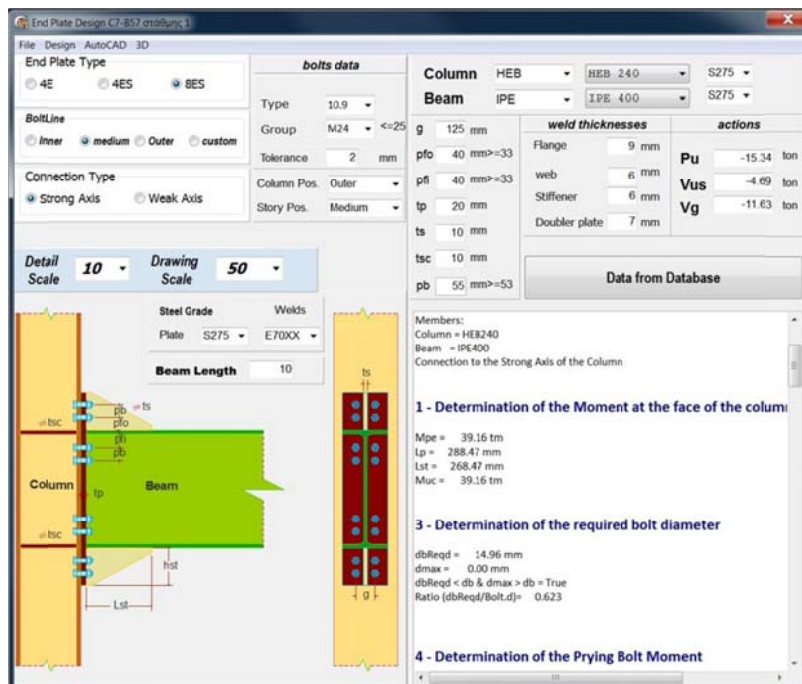
Σχ. 3: Παράθυρο αυτόματης σχεδίασης

Στην παρούσα έκδοση (Μάιος 2014) το SC έχει δυνατότητα για 9 τύπους κόμβων (Σχ. 4), σχεδόν όλους όσους απαιτούνται για την κατασκευή σύμμικτων κτηρίων οποιασδήποτε χρήσης, καθώς και των συνηθέστερων βιομηχανικών. Από αυτούς οι δύο πρώτοι και ο 4^{ος}, λειτουργούν για σύνδεση τόσο κατά τον ισχυρό όσο και κατά τον ασθενή άξονα. Η σύνδεση χαλύβδινου τοιχώματος λειτουργεί και για τους 4 πιθανούς προσανατολισμούς των ακραίων υποστλωμάτων.

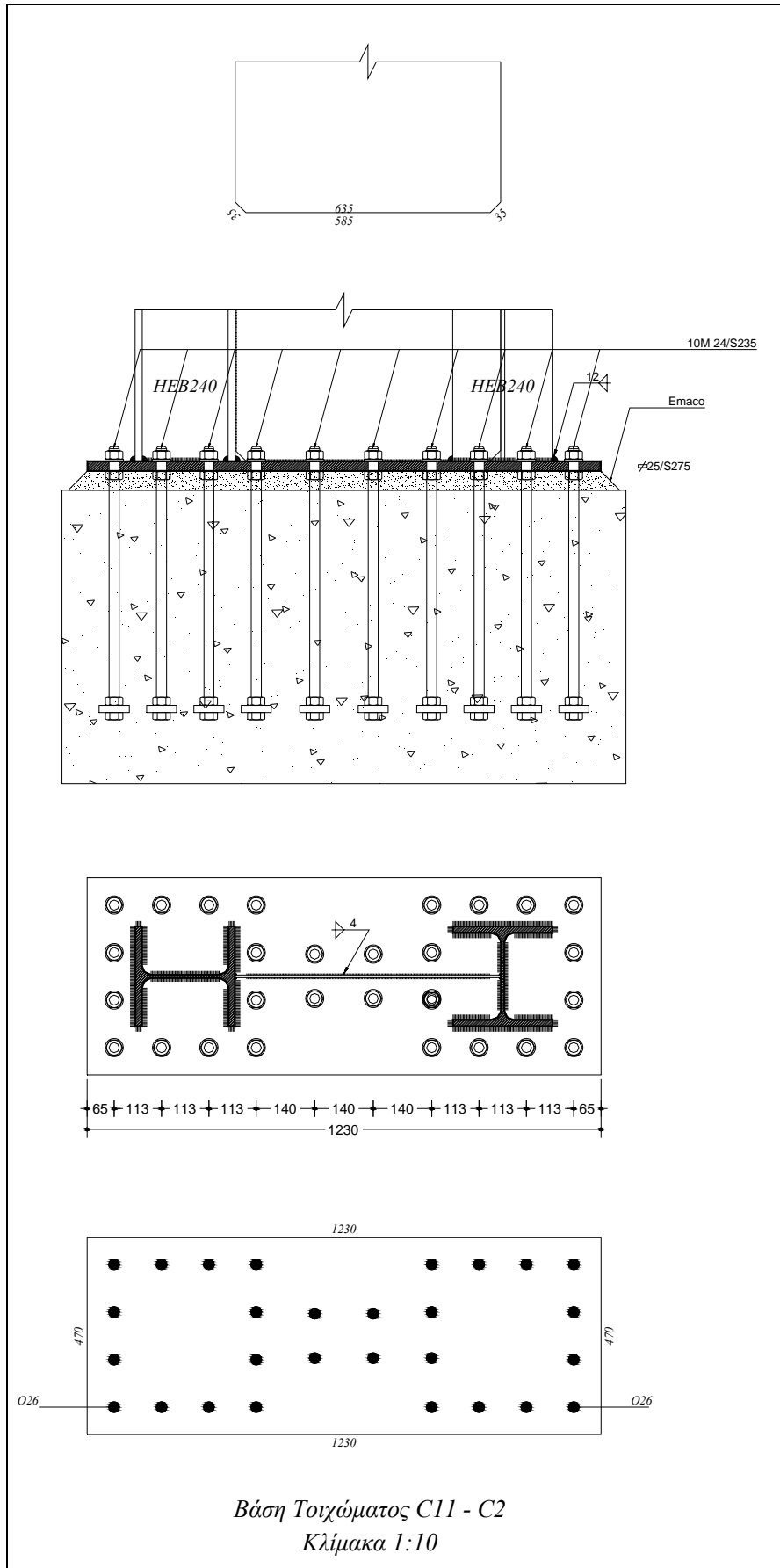
Το SC υπολογίζει και σχεδιάζει αυτόματα τον φέροντα οργανισμό στην εφαρμογή CAD από τη βάση δεδομένων και το μόνο που πρέπει να κάνει ο χρήστης είναι να επιλέξει τον τύπο της σύνδεσης και τα στοιχεία που θέλει να συνδέσει (Σχ. 5). Στη συνέχεια το SC υπολογίζει και σχεδιάζει αυτόματα τη λεπτομέρεια της σύνδεσης με διαστάσεις, μέσα στο παράθυρο της εφαρμογής CAD, ενώ ο χρήστης μπορεί να επαναλάβει τη διαδικασία όσες φορές χρειάζεται για να δημιουργήσει όλες τις λεπτομέρειες του έργου (Σχ. 6, Σχ. 7), αλλά και να εξάγει σε λογιστικό φύλλο ή έγγραφο τους υπολογισμούς επίλυσης των κόμβων. Η διαστασιολόγηση των κόμβων από το SC γίνεται τόσο κατά EC-3 όσο και κατά AISC.



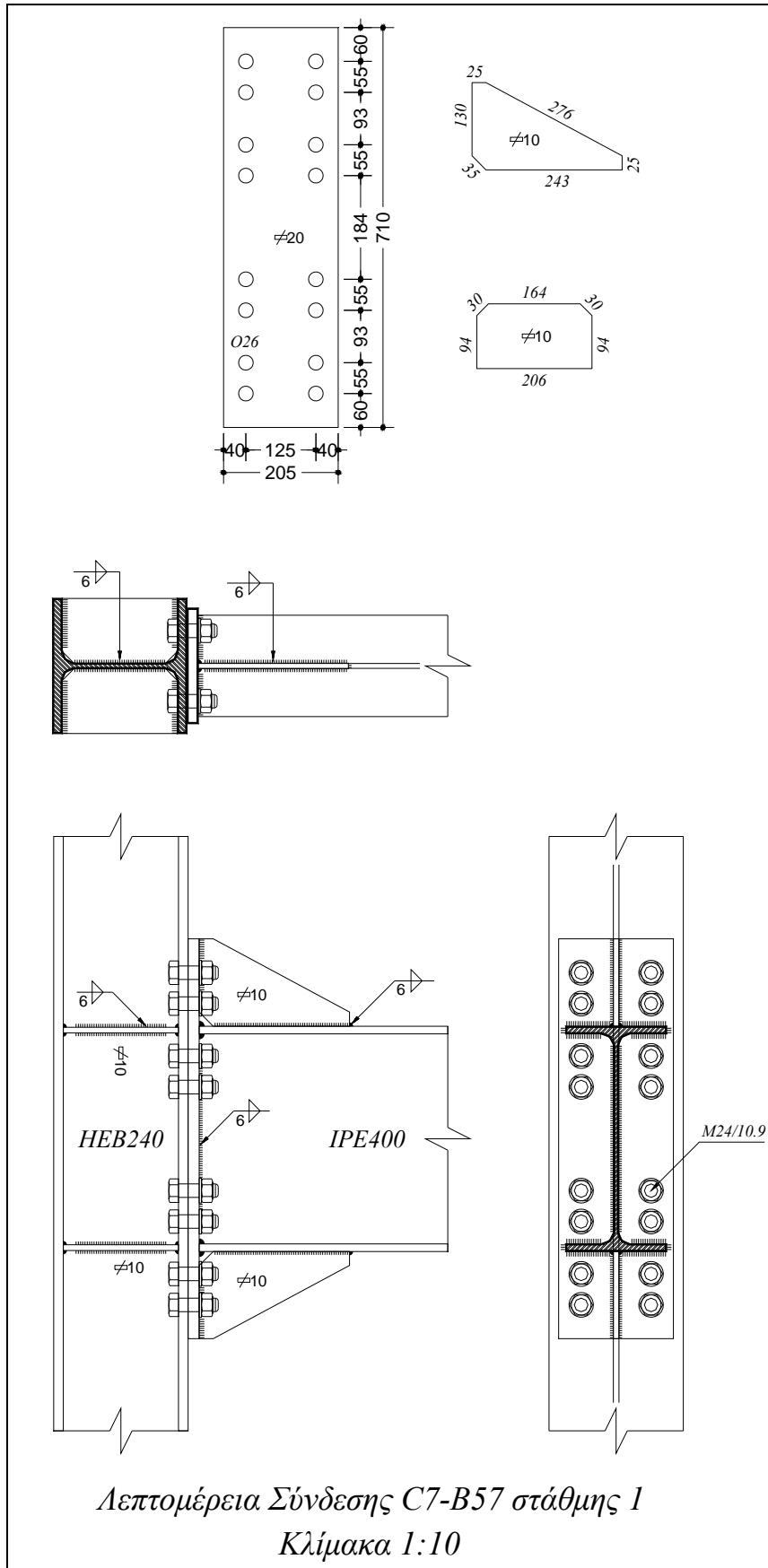
Σχ. 4: Interface της εφαρμογής: Η εφαρμογή ζητάει από τον χρήστη να προσδιορίσει τον τύπο σύνδεσης.



Σχ. 5: Interface της εφαρμογής: Η εφαρμογή ζητάει από τον χρήστη να προσδιορίσει τα συνδεόμενα μέλη μέσα από το 2d/3d view του CAD.



Σχ. 6: Τελικά σχέδια στην εφαρμογή CAD.



Σχ. 7: Τελικά σχέδια στην εφαρμογή CAD.

Με την επιλογή των συνδεόμενων μελών, το πρόγραμμα υπολογίζει και προτείνει πάχη ελασμάτων, συγκολλήσεων και αποστάσεις κοχλιών σύμφωνα με τον κανονισμό. Όλες οι παράμετροι των συνδέσεων μπορούν να αλλάξουν από τον πίνακα ελέγχου του SC, μεταξύ αυτών, οποιαδήποτε αριθμητική τιμή, ο τύπος της σύνδεσης, η κλίμακα σχεδίασης, η ποιότητα του χάλυβα, οι κοχλίες και η ποιότητα των συγκολλήσεων.

Μετά τον υπολογισμό της σύνδεσης ο χρήστης βλέπει εάν επαρκούν τα πάχη των ελασμάτων, των συγκολλήσεων ή οι κοχλίες. Για την σχεδίαση στο πρόγραμμα CAD δεν χρειάζεται η σύνδεση να είναι επαρκής, ο χρήστης μπορεί να καταστρατηγήσει εν γνώσει του οποιαδήποτε απαίτηση του κανονισμού, αρκεί η τελική μορφή της σύνδεσης να είναι κατασκευαστικά εφικτή.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κώδικες και πρότυπα

- [1] American Institute of Steel Construction. “Manual of Steel Construction” 14th Edition. *AISC, 2011.*
- [2] American Institute of Steel Construction. “Seismic Design Manual” 2nd Edition. *AISC, 2013.*
- [3] American Institute of Steel Construction. “Detailing for Steel Construction”, 3rd Edition. *AISC, 2009.*
- [4] American Institute of Steel Construction. “Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”. *AISC, 2010.*
- [5] Canadian Institute of Steel Construction. “Moment Connections for Seismic Applications”. *CISC 2008.*
- [6] European Standard EN 1990:2002: Basis of structural design, 2002.
- [7] European Standard EN 1993-1-1:2005: Design of Steel Structures (EC3), 2005.
- [8] Federal Emergency Management Agency. “State of the art report on connection performance” FEMA-355D. FEMA, 2000.

COMPUTER PROGRAM FOR THE ANALYSIS AND DRAWING OF STEEL CONNECTIONS

Xenophon Peistikos

Civil engineer (AUTH)

Thessaloniki, Greece

e-mail: peistikos@otenet.gr

George Papageorgopoulos

Civil engineer (NTUA)

Nauplion, Greece

e-mail: papgeorg@otenet.gr

ABSTRACT

Steel Connections (**SC**) software designs and draws connection details for steel buildings with just one click. **SC** imports the analysis results from databases that other software creates (i.e. ETABS[®], SAP2000[®]), and exports connection details in CAD software (i.e. BricsCAD[®] or AutoCAD[®]).

SC draws automatically a three dimensional model of the building structure in the CAD platform. The user selects the connection type and (in the CAD window) the members to be connected. Then **SC** designs and draws automatically the connection detail with its dimensions, exporting all the necessary plates, bolts and welds for further processing to the CAD systems. This procedure can be repeated as many times as needed until all connection details of the project are created. The relevant calculations may be exported in a spreadsheet or a plain text document. Connection details are designed according to the EC-3 and the AISC codes and standards.

All connection parameters, such as numerical values, connection type, drawing scale, steel grade, bolts and the welding type, may be changed manually from the interface.

Key Words: Steel connection details, automatic drawing, end plate connections, steel shear walls, base plate.