



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΟΛΥΩΡΟΦΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8



Κέντρο John Hancock, Σικάγο

Διπλωματική Εργασία
Ελεονώρα Μπαλαούρα

ΕΜΚ ΔΕ 2016 46

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2016 46

Ικανοτικός σχεδιασμός και μελέτη συμπεριφοράς πολυώροφων μεταλλικών κτιρίων κατά τον Ευρωκώδικα 8

Ελεονώρα Μπαλαούρα

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον ικανοτικό σχεδιασμό κανονικών πολυώροφων μεταλλικών κτιρίων με χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας, ενώ παράλληλα διερευνάται η φέρουσα ικανότητα και συμπεριφορά της με χρήση μη γραμμικών αναλύσεων. Συγκεκριμένα, μελετάται αναλυτικά η επιρροή της διάταξης 6.7.2(2) του Ευρωκώδικα 8 στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής υπό σεισμικά φορτία, η οποία διευκρινίζει πως η συνεισφορά του θλιβόμενου συνδέσμου δυσκαμψίας πρέπει να αγνοείται στην ανάλυση και, κατά συνέπεια, στη διαστασιολόγηση της κατασκευής.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι θεμελιώδεις αρχές που διέπουν τον ικανοτικό σχεδιασμό μεταλλικών κτιρίων κατά τον Ευρωκώδικα 8, με ιδιαίτερη έμφαση στην εμβάθυνση της σημασίας εφαρμογής τους. Ορίζονται οι απαιτούμενες παράμετροι του αντισεισμικού σχεδιασμού, οι οποίες καθορίζουν τόσο τη μέθοδο ανάλυσης, όσο και τα σεισμικά φορτία σχεδιασμού που επιβάλλονται στην κατασκευή. Ακολούθως, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι απαιτούμενες κανονιστικές διατάξεις και έλεγχοι για όλα τα κύρια μέλη ενός μεταλλικού κτιρίου υπό σεισμικά και μη φορτία, τόσο για συστήματα πλαισίων ροπή, όσο και για συστήματα χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο διατυπώνονται 4 δυνατά σενάρια διαστασιολόγησης ενός τριώροφου μεταλλικού κτιρίου με χρήση γραμμικών αναλύσεων για την ορθότερη διερεύνηση της υπό έρευνα διάταξης. Προκειμένου τα συμπεράσματα που θα εξαγονταν από τις μη γραμμικές αναλύσεις που θα εκτελεστούν στη συνέχεια να είναι όσο το δυνατόν ρεαλιστικά, η κατασκευή επαναδιαστασιολογείται σε κάθε περίπτωση ώστε να υπακούει σε όλες τις κανονιστικές διατάξεις των Ευρωκωδίκων 3 και 8. Για το λόγο αυτό, αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία βέλτιστου σχεδιασμού κανονικών μεταλλικών κτιρίων, που αποσκοπεί τόσο στην οικονομία υλικού, όσο και στην ελαχιστοποίηση του πλήθους των απαιτούμενων αναλύσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο μελετάται η συμπεριφορά του τριώροφου κτιρίου με χρήση μη γραμμικών αναλύσεων γεωμετρίας και υλικού για σεισμική διέγερση στη διεύθυνση των συνδέσμων δυσκαμψίας για κάθε σενάριο διαστασιολόγησης. Στόχος είναι η εκτίμηση του 'πραγματικού' οριακού φορτίου της

κατασκευής, όταν λαμβάνεται υπόψη ο θλιβόμενος σύνδεσμος και, κατ' επέκταση, η μεταλυγισμική του συμπεριφορά. Εξετάζεται, ύστερα, η τήρηση και μη του κριτηρίου λυγηρότητας στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής, καθώς αποτελεί εξαιρετικά καθοριστικό κριτήριο του Ευρωκώδικα 8 στη διαστασιολόγηση των συνδέσμων δυσκαμψίας.

Στη συνέχεια του ίδιου κεφαλαίου εισάγεται ένα πέμπτο σενάριο διαστασιολόγησης, στο οποίο η υπό μελέτη κατασκευή διαστασιολογείται αποκλειστικά ως προς τα αναπτυσσόμενα εντατικά μεγέθη των συνδυασμών σχεδιασμού, ενώ αγνοούνται πλήρως οι απαιτήσεις του ικανοτικού σχεδιασμού. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αναδειχθεί η αξία του ικανοτικού σχεδιασμού στην περίπτωση όπου οι χαρακτηριστικές τιμές, είτε της σεισμικής έντασης ή των αντοχών, δεν είναι οι αναμενόμενες κατά το σχεδιασμό. Με αφορμή τη δεύτερη περίπτωση, διεξάγεται παραμετρική διερεύνηση ως προς το υλικό των συνδέσμων δυσκαμψίας αλλά και των άμεσα συνδεδεμένων στύλων. Τέλος, η κατασκευή αποτιμάται σε όρους οριακού φορτίου για κάθε σενάριο ως προς την απαιτούμενη σεισμική τέμνουσα, ενώ το αποτελεσματικότερο σενάριο διαστασιολόγησης προτείνεται ως μία πιο ρεαλιστική προσέγγιση της συμμετοχής του θλιβόμενου συνδέσμου στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής.

Τέλος, στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις για την περαιτέρω διερεύνηση της συμπεριφοράς πολυώροφων μεταλλικών κτιρίων με συνδέσμους δυσκαμψίας υπό σεισμικά φορτία.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2016 46

Capacity design and investigation of the behavior of multi-storey steel buildings according to Eurocode 8

Eleonora Balaoura

Supervisor: Charis Gantes, Professor NTUA

ABSTRACT

The present diploma thesis deals with the capacity design of regular multi-storey steel buildings with concentric bracing systems in conjunction with the investigation of the behavior and load-bearing capacity of a regular three-storey structure using non-linear analyses. In particular, an extensive research is carried out regarding the influence of guideline 6.7.2(2) of Eurocode 8, which stipulates that the contribution of the compressed bracing should be ignored during the analysis and, as a result, the design of the structure.

In the first chapter, the fundamental principles concerning the capacity design of steel buildings according to Eurocode 8 are presented, with emphasis on a deeper understanding of their application. The required seismic design components are introduced, which are necessary in order to define the analysis method as well as the seismic design loads imposed in the structure. Moreover, the regulations and checks for all structural members of a steel building under seismic and non-seismic loads are summarized, especially for moment resisting and concentrically braced framing systems.

In the second chapter, 4 possible design scenarios of a regular three-storey steel building are presented using non-linear analyses for the more accurate investigation of the aforementioned guideline. In order to reach rather realistic conclusions regarding the 'actual' behavior of the structure, it is re-designed for each scenario from the beginning so as to fully comply with all regulations of Eurocodes 3 and 8. For this reason, a design methodology for regular steel buildings was developed that aims to achieve material economy as well as the minimum required number of linear analyses.

In the third chapter, the behavior of the three-storey steel building is extensively investigated using non-linear analyses of material and geometry for seismic loading in the direction of the bracing systems and for all design scenarios. The main purpose of this chapter is the estimation of the structure's ultimate load when the compressed bracing and its post-buckling behavior are taken into account. Subsequently, the non-compliance of the slenderness limitation in the load-bearing capacity of the structure is investigated, as it is a rather definitive criterion for the design of the bracings.

In the same chapter, a fifth design scenario is introduced, where the structure under investigation is designed based entirely on the resistance checks, while the requirements of the seismic code are completely ignored. This approach aims to highlight the necessity of capacity design in the case where the nominal values of either the seismic actions or the resistance of the members are, in fact, different compared to the design. Therefore, a parametric study for the material of the bracings, as well as the columns directly connected to them, is carried out. The load-bearing capacity of the structure in correspondence to the developed seismic shear is assessed for each design scenario and the most effective scenario is suggested as a more realistic approach of the contribution of the compressed bracing in the total behavior of the structure.

Finally, in the fourth and final chapter the general conclusions of this diploma thesis are summarized and proposals for the further investigation of the behavior of steel buildings with bracing systems under seismic loads are suggested.