



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΝΤΗΡΙΔΩΝ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΘΙΑΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ



Διπλωματική Εργασία
Κωνσταντίνος Λεοντάρης

ΕΜΚ ΔΕ 2016 30

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2016 30

Σχεδιασμός Μεταλλικών Αντηρίδων Προσωρινής Αντιστήριξης Βαθιάς Εκσκαφής

Κωνσταντίνος Λεοντάρης

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Οκτώβριος 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη διερεύνηση εναλλακτικών συστημάτων προσωρινής αντιστήριξης βαθιάς εκσκαφής με χρήση μεταλλικών αντηρίδων. Εξετάζονται δύο διαφορετικοί τύποι συστημάτων, με και χωρίς χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας μεταξύ των αντηρίδων της ίδιας ή και διαφορετικής στάθμης. Εξάγονται οι οριακές επαρκείς διατομές με στόχο την σύγκριση διατομών μεταξύ των ιδίων χαλύβδινων δομικών μελών που ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα προσωρινής αντιστήριξης.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στους διάφορους τύπους συστημάτων προσωρινής αντιστήριξης βαθιών εκσκαφών αναφέροντας επιγραμματικά τις βασικές προϋποθέσεις για την κατασκευή ενός ασφαλούς συστήματος αντιστήριξης. Ακολούθως διατυπώνεται το υπό μελέτη πρόβλημα με έμφαση στον στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, αναλύεται συνοπτικά η διάρθρωση της παρούσας εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικώς η λογική μόρφωσης και η επιλογή κατάλληλου τύπου διατομής για το εκάστοτε από τα υπό μελέτη συστήματα αντιστήριξης. Στη συνέχεια παρατίθενται τα δεδομένα του προβλήματος αναφοράς (γεωμετρικές διαστάσεις, συνθήκες στηρίξεως, συνδυασμοί φόρτισης κλπ.). Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα γραμμικά και μη γραμμικά προσομοιώματα που χρησιμοποιήθηκαν, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη μη γραμμικότητα γεωμετρίας που χαρακτηρίζει το μέλος της αντηρίδας λόγω υψομετρικής διαφοράς των σημείων στήριξής της που επιβάλλεται κανονιστικά ως μορφή ατέλειας.

Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς τα αποτελέσματα της διερεύνησης που έγινε για το εκάστοτε σύστημα προσωρινής αντιστήριξης μέσω γραμμικών και μη γραμμικών αναλύσεων. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται συνοπτικώς σε πρώτη φάση τα χαρακτηριστικά των χωρικών προσομοιωμάτων και εκτελούνται γραμμικές αναλύσεις. Από την περιβάλλουσα των αποτελεσμάτων των γραμμικών στατικών αναλύσεων αυτών των προσομοιωμάτων λαμβάνονται εντατικά μεγέθη με βάση τα οποία γίνεται διαστασιολόγηση των διαγωνίων μελών και των τραβερσών, σύμφωνα με τις διατάξεις του EC3. Για τα δομικά αυτά μέλη δεν κρίνεται σκόπιμη η πραγματοποίηση μη γραμμικών αναλύσεων, δεδομένου ότι η λειτουργία και οι απαιτήσεις ελέγχου τους είναι οι συνήθεις. Επίσης, με βάση τα

ανωτέρω δυσμενή εντατικά μεγέθη γίνεται μια προδιαστασιολόγηση των αντηρίδων και των δύο σταθμών και λαμβάνονται αξονικές δυνάμεις για τις αντηρίδες, οι οποίες εν συνεχεία εισάγονται ως αξονικά φορτία σχεδιασμού στις μη γραμμικές αναλύσεις, με βάση τις οποίες γίνεται η διαστασιολόγηση των αντηρίδων. Επισημαίνεται ότι για τις αντηρίδες δεν κρίνεται επαρκής η διαστασιολόγηση με γραμμικές αναλύσεις και εφαρμογή των διατάξεων του EC3, διότι δεν θα ήταν έτσι δυνατόν να ληφθεί αξιόπιστα υπόψη η κανονιστική απαίτηση θεώρησης αρχικών ατελειών λόγω υψομετρικής διαφοράς των σημείων στήριξης.

Στο σύστημα αντιστήριξης με χιαστί συνδέσμους μεταξύ των αντηρίδων (τέταρτο κεφάλαιο) λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία των αναλύσεων, γραμμικών και μη γραμμικών, οι φάσεις κατασκευής του έργου, κάτι το οποίο δεν είναι απαραίτητο στο σύστημα αντιστήριξης μεμονωμένων αντηρίδων (τρίτο κεφάλαιο) διότι οι αντηρίδες των δύο σταθμών λειτουργούν ανεξάρτητα. Επιπροσθέτως πραγματοποιήθηκαν παραμετρικές διερευνήσεις ως προς το μέγεθος της υψομετρικής διαφοράς των στηρίξεων της αντηρίδας και ως προς το μέγεθος της ατέλειας του μέλους της. Από την πρώτη προκύπτει ότι για ρεαλιστικά μεγέθη υψομετρικών διαφορών δεν υπάρχει διαφοροποίηση στο οριακό φορτίο αντοχής της αντηρίδας. Από την δεύτερη το κύριο συμπέρασμα είναι ότι όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική ατέλεια, τόσο μικρότερο προκύπτει το οριακό φορτίο αντοχής της αντηρίδας. Τέλος, πραγματοποιείται παραμετρική διερεύνηση ως προς το μέγεθος της δυσκαμψίας των ελατηρίων τριβής της τραβέρσας. Για ρεαλιστικό εύρος τιμών, το οποίο κυμαίνεται από 5% έως 50% της εγκάρσιας δυσκαμψίας των εδαφικών θλιπτικών ελατηρίων, προκύπτει ότι η διατομή του μέλους της τραβέρσας επαρκεί.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζεται η περίπτωση του κλειστού χωρίου εκσκαφής. Στα ανωτέρω συστήματα αντιστήριξης το χωρίο της εκσκαφής είναι κλειστό μόνο από τις δύο μεγάλες αντικριστές πλευρές του. Με τη ρεαλιστικότερη αυτή προσέγγιση, το μέγεθος της επιβαλλόμενης θλιπτικής αξονικής δύναμης στα μέλη των τραβερσών και των κεφαλοδέσμων αυξάνει ραγδαία, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις σε μέγεθος διατομής και ενισχυτικών ελασμάτων, κορμού και πελμάτων, να αυξάνουν. Εξετάζεται η χρήση ενός ή δύο διαγωνίων μελών στα άκρα της εκσκαφής, οι οποίοι θα συνδέουν τις τραβέρσες και τους κεφαλοδέσμους της εγκάρσιας και διαμήκου διεύθυνσης μεταξύ τους και ταυτοχρόνως θα ισομοιράζουν το ελεύθερο μήκος των δομικών αυτών μελών.

Τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας και γίνεται μια σύντομη αναφορά στη λογική προσέγγισης του συνολικού προβλήματος στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.



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

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2016 30

Design of Steel Struts for the Temporary Support of Deep Excavations

Konstantinos Leontaris

Supervisor: Charis Gantes, Dr. Civil Engineer, Professor N.T.U.A.

October 2016

ABSTRACT

The present diploma thesis deals with the investigation of alternative temporary support systems of deep excavations with the use of steel struts. Two different types of retaining systems are examined, the first including the use of vertical and horizontal cross beams between the struts and the other without. Optimum cross-sections of beams are defined and the main goal is to compare the cross-sections of the same structural elements, which belong to different temporary retaining systems.

In the first chapter, an introduction to different types of temporary retaining systems is presented and simultaneously the main requirements for the construction of a safe retaining system are briefly mentioned. Furthermore, emphasis is given to the main goal of the thesis. Finally, the contents of the thesis are briefly described.

In the second chapter, the design approach and the selection of the appropriate cross-section type, for each of the temporary retaining systems, are presented. Moreover, the data of the prototype structure are mentioned (dimensions of structural components, support conditions, load combinations etc.). Furthermore, linear and non-linear simulations are introduced and special attention is given to non-linearity, since there is an altitude difference, between the supports of the struts, dictated by pertinent codes as an additional initial imperfection.

In the third and fourth chapter, the results of an extensive investigation of each temporary retaining system, by means of linear and non-linear analysis, are presented. Initially the characteristics of the numerical models are given and subsequently linear analyses are carried out. The dimensions of the cross-section of beams are calculated, according to the most unfavorable internal forces based on the results of linear static analysis, according to the regulations of EC3. Non-linear analysis is not necessarily for those structural elements. Moreover, the initial evaluation of the struts cross-section dimensions is calculated based on the unfavorable internal forces mentioned above for both levels of the retaining system. The final evaluation of the struts cross-sections is made employing the most unfavorable axial internal forces, which are introduced as axial design forces in the non-linear analysis. It should be underlined that the evaluation of the cross-section of the struts should take into consideration the altitude difference between the supports of the strut, which is not being taken into account in linear analysis.

The construction stages of the temporary retaining system that includes the cross beams between the struts (fourth Chapter) are introduced both to linear and non-linear simulations. In the occasion of the temporary retaining system with single struts, the introduction of construction stages is not needed, as the struts of each level act separately. Furthermore, parametric investigations based on the size of the altitude between the supports of the strut and the size of the initial bow imperfection are examined. The results of the first parametric investigation showed that there is no reduction in the resistance load of the struts, for a realistic range of values of altitude difference the supports of the struts. Concerning the second parametric investigation the main conclusion that arises is that the larger the initial bow imperfection is, the lower the resistance load of the strut is. In the last parametric investigation carried out, the value of the stiffness of friction spring is examined. For values, varying from 5% to 50% of the transverse stiffness of compression soil springs, the cross-section of the beam is adequate.

In the fifth chapter, the excavation area is considered to be of finite length and closed on all four sides, while in the above retaining systems, the excavation area was considered to be of infinite length. This more realistic approach showed that the amount of the compressive axial force in the longitudinal beams is rapidly increasing, requiring larger cross sections. The cases of using one or two diagonal struts on each side at the edge of the excavation is examined.

In the sixth and final chapter, conclusions of the diploma thesis are presented and a brief summary of the general approach of the current thesis is mentioned.