



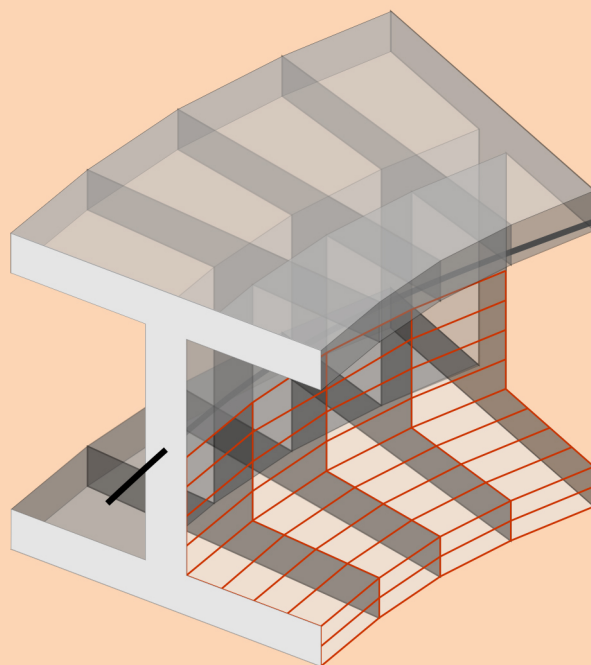
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Δομοστατικής
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Διπλωματική Εργασία

*Συμπεριφορά Φορέων με Επιμήκη Γεωμετρία
'Παρασιτικά' Φαινόμενα
Καταλληλότητα Μεθόδων και Παραδοχών Υπολογισμού*

Άννα Α. Οικονόμου

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Χάρης Ι. Γαντές





Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Δομοστατικής
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Διπλωματική Εργασία

Συμπεριφορά Φορέων με Επιμήκη Γεωμετρία 'Παρασιτικά' Φαινόμενα Καταλληλότητα Μεθόδων και Παραδοχών Υπολογισμού

Άννα Α. Οικονόμου

Επιβλέπων: Δρ. Χάρης Ι. Γαντζής, Αν. Καθ. Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Στα έργα πολιτικού μηχανικού, επιλέγονται συχνά μορφές φορέων με επιμήκη γεωμετρία. Στην περίπτωση των μεταλλικών κατασκευών, οι επιμήκεις φορείς συντίθενται από (επίπεδα) ελασμάτα. Επειδή στην πράξη απαιτείται, η μέθοδος υπολογισμού των φορέων αυτών να είναι απλή και σύντομη, μελετώνται συνήθως ως ευσταθείς γραμμικοί φορείς. Χρησιμοποιούνται δηλαδή δύο απλοποιητικές παραδοχές: Η πρώτη αφορά τον υπολογισμό στην απαραμόρφωτη γεωμετρία και η δεύτερη την θεώρηση ότι η παραμόρφωση του φορέα είναι γραμμική, διέπεται δηλαδή από την παραμόρφωση μιας χαρακτηριστικής γραμμής. Ορισμένες όμως, πραγματικές συμπεριφορές των επιμήκων φορέων, διαφεύγουν των συνήθων αυτών μεθόδων και παραδοχών υπολογισμού, γεγονός που επηρεάζει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Τις συμπεριφορές αυτές ονομάζουμε 'παρασιτικές'.

Στα 'παρασιτικά' φαινόμενα συμπεριλαμβάνονται τοπικές αστάθειες ελασμάτων (φαινόμενα κύρτωσης), διατμητικές παραμορφώσεις (φαινόμενα διατμητικής υστέρησης), εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη σε εγκάρσιες διευθύνσεις, τοπικές καταστάσεις που εκδηλώνονται στις θέσεις εισαγωγής φορτίων (εξωτερικά φορτία, αντιδράσεις), κλπ.

Πρώτα, μελετώνται τα επιμέρους επίπεδα ελάσματα που συνθέτουν τον φορέα, για ένταση εντός του επιπέδου τους. Αρχικά μελετώνται παραδείγματα επίπεδης έντασης ευσταθών ελασμάτων. Επιχειρείται η εις βάθος κατανόηση της στατικής λειτουργίας των ελασμάτων αυτών. Για τον σκοπό αυτό ένα από τα υπό μελέτη ελάσματα διαιρείται και μελετάται ως άθροισμα μικρών 'αυτόβουλων στατικών μονάδων' (στοιχείων). Ο εξαναγκασμός των 'μονάδων' αυτών σε 'συνεργασία', καθ'ότι αποτελούν ενιαίο σύνολο, οδηγεί στην ένταση και παραμόρφωση του ελάσματος. Εν συνεχεία μελετάται ο λυγισμός ελάσματος (κύρτωση), μέσω διατύπωσης των εξισώσεων ισορροπίας στην παραμορφωμένη γεωμετρία αυτού και προσδιορίζονται τα κρίσιμα μεγέθη λυγισμού και οι αντίστοιχες μορφές λυγισμού για διαφορετικές περιπτώσεις ελασμάτων.

Στην συνέχεια, μελετάται η θεώρηση γραμμικής παραμόρφωσης. Για να κατανοηθεί πλήρως ο μηχανισμός λειτουργίας της, γίνεται ο στατικός υπολογισμός ενός γραμμικού μέλους εφαρμόζοντας διαδικασία αντίστροφη από την συνήθη. Ως αφετηρία λαμβάνεται το σύνολο των κανόνων που προβλέπει η γραμμική μορφή παραμόρφωσης, και ακολουθώντας ένα 'παιχνίδι γεωμετρίας', προσδιορίζεται το σύνολο των γεωμετρικών παραμόρφωσης που μπορούν αυτοί να περιγράψουν. Με την επιλογή του υλικού, αυτόματα κάθε παραμορφωσιακή κατάσταση συνδέεται και με μία εντατική κατάσταση. Προκύπτει λοιπόν ένα σύνολο ζευγών $\{\epsilon\}$ - $\{\sigma\}$ που περιγράφονται από την γραμμική θεώρηση και το υλικό που αυτή προβλέπει. Για την πραγματοποίηση του στατικού υπολογισμού γίνεται επιλογή ανάμεσα στα προσδιορισθέντα ζεύγη, και γίνονται οι απαραίτητες συμπληρώσεις και παραδοχές, ώστε ο υπολογισμός να καταστεί πλήρης.

Τέλος, μελετάται το φαινόμενο της διατμητικής υστέρησης σε δοκό κιβωτοειδούς διατομής. Η επιρροή δηλαδή των διατμητικών παραμορφώσεων (που αγνοεί η γραμμική θεώρηση) στην εντατική, παραμορφωσιακή, και μεταθετική κατάσταση του φορέα. Αρχικά επιχειρείται ποιοτική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι διατμητικές παραμορφώσεις παρεμβαίνουν και μεταβάλλουν την ένταση του φορέα. Εν συνεχεία γίνονται παραμετρικές αναλύσεις με πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων, για να μελετηθεί η μεταβολή του φαινομένου συναρτήσει διαφόρων παραμέτρων όπως, το πλάτος, το μήκος και το ύψος του κιβωτίου. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα εξιδανικεύματα που χρησιμοποιούνται, τόσο ως προς τον τρόπο στήριξης, όσο και ως προς τον τρόπο επιβολής του φορτίου. Εντοπίζονται και διερευνώνται επ' αυτών και άλλα παρασιτικά φαινόμενα, από τα οποία επιχειρείται να απομονωθεί το φαινόμενο της υστέρησης.



National Technical University of Athens
School of Civil Engineering
Department of Structural Engineering
Metal Structures Laboratory

Diploma Thesis

Behaviour of Structures with Elongated Geometry
'Parasitic' Phenomena
Adequacy of Computational Methods and Assumptions

Anna A. Ikonomidou

Supervisor: Dr. Charis J. Gantes, Associate Professor N.T.U.A.

Abstract

In civil engineering structures, structural elements with elongated geometry are common. In steel structures, these elements mostly consist of flat flanges. In order to meet the requirements for simplicity and fastness of the computational method, these elements are usually studied as 'stable' linear structures. Two simplifying assumptions are used: the computation of the element on the initial (undeformed) geometry and the assumption that the element undergoes a linear deformation, in other words, that it is defined by the deformation of a characteristic line. Though, some actual behaviors of the elongated elements, usually of secondary importance, are overlooked by the computational methods and assumptions, impairing thus the accuracy of the results. These behaviors are called 'parasitic'.

'Parasitic' phenomena include local instabilities of the flanges (local buckling), influence of shear deformations (shear lag), transverse stresses and strains, local stresses and deformations created around load application areas (external loads, reactions), etc.

In the first place, the flat flanges which compose the structure are loaded over their lateral surfaces by forces parallel to their faces. Several plane stress cases are studied. An attempt is made to thoroughly comprehend the static function of these flanges. For this purpose, one of the flanges is divided and studied as an addition of small 'autonomous statical units'. The necessity for these units to collaborate, as they form a single body, leads to the stress and deformation state of the flange. Then, the local buckling of the flange is studied by expressing the equilibrium equations on the deflected geometry. The critical buckling values as well as the respective buckling modes for different cases of flanges are determined.

Secondly, the assumption of linear deformation is studied. In order to fully understand its mechanism, the statical computation of a line element is performed employing the usual procedure in reverse sequence. Starting from the rules introduced by the linear deformation 'pattern', and following a 'geometry game', all consistent (with the rules) deformation shapes are assessed. Following the choice of a material, each deformation is linked to a stress situation. A group of pairs $\{\epsilon\}$ - $\{\sigma\}$ results, generated by the linear theory and the material it indicates. In order to perform the statical computation, a choice is made among the predetermined pairs and the required additions and assumptions are made so that the computation is ultimately consistent.

Eventually, the shear lag effect in a box girder, that is, the influence of the shear deformations (ignored by the linear deformation theory) on the stress, deformation and displacement state of the structure is studied. Firstly, a qualitative understanding of how shear deformations interfere and alter the stress situation of the element is attempted. Then, parametric analyses are performed using a finite element method, in order to study the phenomenon variations based on different parameters such as the width, length and height of the box girder. Special emphasis is put on the models which are used as far as the support as well as the load application are concerned. Other parasitic phenomena are located and investigated, in an attempt to isolate the shear lag effect.