

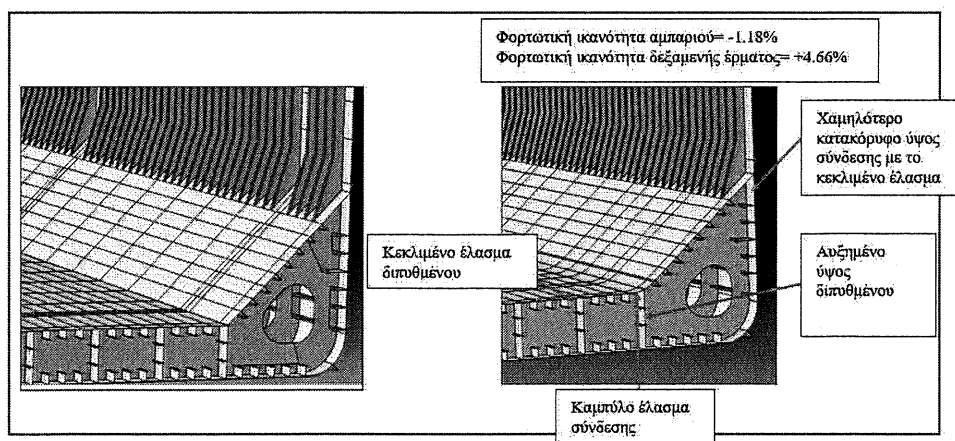
Τίτλος: Μεθοδολογία -βασιζόμενη στην βελτιστοποίηση- για την μεγιστοποίηση κοπωτικής ζωής μεταλλικών συνδέσεων του πλοίου

Περίληψη

Η επέκταση κοπωτικής ζωής σε μεταλλικές συνδέσεις του πλοίου συνήθως επιτυγχάνεται αλλάζοντας παραμέτρους της συγκόλλησης ή τοπικές παραμέτρους της λεπτομέρειας. Στην παρούσα διατριβή, η επέκταση κοπωτικής ζωής επιτυγχάνεται τροποποιώντας παραμέτρους της λεπτομέρειας σε μακροσκοπικό επίπεδο επιλύοντας ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόζεται σε τρεις λεπτομέρειες μεταλλικών συνδέσεων ενός πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου: την κάτω σύνδεση του κεκλιμένου ελάσματος της κάτω δεξαμενής-διπυθμένου-έδρας, στο κάτω τελειώμα της σύνδεσης του νομέα με το κάτω κεκλιμένο έλασμα και στη σύνδεση του άνω τελειώματος του νομέα με το έλασμα της άνω δεξαμενής. Τα βήματα της προτεινόμενης μεθοδολογίας συνοψίζονται στα ακόλουθα:

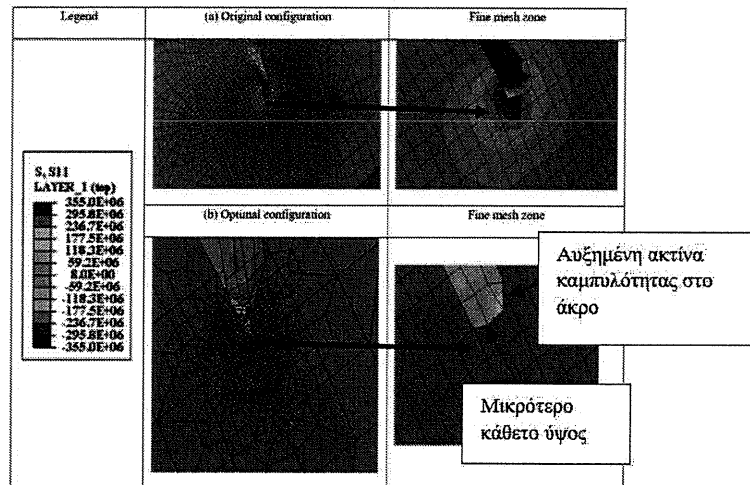
- την αναγνώριση της διεύθυνσης των τάσεων που προκαλούν κόπωση στην λεπτομέρεια που μελετάται,
- την εύρεση των δομικών στοιχείων που επηρεάζουν την αύξηση κοπωτικών τάσεων στα κρίσιμα σημεία,
- αρχική τροποποίηση όπου πραγματοποιείται βελτιστοποίηση των παχών των προαναφερθέντων στοιχείων, και σε επόμενο βήμα
- τροποποίηση, όπου γίνεται βελτιστοποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των στοιχείων με την ανάπτυξη ενός προβλήματος βελτιστοποίησης γεωμετρίας.

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε αρχικά στην σύνδεση του κεκλιμένου ελάσματος της κάτω δεξαμενής-διπυθμένου-έδρας όπου κατέληξε σε ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα βελτιστοποίησης της δομής όπου ως αντικειμενικές συναρτήσεις τέθηκαν οι ελαχιστοποιήσεις των αναπτυσσόμενων τάσεων στα ευπαθή σημεία της λεπτομέρειας και ως παράμετροι σχεδιασμού τέθηκαν γεωμετρικά χαρακτηριστικά της. Από την επίλυση του προβλήματος προέκυψε μια διαφοροποιημένη γεωμετρία της συγκεκριμένης λεπτομέρειας όπου η κοπωτική ζωή έχει αυξηθεί κατά 12.87 χρόνια.



Εικόνα 3: Τρισδιάστατη οπτική της κάτω σύνδεσης του κεκλιμένου ελάσματος της κάτω δεξαμενής-διπυθμένου-έδρας ενός πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου σε αρχική μορφή (αριστερά) και μετά τις τροποποιήσεις στην γεωμετρία που πραγματοποιήθηκαν (δεξιά)

Στην περίπτωση της σύνδεσης του κάτω τελειώματος του νομέα με το κεκλιμένο έλασμα της κάτω δεξαμενής, η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας κατέληξε στην επίλυση μονοκριτηριακού προβλήματος βελτιστοποίησης τοπολογίας, όπου εν τέλει η κοπωτική ζωή αυξήθηκε κατά 13.37 χρόνια.



Εικόνα 4: Τροποποιήσεις γεωμετρίας όπως αυτές πραγματοποιήθηκαν σε τελείωμα σύνδεσης νομέα με το κεκλιμένο έλασμα της κάτω δεξαμενής και προσέδωσε επιπλέον 13.37 χρόνια κοπωτικής ζωής

Η τρίτη λεπτομέρεια στην οποία εφαρμόστηκε η μεθοδολογία είναι η σύνδεση τελειώματος του νομέα με το έλασμα της άνω δεξαμενής. Η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας κατέληξε στην επίλυση μονοκριτηριακού προβλήματος βελτιστοποίησης παχών ελασμάτων με αύξηση της κοπωτικής ζωής κατά 10.83 χρόνια. Εν τέλει, η ανάπτυξη και εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας οδήγησε σε χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τα χαρακτηριστικά αντοχής και κόπωσης των λεπτομερειών που μελετήθηκαν όπως και αντίστοιχών τους. Επιπλέον, διερευνήθηκαν συγκεκριμένες γεωμετρικοί παράμετροι των συνδέσεων, οι οποίες χαρακτηρίστηκαν ως κρίσιμοι για την ανάπτυξη κοπωτικών τάσεων. Συνεπώς, τροποποιώντας αυτές τις παραμέτρους μέσω επίλυσης ενός προβλήματος βελτιστοποίησης, καταφέρνουμε να αυξήσουμε την κοπωτική ζωή των συνδέσεων.

Title: Optimization – based methodology for fatigue life extension of ship steel structural connections

Abstract

Extension of fatigue life in ship steel structural connections is commonly attained by interfering with the weldment or by affecting local parameters of the detail. In this study, structural details are approached macroscopically and a methodology is proposed that aims in minimizing the fatigue-induce stress values developed at hot spot locations in order to maximize the fatigue life of the detail studied. This is attained by developing and solving a structural optimization problem. The methodology is implemented into three separate ship structural details at a Bulk Carrier; the lower hopper knuckle connection, the lower side frame bracket toe and the side framing bracket to upper sloping connection. The steps of the methodology proposed include:

- (a) establishing of the direction of fatigue-induce stress component,
- (b) identification of the structural member(s) affecting this stress component,
- (c) setting up and solving a size optimization problem, and
- (d) setting up and solving a structural optimization problem.

The proposed methodology is first implemented at the lower hopper knuckle connection of a Bulk Carrier. The methodology resulted in a two-objective structural optimization problem where the objective functions were the stress values at two hot spot locations and the design variables were geometry characteristics of the detail. The solution of the optimization problem resulted in a differentiated configuration of the lower hopper knuckle connection, compared to the original configuration. The resulting fatigue life of the modified configuration is extended by 12.87 years.

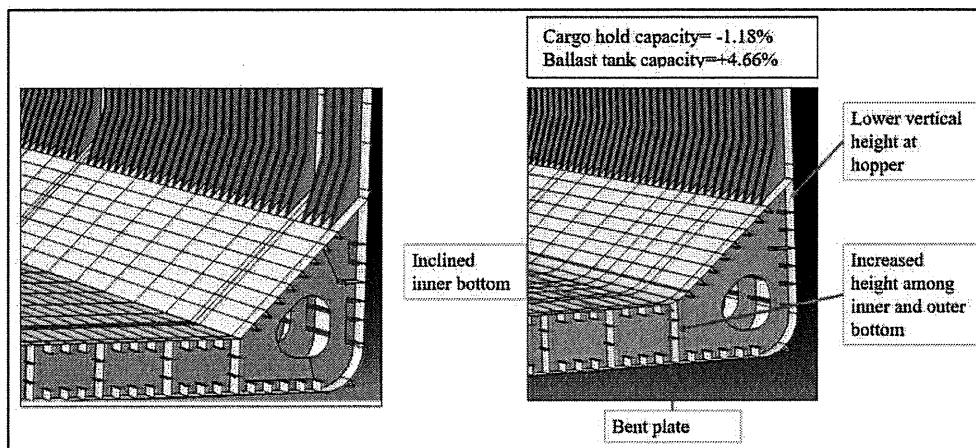


Figure 1: 3d-view of the lower hopper knuckle connection at a Bulk Carrier originally (left) and after structural modifications implemented (right)

Next, the proposed methodology is applied at the lower side frame bracket toe. The methodology resulted in setting-up and solving a single-objective structural optimization problem which resulted in a differentiated end bracket configuration and in fatigue life extension of the detail by 13.37 years.

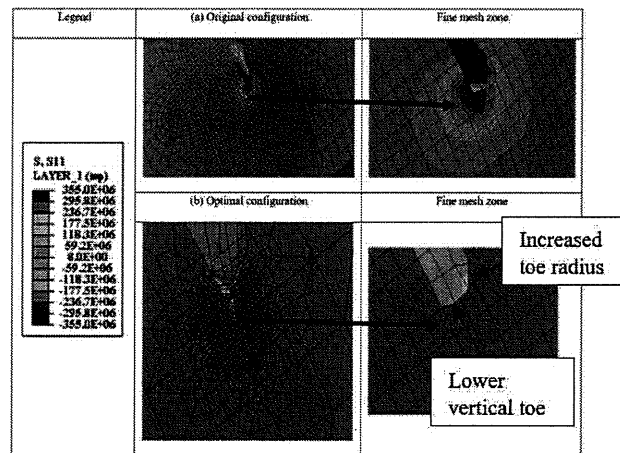


Figure 2: Structural modifications to an end bracket connection resulting in 13.37 years of fatigue life increase

Finally, the proposed methodology was implemented at the side framing bracket to upper sloping connection. The methodology resulted in a single objective size optimization problem which altered plate thickness parameters of the detail and extended the fatigue life of the detail by 10.83 years.

The development and implementation of the proposed methodology has led to useful conclusions regarding the fatigue and strength characteristics of these specific details as well as details with similar configuration. Furthermore, specific geometry characteristics of web-stiffened cruciform joints and end bracket connections have been identified as critical for the development of fatigue induce stress values. Therefore, by affecting those at a structural optimization problem, the fatigue life of the case study detail can be altered.