

Title	Study on a Fatigue Assessment Method for Ship Structures Considering the Stochastic Characteristics of the Whipping Vibration
Author(s)	De Gracia Claude, Luis Carlos
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/73576
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (Luis Carlos De Gracia Claude)	
Title	<p>Study on a Fatigue Assessment Method for Ship Structures Considering the Stochastic Characteristics of the Whipping Vibration (ホイッピング振動の統計的性質を考慮した船体構造部材の疲労強度評価法に関する研究)</p>
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Nowadays, hydro-elastic ship hull vibration (whipping) becomes more important for large container ships due to the decrease of ship hull's natural frequencies, which might increase the fatigue damage in fatigue sensitive detail. Many researchers reported the increase in the fatigue damage evaluated by RainFlow Cycle Counting (RFCC) due to whipping, but the validity of RFCC for those stress waveforms has not been fully verified yet. The characteristics of whipping vibration can be simulated by Non-Linear Hydro-Elasticity Analyses (NLHEA). The validity of RFCC should be examined by carrying out fatigue tests with stress histories which emulate the characteristics of the simulated whipping vibration. For these tests, it is needed to develop a fatigue testing apparatus which can apply whipping superimposed stress waveform in high speed and low cost. The objectives of this study are: the clarification of the characteristics of whipping waveform; the development of a fatigue testing system for whipping superimposed loadings; and the verification of RFCC for those cases. The thesis is composed of six chapters, as follows:</p> <p>Chapter 1 briefly gives a background on the fatigue assessment of ship structures, uncertainties in fatigue life prediction, the actual procedures for fatigue testing of ship's welded joints and their challenges. A review of literatures on the whipping vibration and the wave environmental description is also conducted. The challenges, objective and structure of this thesis are also addressed.</p> <p>Chapter 2 describes preliminary methodologies and theories of RFCC, NLHFA, weather routing, and storm wave load modeling. These are the basic background of the works in this doctoral thesis.</p> <p>Chapter 3 presents a description of the assumptions and calculation conditions for a series of NLHEA. Further, with the aim to select the short term sea state for the NLHEA simulations, the effect of the weather routing on the fatigue cumulative damage is examined by a storm model simulation.</p> <p>Chapter 4 shows a detail description of the proposed methodology for slamming and whipping prediction. As results, the characteristics of whipping waveform experienced by the target ship, which follows weather routing, can be simplified as a) the slamming impact occurs once in every 4 to 5 primary wave (PW) cycles; b) the maximum stress range due to slamming impact can be comparable to the PW stress range; c) the whipping superimposed waveform shows approximately similar waveform regardless of significant wave height. Based on these results, the 'reference whipping superimposed waveform' has been proposed.</p> <p>Chapter 5 provides detail information about fatigue testing experiments. An electric exciter (EE)-driven plate bending vibration (PBV) fatigue testing machine, which can apply various whipping loads is newly developed. The developed machine can apply the 'reference waveform' to out-of-gusset welded joint specimens with good linearity between load and strain at high speed. It is found that the fatigue life of welded joints subject to constantly and intermittently whipping superimposed loadings can be predicted with fair accuracy by RFCC. It is also shown that RFCC leads to conservative estimates, and it is likely that the fatigue damage up to the failure of intermittently superimposed cases is larger than that of constantly superimposed cases under conditions chosen.</p> <p>Chapter 6 summarizes the contributions and major findings of the study. Suggestions for future work are also given.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Luis Carlos De Gracia Claude)			
論文審査担当者		(職)	氏 名
	主 査	教 授	大沢 直樹
	副 査	教 授	飯島 一博
	副 査	准教授	箕浦 宗彦
	副 査	准教授	田丸 人意 (東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)

論文審査の結果の要旨

コンテナ船等の超大型化に伴って船体固有振動数が低下し、船体振動 (whipping) の疲労強度への影響が問題になっている。先行研究ではレインフロー応力計数法 (RFCC) により whipping 発生時の疲労被害度が計算されているが、whipping 重畳応力波形に対する RFCC の有効性は十分には検証されていない。RFCC の有効性は、Whipping 重畳波形の特徴を有する応力波形を負荷した溶接継手疲労試験で確認する必要がある。whipping 重畳波形の特徴は非線形流力弾性解析で調べることができる。油圧疲労試験機で whipping 重畳疲労試験を多数実施するのは容易でなく、試験を高速・低コストで実施できる新しい試験装置の開発が必要である。本研究では、上記の問題の解決を目的とする。本論文は以下の 6 章から構成されている。

第 1 章では、whipping 重畳疲労に関する研究背景が示されている。先行研究の調査結果から解決すべき技術課題と課題解決のための研究方針が示され、流力弾性解析による whipping 重畳波形の特徴抽出、疲労試験で使用する「標準 whipping 重畳波形」の提案、および高速疲労試験装置の開発が研究目的に選択されている。

第 2 章では、本研究で採用した解析理論および数値計算法が解説されている。非線形流力弾性解析には Iijima らが開発した SSODAC が使用されている。遭遇海象時刻列の生成では Tamaru の最短時間ルーティング (MTR) が適用されている。スラミング衝撃の検出と統計処理のため、応力波形処理プログラムが新たに開発されている。

第 3 章では、2 章で採用した MTR ルーティングと嵐モデルを用いて遭遇海象時刻歴データが生成され、流力弾性解析の計算条件が選ばれている。選択した海象で流力弾性解析が実施され、応力波形が生成されている。

第 4 章では、2 章で開発した応力波形処理プログラムにより 3 章で生成した応力波形を処理して、海象とスラミング発生頻度・衝撃荷重応力範囲に関して調査している。そして、whipping 重畳波形が a) 荒天避航を行う場合は波高によらずスラミング衝撃が 4~5 波に一回発生すると近似できる、b) スラミング衝撃応力範囲は海象によらず波浪変動応力範囲と同程度であり、一つの重畳波形を比例倍するのみで whipping 重畳疲労試験を実施できる、との特徴を有することを示している。さらに、この波形の特徴を再現できる「標準 whipping 重畳応力波形」を提案している。

第 5 章では、第 4 章で提案した標準 whipping 重畳波形を高速・低コストに溶接継手試験体に負荷できる、動電型起震機駆動振動曲げ疲労試験装置の開発経緯が示されている。開発装置を使用して実施した、面外ガセット継手の定荷重振幅および定常・間欠 whipping 重畳疲労試験結果が示されている。疲労試験では、定荷重振幅 SN 線図と RFCC により推定した疲労寿命より長寿命側の結果が多数得られている。これらの結果から、本研究の試験条件では、RFCC はやや安全側の推定をあたえると結論付けている。

第 6 章では、本研究で得られた成果を結論としてまとめている。

以上のように、本論文では、近年重要性が増している whipping 重畳応力波形の特徴を初めて示すとともに、多数の疲労試験を短期間で実施できる新しい試験装置の開発にも成功している。これらの知見・成果物は、船舶海洋構造物の長期的構造安全性を向上させるための研究を進める上で非常に有用である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。