

Title	Study on advanced storm model for fatigue assessment of ship structural member
Author(s)	Prasetyo, Fredhi Agung
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26178
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Synopsis of Thesis

Title: Study on advanced storm model for fatigue assessment of ship structural member

(船体構造部材の疲労強度評価のための”嵐”荷重モデルの高度化に関する研究)

Name of Applicant: FREDHI AGUNG PRASETYO

In fatigue assessment of ship structural member based on fatigue-crack propagation (FCP) analyses, it is important to simulate the retardation and acceleration of crack propagation under random loading. It is needed to develop a loading sequence generation method which can emulate the load sequence experienced by ocean-going ships. Tomita et al. (1995) proposed the 1st generation (1G) 'storm model'. They classified sea state into either calm sea or storm. Calm seas are modeled as time-independent random individual waveforms, while storms as crescendo-decrescendo amplitude individual waveforms. Kawabe (2002) proposed a modified (the 2nd generation, 2G) storm model, which is based on short sea sequences, and made it possible to be coupled with sea keeping analysis. Osawa et al. (2006) reported that the preciseness of FCP analysis based on storm model can be improved when the storm profiles is switched in response to the change of sea area and season. However, storm profiles of 1G and 2G models were configured in trial and error manner, and it is difficult to configure storms for numerous sea areas. Neither 1G nor 2G models can take into account the variation of storm duration. In 1G and 2G models, the storm configuration procedures were developed only for cases where the source wave data were observed every 2 hours. It is needed to develop a new storm model which can overcome these problems.

The dissertation is divided into six chapters:

Chapter 1 introduces a brief review of research history of wave model. The state of the art of storm model development is described, and it is shown that conventional storm models still have rooms for improvement. They are: a) it is difficult to configure storm profiles for numerous sea areas in trial and error manner; b) effect of the variation in storm duration on the accuracy of FCP analysis is not examined; c) conventional models can be applied only to the cases where North Pacific Ocean's GWS data is used as the source oceanographic data.

Chapter 2 discusses about oceanography data sources. The brief review of oceanography data available (buoy data, onboard measurement, hind-cast, etc.) is presented. Wave sequences of various data are examined, and JWA(Japan Weather Association)'s hind-cast data is chosen as the source data. From this data, wave histories (significant wave height H_w and mean period T_w) are generated, and wave scatter diagrams are determined. The long-term exceedance probability of significant wave height $P(H_w)$ is determined from this diagram by performing Weibull fitting using mid-to-high wave data.

Chapter 3 describes the development of fully-automated 2G storm (constant storm duration) profile configuration system. Only discrete values of H_w in 1m steps are

considered. It is assumed that waves twice higher than overall mean ($H_{w\text{mean}}$) does not occurs in calm seas. Storms are classified according to the maximum H_w in it. The crescendo-decrescendo amplitude H_w waveform of storm is determined so that the frequent distribution of H_w in each storm is similar to the tail of $P(H_w)$. A formula which can resolve the incompatibility in short sea numbers caused by round-off error is developed. This makes it possible to develop a fully automated storm profile determination system. The effectiveness of the developed system is demonstrated by comparing H_w sequence emulated by the automatically configured 2G storm model and those of the source data.

Chapter 4 describes the development of a storm model which can emulate the variation of storm duration (the 3rd generation, 3G storm model). The statistical nature of storm duration in is examined by analyzing wave sequence of the source hind-cast data. It is found that there is not much correlation between storm duration and the maximum H_w in each storm, and the duration obeys normal distributions. The storm profiles of a 3G model is determined by expanding or contracting the time axis of 2G storm's waveforms. The applicability of the developed storm profile determination method for various observation periods is examined. It is found that the storm wave sequences for different observation period have about the same waveforms while the maximum H_w becomes higher with the decrease in the observation period. This means that the proposed method can generate almost equivalent wave histories from data with different observation period.

Chapter 5 describes numerical examples of FCP analyses based on the developed storm models. FCP analyses of a surface crack in a weld of a bulk carrier are carried out by using 2G and 3G storm models and two propagation laws: modified Paris-Elber rule and FASTRAN II program. As results, followings are found: the stochastic characteristics of wave induced load which is experienced by a ship sails on North Pacific and North Atlantic Oceans can be emulated by the developed storm models; b) fatigue crack propagation lives estimated by using 2G and 3G storm models have almost the same accuracy under the condition chosen; c) the fatigue crack propagation lives estimated by using the developed storm models becomes shorter with the decrease in the observation period of the source oceanography data.

In Chapter 6, conclusions with a summary of the main findings and an outlook on possible improvements and future tasks are proposed.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (FREDHI AGUNG PRASETYO)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	大沢直樹
	副 査	教授	藤久保昌彦
	副 査	教授	深沢塔一 (大阪府立大学工学研究科)
	副 査	准教授	箕浦宗彦

論文審査の結果の要旨

き裂伝播解析に基づく船体構造疲労強度評価では、船舶の構造部材に作用する荷重の時間変化を模擬できる荷重発生法を開発する必要がある。本研究では、富田ら(1997)が提案した「嵐モデル」理論の高度化を試みている。既存の嵐モデルは、耐航性理論との統合が難しい、嵐プロファイル(大波高の発現順序を決めるパラメタ)を試行錯誤的に決定するので解析工数が過大になる、嵐持続時間の変動を考慮できない、特定の海象データを使用した適用例しかない等の問題を有している。本論文では、既存モデルの問題点を解決した新しい嵐モデルを開発し、実海象時刻歴との比較等によりその有効性を示している。本論文の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景について述べ、本論文の目的と構成を説明している。

第2章では、各種海象データベースを比較し、日本気象協会(JWA)hind cast データを嵐モデル構築のための基礎データに選択している。そして、hind cast データの格子点で海象時刻歴から有義波高 H_w 、平均波周期 T_w の同時頻度分布表を作成し、 (H_w, T_w) の同時確率分布を決定して、 H_w 長期分布の Weibull パラメタを決定している。また、北太平洋、北大西洋についてhind cast データにより嵐中最大波高 $H_{w, max}$ と嵐持続時間 d の相関を調べ、 d の確率分布が $H_{w, max}$ によらず同一の正規分布で近似できることを示している。

第3章では、 d が一定と近似する「第2世代嵐モデル」の嵐プロファイルを H_w 長期分布から全自動で決定できる解析システムを開発している。嵐中の H_w 発生頻度が長期分布の裾野に相似すると仮定し、 H_w の離散化誤差を自動修正する計算法を開発している。決定した嵐プロファイルは、hind cast データの $H_{w, max}$ と嵐発生頻度の関係を良く再現していた。これにより、嵐プロファイルの決定工数が大幅に短縮され、多数の海域・季節毎に、実海象の特徴を再現した海象時刻歴を発生することを可能にしている。

第4章では、 d の変動を再現できる「第3世代嵐モデル」を新たに開発している。第3世代モデルでは、 d が対象海域の平均値に等しいとして決定した第2世代モデルプロファイルを、 d が変動するよう修正して海象時刻歴を発生している。第3世代モデルで発生した時刻歴は、 d の変動を含めて JWA hind cast データの統計的性質を良く再現している。また、開発モデルにより異なる観測時間間隔で収集した基礎データから等価な嵐プロファイルを決定できるが、観測間隔が大きいと $H_{w, max}$ が小さくなる傾向があることを示している。これにより、多数の海域・季節毎に、嵐持続時間の変動を再現できる海象時刻歴を発生することを可能にしている。

第5章では、開発した嵐モデルを用いて、北太平洋・北大西洋を航行する商船の船体溶接継手に生じた疲労き裂のき裂伝播解析を実施している。荷重は第2世代モデル、第3世代モデルの双方で発生し、伝播解析は修正 Paris-Elber 則と FASTRAN II(き裂結合力モデル)の双方で実施している。発生した海象・応力時刻歴の適切性を、航海履歴に従って JWA hind cast データから直接計算した参照時刻歴と比較している。その結果として、本研究の解析条件では、嵐モデルで発生した応力時刻歴の統計的性質が参照時刻歴とよく一致すること、 d の変動を考慮した場合としない場合でき裂伝播寿命の統計的性質に変化が生じないこと、および基礎海象データの観測間隔が大きいと疲労寿命を長めに推定する傾向があることを示している。これらにより、本研究で開発した嵐モデルの船体疲労強度評価における有効性を示している。

第6章では、本研究の成果の総括と今後の研究課題を示している。

以上のように、本論文は、多数の海域・季節毎に、嵐持続時間の変動特性を含む実海象の特徴を再現した海象時刻歴を発生させる手法を初めて提案し、これを大洋を航行する船舶の疲労強度評価に応用してその有効性を示している。これらは船体構造疲労強度評価の合理化に資する成果である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。