



Title	船舶構造のライフタイム疲労制御システムの構築に関する研究
Author(s)	王, 業宏
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45000
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	王 業 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 8 7 3 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科船舶海洋工学専攻
学 位 論 文 名	船舶構造のライフタイム疲労制御システムの構築に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 富 田 康 光 (副査) 教 授 矢 尾 哲 也 教 授 村 川 英 一 助 教 授 大 沢 直 樹

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、波浪荷重などの変動荷重を受ける船体構造部材の溶接継手部から疲労き裂損傷が多く発生することを受け、微小な表面き裂の伝播・合体挙動を解析できる疲労き裂伝播解析手法に基づいた新しい疲労強度評価法を提案し、これを用い、船体構造の疲労健全性の評価・確保を目的としたライフタイム疲労制御システムを開発することを目的とした研究である。

本論文は、疲労き裂伝播解析では、船体構造部材の疲労寿命に影響する 3 つの要因、すなわち、①繰返し荷重の状況、②き裂の初期状況、③腐食環境の影響のうち、②と③に対する評価法に重点を置き、数値シミュレーション並びに疲労実験に基づいて提案し、新しい疲労強度評価法を確立し、これを基に船舶のライフタイムを通じての疲労制御の手順を示している。すなわち、初期疲労設計の段階では疲労設計荷重、並びに初期き裂の設定により船体構造の疲労強度評価、疲労強度向上法の実施による疲労寿命延伸、就航中でのき裂損傷部材に対する余寿命評価、き裂検出のための保守点検及び検査計画の策定、き裂の危険性の判断や修理の要否の決定などを含む運航支援が可能であることを示している。

本論文は緒言 1 章、本文 5 章、結論 1 章から構成されている。

第 1 章の緒言では、研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では、疲労損傷の実態や疲労寿命の定義を明確にし、疲労寿命に影響を及ぼす因子を明らかにしている。さらに、これらの考察を基に、真の疲労強度評価方法について検討し、船舶のライフタイム疲労制御システムの意味と内容を明確にしている。

第 3 章では、現行の疲労強度評価法について、その内容と手順を説明している。疲労寿命に影響する因子に対する評価方法を示し、その問題点をも考察し、現行法では船体構造部材の疲労強度（或いは疲労寿命、疲労損傷の発生状況）を精度良く評価するのに不十分であることを提示している。

第 4 章では、本論文で提案する新しい疲労強度評価法について詳述している。疲労寿命の定義、疲労き裂伝播則及びき裂の応力拡大係数の算定法、疲労荷重の設定法、初期き裂の設定法、腐食疲労強度評価法といった新しい疲労強度評価法の内容を、解析例をもって示している。

第 5 章では、現行の疲労強度評価法と提案法の適用性及び精度を検証するために、溶接試験片並びに大型溶接試験体の疲労強度解析を行っている。疲労試験の結果との比較によって、現行の疲労強度評価法では溶接構造部材の疲労

強度が精度良く評価し得ないことに対し、提案法が有効性であることを示している。

第6章では、第4章で提案した新しい疲労強度評価法に基づき、船舶のライフタイムを通じての疲労制御システムを提案している。船舶の一生にわたる疲労制御の内容、すなわち、船体構造部材の初期疲労設計、疲労強度向上、余寿命評価、保守点検と検査、運航支援の手順を、解析例をもって示している。

第7章の結論では、第2章から第6章で得られた本研究の知見を総括している。今後解決すべき課題をも提示している。

論文審査の結果の要旨

近年、疲労に起因するき裂損傷は油漏れや貨物倉の浸水などを引き起こし、船舶の安全性並びに経済性を脅かし、海洋汚染を発生させるため、最も重要な問題の一つと認識されている。船体構造の疲労強度評価は各船級協会規則に基づいて行われているが、現実には発生している疲労き裂損傷を十分に解析並びに説明することができない。それ故、船舶の安全性並びに経済性、環境保全性を確保するためには、現行法に代わってより精度の高い疲労強度評価法が必要であり、また船舶の一生にわたって疲労き裂損傷を解析・予測・監視・対策する手法が望まれる。

本論文は、疲労き裂伝播解析手法に基づいた新しい疲労強度評価法を提案すると共に、船体構造の疲労健全性の評価・確保を目的としたライフタイム疲労制御システムを開発する研究を行なっている。本論文で得られた主な成果は次の通りである。

- (1) 疲労き裂伝播解析手法に基づき、船体構造部材の疲労損傷解析に適用できる新しい疲労強度評価法を提案している。この方法は①繰返し荷重の設定、②き裂の初期条件の設定、③疲労き裂伝播則、④腐食疲労強度評価法といった4つの部分からなる。

① 繰返し荷重の設定

波浪荷重を決めるには、波高の発生モデルとして「嵐モデル」を採用し、船舶と波浪との出会い角を設定するために「航行モデル」を用いる。波浪荷重と積付け条件による静的荷重とを組み合わせた構造解析によって応力の時刻歴を求める。

② き裂の初期条件の設定

初期設計では溶接止端部に沿って発生する複数の表面き裂の大きさ、形状、個数、発生範囲、発生位置を評価する複数初期き裂モデルを提案している。

③ 疲労き裂伝播則

疲労き裂伝播則には、修正 Paris-Elber 則を用いる。表面き裂の応力拡大係数を求めるには、き裂の伝播に伴った溶接余盛や構造的な不連続による応力集中の変化、複数表面き裂の相互干渉影響が考慮できる算定法を提案している。

④ 腐食疲労強度評価法

腐食環境下（海水中）の船体構造部材に対し、疲労き裂進展モデルを提案している。

- (2) 新しい疲労強度評価法を用いた船体構造のライフタイム疲労制御システムを提案している。その内容は①初期疲労設計、②疲労強度向上法、③余寿命評価、④保守点検及び検査、⑤運航支援といった5つの部分からなる。

- ① 初期疲労設計の内容は評価対象部材の選定、疲労設計荷重の設定、初期き裂の設定、腐食疲労強度評価法からなる。

- ② 疲労強度向上法の内容はき裂発生寿命の向上法、部材に生じる応力の軽減、構造的応力集中の緩和及び局部的応力集中の緩和によるき裂伝播寿命の向上法からなる。

- ③ 余寿命評価の内容は評価対象部材の選定、繰返し荷重の決定、き裂の発生状況、余寿命評価の基準、陸上リモート診断システムからなる。

- ④ 保守点検及び検査については保守点検のガイダンスの構築法を示している。

⑤ 運航支援については船長のための運航支援策を示している。

以上のように、本論文は複数初期表面き裂の伝播・合体挙動を解析する新しい疲労強度評価法を確立し、これを用い、船体構造の疲労健全性の評価・確保を目的としたライフタイム疲労制御システムを提案している。これらの成果は船舶海洋工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。