The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	嵐モデルに基づいた疲労センサによる船体構造の疲労寿命推定手法の高度化
Author(s)	小林, 朋平
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/59591
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　小林　朋平　）	
論文題名	嵐モデルに基づいた疲労センサによる船体構造の疲労寿命推定手法の高度化

論文内容の要旨

船体構造の疲労損傷は、人命喪失を伴う重大事故や大規模環境破壊の原因となりうるのでその防止に努める必要があった。その手段として累積疲労損傷度のモニタリング技術を確立して予防保全技術を高度化することが有効であった。船体構造に適した疲労損傷度モニタリング技術の一つに疲労犠牲試験片（疲労センサ）があった。船舶では、遭遇する嵐による波浪変動荷重変化や、船体積み付け状態による平均荷重変化のような変動荷重履歴が、疲労センサのき裂進展寿命や溶接継手部の疲労寿命に影響を与え、多くの場合で寿命が延びる（遅延する）傾向にあった。したがって疲労センサを用いて溶接継手部の疲労寿命を精度よく評価するためにはこの遅延特性を明らかにし、それを寿命評価に反映する必要があった。本研究は、疲労センサが船体構造に作用する実働荷重下で示す遅延特性の評価・推定手法の確立と、それによる疲労損傷度モニタリング技術の高度化を目的とした。

本論文は上述の目的に沿った研究成果をまとめたものであり、以下の７章で構成される。

第１章では、船体疲労モニタリングの意義とモニタリングツールとしての疲労センサの有用性を述べ、関連研究の沿革、並びに本研究の目的と構成について述べた。

第２章では、一定荷重振幅での疲労センサき裂進展特性を用いた溶接部の疲労寿命評価法を述べた。また橋梁を例に、従来の応力計測手法との比較結果を示しながら、疲労センサの有効性について述べた。

第３章では、前章で示した疲労センサを用いた溶接部の疲労寿命評価方法を拡張し、船舶特有の複雑な荷重条件下に対応する寿命評価方法を示した。これは、嵐起因の波浪変動荷重や積載起因の平均荷重変化といった変動荷重要因ごとに、荷重履歴影響係数として疲労センサのき裂進展寿命や溶接継手部の疲労寿命の遅延特性を定義してそれぞれ評価し、その両者の比率で定義される相関係数で疲労寿命評価値を校正するものである。船舶の変動荷重状態を比較的単純にモデル化した複数パターンの変動荷重波を用いて、疲労センサと大型構造模型溶接継手の疲労試験を実施し、両者の荷重履歴影響係数を実験的に導出した。そして、その試験結果から得られる相関係数がほぼ一定値で表されることを示し、この相関係数を使えば船体構造に対する疲労寿命評価の精度向上が可能であることを示した。

第４章では、ランダム性に富んだ船舶特有の変動荷重に対して、疲労センサならびに溶接継手の荷重履歴影響係数を実験に依らずに汎用的に評価するための、塑性誘起き裂閉口を考慮したき裂伝播シミュレーションに基づく数値解析手法を開発した。そして前章の実験結果との比較から、波浪変動応力範囲が引張状態であれば、荷重履歴影響係数やその相関係数を数値解析にて比較的精度よく求められることを示した。また、疲労センサや溶接継手の疲労寿命の遅延効果は、嵐起因の波浪変動荷重のほうが、積載に依る平均荷重変化よりも大きく、支配的であることを示した。これらの結果を踏まえて、次章以降の検討で、波浪変動荷重の影響評価に焦点を当てることが妥当であると論じた。

第５章では、実海象での嵐のランダム性に対する疲労寿命への影響を明らかにするため、実海象を模擬した嵐モデルによる変動応力履歴を活用して、塑性誘起き裂閉口を考慮したき裂伝播シミュレーションにより荷重履歴影響係数とその相関係数を求めた。その結果、個別応力波の出現順序に起因して、相関係数には、ある幅をもったばらつきが若干認められるものの、平均的には第３章で提案した相関係数と同等となることを示し、これらの結果より、第３章で提案した相関係数が妥当な水準であることを確認した。

第６章では、個別応力波の出現順序への依存性がある荷重履歴影響係数やその相関係数について、実船に適用した疲労センサへの適用性を簡便に検証する方法を提案した。これは、計測負荷の小さい頻度データを利用して、実船の荷重履歴を模擬的に作成する手法である。その荷重履歴「実海象標準応力履歴」から数値解析的に相関係数を算出すると、第３章で提案した相関係数と概ね整合する結果が得られた。さらに、第５章の嵐モデルを実海象相当とみなし、嵐モデルの変動応力履歴と実海象標準応力履歴の両者に対して求まる荷重履歴影響係数と相関係数を用いて比較検証を行った。

第７章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題を示した。

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　小林朋平　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	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	飯島一博

論文審査の結果の要旨

船体構造の疲労損傷は、人命喪失を伴う重大事故や大規模環境破壊の原因となりうるのでその防止に努める必要がある。その手段として累積疲労損傷度のモニタリング技術を確立して予防保全技術を高度化することが有効である。船体構造に適した疲労損傷度モニタリング技術の一つに疲労犠牲試験片（疲労センサ）がある。船舶では、遭遇する嵐による波浪変動荷重変化や、船体積み付け状態による平均荷重変化のような変動荷重履歴が、疲労センサのき裂進展寿命や溶接継手部の疲労寿命に影響を与え、多くの場合で寿命が延びる（遅延する）傾向にある。したがって疲労センサを用いて溶接継手部の疲労寿命を精度よく評価するためにはこの遅延特性を明らかにし、それを寿命評価に反映する必要がある。本研究は、疲労センサが船体構造に作用する実働荷重下で示す遅延特性の評価・推定手法の確立と、それによる疲労損傷度モニタリング技術の高度化を目的とする。

本論文は上述の目的に沿った研究成果をまとめたものであり、以下の７章で構成される。

第１章では、船体疲労モニタリングの意義とモニタリングツールとしての疲労センサの有用性を述べ、関連研究の沿革、並びに本研究の目的と構成について述べている。

第２章では、一定荷重振幅での疲労センサき裂進展特性を用いた溶接部の疲労寿命評価法を述べている。また橋梁を例に、従来の応力計測手法との比較結果を示しながら、疲労センサの有効性について述べている。

第３章では、前章で示した疲労センサを用いた溶接部の疲労寿命評価方法を拡張し、船舶特有の複雑な荷重条件下に対応する寿命評価方法を示している。これは、嵐起因の波浪変動荷重や積載起因の平均荷重変化といった変動荷重要因ごとに、荷重履歴影響係数として疲労センサのき裂進展寿命や溶接継手部の疲労寿命の遅延特性を定義してそれぞれ評価し、その両者の比率で定義される相関係数で疲労寿命評価値を校正するものである。船舶の変動荷重状態を比較的単純にモデル化した複数パターンの変動荷重波を用いて、疲労センサと大型構造模型溶接継手の疲労試験を実施し、両者の荷重履歴影響係数を実験的に導出している。そして、その試験結果から得られる相関係数がほぼ一定値で表されることを示し、この相関係数を使えば船体構造に対する疲労寿命評価の精度向上が可能であることを示している。

第４章では、ランダム性に富んだ船舶特有の変動荷重に対して、疲労センサならびに溶接継手の荷重履歴影響係数を実験に依らずに汎用的に評価するための、塑性誘起き裂閉口を考慮したき裂伝播シミュレーションに基づく数値解析手法を開発している。そして前章の実験結果との比較から、波浪変動応力範囲が引張状態であれば、荷重履歴影響係数やその相関係数を数値解析にて比較的精度よく求められることを示している。また、疲労センサや溶接継手の疲労寿命の遅延効果は、嵐起因の波浪変動荷重のほうが、積載に依る平均荷重変化よりも大きく、支配的であることを示している。これらの結果を踏まえて、次章以降の検討で、波浪変動荷重の影響評価に焦点を当てることが妥当であると論じている。

第５章では、実海象での嵐のランダム性に対する疲労寿命への影響を明らかにするため、実海象を模擬した嵐モデルによる変動応力履歴を活用して、塑性誘起き裂閉口を考慮したき裂伝播シミュレーションにより荷重履歴影響係数とその相関係数を求めている。その結果、個別応力波の出現順序に起因して、相関係数には、ある幅をもったばらつきが若干認められるものの、平均的には第３章で提案した相関係数と同等となることを示し、これらの結果より、第３章で提案した相関係数が妥当な水準であることを確認している。

第６章では、個別応力波の出現順序への依存性がある荷重履歴影響係数やその相関係数について、実船に適用した疲労センサへの適用性を簡便に検証する方法を提案している。これは、計測負荷の小さい頻度データを利用して、実船の荷重履歴を模擬的に作成する手法である。その荷重履歴「実海象標準応力履歴」から数値解析的に相関係数を算出すると、第３章で提案した相関係数と概ね整合する結果が得られることを示している。さらに、第５章の嵐モデルを実海象相当とみなし、嵐モデルの変動応力履歴と実海象標準応力履歴の両者に対して求まる荷重履歴影響係数と相関係数を用いて比較検証を行っている。

第７章では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題を示している。

以上のように、本論文では船舶特有の複雑な荷重条件下に対応する疲労センサによる寿命評価方法が開発され、実船計測波形および嵐モデル波形を使用した大型構造模型疲労試験およびき裂伝播シミュレーションによりその有効性が明らかにされている。これらは、船体疲労設計の合理化と安全性の向上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。