OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	複合荷重を受ける船体梁の実用的最終強度評価法に関する研究
Author(s)	田中, 義照
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55967
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　田　中　義　照　）	
論文題名	複合荷重を受ける船体梁の実用的最終強度評価法に関する研究

論文内容の要旨

船体の縦曲げ最終強度は，設計段階における最も重要な安全性評価項目のひとつである．この最終強度を評価するために，近年，有限要素法（FEM）によるホールドモデルの弾塑性崩壊解析が実施されるようになってきたが，モデル作成や解析そのものに長時間を要するため，設計にこれを用いるにはいまだに負荷が大きい．このため，一般的には，最大縦曲げモーメントが作用する横断面を対象として，Smithの方法による逐次崩壊解析が行われる．Smithの方法は，断面を板あるいは防撓パネル要素に分割し，予め要素ごとに座屈や降伏の影響を考慮して平均軸応力～平均軸ひずみ関係を求めておき，断面全体の曲げモーメント～曲率関係を計算する簡易解析法である．一方，大型化の一途にあるコンテナ船は，フレア部の拡大に伴い，特に斜波中での非対称荷重に起因する捩りモーメントが縦曲げ最終強度に及ぼす影響が懸念されるようになってきた．そこで，曲げとともに捩りの影響を考慮可能な船体梁の実用的最終強度解析法を構築することを本研究の目的とした．

本研究では，基本的にはSmithの方法に準じつつ，2段階の解析法の構築を試みた．Smithの方法は，純曲げ状態にある横断面の逐次崩壊解析法であり，そのままでは捩り解析に適用できない．そこで，Smithの方法と同様に横断面を防撓パネル要素等に分割した直線梁要素を新たに考案し，それを長さ方向につなぐことにより，変断面梁の曲げ捩り解析を行う手法を構築した（第1ステップ）．さらに，この曲げ捩り解析結果を利用して横断面の逐次崩壊解析を行う方法を構築した（第2ステップ）．提案手法の最大の特長は，両ステップにおいて横断面の要素分割を共用できる点であり，解析モデルの作成工数についてもFEM解析と比較して圧倒的に有利である．

本論文は，上述のような実用的縦曲げ最終強度評価法の構築およびその妥当性の検証を目的として実施した研究の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，本研究を始めるに至った背景，本研究に関連した研究の沿革，並びに，本研究の目的と本論文の構成について述べた．

第2章では，縦曲げと捩りを受ける薄肉断面梁の崩壊挙動を明らかにするとともに，提案手法およびFEM解析の参照解を得るために実施したコンテナ船模型の逐次崩壊試験の概要および結果について述べた．

第3章では，提案手法の第1ステップに用いる曲げ捩りを受ける梁要素の定式化について述べるとともに，横断面の剪断中心まわりの反り関数を，直線要素を用いることにより簡便に求める手法を示した．この方法は，閉断面だけでなく，開断面，および，閉断面を一部含む開断面にも適用可能であり，梁の曲げ捩り解析の精度を失わずに簡便化することに貢献している．

第4章では，船体をU字型断面梁と仮定して，捩りによる反り変形を一次式で表し，梁要素モデルの反り変形に抵抗する横隔壁の影響をエネルギー法により考慮する方法（Senjanovicの方法）を説明した．さらに，本研究では，横隔壁スツール部の曲げ変形に伴う，船側構造上部のボックスガーダー部の曲げ変形の影響を考慮する方法を開発した．

第5章では，まず，提案手法の第2ステップの横断面の逐次崩壊解析に適用したSmithの方法の基本概念を説明した．つぎに，第1ステップの結果を第2ステップに導入する方法を示した．すなわち，梁要素モデルの曲げ捩り解析によって得られた要素ごとの反り応力は，そのまま第2ステップの断面構成要素の平均軸応力に足し込んだ．一方，剪断応力は，Misesの降伏条件に従って材料の降伏強度を低下させることにより考慮した．なお，剪断と圧縮を同時に受ける防撓パネルの最終強度解析を別途実施し，上記のように剪断応力影響を簡便に評価する方法の適用範囲を明確化した．

第6章では，構築した簡易解析手法を開口を有するボックスガーダー，コンテナ船模型，並びに，実コンテナ船に適用し，3次元シェルモデルによるFEM解析結果と比較することにより，提案手法によって変形，応力分布および最終強度が実用上十分な精度で，かつ短時間で求められることを明らかにした．

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	（　田中　義照　）

	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教　授	藤久保昌彦
	副 査　教　授	大沢直樹
	副 査　教　授	村川英一
	副 査　准教授	飯島一博

論文審査の結果の要旨

船体の縦曲げ最終強度は，設計段階における最も重要な安全性評価項目のひとつである．この最終強度を評価するために，近年，有限要素法（FEM）によるホールドモデルの弾塑性崩壊解析が実施されるようになってきたが，モデル作成や解析そのものに長時間を要するため，設計にこれを用いるにはいまだに負荷が大きい．このため，一般的には，最大縦曲げモーメントが作用する横断面を対象として，Smith の方法による逐次崩壊解析が行われる．Smith の方法は，断面を板あるいは防撓パネル要素に分割し，予め要素ごとに座屈や降伏の影響を考慮して平均軸応力～平均軸ひずみ関係を求めておき，断面全体の曲げモーメント～曲率関係を計算する簡易解析法である．一方，大型化の一途にあるコンテナ船は，フレア部の拡大に伴い，特に斜波中での非対称荷重に起因する捩りモーメントが縦曲げ最終強度に及ぼす影響が懸念されるようになってきている．そこで，曲げと共に捩りの影響を考慮可能な船体梁の実用的最終強度解析法を構築することを本研究の目的としている．

本研究では，基本的には Smith の方法に準じつつ，2 段階の解析法の構築を試みている．Smith の方法は，純曲げ状態にある横断面の逐次崩壊解析法であり，そのままでは捩り解析に適用できない．そこで，Smith の方法と同様に横断面を防撓パネル要素等に分割した直線梁要素を新たに考案し，それを長さ方向につなぐことにより，変断面梁の曲げ捩り解析を行う手法を構築している（第 1 ステップ）．さらに，この曲げ捩り解析結果を利用して横断面の逐次崩壊解析を行う方法を構築している（第 2 ステップ）．提案手法の最大の特長は，両ステップにおいて横断面の要素分割を共用できる点であり，解析モデルの作成工数についても FEM 解析と比較して圧倒的に有利である．

本論文は，上述のような実用的縦曲げ最終強度評価法の構築およびその妥当性の検証を目的として実施した研究の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，本研究の背景，本研究に関連した研究の沿革，並びに，本研究の目的と本論文の構成について述べている．

第 2 章では，縦曲げと捩りを受ける薄肉断面梁の崩壊挙動を明らかにするとともに，提案手法および FEM 解析の参照解を得るために実施したコンテナ船模型の逐次崩壊試験の概要および結果について述べている．

第 3 章では，提案手法の第 1 ステップに用いる曲げ捩りを受ける梁要素の定式化について述べるとともに，横断面の剪断中心まわりの反り関数を，直線要素を用いることにより簡便に求める手法を示している．この方法は，閉断面だけでなく，開断面，および閉断面を一部含む開断面にも適用可能であり，梁の曲げ捩り解析の精度を失わずに簡便化することに貢献している．

第 4 章では，船体を U 字型断面梁と仮定して，捩りによる反り変形を一次式で表し，梁要素モデルの反り変形に抵抗する横隔壁の影響をエネルギー法により考慮する方法（Senjanovic の方法）を説明している．さらに，横隔壁スツール部の曲げ変形に伴う，船側構造上部のボックスガーダー部の曲げ変形の影響を考慮する方法を開発している．

第 5 章では，まず，提案手法の第 2 ステップの横断面の逐次崩壊解析に適用した Smith の方法の基本概念を説明している．つぎに，第 1 ステップの結果を第 2 ステップに導入する方法を示している．すなわち，梁要素モデルの曲げ捩り解析によって得られた要素ごとの反り応力は，そのまま第 2 ステップの断面構成要素の平均軸応力に足し込んでいる．一方，剪断応力は，Mises の降伏条件に従って材料の降伏強度を低下させることにより考慮している．なお，剪断と圧縮を同時に受ける防撓パネルの最終強度解析を別途実施し，上記のように剪断応力影響を簡便に評価する方法の適用範囲を明確化している．

第 6 章では，構築した簡易解析手法を，開口を有するボックスガーダー，コンテナ船模型，並びに実コンテナ船に適用し，3 次元シェルモデルによる FEM 解析結果と比較することにより，提案手法によって変形，応力分布および最終強度が実用上十分な精度で，かつ短時間で求められることを明らかにしている．

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，本論文は，曲げと共に捩りの影響を考慮可能な船体梁の実用的な最終強度解析法を提案し，FEM による詳細解析の結果と比較して，その精度と計算効率の両面での有効性を明らかにしている．これらは，複合荷重下の船体梁の最終強度評価法の合理化，ひいては構造安全性の向上に大いに寄与する成果である．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．