

Title	強度ミスマッチを有する大入熱溶接継手の破壊じん性評価手法に関する研究
Author(s)	木治, 昇
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/56005
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (木治 昇)

論文題名

強度ミスマッチを有する大入熱溶接継手の破壊じん性評価手法に関する研究

論文内容の要旨

近年、大型コンテナ船の船体軽量化を目的として適用される高強度・極厚鋼板の溶接部に対して、破壊じん性試験が要求されるようになってきている。しかし、要求破壊じん性値には、規則等により統一された要求値はなく、各船の設計応力や就航条件を考慮して設定する必要性が生じている。本論文は、大型コンテナ船に適用される高強度・極厚鋼板の大入熱溶接継手について、熱影響部（HAZ）と溶接金属（WM）の境界（Bond）に生じる強度ミスマッチに着目して、強度ミスマッチによるき裂先端近傍の応力上昇の影響を考慮した要求CTOD（き裂開口変位）値の設定手法の確立を目的とした。

本論文は、以下の7章から構成される。

第1章では、コンテナ船の大型化に伴い、脆性破壊防止のための対策の重要性が増している中、とくに大入熱溶接継手の破壊じん性評価手法が確立されていない現状を説明し、本研究の必要性と目的について述べた。

第2章では、WMの降伏応力が異なる3種類の溶接継手について、片側表面切欠付引張試験並びにFEM解析を実施し、強度ミスマッチ継手の破壊起点はBond近傍のHAZ側であり、局所破壊応力は、強度ミスマッチの影響を受けないとの結果を得た。また、強度ミスマッチにより、切欠き先端近傍における応力上昇とひずみ集中が増大し、これが継手の破壊強度を低下させる要因であることを明らかにした。

第3章では、切欠き先端近傍の応力上昇とHAZ、WMの降伏応力およびWMの加工硬化特性との関係を詳細に調べるため、FEM解析を実施した。強度ミスマッチによる切欠き先端近傍の応力上昇を表すパラメータとして、均質材と強度ミスマッチ材の切欠き延長線に沿った最大主応力分布のピーク値 σ_{I_p} の比（ピーク応力比） h を定義し、ピーク応力比 h に対する強度ミスマッチの影響を明らかにした。ピーク応力比 h は、荷重の負荷過程において一定ではなく、HAZおよびWMの降伏に伴い極大値 h_p を持つ挙動を示す。また、試験片形状や荷重の負荷形態が異なる条件についても、降伏応力の比と極大値 h_p の間に、ほぼ同様の相関関係が存在することを明らかにした。

第4章では、強度ミスマッチ継手に対する要求CTOD値の設定手法について、結合力モデルによる検討を行った。切欠き先端形状の観察とFEM解析の結果、き裂先端近傍の塑性域は非対称であるが、切欠き部の巨視的形狀には、均質材の場合と同様の対称性が認められた。そこで、強度ミスマッチ材の切欠き先端近傍では、塑性状態のHAZと隣接する弾性状態のWMを含む領域に、一様な結合力が作用していると仮定することで、結合力モデルによる取り扱いが可能であることを示した。また、ピーク応力比 h で補正したHAZの降伏応力を結合力に設定することで、強度ミスマッチ材のCTODを推定できることを明らかにした。

第5章では、HAZとWMが隣接した微小要素によるき裂先端近傍の簡易モデルを用いて、ピーク応力比の挙動を考察し、簡便にピーク応力比を推定する手法を示した。微小要素に対する制約条件の妥当性をFEM解析との比較により検証した後、強度ミスマッチによる塑性拘束、き裂による塑性拘束、およびせん断の影響のそれぞれについて、定量的な評価を行った。

第6章では、14,000TEU積コンテナ船に使用される、YP460N/mm²級高張力鋼の極厚鋼板の溶接部に対する要求破壊じん性値の設定法を明らかにした。強度ミスマッチの影響を考慮した要求CTOD値の設定手法を確立したことで、大入熱溶接継手の破壊じん性について定量的な評価が可能となった。

第7章では、本論文を総括し、今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (木 治 昇)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	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

論文審査の結果の要旨

近年、大型コンテナ船の船体軽量化を目的として適用される高強度・極厚鋼板の溶接部に対して、破壊じん性試験が要求されるようになってきている。しかし、要求破壊じん性値には、規則等により統一された要求値はなく、各船の設計応力や就航条件を考慮して設定する必要があるが生じている。本論文は、大型コンテナ船に適用される高強度・極厚鋼板の大入熱溶接継手について、熱影響部 (HAZ) と溶接金属 (WM) の境界 (Bond) に生じる強度ミスマッチに着目して、強度ミスマッチによるき裂先端近傍の応力上昇の影響を考慮した要求き裂開口変位 (CTOD) 値の設定手法の確立を目的としている。

本論文は、以下の7章から構成される。

第1章では、コンテナ船の大型化に伴い、脆性破壊防止のための対策の重要性が増している中、とくに大入熱溶接継手の破壊じん性評価手法が確立されていない現状を説明し、本研究の必要性と目的について述べている。

第2章では、WMの降伏応力が異なる3種類の溶接継手について、片側表面切欠付引張試験並びにFEM解析を実施し、強度ミスマッチ継手の破壊起点はBond近傍のHAZ側であり、局所破壊応力は、強度ミスマッチの影響を受けないとの結果を得ている。また、強度ミスマッチにより、切欠き先端近傍における応力上昇とひずみ集中が増大し、これが継手の破壊強度を低下させる要因であることを明らかにしている。

第3章では、切欠き先端近傍の応力上昇とHAZ、WMの降伏応力およびWMの加工硬化特性との関係を詳細に調べるため、FEM解析を実施している。強度ミスマッチによる切欠き先端近傍の応力上昇を表すパラメータとして、均質材と強度ミスマッチ材の切欠き延長線に沿った最大主応力分布のピーク値の比 (ピーク応力比) h を定義し、ピーク応力比 h に対する強度ミスマッチの影響を明らかにしている。ピーク応力比 h は、荷重の負荷過程において一定ではなく、HAZおよびWMの降伏に伴い極大値 h_p を持つ挙動を示す。また、試験片形状や荷重の負荷形態が異なる条件についても、降伏応力の比と極大値 h_p の間に、ほぼ同様の相関関係が存在することを明らかにしている。

第4章では、強度ミスマッチ継手に対する要求CTOD値の設定手法について、結合モデルによる検討を行っている。切欠き先端形状の観察とFEM解析の結果より、き裂先端近傍の塑性域は非対称であるが、切欠き部の巨視的形狀には、均質材の場合と同様の対称性が認められた。そこで、強度ミスマッチ材の切欠き先端近傍では、塑性状態のHAZと隣接する弾性状態のWMを含む領域に、一様な結合力が作用していると仮定することで、結合モデルによる取り扱いが可能であることを示している。また、ピーク応力比 h で補正したHAZの降伏応力を結合力に設定することで、強度ミスマッチ材のCTODを推定できることを明らかにしている。

第5章では、HAZとWMが隣接した微小要素によるき裂先端近傍の簡易モデルを用いて、ピーク応力比の挙動を考察し、簡便にピーク応力比を推定する手法を示している。微小要素に対する制約条件の妥当性をFEM解析との比較により検証した後、強度ミスマッチによる塑性拘束、き裂による塑性拘束、およびせん断の影響のそれぞれについて、定量的な評価を行っている。

第6章では、14,000TEU積コンテナ船に使用される、YP460N/mm²級高張力鋼の極厚鋼板の溶接部に対する要求破壊じん性値の設定法を明らかにしている。強度ミスマッチの影響を考慮した要求CTOD値の設定手法を確立したことで、大入熱溶接継手の破壊じん性について定量的な評価を可能としている。

第7章では、本論文を総括するとともに、今後の課題について述べている。

以上のように、本論文は、強度ミスマッチを有する大入熱溶接継手について、Bond部切欠き先端近傍の応力およびCTODの特性を実験とFEM解析により明らかにするとともに、き裂結合力モデルに基づくCTOD推定法を提案している。さらに大型コンテナ船の厚板適用部に対する要求CTOD値の設定法を提案している。これらは、大型化が進むコンテナ船の構造安全性の向上に大きく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。