

Title	脆性破壊限界に及ぼす残留応力の影響のワイブル応力による評価手法
Author(s)	山下, 洋一
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49535
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、 〈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

氏名	やま した よう いち 山 下 洋 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 2 4 8 0 号
学位授与年月日	平成 20 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	脆性破壊限界に及ぼす残留応力の影響のワイブル応力による評価手法
論文審査委員	(主査) 教 授 南 二三吉 (副査) 教 授 小溝 裕一 教 授 村川 英一 准教授 大畑 充

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、残留応力を有する広幅実構造要素の脆性破壊性能を適正に評価する手法を提案することを目的とし、ワイブル応力を破壊駆動力として、破壊靱性試験片と残留応力を有する広幅溶接継手が同じワイブル応力を呈するCTODレベルに着目した評価手法の工業化を図った。

第 1 章では、脆性破壊限界に及ぼす溶接残留応力の影響の評価に関する従来の手法が、過度な要求靱性、構造破壊性能の過小評価につながる傾向にあるという問題点を指摘し、その問題解決のために、本研究ではき裂先端の高応力場を積分して得られるワイブル応力に指標とする破壊限界評価手法を採用することを述べた。

第 2 章では、室温における予荷重（広義には、構造物を供用する前に付与される荷重と定義される）で生じる残留応力が、小型破壊靱性試験片の脆性破壊限界に及ぼす影響について実験的に把握・考察した。

第 3 章では、予荷重の有無に関係なくワイブル応力が限界値に到達した時に脆性破壊が発生すると考える破壊基準（ワイブル応力クライテリオン）を、脆性破壊限界に及ぼす予荷重の影響の評価に適用した。その結果、予荷重が破壊靱性に及ぼす影響をワイブル応力クライテリオンにより評価できることを示した。

第 4 章では、溶接残留応力を有する大型の広幅構造要素の脆性破壊限界評価にワイブル応力クライテリオンが適用可能であることを検証した。残留応力のない母材の標準破壊靱性試験片の破壊靱性試験結果から、材料特性としての限界ワイブル応力分布を求めておけば、ワイブル応力クライテリオンに基づいて、数値計算によって溶接残留応力を有する広幅構造要素の脆性破壊限界を予測可能であることを示した。

第 5 章では、ワイブル応力クライテリオンに基づく広幅構造溶接継手の脆性破壊性能評価手法を工業化することを目標に、残留応力のない母材の標準破壊靱性試験片と、残留応力を有する大型溶接継手が、同じワイブル応力レベルを呈する両者のCTOD（き裂先端開口変位）比として、溶接残留応力場の等価CTOD係数を提案した。等価CTOD係数に及ぼす諸因子の影響のパラメトリックFEM解析を実施し、残留応力レベル、残留応力の存在範囲、評価対象部材の加工硬化特性、想定き裂寸法などに応じて、等価CTOD係数を簡便に決定できるノモグラフを構築した。このノモグラフを用いた簡便評価手法を、これまでに報告され

ている広幅溶接継手の脆性破壊試験結果に適用し、広幅溶接継手の破壊性能の適正な評価結果を与えることを示した。

第6章は、本研究で得られた主な結果の総括で、本提案手法が、溶接残留応力を有する溶接構造物の設計における合理的な破壊靱性要求や、構造破壊性能の適正な評価を可能とすることを述べた。

論文審査の結果の要旨

構造用鋼溶接継手には溶接接合による残留応力が発生することが避けがたく、脆性破壊が問題となる低温使用の構造物の破壊安全性を脅かす場合がある。特に、強度の高い鋼板ほど溶接残留応力が一般に高くなる傾向にあり、高強度鋼の長所である設計応力の高さを十分に活かすことが、大型構造への高強度鋼の適用拡大を阻害する一因となっている。本研究は、このような背景から、構造用鋼溶接継手の脆性破壊強度に及ぼす残留応力の影響を定量的に予測できる手法を開発することを目的としており、小型の簡便な破壊靱性試験の結果から大型溶接構造要素の破壊性能を合理的に判定できる手法の確立を目指している。本論文で得られた主たる結論をまとめると以下のようである。

(1) 溶接継手の脆性破壊強度が残留応力によって低下しがちなのは、溶接部近傍に材料の降伏点レベルの引張残留応力場が形成され、外応力にその引張残留応力が重畳することによって、脆性破壊をもたらすき裂駆動力（破壊駆動力）が高揚するためである。この引張残留応力は、小型破壊靱性試験片の破壊抵抗値（破壊靱性値）にも影響を与え、残留応力がない場合に比べて破壊靱性値が低下する傾向にある。

(2) このような脆性破壊強度、破壊靱性値に及ぼす溶接残留応力の影響は、当該材料の破壊抵抗値（残留応力のない場合の破壊抵抗値）の大きさにも依存する。当該材料の破壊抵抗値が小さいと、その溶接継手の脆性破壊強度は引張残留応力の存在によって大きく低下する。一方、当該材料の破壊抵抗値が大きければ、溶接継手の脆性破壊強度には残留応力の影響が小さい。

(3) 上記の挙動は、き裂先端近傍の応力場の特性から説明できる。外負荷レベルが小さいうちは、き裂先端近傍の応力場には引張残留応力で形成される応力場が支配的であるが、外負荷レベルが大きくなると、き裂先端近傍領域の塑性化によって、応力場に及ぼす残留応力の影響が消失する。

(4) このように、き裂材の脆性破壊強度は、破壊が生じる負荷レベルでのき裂先端近傍の応力場で決まることから、応力場の強さを定量的に評価する指標としてワイブル応力（き裂先端近傍の応力を破壊への重みを考えて積分して得られる脆性破壊駆動力）を導入し、残留応力のない試験片の破壊靱性試験結果からワイブル応力クライテリオン「脆性破壊時の限界ワイブル応力は材料特性で残留応力の影響を受けない」によって、残留応力を挿入する溶接継手の脆性破壊強度が予測できることを示している。

(5) さらにこの予測手法の工業化に向けて、破壊靱性試験片と広幅溶接継手が同じワイブル応力を呈する CTOD（き裂先端開口変位）レベルに注目した等価 CTOD 係数を適用し、残留応力の影響を考慮した等価 CTOD 係数を新たに提案している。これにより、残留応力によって溶接継手の脆性破壊強度が低下する傾向にあるものの、小型破壊靱性試験結果から予想される限界 CTOD よりも、明らかに大きな CTOD で溶接継手が脆性破壊することを予測できる工業的手法を、当該材料の破壊抵抗値と残留応力の大きさの関数としてノモグラフ化している。

以上のように、本論文はワイブル応力クライテリオンの適用によって、小型の簡便な破壊靱性試験の結果から残留応力を有する大型溶接継手の破壊性能を合理的に判定できる手法を提案し、一般の技術者にも使えるように評価手順の工業化を図っている。ここで開発された手法は、構造用鋼、特に高強度鋼を用いた構造化評価分野ならびに、溶接強度設計工学の発展に資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。