



Title	ローカルアプローチに基づく超高強度鋼の水素割れ感受性評価手法に関する研究
Author(s)	高木, 周作
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/23445">https://hdl.handle.net/11094/23445</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	高木周作
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19653 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	ローカルアプローチに基づく超高強度鋼の水素割れ感受性評価手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 南 二三吉
	(副査) 教授 豊田 政男    教授 西本 和俊    助教授 廣瀬 明夫 助教授 大畑 充

#### 論文内容の要旨

引張強さ 1000 MPa 超級の超高強度鋼は、それに関する材料開発と利用技術が多数検討されているにも関わらず、あまり普及していない。その主な阻害要因の一つは水素脆化に起因する遅れ破壊である。本論文では、引張強さ 1000 MPa 超級の超高強度鋼の遅れ破壊限界を材料特性として評価する手法を開発することを目指し、試験片の応力集中や負荷応力などの力学的条件が異なった条件でも統一的に水素割れ感受性を評価できる手法を提案することを目的とした。

第 1 章は序論であり、これまでに提案された各種の遅れ破壊特性評価法の特徴と問題点について論述し、本研究の位置付けおよび目的を明確にした。

第 2 章では、同一鋼材を用いて、超高強度鋼の水素割れにおよぼす応力集中係数、負荷応力および水素濃度の影響を系統的に調査するとともに、水素割れの破壊様式および破壊過程の特徴を明確にし、水素割れ感受性評価に必要な因子を抽出した。

第 3 章では、従来の水素割れ感受性評価指標である、試験片の平均負荷応力と限界拡散性水素濃度の組合せ、および、試験片内最大応力と最大集積水素濃度の組合せを用いて、第 2 章の実験の水素割れ限界評価を行った。その結果、水素割れ感受性の評価結果はいずれの指標の場合も力学的条件に依存して変化し、応力分布を考慮した新しい評価指標が必要であることを指摘した。

第 4 章では、第 3 章の知見をふまえて、構造用鋼の脆性破壊靱性評価において提案されているワイブル応力（応力分布と体積効果を考慮した応力パラメータ）を水素割れ感受性評価に導入することを試みた。形状パラメータ  $m$  を適当に選択することによって、水素割れ限界時のワイブル応力は力学的条件に依存しない傾向を示すことが伺えた。しかし、実験結果からパラメータ  $m$  を決定して評価を行うと、水素割れ限界ワイブル応力は力学的条件に依存するようになった。このことから、応力分布だけでなく、水素濃度分布も考慮した水素割れ感受性評価を行う必要のあることを示した。

第 5 章では、応力分布と水素濃度分布の双方を組み入れた水素割れ感受性評価のための新しい評価指標を提案した。この評価指標を適用することにより、試験片の応力集中や負荷応力などの力学的条件が異なる場合でも統一的な水素割れ感受性評価が可能となることを示した。さらに、この評価手法の実用化にあたっての検討課題について考察を行った。

第6章は総括であり、本研究で得られた結果についてまとめた。

### 論文審査の結果の要旨

引張強さ 1000 MPa を超える高強度鋼の構造製作への適用拡大を阻害する要因の一つに、水素脆化に起因する遅れ破壊があげられる。本研究は、高力ボルト分野への普及が期待されている超高強度鋼（引張強さ 1000 MPa 以上）の遅れ破壊評価手法の確立を目指し、簡易な丸棒試験の結果から遅れ破壊限界を材料特性として評価できる手順の開発を目的としている。本論文での主たる着眼点と結論をまとめると以下のようである。

- (1)水素に起因する遅れ破壊の支配因子は水素集積と応力集中であるが、従来から提案されている試験片内の最大応力と最大集積水素濃度では、鋼材の遅れ破壊限界は試験片形状・寸法や応力集中係数の影響を受けて統一的に整理できない。
- (2)遅れ破壊は、水素集積が生じる応力集中部から生じる傾向にはあるが、遅れ破壊発生起点は必ずしも最大応力地点とは限らず、水素分布と応力分布を組み入れた遅れ破壊評価法を開発する必要がある。
- (3)応力分布を評価に取り入れる方法として、脆性破壊評価に対して実績のあるワイブル応力の導入が考えられる。ワイブル応力は最大応力の 95%以上となる領域で支配されることから、水素の局部集積効果も同時に含むことが期待されたが、単純なワイブル応力では遅れ破壊限界を材料特性として評価できない。
- (4)本論文では、水素集積効果を、①遅れ破壊発生領域の破壊発生限界エネルギーを低下させる、②遅れ破壊の源としての *weak spot* の寸法を大きくする、の2点から考察し、それをワイブル応力に組み入れることで、遅れ破壊限界評価のための新しいパラメータを誘導した。なお、①と②のいずれの場合も、同じパラメータが導かれた。
- (5)上記の新しいパラメータを用いることにより、試験片形状・寸法や応力集中、負荷応力が異なる場合でも、鋼材の水素割れ限界を統一的に評価可能なことを示した。

以上のように本論文は、これまで十分に確立されていなかった水素割れ限界評価法に破壊力学的手法を導入し、水素分布と応力分布の双方を組み入れることで、簡易な丸棒引張試験から遅れ破壊限界を材料特性として評価できるパラメータの開発を行った。ここで提案された方法は、鉄塔や橋梁用などの高力ボルトの設計、また、そのための材料開発へと適用できることが期待され、構造強度評価工学、あるいは、構造・材料設計工学などの発展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。