Osaka University Knowledge Archive

Title	球形ガスホルダー溶接部のFFS評価へのワイブル応力クライテリオンの適用
Author(s)	瀬古, 祐介
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/61765
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

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　（　瀬古　祐介　）	
論文題名	球形ガスホルダー溶接部のFFS評価へのワイブル応力クライテリオンの適用

論文内容の要旨

本論文は，都市ガス供給事業において用いられている球形ガスホルダーの溶接部を対象に，そのFFS評価へのワイブル応力クライテリオンの適用性を検証したものであり，7章より構成されている。

第1章は緒論であり，球形ガスホルダー溶接部のFFS評価（維持管理評価）における課題を述べるとともに，溶接部の脆性破壊評価へのワイブル応力クライテリオンの適用における問題点をまとめ，本研究の目的を示した。

第2章では，都市ガス供給網で用いられていた高張力鋼製の球形ガスホルダーの溶接部を対象に，機械的特性および破壊靭性を評価し，得られた特性を用いてFAD評価を実施した結果，破壊靭性値の低さに起因して想定すべき寸法の溶接キズが許容不可となる可能性を示した。

前章の判定結果は，塑性拘束の差異に着目した破壊靭性値の補正により合理化が可能であると考えられることから，第3章，第4章では，ガスホルダーの溶接部を模擬した溶接継手を作製し，同溶接部の脆性破壊評価に対するワイブル応力クライテリオンの適用性について検討した。

まず第3章では， HAZ部に表面き裂や埋没き裂を導入した広幅溶接継手の引張試験を実施し，同継手を用いた三点曲げ試験片よりも大きなCTOD値にて脆性破壊することを実験的に示した。

第4章では，FEMにより破壊駆動力としてのワイブル応力を算出することで，第3章の試験結果に与えた試験片形状，溶接残留応力やLBZ（局所脆化域）の体積効果の影響を定量化した。さらに，ワイブル応力を用いて三点曲げ試験片の限界CTODから広幅引張試験片の破壊限界値を推定可能である事を示し，球形ガスホルダー溶接部においても限界ワイブル応力が材料固有の破壊指標として有効であることを明らかにした。

第5章，第6章では，複雑な数値解析手順を排除し，簡便に塑性拘束を補正する事が可能となるホルダー溶接部の等価CTOD比βrを提案するとともに，その有効性を検証した。

まず第5章では，埋没き裂の形状や残留応力，二軸応力負荷がワイブル応力に与える影響をFEMにより検討し，埋没き裂を対象とした場合の等価CTOD比βrの提案において考慮すべき因子を明らかにした。

第6章では，前章までの検討結果に基づき，球形ガスホルダー溶接部の塑性拘束を簡易に補正できる等価CTOD比βrを提案した。提案したβrを用いて破壊靭性値を補正することで，ホルダーで想定すべき寸法の溶接キズが許容可となり，本手法によりガスホルダー溶接部の合理的なFFS評価が可能であることを示した。

第7章では，本研究で得られた知見をまとめ，総括した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（ 瀬古　祐介 ）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教 授	南　二三吉
	副 査	教 授	才田　一幸
	副 査	教 授	大畑　充
	副 査	准 教 授	川畑　友弥（東京大学大学院工学研究科システム創成学専攻）

論文審査の結果の要旨

球形ガスホルダーは、我が国のガス事業法の適用を受ける設備で、都市ガス供給システムの一翼を担う重要な役割を果たしている。製作時はもとより供用下のホルダー耐圧部の健全性を維持管理することが求められ、長期供用中に生じる可能性のあるきずなどの劣化・損傷に対して、設備継続使用の可否、補修、取替えなどを決定する供用適正（Fitness-For-Service, FFS）評価が行われる。これには一般に破壊力学的手法が適用されるが、従来の手法によれば過度な安全側評価となる傾向が強く、不要な維持管理コストの増大を招くことが問題となっている。

この原因は構造部材の塑性拘束緩和にあり、本研究はその影響を定量化できる新しい破壊力学パラメータとしてワイブル応力を適用して、球形ガスホルダーの合理的な FFS 評価手法を構築することを目的としている。ワイブル応力を用いる破壊評価手法は、鋼材については国際標準化（ISO 27306 として発行）されているが、溶接構造物については一般化された手法はなく、溶接部特有の残留応力、組織不均一、欠陥形態などの影響を総合的に捉える必要がある。本研究は、球形ガスホルダーで生じうる表面欠陥と埋没欠陥を対象とし、ワイブル応力に馴染みのない技術者にも使える溶接部の合理的な FFS 評価手法を開発している。本論文で得られた主な結論をまとめると以下のようである。

（１）溶接継手のワイブル応力は、その評価領域を破壊発生支配領域（本対象継手では粗粒熱影響部）に限定すると、残留応力の有無や欠陥の存在形態によらず、継手固有の破壊限界を与えるパラメータとなる。その検証として、小型破壊靭性試験結果から、限界ワイブル応力を介して広幅溶接継手の限界 CTOD を予測できることを示している。

（２）破壊駆動力としてのワイブル応力は、板中央埋没亀裂、板表面側への偏心埋没亀裂、表面亀裂の順に大きくなる。偏心埋没亀裂では、ワイブル応力は板表面側よりも内部側の方が大きく、従来の破壊力学的知見とは逆の傾向にある。これには、従来の破壊力学では解明できなかった板表面部と内部の塑性拘束差が影響している。

（３）球形ガスホルダーは内圧による２軸負荷を受けるが、表面亀裂や埋没き裂のワイブル応力には２軸負荷の影響は小さい（特に埋没き裂では無視できるほど小さい）。

（４）溶接残留応力の影響は、亀裂タイプによらず継手の全面降伏以前の負荷レベルに限られ、引張残留応力によってワイブル応力が増加する（破壊駆動力が大きくなる）。しかし、全面降伏以後は、残留応力は影響しない。

（５）これらの特徴をふまえ、ISO 27306 にならって、広幅溶接継手と小型破壊靭性試験片が同じワイブル応力を示す変形レベルを与える等価 CTOD 比を、780MPa 級高張力鋼球形ガスホルダー溶接継手（溶接熱影響部）について導いている。溶接継手の等価 CTOD 比は、①破壊靭性試験片よりも広幅継手の方が亀裂前縁に占める粗粒熱影響部長さが十分大きくなりうる、②広幅継手における引張残留応力の存在、のために鋼板の場合に比べて大き目の値となる。

（６）その場合でも溶接継手のワイブル応力は、同じ CTOD レベルの破壊靭性試験片よりも明らかに小さく、この特性を反映した等価 CTOD 比を用いることにより、従来の破壊力学的手法よりも高精度な FFS 評価が可能となる。

以上のように、本論文はワイブル応力クライテリオンに基づき球形ガスホルダーの合理的な FFS 評価手法を開発したもので、従来の破壊力学的パラメータ（CTOD）を補正する溶接部の等価 CTOD 比を導き、ワイブル応力に馴染みのない技術者にも使えるようにしている。ここで開発された手法は、ガスホルダーのみならず、一般溶接構造物の欠陥評価や必要破壊靭性値の合理的決定などに適用でき、鉄鋼利用分野の耐破壊安全設計の発展に資するところが大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。