



Title	厚鋼板の溶接T継手部における脆性き裂伝播停止性能確保に関する研究
Author(s)	半田, 恒久
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59960">https://hdl.handle.net/11094/59960</a>
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。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	はん だ つね ひさ 半 田 恒 久
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	第 2 5 7 0 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 11 月 6 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	厚鋼板の溶接 T 継手部における脆性き裂伝播停止性能確保に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 南 二三吉 (副査) 教 授 才田 一幸 教 授 村川 英一 准教授 大畑 充 名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻准教授 田川 哲哉

## 論 文 内 容 の 要 旨

脆性き裂アレスト設計の二重安全化という新たなアレスト設計の実現に向けた検討を行った。本研究では、第一段階として、大型コンテナ船ハッチサイドコーミングにおいて、万一発生・伝播した脆性き裂を強力甲板とハッチサイドコーミングのT継手構造不連続部で停止させることを考え、第二段階として、万一T継手構造不連続部を脆性き裂が走り抜けた場合には、強力甲板に適用した鋼板母材のアレスト性能により脆性き裂を停止させることを想定した。

まず、脆性き裂アレスト設計二重安全化の第一段階、すなわちT継手構造不連続部における脆性き裂伝播停止性能の確保を目指し、脆性き裂伝播停止挙動に及ぼす構造不連続の影響を調査した。その結果、構造不連続寸法（未溶着幅）が長くなるに伴い、T継手部に突入する脆性き裂は停止しやすくなり、未溶着部を設けた継手構造とすることにより、通常の極厚造船EH級鋼を適用したT継手において突入する脆性き裂が停止しうることが分かった。未溶着部の存在により脆性き裂が停止しやすくなるのは、き裂がフランジ内部に拡大する段階での応力拡大係数が未溶着部の存在により小さくなるためと考えられた。

次に、脆性き裂アレスト設計二重安全化の第二段階のアレスト対策に必要となる、鋼板（強力甲板）母材の脆性き裂伝播停止性能の向上ため、鋼板の低温靱性と集合組織に着目し、脆性き裂伝播停止靱性に及ぼすそれぞれの因子の影響度を明らかにし、脆性き裂伝播停止靱性向上メカニズムを考察した。脆性き裂伝播停止温度には、鋼材靱性はもとより、集合組織の果たす役割が大きく、脆性き裂伝播停止温度と材料特性の相関を表すパラメータとして、 $vTrs(^\circ C) - 12X_{(100)} - 22X_{(211)}$ が導かれた。すなわち、シャルピー破面遷移温度 $vTrs$ が低く、(100)面配向度 $X_{(100)}$ および(211)面配向度 $X_{(211)}$ が高いほど、き裂停止性能が高くなることが分かった。集合組織を有する鋼板のき裂停止性能が高くなるのは、き裂伝播中に微細分岐発生を伴うためと考えられた。また、構造不連続の無い完全溶込みT継手に対する評価を安全側評価と位置付け、脆性き裂伝播を阻止するのに必要な脆性き裂伝播停止靱性Kca値を考察した。その結果、完全溶込みT継手部のフランジ内を拡大するき裂の応力拡大係数はき裂最深部で最も大きく、き裂最深部がフランジ表面から30～40mm（フランジ板厚の1/2～2/3）の位置に拡大した段階で最小となり、この最小値が必要Kca値になることがモデル

実験とFEM解析により示された。

最後に、荷重条件が実船条件と等価となる超大型試験条件を明確にし、脆性き裂アレスト設計二重安全化の第一段階と第二段階の各段階における安全性を実船条件相当の超大型試験で検証し、脆性き裂アレスト設計の二重安全化が有用な設計概念になり得ることを確認した。

## 論文審査の結果の要旨

船舶海洋分野においては、中国・韓国に代表されるアジア諸国の経済成長に伴う市場の国際化により、世界規模で海上輸送量が増大し続けており、特に、コンテナ船の大型化には著しいものがある。コンテナ船は、積載能力や荷役効率向上のために上部開口部を大きくとった構造となっていて、強力甲板およびハッチサイドコーミングには高い応力がかかる。このため、部材を高強度化・厚肉化する必要があるが、そうすればするほど、破壊防止設計をより確実なものにする必要がある。本研究は、この問題に対して、大型コンテナ船における「脆性き裂アレスト設計の二重安全化」という新たな設計思想を導入し、万一ハッチサイドコーミングで脆性き裂が発生したとしても、第1段階として強力甲板との溶接 T 継手部で停止させる、第2段階として脆性き裂が溶接部を通り抜けたとしても強力甲板で確実に停止させる、ことを目的とした設計手法の開発・構築を図っている。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) 第1段階の脆性き裂伝播停止、すなわち、ハッチサイドコーミングと強力甲板との溶接 T 継手部で脆性き裂を伝播停止させるには、T 継手部に未溶着部を設ける不連続構造とすることが有効である。これは、T 継手ウェブを伝播してきた脆性き裂がフランジに突入する時点では、未溶着部の存在によりき裂の応力拡大係数（破壊駆動力）が増加するものの、き裂がフランジ内部に突入すると、①未溶着部の存在によるき裂分離効果と、②き裂の埋没効果（フランジ表層部は破壊しにくいので埋没型のき裂となること）により、未溶着部のない完全溶込み継手に比べて、応力拡大係数の低下が大きいことによる。

(2) 第2段階の脆性き裂伝播停止、すなわち、万一脆性き裂が溶接 T 継手部を通り抜けたとしても強力甲板で停止させるには、強力甲板の低温靱性向上と集合組織（特に(211)面の集合組織）の活用が有効である。集合組織の活用は従来にはない新しい知見であり、集合組織を活用すると、低温靱性がそれほど優れなくとも脆性き裂の伝播を阻止できる。この効果を定量化すべく、脆性き裂伝播停止靱性  $K_{ca}$  を集合組織の配向度と低温靱性（破面遷移温度で代表）の関数として表現し、 $K_{ca}$  と材料特性の相関関係を導いている。

(3) (211)面の集合組織の活用により脆性き裂伝播停止能が向上するのは、き裂伝播過程でき裂の微細分岐が生じ、それによってき裂の応力拡大係数が低減することによる。この効果により、脆性き裂伝播停止に必要な鋼板靱性  $K_{ca}$  は、脆性き裂がフランジに突入する時点での応力拡大係数よりも小さくてよく、板厚 50mm を越える造船用 EH 級厚鋼板の場合、約 5,000N/mm<sup>3/2</sup>であることを示している。

(4) 第1段階および第2段階のき裂伝播停止を、脆性き裂伝播による応力反射波の影響が小さい実船規模の大型試験で確認し、本論文の提案の「脆性き裂アレスト設計の二重安全化」の考え方の有効性を検証している。

以上のように、本論文は大型コンテナ船で発生しうる脆性破壊を対象とし、万一脆性き裂がハッチサイドコーミングで発生したとしても、第1段階として強力甲板との溶接 T 継手部で停止させる、第2段階として脆性き裂が溶接部を通り抜けたとしても強力甲板で停止させる、という「脆性き裂アレスト設計の二重安全化思想」を提案し、実船で十分実現可能な設計法であることを検証している。ここで開発された設計手法は、コンテナ船やバルクキャリアなどの大型船舶構造の安全性評価分野、ならびに、大型溶接構造の健全性評価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。