

ブラスト処理による溶接止端部の疲労強度向上効果 に関する研究

藤井, 壽裕

<https://hdl.handle.net/2324/4475074>

出版情報 : Kyushu University, 2020, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名： 藤 井 壽 裕

論 文 名： ブラスト処理による溶接止端部の疲労強度向上効果に関する研究

区 分： 甲

論 文 内 容 の 要 旨

国際船級連合 (IACS) に加盟するすべての船級協会では、船長 90m 以上のばら積貨物船及び船長 150m 以上の二重船殻油タンカーに対して共通構造規則 (CSR BC & OT, 以下では単に CSR と称する) を統一的に運用している。CSR 適用前は、ばら積貨物船及びタンカーに関する船体構造の船級規則は各船級協会が独自に決めていたが、CSR により統一化され、船級間での船体構造に関する規則の差は無くなった。

CSR では、設計条件が厳しく設定されたことに加えて多くの箇所に対して極詳細メッシュの疲労解析の実施が要求されたこともあり、以前の同種船に対する船級規則に比べて一層安全側の構造強度確保が要求される。そのため、過去に同種船において損傷実績の無い部位に対しても、大幅な補強が必要とされる場合もある。すなわち、CSR を満足する船体構造設計の結果、構造強度の観点では過剰品質ともいえる船体の建造が必要となることが懸念される。

最近の溶接構造物の損傷形態としては疲労が大半であることから、種々の疲労強度改善手法が提案されている。船体建造の現場で比較的適用される疲労強度改善対策としては、グラインダーによる溶接止端部の整形が一般的である。同手法により疲労寿命は 2 倍程度に向上出来ると CSR でも規定されている。また、溶接止端部近傍のピーニング処理もグラインダーと同等であると規定されている。加えて近年では HFMI 手法と総称される高周波の溶接止端打撃による疲労強度改善に関する研究も盛んである。

溶接止端部近傍に対するピーニング処理による疲労強度改善のメカニズムは、止端部形状整形による応力集中の緩和と打撃により圧縮残留応力場を発生させることとの相乗効果である。ここで、打撃による圧縮残留応力を発生させる効果に着目すると、船体建造の塗装前処理工程の一つであるブラスト処理工程も同様の効果を生じることが期待される。IMO で 2006 年に採択された新塗装性能基準 (PSPC) 及びこれを強制化させる SOLAS 条約 II-1 章 3-2 規則の改正に対応するため、バラスタンク内のブラスト施工が必要となった。加えて、バラスタンク以外でもホールド区画などでブラスト処理が広く適用されるようになった。ブラスト処理では細かい粒子で塗装面を打撃することから、ピーニングと同等の効果が得られることが期待される。特に溶接ビードに対しては入念なブラスト処置が要求されているため、疲労強度改善に寄与するレベルの圧縮残留応力場が溶接止端部に形成されていると推察される。

上記のような塗装工程からの要求に対処する結果、溶接止端部近傍にはかなりの圧縮残留応力場が形成され、自ら疲労強度も溶接ままの継手以上に改善されていると推察される。すなわち、ブラスト処理効果を疲労強度評価に算入していない現在の規則は、結果的に耐疲労強度に対して過剰品質を要求していることが懸念される。このような塗装前のブラスト処理が疲労強度改善に及ぼす影響については、Hensel らや Gericke らによる検討が報告されている。

本研究では、溶接継手に対してのピーニング処理影響と同様にブラスト処理においても疲労強度

が改善するかについて検証を行った。はじめに溶接部近傍の残留応力がブラスト処理、ピーニング処理を施工する事によりどのように変化するかを、溶接ままの継手と比較した。ブラスト処理により溶接止端部に圧縮残留応力場が形成されることを確認した後に、疲労試験を実施して疲労強度向上効果を検証した。検証した溶接継手の種類は、すみ肉溶接による T 継手と、突合せ溶接継手とした。加えて、疲労試験により確認した疲労強度改善効果を考慮して、船体構造に対する疲労照査を行い、ブラスト処理効果を考慮することが船体構造設計に及ぼす影響についても考察した。

第 1 章は緒言で、本研究の背景、位置づけ、目的及び構成について述べる。

第 2 章では、溶接継手の残留応力分布がブラスト処理により変化しているか否かを検証するため、ブラスト処理及び疲労強度改善を目的として施工されるピーニング処理を施した溶接継手の残留応力分布を測定し、溶接まま継手の残留応力分布と比較することで、ブラスト処理により生じる残留応力分布の特徴を調査した。

第 3 章では、ブラスト処理された溶接継手の疲労強度を検証するために疲労試験を実施し、ピーニング処理された継手及び溶接まま継手との比較検討を行った。また、CSR BC & OT により船体構造の疲労強度照査に用いることが規定されている S-N 線図との比較も行った。

第 4 章では、前章においてブラスト処理の疲労強度改善効果について確認したことを踏まえ、バルクキャリアを対象に CSR BC & OT 規則で規定された計算方法において実測の S-N 線図を適用することで、どの程度の疲労強度改善効果が得られるのかを検証した。また、疲労強度が向上したことを考慮して強度評価を行った場合に、どの程度構造部材寸法に影響が生じるのかについても検証した。

第 5 章では、本論文で得られた結果のまとめと結論を述べた。