

JWES-IS-9201

# 溶接構造物の脆性破壊強度評価方法

—WR—3委員会中間報告書—

平成4年2月

社団法人 日本溶接協会  
鉄鋼部会 WR—3委員会

## 目 次

1. WR-3 委員会の活動について
2. 破壊強度評価法と問題点
3. 鋼材及び鋼溶接部のCTOD  
試験法のあり方と問題点
4. 溶接構造物の疲労き裂解析評価法
5. 構造物の安全性と信頼性

W R - 3 委員会 の 活動 について

平成 4 年 2 月

社 団 法 人 日 本 溶 接 協 会

鉄 鋼 部 会 W R - 3 委 員 会

WR-3委員会の活動について

1. 委員会設立主旨とその背景

WES 2805 「溶接継手のぜい性破壊に対する欠陥の評価方法」は昭和51年制定以来、55年の改正、昭和58年にWSDR委員会による「信頼性工学による検討」など解説の増補を経て、今日に至っている。この間、種々の溶接構造物における設計時の安全性の検証、発見された欠陥の評価、事故原因の究明など大いに活用され、国際的にも評価されているが、長期にわたる運用経験から幾つかの問題点も指摘されている。また、その後の研究の発展から新しい知見も得られており、より精度の高い評価が可能となった部分も少なくない。さらに、種々の不確実要因、確率的要因に対し、そのモデル化、信頼性工学的アプローチによる取扱いの重要性がますます認識されるようになり、信頼性工学を取り込んだ構造設計指針なども散見されるようになってきた。制定後16年という年月からみても同基準を見直す時期にきているといわざるを得ない。

英国BSIでは、PD6493「Draft Published Document for Guidance on Some Methods for the Derivation of Acceptance Levels for Flaws in Fusion Welded Joints」の改訂がWES 2805と同様な理由によって進められており、その原案もほぼ出来上がっている。IIWでも、「IIW Recommendation on the Application of an Engineering Critical Assessment (ECA) in Design, Fabrication and Inspection to the Fitness for Purpose of Welded Structures」(Comm.V, X, XIII, XV)がとりまとめられており、ECAあるいはFitness for Purposeといった概念を積極的に推奨する動きがみられる。BSでは、最近の弾塑性破壊力学の発展を踏まえて、従来のCODデザインカーブを基礎とした方法に加えて、破壊力学的強度評価と構造部材の塑性崩壊強度評価とを同時に行おうとする2パラメータ法(FADアプローチ、CEGB-R6法)を加え、また疲労強度に関しても詳細な評価指針を呈示しており、ECAの対象とする損傷形態をより拡大した改訂となっている。また、安全率、信頼度など信頼性工学を念頭においた記述が増えているのも特徴である。

このような状況に鑑み、WES 2805も全面的な見直し、改訂の必要があるとの認識が大勢となってきた。破壊力学を基礎とした欠陥評価法に限っても各国の現状

は共通点も少なくないが、相違点も多く、これを統一しようとする I I W の方針も具体化は容易ではないと思われるが、わが国としては、世界の現状と方向について正確な把握と評価を踏まえた上で、わが国の明確な見解を示す必要があり、その時期でもあると思われる。このような背景から、日本溶接協会鉄鋼部会内に、現行 W E S の問題点の抽出と検討、諸外国の状況調査を踏まえた上での最新の技術的、学術的知見と信頼性工学的方法の積極的導入による全面改訂を目的として、W R - 3 委員会を平成元年度に設立、作業を開始した。

## 2. 委員会活動の概要

委員会は鉄鋼各社、重工各社、ユーザ各社、中立研究機関よりの委員約 30 名から構成されており、委員会内に下記の五つの W G を設けて、各主題毎に検討し、それらを本委員会に上げるか、拡大幹事会で総合的に調整した後、本委員会に上げて意見交換を行っている。各 W G の作業には極めて専門的な知識を必要とする部分が多く、W G のみの専門委員にも参加して頂いている。

### W G - A : 疲労き裂伝播 (主査 酒井啓一(I H I))

溶接構造物の安全性を評価する上で、各種欠陥からの疲労き裂進展あるいは欠陥を含む継手の疲労寿命の評価が重要である。この W G では溶接構造における疲労き裂進展則とその解析手法の調査、研究を中心として従来は対象に含まれていなかった Blow Hole、Slag Inclusion など立体的欠陥も対象にして溶接継手の疲労破壊に対する安全性評価に関する基準原案の作成を目的として作業を進めている。

### W G - B : C T O D の力学的算定 (主査 萩原行人(新日鉄))

W E S 2805 では破壊パラメータとして C T O D を用いており、発見された欠陥の使用条件下における C T O D を算定し、破壊靱性と比較させることによって安全性を評価している。このプロセスには単純化に伴う不確実さや知見の不足による不確実さが含まれており、この他にも欠陥の基準化、等価欠陥への置換など規格として最も問題のあるところともいえる。この W G の作業対象は、いわば破壊力学による欠陥評価手法を如何に具体化するかであり、そのプロセスの各段階について実験および数値解析によって検討を進めている。B S 規格改訂原案ではこの部分が大きく改訂されようとしており、それらの実験的・解析的検討もこの W G の対象となっ

ている。

WG-C： 破壊靱性と試験法 (主査 豊田政男(阪大))

WES 2805 の欠陥評価に用いる破壊靱性値のあり方について信頼性工学的手法も交えて検討し、基準案の作成を行っている。それに関連してCTOD試験法が国内規格にはないため、CTOD試験法の規格原案の作成も行っている。さらに、評価法、その解釈に種々問題のある溶接部への適用について検討している。

WG-D： 安全率と信頼性 (主査 宮田隆司(名大))

現行WES 2805では、評価の各段階に生じる不確かさについては充分安全と考えられるように設定するという形で決定論的に処理しており、それがどの程度の安全余裕をみているのか、安全率としてどの程度の値に相当するかなどは明示されていない。このため基準を実際に適用するに際して、荷重、靱性値、欠陥寸法、算定されたCTOD値などに関して適宜安全率を設定すべきか否か戸惑う場合もみられる。冒頭にも述べたようにこの点については各国とも信頼性工学の導入に積極的な姿勢をみせており、WES 2805 でも観念的ではあるが解説で信頼性工学的手法について触れている。改訂に際してはこれを具体化することが必要と考えられる。このWGでは、海洋構造物、溶接構造物、橋梁など各国の各種規格における安全率、信頼性工学の導入状況について調査し、規格に具体的にどのような形で盛り込むかを検討している。

WG-E： 他規格との整合性他 (主査 旧 長谷川邦夫(日立製),現 小野塚正一(IHI))

規格作成に当たって、同種の規格・基準との評価対象の差異、対象とする破損形態の差異、評価各段階の手順など詳細に検討し、整合すべきところは整合させることが必要と思われる。このWGでは、ASME Sec.XI (米)、CEGB R6 (英)、KTA 3201.4 (独)、RCCM-B3260(App. ZG) (仏)などとWES 2805 とを、定量的なケーススタディを交えて比較検討している。

以上のWGのうち、WG-A、B、Cについては、作業がかなり進捗し、成果が具体化しつつあるので本研究発表会で報告することとした。最終的にどのような規格案が策定されるか未確定の部分が多いが、関係各位の多大な御努力によりわが国独自の先進的な基準が生まれることが期待される。

## 構 成 委 員

委員 長	町 田 進	東京大学工学部船舶海洋工学科
W・G-A		
主査	酒 井 啓 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所接合研究部
委員	的 場 正 明	東京大学工学部船舶海洋工学科
委員	小 林 英 男	東京工業大学工学部機械物理工学科
委員	三 木 千 寿	東京工業大学工学部土木工学科
委員	角 洋 一	横浜国立大学工学部建設学科
委員	太 田 昭 彦	科学技術庁金属材料技術研究室環境性能研究部第5研究室
委員	上 村 武	石川島播磨重工業(株)技術研究所構造強度部
委員	尾 野 英 夫	川崎重工業(株)技術研究所強度研究室
委員	川 井 豊	川崎製鉄(株)エンジニアリング事業部研究開発センター構造研究室
委員	栗 原 正 好	日本鋼管(株)鉄鋼研究所京浜研究所鋼材研究室
委員	征 矢 勇 夫	新日本製鉄(株)鉄鋼研究所厚板・破壊力学研究部
委員	出 口 明 雄	三菱重工業(株)横浜研究所構造強度研究室
委員	深 倉 寿 一	(株)東芝重電技術研究所
委員	林 忠 宏	東京大学工学部船舶海洋工学科
W・G-B		
主査	萩 原 行 人	新日本製鉄(株)鉄鋼研究所厚板・破壊力学研究部
委員	角 洋 一	横浜国立大学工学部建設学科
委員	豊 貞 雅 宏	九州大学工学部造船学科
委員	宮 田 隆 司	名古屋大学工学部材料機能工学科
委員	吉 成 仁 志	東京大学工学部船舶海洋工学科
委員	的 場 正 明	東京大学工学部船舶海洋工学科
委員	藤久保 正 彦	広島大学工学部船舶海洋工学科
委員	有 持 和 茂	住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所厚板建材研究室
委員	糸 賀 興 右	川崎重工(株)技術研究所溶接・加工研究室
委員	梶 本 勝 也	三菱重工業(株)広島研究所材料・強度研究室
委員	木 内 晃	(株)神戸製鋼所機械研究所構造強度研究室
委員	酒 井 啓 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所接合研究部
委員	中 野 善 文	川崎製鉄(株)鉄鋼研究所鋼材研究部強度接合研究室
委員	松 下 久 雄	三井造船(株)千葉研究所エネルギー研究部
W・G-C		
主査	豊 田 政 男	大阪大学工学部生産加工工学科
委員	南 二三吉	大阪大学工学部生産加工工学科
委員	三 村 宏	横浜国立大学工学部生産工学科

委員	吉 成 仁 志	東京大学工学部船舶海洋工学科
委員	有 持 和 茂	住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所厚板建材研究室
委員	井 上 健 裕	新日本製鐵(株)鉄鋼研究所厚板・破壊力学研究部
委員	岩 館 忠 雄	(株)日本製鋼所室蘭研究所
委員	小野塚 正 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所構造強度部
委員	栗 原 正 好	日本鋼管(株)鉄鋼研究所京浜研究所鋼材研究室
委員	登 根 正 二	(株)神戸製鋼所加古川製鉄所鋼板開発部厚板開発室
委員	中 野 善 文	川崎製鐵(株)鉄鋼研究所鋼材研究部強度接合研究室
委員	道 場 康 二	川崎重工業(株)技術研究所溶接・加工研究室
委員	鈴 木 康 弘	東京大学工学部船舶海洋工学科
委員	崔 大 洵	東京大学工学部船舶海洋工学科

W・G-D

主査	宮 田 隆 司	名古屋大学工学部材料機能工学科
委員	板 垣 浩	横浜国立大学工学部船舶・海洋工学教室
委員	朝 田 洋 雄	航空宇宙技術研究所機体部実機強度研究室
委員	伊 藤 誠 一	航空宇宙技術研究所機体部実機強度研究室
委員	藤 井 英 輔	運輸省船舶技術研究所材料加工部
委員	青 木 満	東京電力(株)技術研究所エネルギー研究室
委員	石 倉 則 義	大阪ガス(株)技術部
委員	小 口 憲 武	東京ガス(株)技術研究所材料・力学研究グループ
委員	小野塚 正 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所構造強度部
委員	梶 本 勝 也	三菱重工業(株)広島研究所材料・強度研究室
委員	川 口 義 明	住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所基盤技術研究部応用力学研究室
委員	福 岡 哲 二	三井造船(株)特機システム事業部特殊クラフト技術部
委員	佐 藤 拓 哉	日揮(株)デザインエンジニアリング本部技術部構造解析チーム
委員	萩 原 行 人	新日本製鐵(株)鉄鋼研究所厚板・破壊力学研究部
委員	宇 野 清 隆	日本鋼管(株)応用技術研究所津第1研究部
委員	鈴 木 康 弘	東京大学工学部船舶海洋工学科

W・G-E

(旧)主査	長谷川 邦 夫	(株)日立製作所機械研究所
(現)主査	小野塚 正 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所構造強度部
委員	浅 野 政 之	(株)東芝重電技術研究所
委員	菅 野 智	(株)日立製作所機械研究所第3部34研究室
委員	斉 藤 正 博	(株)東芝原子力材料科学技術グループ
委員	船 田 達 夫	三菱重工業(株)高砂研究所材料・強度研究室