

JWES-IS-8102

# 破壊靱性基準に関する研究

—FTC委員会共同研究総合報告書—

昭和56年 2 月

社団法人 日 本 溶 接 協 会  
鉄鋼部会 技術委員会 FTC委員会

## は し が き

社団法人 日本溶接協会 鉄鋼部会技術委員会では鋼材の破壊靱性値の特性に関する基礎的検討の必要性を認め、昭和53年度よりFTC委員会を発足させて、昭和55年度にわたり共同研究を実施した。これはCOD・J積分破壊基準に関する従来の研究をふまえ、これらのパラメータによって表わされる破壊靱性値の板厚・切欠尖鋭度の影響及びばらつきに関する系統的实验を実施し、これらの特性を把握することを目指したものである。

本共同研究は、中立機関・施工各社・製鋼各社において分担実施され、研究結果はFTC委員会において検討が加えられた後、ここに本報告書がとりまとめられた。

# 目 次

はしがき	1
委員会構成	3
1. 緒 言	4
2. 研究内容	5
2.1 研究項目	5
2.2 供 試 材	5
2.3 試験内容及び実施担当	6
3. 試験片形状・試験方法・破壊靱性パラメータの算定式	8
3.1 試験片形状	8
3.2 試験方法	10
3.3 破壊靱性パラメータの算定式	10
4. 試 験 結 果	15
4.1 供試材の材料基礎試験	15
4.2 破壊靱性値に及ぼす板厚の効果	22
4.2.1 $\delta_c$ 値	22
4.2.2 $J_c$ 値	23
4.2.3 ま と め	25
4.3 破壊靱性値におよぼす切欠尖鋭度の影響	36
4.3.1 $\delta_c$ 値（限界COD値）について	36
4.3.2 $J_c$ 値（限界J値）について	38
4.3.3 ま と め	39
4.4 破壊靱性値の統計的分布の調査	59
4.4.1 試験結果	59
4.4.2 ま と め	59
5. 総 合 考 察	66
5.1 破壊パラメータ $\delta$ 値, J 値について	66
5.1.1 $\delta_c$ 値, $J_c$ 値の算定式による差異について	66
5.1.2 $K_c$ と $J_c$ , $J_c$ と $\delta_c$ の関連について	67
5.1.3 ま と め	67
5.2 板厚の効果	75
5.2.1 遷移温度領域における $\delta_c$ 値の板厚依存性	75
5.2.2 遷移温度領域における $J_c$ 値の板厚依存性	75
5.2.3 上部棚における $\delta_c$ 値の板厚依存性	75
5.2.4 $\delta_c$ と $J_c$ の関係	77
5.2.5 ま と め	77
5.3 切欠尖鋭度の影響	87
5.3.1 三点曲げCOD試験片での $\delta_c$ 値に対する切欠尖鋭度の影響	87
5.3.2 Deep Notch 試験片における切欠尖鋭度が $\delta_c$ 値におよぼす効果	90
5.3.3 $J_c$ 値におよぼす切欠尖鋭度の影響	97
5.3.4 ま と め	101
5.4 破壊靱性値の統計的分布	103
5.4.1 ワイブル分布の性質とパラメータの推定	103
5.4.2 遷移温度領域における破壊靱性値のばらつき評価について	106
5.4.3 ま と め	108
5.5 Fibrous Crack 発生問題	111
付 録	114

（試験結果一覧表）

## 委 員 会 構 成

主 査	金 沢 武	東京大学 工学部船舶工学科
副 主 査	町 田 進	東京大学 工学部船舶工学科
幹 事	中 野 善 文	川崎製鉄(株)技術研究所厚板研究室
"	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	粟飯原 周 二	東京大学 工学部船舶工学科
"	青 木 真 一	川崎製鉄(株)技術開発部
"	有 持 和 茂	住友金属工業(株)中央技術研究所溶接研究室
"	安 藤 柱	横浜国立大学工学部エネルギー材料研究施設
"	石 沢 隆 夫	(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部鋼板技術部
"	岩 瀬 敏 典	川崎重工業(株)鉄構事業部加古川工場技術課
"	岩 永 寛	住友金属工業(株)技術開発調査部
"	大 野 章	新日本製鉄(株)技術開発部
"	大 橋 延 夫	川崎製鉄(株)技術研究所
"	小 倉 信 和	横浜国立大学工学部エネルギー材料研究施設
"	小山内 真 二	(株)日本製鋼所開発技術本部
"	笠 松 裕	(株)神戸製鋼所加古川製鉄所鋼板開発部
"	金 田 重 裕	東京大学 工学部船舶工学科
"	岸 本 宏 次	三井造船(株)千葉研究所溶接研究室
"	北 村 茂	船舶技術研究所船体構造部
"	栗 田 義 之 夫	日本鋼管(株)技術研究所第3研究部
"	越 賀 房 夫	日本鋼管(株)技術研究所第3研究部
"	酒 井 啓 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所構造強度部
"	佐 藤 正 信	三菱重工業(株)技術本部高砂研究所強度研究室
"	島 崎 正 英	(株)日本製鋼所室蘭製作所研究部
"	鈴 木 是 明	(株)日本製鋼所室蘭製作所研究部
"	豊 貞 雅 宏	日立造船(株)技術研究所強度研究室
"	豊 田 政 男	大阪大学 工学部溶接工学科
"	藤 井 英 輔	船舶技術研究所 溶接工作部
"	正 岡 功	(株)日立製作所日立研究所MRセンター
"	松 村 裕 之	川崎重工業(株)技術研究所溶接研究室
"	三 村 宏	新日本製鉄(株)製品技術研究所第2研究部
"	宮 田 隆 司	名古屋大学 工学部鉄鋼工学科
"	宮 部 隆	日本鋼管(株)鉄鋼技術部
"	矢 島 浩	三菱重工業(株)技術本部長崎研究所船体強度研究室
"	矢 貫 徹	東京芝浦電気(株)重電技術研究所金属技術グループ
討議参加者	安 藤 清	三菱重工業(株)技術本部長崎研究所船体強度研究室
"	秋 山 俊 弥	日本鋼管(株)技術研究所第3研究部
"	糸 賀 興 右	川崎重工業(株)技術研究所溶接研究室
"	金 子 康 弘	日本鋼管(株)鉄鋼技術部
"	島 貫 静	(株)日立製作所日立研究所MRセンター
"	鈴 木 充	住友重機械工業(株)平塚研究所第三研究室
"	砂 本 大 造	三菱重工業(株)技術本部高砂研究所強度研究室
"	高 島 弘 教	新日本製鉄(株)製品技術研究所第2研究部
"	富 松 実	三菱重工業(株)技術本部高砂研究所強度研究室
"	長谷部 茂 雄	住友金属工業(株)厚板技術サービス室
"	福 田 隆	(株)日本製鋼所室蘭製作所研究部
"	松 岡 雅 典	(株)神戸製鋼所加古川製鉄所鋼板開発部
"	松 下 久 雄	三井造船(株)千葉研究所溶接研究室
"	吉 成 仁 志	東京大学 工学部船舶工学科
"	渡 辺 孫 也	住友金属工業(株)技術開発調査部

# 1. 緒 言

近年の破壊力学研究の進歩にはめざましいものがあり、その研究成果は工業的に広く応用されるようになってきている。破壊に関する研究のうち、脆性破壊発生特性については、塑性変形を考慮した破壊の力学的パラメータとして、COD概念・J積分概念がとりあげられ、研究が進められてきている。COD概念についてはすでにかかなりの材料データの蓄積がなされてきており、3点曲げCOD試験は工業的破壊靱性試験方法としてほぼ確立された観がある。また、溶接協会規格WES 3003「低温構造用鋼板判定基準」のうち、G種（一般に脆性破壊を考慮する溶接構造物に使用する鋼板）に関する記述を脆性破壊伝播停止特性を基にした基準から、COD概念を基にした基準への改訂も検討されてきている。一方、J積分概念は最近広い方面から注目されてきているが、JI委員会においてCOD概念と比較検討を行ったところ本質的な差のある概念ではないとの結論が見出されている。

しかしながら、これらの力学的パラメータは微視的な破壊機構の説明から導かれたものではなく、実験的検証により破壊のパラメータとしての有効性が明らかにされているものである。また現段階ではき裂の力学的取り扱いも問題の複雑さに起因し二次元的取り扱いに留まり、そのため板厚による拘束効果など破壊の本質に関わる問題についても統一の取り扱いができず、現象論的な取り扱いに留まっている課題もある。一方、二次元モデルにより取り扱い可能であると考えられる、切欠先端幅が有限である切欠からの破壊発生については定量化の試みは見られるが、さらに系統的に検討されるべき課題と思われる。これらの因子を工業の見地から見ると、板厚効果については近年における厚板使用の機会増加に伴い、厚板の破壊発生特性さらに通常の板厚の破壊発生特性との対応を把握しておく必要がある。また、切欠尖鋭度の影響については我国の工業的破壊靱性試験の多くは有限幅をもつ機械切欠で行われていることを考えると、実構造物に存在すると思われる鋭い欠陥からの破壊発生特性との対応が大きな問題となる。この様にこれら諸因子は工業的にも早急に解決を迫られている課題でもある。

ところで、破壊という現象はそもそも確率的性質を有し、破壊試験によって得られる結果も、ある確率分布関数にもとづく実現値であるとの認識がなされている。構造物の安全性を保証するには、この分布の性状を把握し、材質の評価をすることが必要と思われるが、現時点では基準となる材料データに乏しく、分布の性状も把握されていない。そこで、同一の試験条件により得られる材料データを蓄積し、評価法を確立する必要があると考えられる。

そこで本研究では、板厚効果・切欠尖鋭度効果・破壊の統計的分布の性質の三項目について系統的な材料データの蓄積を図り、破壊現象をよりの確に把握し、破壊を支配するパラメータについての知見を深めることにより、破壊力学の工業的応用の拡大、特にWES 3003 G種改訂のためのバックアップデータとすることを目的として共同実験を実施し、考察を行ったものである。

なお、本共同研究の結果を広く活用するため、共同実験の基礎データは溶接協会に保存されている。