

JWES-IS-7902

J積分破壊基準に関する研究

昭和 54 年 2 月

社団法人 日本溶接協会 鉄鋼部会
技術委員会 J I 委員会

目 次

は し が き	3
J I 委員会委員名簿	4
1. 緒 言	6
2. 研究内容	6
2.1 研究項目	6
2.2 供 試 鋼	7
2.3 試験内容および実施担当	7
1) 供試材, 材料基礎試験	7
2) J の算定と解析	7
3) J_c 破壊基準の工業的有効度	7
4) Notch Acuity の影響	8
5) 塑性拘束及び板厚効果	9
6) 衝撃負荷の影響	9
3. 試験結果	9
3.1 供試鋼の材料基礎試験	9
3.2 J_c 値に及ぼす試験方法, 試験片形状の影響	14
3.2.1 供試鋼MSの曲げ及び引張試験による検討	14
3.2.2 供試鋼H5の曲げ及び引張試験による検討	20
3.2.3 供試鋼H6の曲げ, 引張及びCT試験による検討	23
3.2.4 供試鋼H8の曲げ, 引張及びCT試験による検討	26
3.2.5 供試鋼LAの曲げ及び引張試験による検討	32
3.2.6 供試鋼LAの曲げ及びCT試験による検討	36
3.2.7 供試鋼A5AのCT試験による検討	37
— 試験片採取位置の影響及び $J_{critical}$ と $J_{initial}$ の比較 —	
3.3 J_c 値に及ぼす切欠鋭さ, 板厚及び塑性拘束の影響	40
3.3.1 供試鋼MSの曲げ及び引張試験による検討	40
3.3.2 供試鋼H8の曲げ試験による検討	45
3.3.3 供試鋼H8の引張試験による検討	49
3.3.4 供試鋼A5Aの曲げ試験による検討 (1)	53
3.3.5 供試鋼A5Aの曲げ試験による検討 (2)	55
3.3.6 供試鋼A5AのCT試験による検討	60
3.3.7 供試鋼A5Bの曲げ及びCT試験による検討	62
3.3.8 供試鋼H5の円周切欠丸棒試験による検討	67
3.4 J_c 値に及ぼす衝撃負荷の影響	69
3.4.1 衝撃曲げ試験による検討	69
(供試鋼MS, H8, LA)	
3.4.2 プリクラックシャルピー試験法による検討	72
(供試鋼 MS, H8, LA, A5A)	

4. 総合考察	81
4.1 J値算定法の検討	81
4.2 J_c 値の有効性	90
4.3 板厚効果	92
4.4 Notch Acuityの影響	94
4.5 拘束影響	96
4.6 疲労切欠挿入条件の影響	97
4.7 Fibrous Crack 発生問題	99
4.8 衝撃力の影響	101
4.9 JとCODの関係	102
4.10 J_{Ic} と J_c の関係	106

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、J 積分破壊基準の実用的意義の検討の必要性を認め、昭和 51 年度より J I 委員会を発足させて、52 年度にわたり共同研究を実施した。これは従来の豊富な COD 研究の実績をふまえ、J 積分破壊基準の基本的側面のみを主として実験的に調査して、そ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 J I 委員会において種々検討が加えられた後、本報告書がとりまとめられた。

J I 委員会 委員名簿

主	査	金	沢	武	東京大学船舶工学科
副	主	町	田	進	東京大学船舶工学科
幹	事	越	賀	房	日本鋼管(株)技術研究所
”	”	矢	貫	徹	東京芝浦電気(株)重電技術研究所
委	員	安	藤	良	東京大学原子力工学科
”	”	安	藤	柱	横浜国立大学エネルギー材料研究施設
”	”	飯	田	国	東京大学船舶工学科
”	”	稲	垣	道	金属材料技術研究所溶接研究部
”	”	今	井	保	防衛庁技術研究本部第1研究所
”	”	小	倉	信	横浜国立大学エネルギー材料研究施設
”	”	金	田	重	東京大学船舶工学科
”	”	北	村	茂	船舶技術研究所船体構造部
”	”	小	林	順	東京大学船舶工学科
”	”	豊	田	政	大阪大学溶接工学科
”	”	西	村	誠	名古屋大学鉄鋼工学科
”	”	藤	井	英	船舶技術研究所溶接工作部
”	”	宮	田	隆	名古屋大学鉄鋼工学科
”	”	青	木	真	川崎製鉄(株)技術開発部
”	”	大	橋	延	川崎製鉄(株)技術研究所
”	”	中	野	善	川崎製鉄(株)技術研究所
”	”	笠	松	裕	(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部
”	”	石	沢	隆	(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部
”	”	松	岡	雅	(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部
”	”	森	山	康	新日本製鉄(株)技術開発部
”	”	大	野	章	新日本製鉄(株)技術開発部
”	”	三	村	宏	新日本製鉄(株)製品技術研究所
”	”	中	尾	仁	新日本製鉄(株)名古屋製鉄所
”	”	萩	原	行	新日本製鉄(株)製品技術研究所
”	”	落	合	治	住友金属工業(株)東京技術部
”	”	長	谷	部	住友金属工業(株)東京技術部
”	”	有	持	和	住友金属工業(株)中央技術研究所
”	”	岩	永	寛	住友金属工業(株)中央技術研究所
”	”	太	田	幹	日本鋼管(株)鉄鋼技術部
”	”	金	子	康	日本鋼管(株)鉄鋼技術部
”	”	栗	田	義	日本鋼管(株)技術研究所
”	”	大	橋	明	(株)日本製鋼所鉄鋼技術部
”	”	渡	辺	十	(株)日本製鋼所室蘭製作所
”	”	島	崎	正	(株)日本製鋼所室蘭製作所

委 員	酒 井 啓 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所
"	小 野 塚 正 一	石川島播磨重工業(株)技術研究所
"	大 庭 浩	川崎重工業(株)破碎機事業部
"	須 藤 修 造	川崎重工業(株)技術研究所
"	松 村 裕 之	川崎重工業(株)技術研究所
"	寺 井 精 英	川崎重工業(株)技術研究所
"	岩 瀬 敏 典	川崎重工業(株)鉄構事業部
"	鈴 木 充	住友重機械工業(株)平塚研究所
"	佐々木 良 一	(株)日立製作所日立研究所
"	正 岡 功	(株)日立製作所技術研究所
"	豊 貞 雅 宏	日立造船(株)技術研究所
"	岩 本 宏 次	三井造船(株)千葉研究所
"	矢 島 浩	三菱重工業(株)長崎研究所
"	砂 本 大 造	三菱重工業(株)高砂研究所
討議参加者	松 島 義 男	東京大学船舶工学科
"	武 藤 睦 治	大阪大学溶接工学科
"	菊 竹 哲 夫	新日本製鉄(株)名古屋製鉄所
"	高 島 弘 教	新日本製鉄(株)製品技術研究所
"	川 口 喜 昭	住友金属工業(株)中央技術研究所
"	塚 本 雅 敏	住友金属工業(株)中央技術研究所
"	秋 山 俊 弥	日本鋼管(株)技術研究所
"	岩 崎 紀 夫	日本鋼管(株)技術研究所
"	岩 館 忠 雄	(株)日本製鋼所室蘭製作所
"	川 本 英 之	(株)日本製鋼所室蘭製作所
"	津 田 正 夫	(株)日本製鋼所鉄鋼技術部
"	木 下 統 雄	川崎重工業(株)技術研究所
"	多々良 敏 行	住友重機械工業(株)平塚研究所
"	橋 本 宗 到	住友重機械工業(株)平塚研究所
"	島 貫 静	(株)日立製作所日立研究所
"	谷 田 正 三	(株)日立製作所日立研究所
"	森 誉 延	(株)日立製作所日立研究所
"	松 下 久 雄	三井造船(株)千葉研究所
"	川 野 始	三菱重工業(株)長崎研究所
"	多 田 益 男	三菱重工業(株)長崎研究所
"	日 野 隆 博	三菱重工業(株)長崎研究所
"	佐 藤 正 信	三菱重工業(株)高砂研究所
"	富 田 実	三菱重工業(株)高砂研究所
事 務 局	池 原 平 晋	社)日本溶接協会鉄鋼部会
"	長 谷 川 義 治	

1. 緒 言

塑性変形をともなう破壊発生に対しては、今のところCOD(δ)概念がかなり有効であることが判明しており、それなりに多数のデータの蓄積もあるわけであるが、 δ 概念の実用化にあたって解決すべき問題も少なくない。

J積分は實際上、 δ 概念と大きな違いはないと考えられるが、 δ と比較して注目すべき特徴は、定義が明確であること、したがってそれなりの物理的意味も δ より明確であることであろう。わが国では δ がことにlarge scale yielding 下の破壊に対し比較的良い破壊パラメータとなることがわかっているが、何をもって δ の値とするかは便宜上の数学モデルであるDugdale Barenblatt の弾塑性クラック模型の上でのみ明確に定義できるだけであって、一般には適当な仮定により適宜定義してこれを定めざるを得ず、幾何学的、力学的条件が異なっている場合、それぞれの定義のされ方の等価性について理論的、ないし実験的保証が得られているわけではない。さらにこのことが δ 概念を条件の複雑な実際構造物の設計、施工、管理（欠陥評価）を行う上に応用するための具体的手順を確立する際の障害となっていることは周知のとおりである。J積分はある程度はこうした問題に実用的解決の道を与えてくれる可能性がある点が注目される。

J積分を破壊基準として用いようとする動きは主として米国にみられるが、どちらかという原子炉圧力容器など K_{Ic} 試験がむずかしいheavy section steelの K_{Ic} を小型試験から推定するための手段という立場で取扱われている点がわれわれの立場と異なっているように思われる。さらにJ積分が破壊パラメータとして実用上どの程度有効であり、どのような適用限界があるかという実験的データは少ないようである。

本研究は上記のような背景のもとにJ積分の評価法、破壊基準としての有効性、各種影響因子、CODとの関連など、共同研究を通じて各種の実験データの集積をはかることにより把握し、J積分概念の適用に際して必要な基礎資料を得ることを目的とした。

本研究計画は当初TM委員会において立案されたのであるが、同委員会の解散、JI委員会の発足と共にJI委員会において実施された。諸般の事情から研究の進捗が当初の計画より遅れたが、昭和52年度に実験を完了し、結果の技術的検討・考察を経て、本最終報告書がとりまとめられた。

本報告書の第3章は各担当者ごとの実験研究のまとめであり、第4章には検討項目ごとに総合的考察がなされている。

2. 研究 内 容

2.1 研究 項 目

検討の対象とした項目とその概要は次のとおりである。

研究項目(1) Jの算定法

いかにして精度よく、しかも簡便な方法でJ値を推定するかを、主としてFEMその他の数値解析法を用いて調査すると共に、切欠付試験片の荷重-変形測定などによる実験的検討を行う。

研究項目(2) J_c 破壊基準の工業的有効性

J_c 値がどの程度よく破壊挙動を説明し得るか (δ_c との比較も含む) を各種破壊試験を通じて実験的に調査する。切欠は原則として0.2 mm以下の幅の機械加工スリットとし、主に試験片寸法(切欠寸法)、形状、荷重様式を変化させたもの同志のJ_c 値の対比を行う。

研究項目(3) Notch Acuity の影響