(昭和 55 年 11 月 日本造船学会秋季講演会において講演)

板厚方向に材質の不均一をもつ材の

破壊挙動と靱性

----ステンレスクラッド鋼を用いた基礎的実験----

正員 豊 田 政 男* _{正員} 小 田 勇** 正員 佐 藤 邦 彦*

Fracture Behaviors of Fracture Toughness Testing Specimen with Heterogeneity Along Crack Front

-----Fundamental Study Using Specimens Extracted from Stainless Clad Steel-----

by Masao Toyoda, Member Isamu Oda, Member Kunihiko Satoh, Member

Summary

Fracture toughness tests of specimens with mechanical and metallurgical heterogeneity along crack front have been conducted. Using specimens cut from stainless clad steel (high tensile strength of 80 kg/mm² strength level with SUS 304 stainless steel), both the conventional V-notch Charpy test and the bending COD test are performed to investigate the effect of the heterogeneity on the process of fracture and the fracture toughness controlling parameters.

Absorbed energy of clad specimen in V-notch Charpy test is affected by various complicate factors such as fractions of brittle regime, energy for initiation of crack in the vicinity of notch tip, and energy for propagation of crack. In the heterogeneous material, absorbed energy in Charpy test may not be a proper fracture toughness parameter. The processes of fracture of static bending notched specimens are as follows: At low temperature, cleavage type fracture firstly initiates only in HT 80 steel region, and at high temperature, ductile fracture firstly initiates in SUS 304 steel region. In the case of fracture toughness testing of heterogeneity materials, it seems that stretched zone width can be a proper parameter of fracture toughness in particular relation to crack initiation. Fracture toughness values when original crack initiates in the some parts along crack front are roughly equal to those of specimens filled with the lower-toughness materials in crack front.

1緒 言

溶接部には巨視的にみても材質の不均一が避け難く溶 接部の破壊挙動を考える上でもそれらの影響を把握して おくことが必要である。既報¹⁾にも示したように溶接ボ ンド部の靱性評価を行なうのに、切欠き前縁に沿う板厚 方向の材質の不均一が問題となることがある。このよう な巨視的な板厚方向の材質の不均一をもつ材の破壊の発 生挙動をより基本的な立場から把握しておくことは、靱 性評価や実構造の破壊性能評価にとって一つの重要な課 題といえる。しかし、このような不均質材の破壊の発生 を支配する抵抗値としての靱性パラメータについて十分 な情報が得られているとは言い難い^{2)~5)}。

本報においては,とくに板厚方向の強度と靱性の不均 一に注目し, 既報¹⁾ での実際的な溶接ボンド部に関する 結果をふまえ,より基礎的な成果の把握が期待され,か つ破壊挙動の極端な不均一が再現できるところから,爆 接ステンレスクラッド鋼を用いた破壊靱性試験を実施す る。その破壊試験における脆性亀裂や延性亀裂の発生に 関する詳細な観察を通じて,亀裂発生限界としての靱性 評価手法への知見を得ることを目的とした実験的検討を 加える。

破壊挙動の著しく異なるクラッド鋼を用いて,通常工 学的簡便法として利用 されている V-ノッチ・シャルピ

^{*} 大阪大学工学部

^{**} 熊本大学工学部

衝撃試験と曲げ COD 試験など用いられる切欠き曲げ試 験の2種類の試験を実施し,それらにおける破壊挙動の 観察とフラクトグラフィ的手法を加味することによっ て,不均質材の靱性を従来の破壊靱性パラメータを用い て評価することの意義や不均質材の靱性評価のあり方に ついて基礎的検討を行なう。

2 実 験

一般に切欠きをもつ鋼材の破壊様式の温度依存性は, 低温側から脆性(主にへき開)破壊,安定延性亀裂成長 を伴う脆性破壊,完全延性破壊に分かれる。いま,Fig. 1(a)に示すように切欠き前縁に沿って破壊遷移温度 特性が異なるA,B材から成る場合を考えると,A,B素 材の破壊様式から,図のように(I)~(II)の温度域に 分けられる。本実験では,板厚方向に材質の不均一をも つ材の温度域(II),(II)に注目して基礎的な破壊現象 を明らかにする目的をもって,そのような破壊様式が再 現できる HT 80 を母材に SUS 304 を合せ材とした爆 接ステンレスクラッド鋼を選定し,Fig.1(b)に示すよ うに切欠き材を採取することによって切欠き前縁に沿う 材質の不均一をもつ材を得た。このような切欠き材を用 いて次のような目的のもとに2種類の靱性試験を実施し た。

1) シャルピ衝撃試験:靱性,破壊様式が板厚方向に 変化している材の吸収エネルギの意義と指標性を考察す るため,シャルピ衝撃荷重下での不均一材の破壊の発生 と伝播特性の観察を行なう。

2) 切欠き曲げ試験(静的破壊靱性試験):曲げ COD 試験に代表される切欠き曲げ試験を行ない,強度の不均 ーが切欠き先端近傍の変形に及ぼす影響,さらには破壊 様式が板厚方向に異なる材の脆性および延性破壊の発生



Fig. 1 A typical example of fracture toughness testing specimens with heterogeneity of fracture toughness along crack front

の観察を行ない,破壊靱性として適切な指標に関する考 察を行なう。また衝撃特性値との比較考察をも行なう。

Table 1 には供試材の化学組成と機械的性質を示す。 なお、実験には2 種類のクラッド鋼を用いてあり、クラ ッド鋼(B)は切欠き曲げ試験に、クラッド鋼(D)は シャルビ試験に用いた。さらに(D)材については後述 する理由によって試験片採取後に熱処理(1,000℃,1時 間保持、炉冷)を行なったものについてもシャルピ試験 を実施した。

Fig. 2 には用いた試験片形状を示してあり, Fig. 3 に 示すような要領にて試験片の切欠き前縁に占める HT 80 と SUS 304 の割合を変化させた試験片を採取した。3 点曲げ COD 試験片の切欠き先端には ASTM, E 399 に 準拠した疲労予亀裂を長さ 1.5 mm 程度になるように作

 Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of materials used for explosive clad steels

Materials	Chemical compositions (%)								Plate	thick-			
	С	Si	Mn	Р	S	Cu	Ni	Cr	Мо	v	Al	ness	(mm)
HT 80 (D,B)	0.11	0.25	0.86	0.018	0.004	0.23	0.06	0.77	0.41	0.036	0.069	3	5.0
SUS 304 (D)	0.06	0.72	0.98	0.026	0.006	-	9.38	18.24	1 -	-	t		9.0
SUS 304 (B)	0.05	0.70	1.05	0.028	0.005	-	9.47	18.5	5 -		-	1	0.0

	Mechanical properties							
Materials	Tensil	.e test	Impact test					
	Y.S.	T.S.		vTrs (°C)	vE-20 (kgm)			
HT 80 (D)	85.0	88.0	L	-80	21.4			
			С	-71	6.7			
HT 80 (B)	84.9	92.7	L	-80	21.8			
III 00 (D)			С	-64	17.7			
SUS 304 (D)	59.0	78.0	с	-	7.6			
SUS 304 (B)	42.4	72.9	\square					

Y.S.; Yield stress (kg/mm²)

T.S.; Ultimate tensile strength (kg/mm²)







(Ь)

Fig. 2 Design for V-notch Charpy impact specimen and bending COD specimen extracted from clad plate

製した。Fig.3 には試験片番号の説明をも併せて示して あり、シャルピ試験片で熱処理を施したものには VCHtype のように試験片の最後に H を付した。

上記の試験片を用いて −160~100℃ にわたる適当な 温度でのシャルピ衝撃および 3 点曲げ COD 破壊試験を 行なうとともに,切欠き材の各負荷段階での変形挙動や 破壊(延性亀裂やへき開亀裂)の発生を確認 する 目的 で,巨視的な破壊に至る以前で除荷して縦断面組織や切 欠き先端近傍の変形挙動を観察するための中断試験をも 特定試験温度で行なった。中断試験片はその後新たな変 形を加えないように疲れ破断したものも観察に用いた。

シャルビ試験は容量 30 kg-m の試験機を3点曲げ COD 試験片は容量 10 ton のオルセン型引張試験機を用 いて行なった。試験片の温度はおのおのの試験片に取り 付けた CC 熱電対でもって管理を行なった。3点曲げ COD 試験片では試験中切欠き端での開口変位をクリッ プゲージで測定し、荷重-CODおよび荷重-荷重点変位を 自動記録した。なお、限界 COD に関しては不均質材の 場合の切欠き先端への換算手法は明らかでないので、疲 れ予亀裂の長さの変化を補正する目的から、Wells の式 にならって回転中心係数r=0.45として換算された値を 用いた。

破断試験片の破面は巨視的破面観察に加えて切欠き先 端部の変形量や破壊様式の観察のために走査型電子顕微 鏡による観察も行なった。

3 シャルピ吸収エネルギと材質の不均一

シャルビ衝撃試験は工業的靱性試験として用いられて いて,同種材料の比較試験としては従来から有用視され ているけれども,溶接部のように材質的不均一をもつ場 合には,その単純な適用に問題があろう。

Fig. 4 は、As Clad 材で、HT 80 と SUS 304 が切 欠き前縁に占める割合を 3:1 (VB)、1:1 (VC)、1:3(VD) としたものと、HT 80 (VA) および SUS 304 (VE) 素材のV / ッチシャルビ試験結果である。HT 80 素材は通常の鋼材にみられるように低温から順に完全脆 性域, 遷移領域、完全延性のシェルフ領域へと遷移し、 一方、SUS 304 素材では全温度範囲にわたって延性破 壊を生じ、低温になると shear lip 部分が多少少なくな る傾向のみがみられる。このような特性をもつ材からな

るクラッド材は、低温域 (-100℃ 以下)では SUS 304 の占める割合が増加するにつれて吸収エネルギも増加し ているが、高温域 (0℃ 以上)では吸収エネルギはクラ ッド材のいずれも素材のものよりも小さくなっている。 また遷移温度域では SUS 材は明確な遷移挙動を示さな いが、クラッド材では HT 80 の占める割合が多くなる と遷移挙動が現われ、しかもその遷移温度は HT 80 の ものよりも高温側にある。

このような不均質材の吸収エネルギ-温度関係の変化 を考察するために,シャルピ試験における亀裂の発生と 伝播に必要なエネルギに関する考察を行なった。亀裂の 発生に必要なエネルギは、試験機のハンマの振り上げ角 を変化させて打撃エネルギと発生した亀裂長さとの関係 から求める手法を採用する。ところで、Fig.4の材では 試験片を板のC方向に採取しており, シェルフエネルギ も小さくなっており、打撃エネルギの変化が難しいため As Clad 材を 1,000℃, 1時間保持の熱処理を施してシ ャルビ試験に供した。Fig.5 は、その場合の吸収エネル ギー温度曲線であり、傾向は Fig.4 と全く同じである。 いまこの熱処理材を用いて、代表的3温度において、 HT 80, SUS 304 素材の, 切欠き底部に亀裂を発生する に必要なエネルギ (vE_i) (ここでは,板厚中央の最大亀 裂長さが 1 mm となるものとして定義する)と試験片 を亀裂が伝播し完全破断させるに 必要な伝播エネルギ $(vE-vE_i)$ を求める実験を行なった。Fig.6(a),(b) は打撃エネルギと最大亀裂長さ Al の関係を示したもの であり、HT 80 は低温域では吸収エネルギの大部分が 発生エネルギ vEi であり、 高温になるほど伝播破断エ ネルギが大きくなる。SUS 材の場合には発生エネルギ はあまり温度依存性がないよう である。 また高温域で は、延性亀裂の発生エネルギは HT 80 の方が SUS 材 よりも多少小さく、逆に伝播破断エネルギは SUS 材の

日本造船学会論文集 第148号

Specimens	Extraction of specimens from the cladding	Fraction of HT 80 (%)	Specimen thick. (mm)	Direction of extraction	Heat treat- ment
VA-type		100			
VB-type		75			
VC-type		50	10		
VD-type	<u> </u>	25			
VE-type		0	9	direction	
VAH-type		100			
VCH-type		50	10		1000°C l hour
VEH-type		0	9		
A-type		100			
C-type		50	15		
D-type		33		L- direction	
E-type		0			
SA-type		100	9		

Fig. 3 Schematic view of extraction of Charpy specimens (VA~VEH type) and bending COD specimens (A~SA type) from clad steel plate



Fig. 4 Variation in absorved energy of V-notch Charpy tests vs. testing temperature curves for various specimens with mechanical heterogeneity (as clad plate)



Fig. 5 Temperature dependence of on absorved energy of homogeneous materials (HT 80, SUS 304) and heterogeneous specimens extracted stainless clad steel plate (subjected to heat treatment after machining)



方が小さくなっている。Fig.6(c)は, HT 80 と SUS 304 が 1:1 の場合のクラッド材の打撃エネルギと発生 亀裂長さの関係を示したものであり、発生エネルギは全 温度域にわたって両素材のうちの低い方の HT 80 のも のとほぼ等しく,逆に伝播破断エネルギは SUS 304 材 のものに近くなっている。Fig.7は Fig.6 の結果をわか りやすく示したもの であり、いま破壊が延性的である 23,88℃の結果をみるとクラッド鋼の吸収エネルギは構 成素材の発生エネルギの低い方の値 (vE_i)min と伝播破 断エネルギの低い方の値 $(vE - vE_i)_{\min}$ の和で示した黒 塗りの値とほぼ等しくなっている。このように比較的高 温域ではクラッド材は「破壊の引きずられ現象」によっ て,発生,伝播ともに抵抗値の低い方に支配されて破壊 発生・破断に至ると考えることができる。一方、低温域 で片方の材がへき開型の破壊をする場合には、必ずしも そうとはならず吸収エネルギの意味がより複雑となる。 この結果はシャルピ吸収エネルギを用いて単純な比較試 験とするにも問題が残ることを示唆しているといえる。

4 切欠き曲げ試験における破壊挙動と材 質の不均一

前項に続いて、一般に静的破壊発生特性試験として用いられている曲げ COD 試験を実施し、破壊発生限界値 や破面様式の遷移などに関する考察を行なった。クラッ ド材では、今回は切欠き前縁に占める HT 80 の割合が 比較的大きい(約 1/3 以上)ものを対象とした。

構造用鋼の切欠き曲げ試験を行なうと、一般には低温 域から完全脆性破壊、安定延性亀裂を伴う不安定脆性破 壊、完全延性破壊へと遷移する。本実験でも HT 80 素 材は同様の挙動を示す。一方、オーステナイト系の SUS 304 材は全試験温度範囲において完全な延性破壊を呈し た。Fig.8 は最高荷重時における破壊発生状況を示した



Fig. 7 Impact energies for initiation of crack at notch tip and for crack propagation of V-notch Charpy specimens at various testing temperatures and explanation of significance of absorbed energy of heterogeneous materials







- (a) C-type (Testing temperature= -80° C, $\delta_c=0.076$ mm)
- (b) D-type (Testing temperature= -80° C, $\delta_c=0.074$ mm)
- Fig. 9 Examples of fracture appearance of specimen extracted from clad plate



Fig. 10 Temperature dependence of critical COD of homogeneous (A-, E-type) and heterogeneous (C-, D-type) specimens

もので、このような特性をもつ二材から成るクラッド材 (As Clad)では Fig.8 に示すような破壊挙動の遷移を 呈する。すなわち HT 80 素材が脆性亀裂を呈するよう な温度域(温度域I)では、負荷中に急激な荷重低下と 音を伴った第1段破壊がみられた。その直後に除荷し て、その試験片を疲労破壊させると Fig.9 に例示するよ うに HT 80 部のみにへき開破面がみられ¹⁾、SUS 304 にはストレッチ・ゾーンのみが観察された。温度域(II) のように多少高温域に入ると、HT 80、SUS 304 ともに 安定延性亀裂の成長がみられ、その後、第一段的破壊に よって HT 80 のみに脆性破壊が生じる。さらに温度が 上昇すると HT 80、SUS 304 ともに完全な延性破壊を 呈する温度域(II)に移る。

いま,上記のような破壊挙動をふまえて明確な荷重低 下の認められる第1段破壊あるいはそれが顕著でなく最 高荷重を呈して荷重減少過程で破壊に至るものはその最 高荷重時をもって限界と定義し,限界 COD の温度依存 性を示したものが Fig.10 である。比較的低温域ではク ラッド材において破壊の発生点を指標としたものは HT 80 素材の限界 COD にほぼ等しくなっている。SUS 304 素材はすべて最高荷重後の延性破壊を呈する。このよう に高延性の SUS 材の存在にも拘らず低靱性部が板厚の 1/3 以上も占めるものでは低靱性部で破壊の発生が支配 されるようである。

一方, 延性破壊を呈するようになると, ここでの限界 COD は破壊の発生の指標とはならず, 一定の曲げ試験 片の最高荷重をおさえているに過ぎず, ここでは示さな いが著者らの行なった試験片寸法の異なるものでは限界 COD としての値が当然異なる結果が得られている。そ こで, 次にフラクトグラフィ的な検討を行なって破壊発 生挙動の詳細な考察を行なう。

5 材質の不均一をもつ切欠き材の変形・ 破壊挙動のフラクトグラフィ的観察

5.1 強度の不均一と切欠き先端部の変形

本供試材の HT 80 ステンレスクラッド材では素材に 関しては HT 80 部の強度が SUS 304 部に比べて高く なっている。したがって、 クラッド材から切り出した切 欠き材は切欠き前縁に沿って強度の不均一が存在する。 この強度の不均一が切欠き先端部の変形に影響を及ぼす かどうかを検討するために、切欠き材を一定段階まで負 荷後に除荷し、それに新たな変形が生じないよらに注意 して疲労破壊した破面を SEM によって観察して疲労予 亀裂先端に形成されるストレッチ・ゾーン幅 (SZW)を 測定した。Fig. 11 に測定代表例を示す。 測定値として は、プロット点近傍での 6~7 点の平均値を示してい る。図からわかるように、変形が進んで、SZW で 20 µm 程度になると SUS 側で延性亀裂(ディンプル破面) が観察されるようになる。それ以前の負荷段階では、予 亀裂前縁に沿ってほぼ一様に変形していることがわか り、しかも、ここでは示さないが、HT 80 と SUS 材の 割合が変化しても同じ COD では SZW もほぼ一定であ った。このように本供試材のような寸法の切欠き材では 破壊の発生までは切欠き前縁に沿う強度の不均一(本供 試材では爆接面近傍の SUS 304 材 2,3 mm は硬化も 生じている)はほとんど変形挙動に影響を与えないとい えるり。

5.2 限界ストレッチ・ゾーンの観察

Fig. 12 は、クラッド材の破断後の予亀裂前縁に沿う ストレッチ・ゾーン幅の分布の代表例を示したものであ り、SUS 304 側は試験温度の変化にもかかわらずほぼ 同じ値を示しており、また、すべてディンプル破面を伴 っている。それに対して HT 80 側は低温域では非常に 小さな SZW からへき開型の破壊が生じ、温度の上昇に つれて SZW が大きくなり、 -27℃ 以上のものでは全



Distance from the boundary (mm)

Fig. 11 Variation of distribution of stretched zone width along crack front with deformation level (C-type specimens)



Fig. 13 Temperature dependence of critical stretched zone width along crack front of bending COD specimens of both homogeneous and heterogeneous materials

面がディンプル破面へと遷移している。ここでは破壊の 発生に注目することにし、クラッド材では破面において HT 80 および SUS 304 側のいずれか小さい方の SZW をもって限界 SZW と定義することにする。Fig.13 は このような限界ストレッチ・ゾーン幅の温度依存性を素 材とともにプロットしたものである。以上のような定義 によるクラッド鋼の限界 SZW はいずれの温度において も HT 80 あるいは SUS 304 素材の試験において観察 される限界 SZW の小さい方の値と等しくなっており、 本供試材では破壊の発生は材質の不均一の影響をほとん ど受けていない。

6 亀裂発生に注目した靱性パラメータに 関する考察

本実験ではシャルピ衝撃試験と曲げ COD 試験を実施



Fig. 12 Distributions of stretched zone width along crack front of C-type specimens fractured at various testing temperatures

したが低温域では明らかに両者の間に靱性として測定される値の傾向に差がみられる。シャルピ吸収エネルギと 静的破壊靱性との相関性の議論が均質材においてなされ ているが⁶⁾, 靱性の不均一をもつ材, 例えば既報¹⁾の溶 接ボンド部のような場合には吸収エネルギと静的靱性の 間の相関性を議論するのは本質的に困難さを伴うことが 予想される。

一方,静的靱性指標として COD が用いられることが ある。前項までの考察では破壊の発生に注目した場合に は限界ストレッチ・ゾーン幅が明確な目安となるといえ る。従来から指摘されているように、延性亀裂の発生が 認められるまでは、本実験でも限界 COD と限界 SZW の間にはほぼ一対一の対応関係が認められている。した がって、低温域で脆性亀裂の発生が生ずるような場合に は、本実験範囲では COD を指標としても十分な指標と なり得る。しかし、既報¹⁾で詳細を示したような HT 80 の溶接部からクロスボンドタイプの切欠き曲げ試験片を 採取して行なった破壊試験では、Fig.14(a)に示すよ うに限界 SZW は溶接金属部が低く、クロスボンドタイ プ (UCB, OCB type, 溶接金属が 50% を占めるもの) の溶接金属部の限界 SZW は溶接金属自体 (UW, OW type)の限界 SZW にほとんど等しく、本実験と同じよ うな先行破壊が認められている。しかし,限界 COD で みると, Fig. 14(b)に示すように, 靱性の低い溶接金 属が切欠き前縁に含まれる割合が半分以下 とくに 25% 以下 (OCH, UCH type) になると破壊音と荷重低下を伴 う破壊時として測定される限界 COD の値は溶接金属自 体の値(縦軸の1に対応)よりも大きく測定されること もある。低靱性部が 25% 以上ではほぼ低靱性部自体の 靱性値で先行破壊することが認められていることからし







(b) Effect of fractions of weld metal on critical COD

Fig. 14 Effect of fractions of weld metal in crack front on fracture toughness of cross-bond type fracture toughness testing specimens extracted from HT 80 welded joint (Detailed references given in author's paper of Ref. 1))

て,このような範囲の破壊の発生の的確な把握が必要か も知れない。

同じように高温域で延性亀裂の発生を伴うような場合 にも COD を指標とするときには亀裂発生の δ_i の確認 手法が必要となる。本クラッド材では、SUS 304 側に 延性亀裂の先行発生がみられている。もし、現在 J_{IC} 試験として提案されているように延性亀裂の発生をおさ える立場での靱性値と、従来からの最大荷重の COD を 指標とする立場での靱性値とでは自ずと破壊指標性に差 がみられる結果となる。

本試験は限られた靱性試験片の範囲の議論であるが, 構造物の破壊との対応を考えた靱性指標の把握の仕方に は、このような材質の不均一の効果を考えた適切な手法 の確立が必要となることを示唆している。さらに、本実 験のような試験片で低靱性部の割合がもっと少ない場合 や⁵⁾、板厚の中央部のみに局部的に含まれる場合などに ついて破壊挙動を明らかにしておく必要があり、また、 破壊発生を支配するのは低靱性部の占める割合か、それ とも絶対値的な寸法か⁵⁾などについて次報以下において 考察を重ねていくことにする。

7 結 論

爆接ステンレスクラッド鋼を用いて,切欠き前縁に沿 う著しい材質の不均一をもつ切欠き材の靱性試験を実施 して次のような知見が得られた。

(1) クラッド材から切り出したV-ノッチ・シャル ピ試験片の吸収エネルギは,構成する材の破壊様式や亀 裂の発生と伝播破断エネルギの割合などの複雑な因子の 影響を受け,単純には靱性の指標として問題が残る。例 えば,破壊が延性的な場合本実験のように切欠き前縁に 占める HT 80 と SUS 304 の割合が 1:1 の不均質材 では,その吸収エネルギ vE は亀裂の発生と伝播破断エ ネルギのそれぞれの材の低い方の値によって支配される と考えれば説明される。

(2) 静的切欠き曲げ試験では、クラッド材の各部に 亀裂の発生が認められる以前においては、切欠き先端部 の変形は切欠き亀裂前縁に沿ってほぼ一様である。また 破壊の発生は脆性・延性を問わず、低抵抗値倒で先行す る。

(3) クラッド材の亀裂発生時の抵抗値は本実験のよ うに板厚の1/3以上も低抵抗値部分が占める場合には, 破壊様式がへき開・延性の区別なく,各素材の低い方の 抵抗値の値とほぼ等しい。

(4) 材質の不均一をもつ材の破壊靱性パラメータと しては、亀裂の発生に注目するとき限界ストレッチ・ゾ ーン幅は十分に目安となり得る。限界 COD を指標とす るとき、低靱性部が板厚の半分以上も占める場合には COD にも十分な指標性があるが、低靱性部の占める割 合が小さくなり、へき開破壊の発生が的確に把握されな い場合や延性亀裂の発生を伴う場合には、工学的評価と しても問題が残る。また、靱性の著しい不均一を有する ような溶接部では本実験のような局部破壊の先行が見ら れ、このような挙動と構造としての破壊性能との関連を 明らかにし、靱性試験において把握すべき指標を明確に することと、それを求めるための試験法の確立の必要性 が指摘された。

なお,本研究の遂行にあたっての熊本大学工学部 立川 逸郎教授の御指導と,また実験には田中俊彦君(大阪大 学大学院),道場康二君(大阪大学工学部)の御助力を 賜った。さらに本研究に対して有益な御討論を賜った本 会溶接研究委員会の金沢委員長はじめ委員各位に対して 謝意を表します。

参考文献

- 佐藤邦彦,豊田政男,武藤睦治,土居 茂:溶接 ボンド部の靱性評価に関するフラクトグラフィ的 研究,溶接学会誌,49 (1980), № 11.
- Dolby, R. E.: Influence of defect orientation on HAZ fracture toughness measurements, Met. Const. Brit. Welding J., 6 (1974), 228.
- 池田一夫,青木 満他:溶接ボンド部の破壊靱性 値におよぼす溶け込み形状の影響,溶接学会誌, 46 (1977),825.
- 大塚昭夫,宮田隆司,西村誠二:SM 50 C 溶接ボンド部の破壊靱性とストレッチド・ゾーンについて,溶接学会誌,47 (1978),136.
- 5) 大塚昭夫,宮田隆司他:低靱性域を含む溶接部の 靱性について——低靱性域の幅の影響——,溶誌 講概,25 (1979),316.
- 例えば,萩原行人,征夫勇夫他: V シャルピ衝撃 特性からの脆性破壊発生特性の評価法,溶接学会 誌,45 (1976),627.