

板厚貫通欠陥を有する溶接部の脆性的破壊に関する実験的研究

(その2 実験結果と考察)

溶接欠陥 脆性的破壊  
板厚貫通欠陥 破面観察

正会員 ○西川 耕二\*1 正会員 石原 完爾\*2  
同 濱田 弘行\*3 同 嶋 徹\*4  
成本 朝雄\*5 同 鄭 聖珉\*6  
正会員 森田 耕次\*6

1. はじめに

固形エンドタブを用いる溶接部の欠陥は、比較的溶接線端部に発生することが多い。溶接欠陥が継手性能に及ぼす影響は中央部に比べて端部の方が大きく、既往の研究(文献1)によれば、板厚貫通欠陥の影響がより大きいことが指摘されている。

これらの特性に基づき、その1では実験計画と供試材の基礎データを示したが、本報では実験結果とその考察について報告する。

2. 実験結果

実験は試験体の温度がほぼ0℃となるように、液化素ガスを用いた冷却ボックスに収容した試験体を冷却しながら載荷を行った。引張試験結果一覧を表-1に示す。表には破面観察により確認した初期の人工欠陥の寸法(Ld)と、破面観察から測定した延性亀裂の寸法(Lp)および亀裂進展経路を示している。人工欠陥の欠陥寸法については、板厚の1/4、2/4、3/4の位置で計測した平均値を記載しているが、計画値と比べて良く制御できたと思われる。

中央部に貫通欠陥を有するNo.6およびNo.9の試験体を除き、いずれの試験体も人工欠陥近傍に延性亀裂が発生し、通しダイアフラム側あるいは溶接金属部分を延性亀裂が伝搬して脆性的破壊に至っている。

試験体2について、試験体の破断状況、人工欠陥位置での破面マクロを写真-1に、SEMで観察した破壊の起点(写真2)とそれをもとに作成した破壊形態の模式図

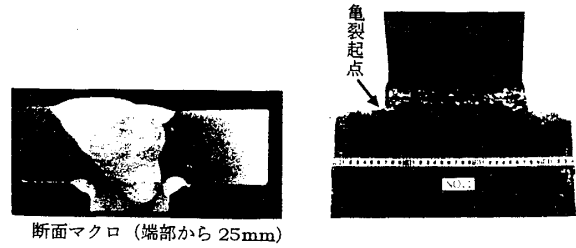


写真-1 破断状況と断面マクロ

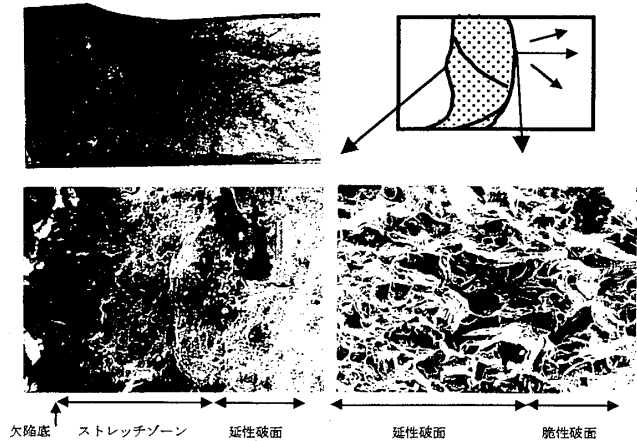


写真-2 破面写真

表-1 引張試験結果一覧

番号	鋼材	溶接材料	欠陥種類	L mm	Ld目標 mm	Ld実績 mm	Ld+Lp mm	破壊経路	破断荷重 kN	破断応力 N/mm <sup>2</sup>	破断伸 %	備考
1	高靱性	YGW18	両側	3.0	-2.0	-2.20	4.05	B	3,020	578	16.1	破壊経路 A: 1方向進展 B: 双方向進展
2	高靱性	YGW18	両側	3.3	0.0	0.10	10.80	A	2,900	565	13.2	
3	高靱性	YGW18	両側	4.1	1.0	0.40	3.90	B	2,880	561	11.3	
4	高靱性	YGW18	両側	3.7	2.0	2.65	3.05	A	2,570	504	6.2	
5	高靱性	YGW18	両側	3.8	3.0	2.85	4.80	A	2,770	539	9.2	
6	高靱性	YGW18	中央	2.0	6.0	(6.0)	-	母材	3,080	601	20.8	母材破断 破断伸びは 一樣伸び値
7	低靱性	YGW11	両側	2.5	0.0	1.00	1.60	A	2,590	504	4.8	
8	低靱性	YGW11	両側	3.2	2.0	2.20	5.50	A	2,580	504	5.4	
9	低靱性	YGW11	中央	2.3	6.0	-4.05	-1.20	A	3,070	594	10.2	エッジから破断 エッジ欠陥として評価
10	高靱性	YGW18	両側	10.0	2.0	1.30	5.90	B	3,000	583	16.3	端部1OR仕上げ
11	低靱性	YGW11	両側	4.2	2.0	1.25	2.95	B	2,760	541	6.8	溶接条件変更
12	高靱性	YGW18	両側	3.2	3.0	3.50	4.70	B	2,420	471	5.7	放電加工欠陥

Experimental studies on the brittle fracture in the welded joints with through thickness weld defects.

(Part 2 Test results and discussions)

NISHIKAWA Koji, ISHIHARA Kanji, HAMADA Hiroyuki,  
SHIMA Tohru, NARUMOTO Asao, JUNG Sung Min and MORITA Koji

3. 実験結果の考察

貫通欠陥の半長(実測した欠陥寸法を半長とする)と破断伸びの関係を図-1に、継手耐力との関係を図-2に示す。継手耐力は温度と歪速度の影響を考慮し、Strain rate temperature parameter  $R$  に基づく文献2に示された強度推定式を用いて応力-歪関係を補正した最大耐力の評価値  $P_u$  としている。縦軸は実験値  $P_{max}$  を評価値  $P_u$  で除して無次元化した値としている。継手耐力・破断伸びのいずれも、欠陥寸法が大きくなると減少している。

低靱性鋼は高靱性鋼に比べて継手耐力・破断伸びが低い傾向となった。本実験の範囲では、高靱性鋼では  $L_d$  が概ね1以下の場合に設計耐力に達した ( $P_{max}/P_u \geq 1$ ) が、低靱性鋼では余盛内の欠陥 ( $L_d < 0$ ) であっても設計耐力に達しなかった。

コーナーを10Rに仕上げた試験体はやや高めの継手耐力・破断伸びを示した。放電加工試験体の継手耐力・破断伸びは端部に欠陥を有する溶接継手とほぼ同等であった。

中央部欠陥の試験体は、欠陥部で破断せず、高靱性鋼は母材で低靱性鋼は端部から破断した。また、SEM写真から、破断は欠陥底からストレッチゾーンを経て延性

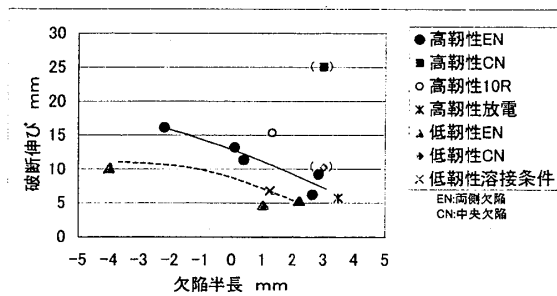


図-1 貫通欠陥寸法と破断伸びとの関係

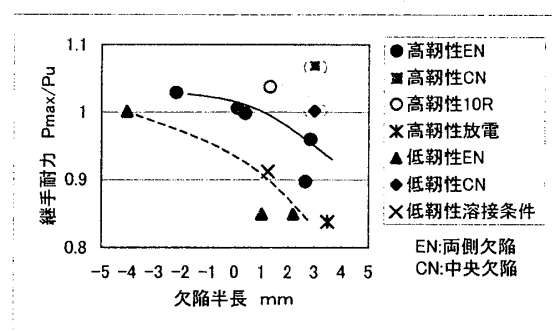


図-2 貫通欠陥寸法と継手耐力

参考文献1) 鈴木、森田他：欠陥を有する柱梁溶接接合部の破断性状に関する実験的研究

日本鋼構造協会鋼構造論文集、Vol.6、No.23、pp.149-164、1999.9

2) 井上、萩原他：降伏及び引張強度に及ぼす温度・歪速度の影響 溶接学会全国大会講演概要、Vol.41、pp.380-381、1987

- \* 1 日本設計構造設計部
- \* 2 NTT都市開発事業企画本部
- \* 3 熊谷組構造設計部
- \* 4 戸田建設建築工事技術部
- \* 5 川鉄テクノリサーチ
- \* 6 千葉大学工学部デザイン工学科

亀裂が発生した後、溶接熱影響部粗粒域から脆性亀裂に至るのが基本的なパターンであった。一部には小さい脆性亀裂が一度停止した後、再度脆性破壊に至る場合もあった。

さらに、载荷時試験温度に対応した溶接部のシャルピー衝撃試験結果から、脆性亀裂発生起点での破壊靱性値  $vEbr$  を求め表-2に示す。また、破壊起点の靱性と継手耐力との関係を、文献1のデータに重ねてプロットした結果で図-3に示す。ばらつきはあるが、文献1と同様に破壊靱性値が高い場合においても、継手耐力が設計耐力に達しない実験結果も存在した。

4. まとめ

板厚貫通欠陥を有する溶接継手について、貫通欠陥の位置・寸法や鋼材・溶接部の靱性レベル等を変化させることにより、継手性能が変化することを示した。特に貫通欠陥寸法は、それが数mm程度の小さな変化においても継手性能に大きな影響を与えることが確認された。

本研究は千葉大学森田研究室とAW検定協議会との共同研究として実施された。

表-2 継手性能評価結果一覧

試験片 No.	最大荷重 $P_{max}$ kN	最大耐力 $P_u$ kN	$P_{max}/P_u$	亀裂起点	破壊靱性値 J
1	3020	2811	1.07	ボンド	119
2	2900	2811	1.03	ボンド	119
3	2880	2811	1.02	ボンド	119
4	2570	2811	0.91	ボンド	119
5	2770	2811	0.99	ボンド	119
7	2590	2965	0.87	ボンド	74
8	2580	2965	0.87	ボンド	74
9	3070	2965	1.04	ボンド	74
12	2420	2811	0.86	母材	152

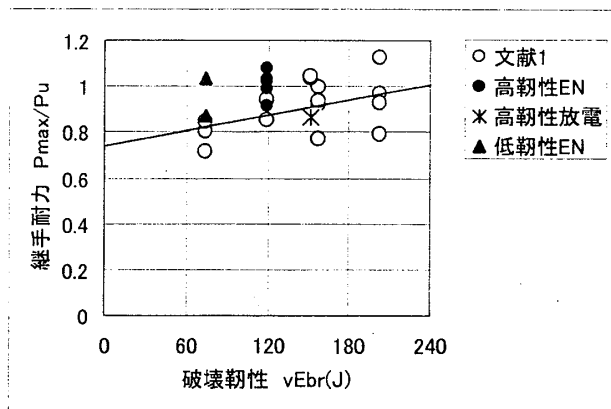


図-3 継手性能と継手耐力および破断伸びとの関係

- Structural Engineering Dept., Nihon Sekkei
- Dept. of Business Planning Bureau, NTT Urban Development Corp.
- Structural Design Dept., Kumagaigumi Corp.
- Architectural Engineering Dept., Toda Corp.
- Kawasaki Steel Techno-Research Corp.
- Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Chiba Univ.