

始末端部に非貫通欠陥を有する突合せ溶接部の実験的研究 — その5. 実験概要 —

正会員 ○ 加藤正敦*¹ 正会員 森田耕次*² 正会員 石原完爾*³
 同 廣重隆明*⁴ 同 岡野昌明*⁵ 同 古城豊光*⁶
 同 土屋芳弘*⁷ 同 嶋 徹*⁸

溶接欠陥 柱梁接合部 脆性破壊 非貫通欠陥 材料靱性 単調載荷試験

1. はじめに

前報(その1~その4)では、破壊力学的観点から溶接線端部欠陥の許容値を把握することを目的とし、溶接始末端部の初層部に非貫通欠陥を有する試験体の単調引張試験及び解析について報告した。前回の試験では、ほとんどの試験体の破壊モードが延性亀裂が進展してから脆性破壊であったため、本研究では、試験温度を下げて試験を行い、脆性破壊をさせたときの欠陥寸法と耐力の関係を確かめるとともに前回の試験データの補完を行うことを目的とする。

2. 実験計画

2.1 試験体

使用した鋼材及び溶接金属の基礎データを表-2.2に示す。鋼材は板厚25mmの低靱性鋼、炭酸ガス溶接ワイヤーはYGW11で、両材料とも貫通欠陥試験^{文献1)}や建設省総プロ^{文献2)}で利用したもの同一のものを使用した。

試験体の形状、寸法を図-2.2に示す。溶接継手の両端に人工的に非貫通欠陥(初層溶接部相当部)を挿入してある。試験体のパラメータとしては、①非貫通欠陥の長さ。②試験温度。③フランジとダイアフラム間の応力伝達を絶つ目的から、裏当て金を分割したもの。とし、その組合せを表-3.1に実験結果と合せて示す。また、溶接条件を表-2.1に示す。

2.2 載荷試験方法

試験体の両端にタブ板を溶接して、図-2.1の形状にして試験に供した。また、継手部全体を覆う冷却箱を取り付け、液体窒素噴霧により所定の試験温度まで冷却し、1時間保持した後、10,000kN 構造物試験機を用いて破断するまで載荷した。図-2.1には、変位計取り付け位置、歪ゲージ貼付位置並びに熱伝対貼付位置を合せて示してある。

表-2.1 溶接条件

電流 A	電圧 V	速度 cpm	入熱 KJ/cm	温 度、℃
340	36	25	29.4	≤250

表-2.2 鋼材および溶接金属の化学成分と機械的性質

鋼材	化学成分(%)							機械的性質				
	C	Si	Mn	P	S	その他	Ceq	上降 伏点 N/mm ²	引張 強さ N/mm ²	降伏 比 %	破断 伸び %	vE ⁰ J
低靱性鋼	0.21	0.28	1.19	0.024	0.013	0.21Cr	0.43	328	582	56	25.0	30
YGW11	0.08	0.47	1.08	0.011	0.006	0.059Ti,0.0002B	0.28	460	559	81	30.9	129

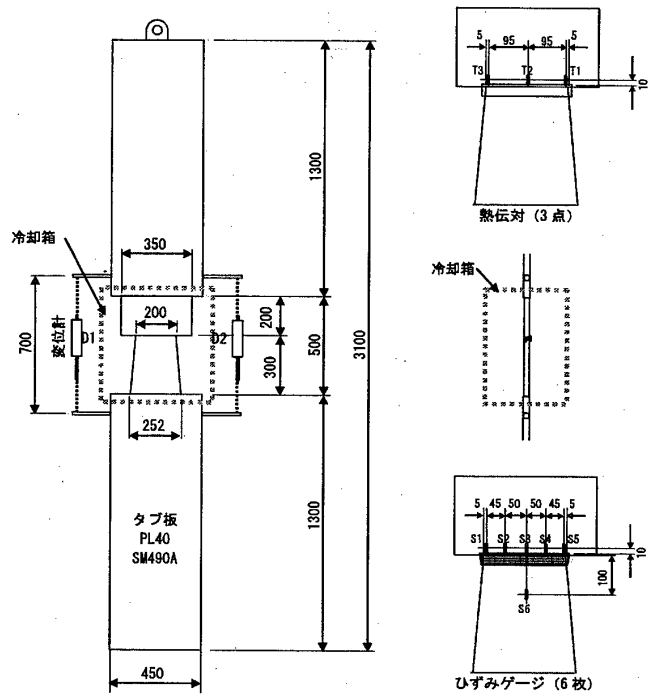


図-2.1 引張載荷試験及び歪、温度計測要領

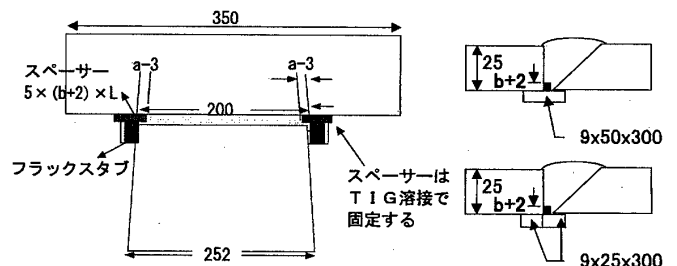


図-2.2 試験体の形状、寸法

Experimental Study of Butt Joints with Surface Defects at Welding End(Part.5 A Plan and Result of Experiment)

KATO Tadaatsu, MORITA Koji, ISHIHARA Kanji,
 HIROSHIGE Takaaki, OKANO Masaaki, FURUKI Toyomitsu,
 TSUCHIYA Yoshihiro and SHIMA Tohru

表-3.1 実験結果

			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.9	
公称板厚	(mm)		25	25	25	25	25	25	25	25	
欠陥寸法(目標)	b(高さ)	(mm)	6	6	6	6	6	6	6	6	
	a(長さ)	(mm)	8	16	25	50	16	25	16	25	
試験温度(目標)	(°C)		-40	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-20	
最大荷重	(kN)		2,895	2,530	2,584	2,486	2,986	2,885	2,878	2,660	
破断起因欠陥			左側欠陥	右側欠陥	右側欠陥	左右同時	左右同時	左右同時	左右同時	左右同時	
破断時温度	T1(左端)	(°C)	-40.6	-46.3	-39.1	-38.2	-21.8	-21.4	-19.6	-20.4	
	T2(中央)	(°C)	-38.4	-43.6	-39.1	-37.8	-20.3	-21.1	-20.5	-19.4	
	T3(右端)	(°C)	-38.3	-43.6	-38.2	-37.4	-21.0	-20.7	-20.5	-18.9	
板厚実測値	ダイアフラム左側	試験前	(mm)	—	—	—	25.0	24.9	24.9	24.9	25.0
		試験後	(mm)	24.9	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.9	25.0
	ダイアフラム右側	試験前	(mm)	—	—	—	25.1	25.1	24.9	25.0	24.9
		試験後	(mm)	24.9	24.8	24.8	25.0	25.0	24.9	25.0	24.9
	フランジ左側	試験前	(mm)	—	—	—	25.1	25.2	25.2	25.3	25.1
		試験後	(mm)	24.2	24.8	24.8	24.8	25.1	25.0	24.4	24.7
フランジ右側	試験前	(mm)	—	—	—	25.1	25.1	25.2	25.2	25.0	
	試験後	(mm)	24.5	24.8	24.7	24.6	24.9	25.1	24.4	24.8	
ビード幅	(mm)		—	—	—	—	209.7	209.5	206.3	209.2	
欠陥寸法実測値	破断起因欠陥		208.0	210.4	208.7	210.0	209.6	209.4	206.3	209.0	
			左側欠陥	右側欠陥	右側欠陥	左側(右側)	左側(右側)	左側(右側)	左側(右側)	左側(右側)	左側(右側)
延性亀裂寸法	b(端部)高さ	(mm)	6	6.8	6.9	7.2(6.5)	7.0(7.0)	6.2(6.5)	6.9(6.8)	6.9(6.0)	
	a1(フランジ基準線からの長さ)	(mm)	9.3	15.8	24.3	51.2(51.4)	16.0(16.0)	24.3(24.0)	17.0(16.7)	25.7(25.9)	
	a2(余盛りを含めた長さ)	(mm)	13.6	22.2	29.7	55.0(54.9)	20.0(20.5)	30.0(31.0)	19.2(20.3)	30.8(30.6)	
全体伸び	B(高さ方向長さ)	(mm)	0.8	0.4	0.9	1.2(0.7)	2.3(3.7)	0.9(3.1)	9.4(3.0)	1.8(1.4)	
	A(横方向長さ)	(mm)	1.2	0	0	0(0)	8.8(8.1)	6.7(2.5)	4.0(0.8)	0(0)	
全体伸び	試験前	(mm)	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0	
	試験後	(mm)	716.5	711.5	710.0	712.5	723.0	719.0	(727.5)*	715.0	
	全体伸び	(%)	2.4	1.6	1.4	1.8	3.3	2.7	(3.9)*	2.1	

(分割裏当金タイプ)
*は参考値(試験後の破面めくれのため密着せず)

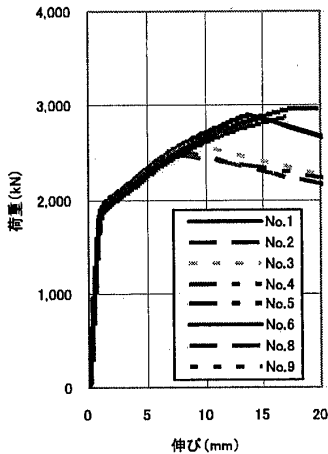


図-3.1 荷重-全体伸び関係

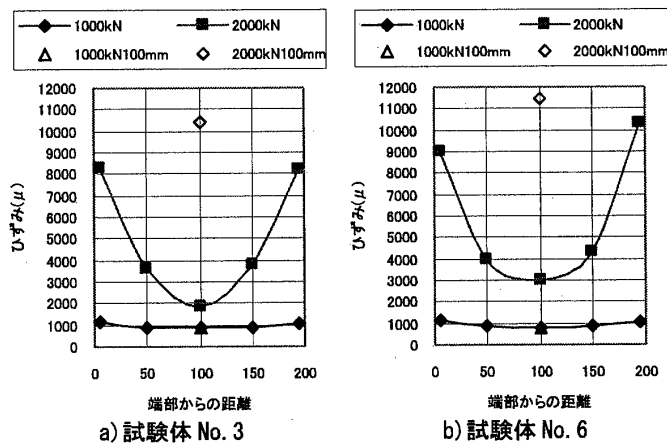


図-3.2 軸方向ひずみ分布

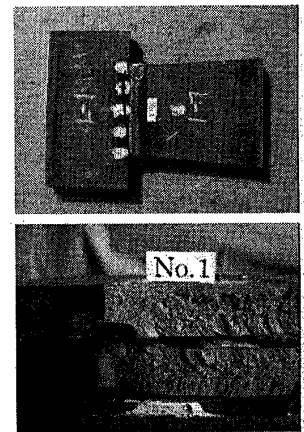


写真-3.1 破断状況

3. 実験結果

引張荷重試験結果を表-3.1にまとめて示す。

3.1 破断状況

一例として試験体No.1の破断面の写真を写真-3.1に示す。この試験体では、左側人工欠陥が起因となり、ダイアフラム母材に脆性亀裂が進展し破断した。他のすべての試験体においても同様に、欠陥が破断起因となって脆性破壊している。試験後、破面にて延性亀裂寸法の測定を行った。その結果、試験温度-40°Cでは延性亀裂がほとんど進展することなく脆性破壊が起こったことが確認できる。

裏当て金タイプの違いでは、裏当て金を分割した試験体の方が、破断時の最大荷重は小さくなっている。

また、破面において欠陥寸法を実測したが、人工欠陥は概

ね計画値の寸法を導入できたことが確認できる。

3.2 荷重-伸び関係

各試験で得られた荷重-伸び関係を図-3.1に示す。欠陥長さが大きくなる程継手耐力・破断伸びとも減少する傾向が再現されている。また、軸方向ひずみ分布の計測結果のうち、試験体 No.3 と No.6 について図-3.2に示す。ひずみ分布においても既往の研究結果と同様な傾向を示している。

追記：この研究は千葉大学工学部デザイン工学科森田研究室とAW検定協議会研究評価委員会(WG7)との共同研究として実施され、JFEテクノリサーチの協力を受けた。関係各位に謝意を表す。

- (参考文献)
- 1) 嶋徹・石原完爾・森田耕次他：始終端部に欠陥を有する突合せ溶接部の脆性的破壊に関する実験的研究，日本構造協会鋼構造論文集，vol10,2003.6
 - 2) 建設省建築研究所・社団法人鋼材倶楽部：建設省総合技術開発プロジェクト「次世代鋼材による構造物安全性向上技術開発」，『接合部・施工と破断』分科会報告書，1999.3
 - 3) 社団法人日本溶接協会：WES2805 溶接継手の脆性的破壊発生及び疲労き裂進展に対する欠陥の評価方法，1997
 - 4) 社団法人日本溶接協会：WES2808 動的繰返し大変形を受ける溶接構造物の脆性的破壊性能評価方法，2003

- | | | | |
|------------------|----------|--------------------------------|-----------------------------------|
| *1 NTT 都市開発㈱ | *5 鹿島建設㈱ | *1 NTT Urban Development Corp. | *5 Kajima Corp. |
| *2 千葉大学 | *6 ㈱鴻池組 | *2 Chiba Univ. | *6 Konoike Constructioun Co.,Ltd. |
| *3 ㈱大手町ファーストスクエア | *7 飛鳥建設㈱ | *3 Ohtemachi First Square | *7 Tobishima Corp. |
| *4 ㈱竹中工務店 | *8 戸田建設㈱ | *4 Takenaka Corp. | *8 Toda Corp. |