

すみ肉溶接サイズの基準に関する考察(その3)

(株)サクラダ 正会員 南 邦明
(株)サクラダ 正会員 ○田村 潤
新日本製鐵(株) 糟谷 正
東京工業大学 フェロー 三木千壽

1. はじめに

道路橋示方書において、すみ肉溶接サイズ(S)は、母材板厚(t)に対して $S \geq \sqrt{2t}$ を満足させる大きさとする基準が示されている。この基準は、サイズが小さすぎると急冷割れが起こり易くなるという理由から定められている。著者らは、すみ肉溶接サイズの規定を考察するため、溶接割れ試験を実施した¹⁾。ここでは、溶接割れに対し非常に厳しい作業条件{予熱なし、小溶接サイズ(5mm)、高拘束度(約300t(N/mm・mm)：板厚50mm)、高 P_{CM} (0.27)、高拡散性水素($H_{GC} \approx 5\text{ml}/100\text{g}$)}で行ったが、割れは発生しなかった。これに続き、本報告ではすみ肉溶接サイズの基準を考察するため、前報よりさらに割れに対して厳しい作業条件ですみ肉溶接割れ試験を実施した。

2. 試験体の説明

(1)試験体形状 試験体は、前報¹⁾と同様、図-1 に示す鋼船規則検査要領集²⁾による T 継手試験体である。試験体の組み立ては 6mm サイズで CO₂ 溶接を用い、フランジとウェブ間には約 1mm のギャップを設けた。

(2)使用鋼材 使用材料を表-1 に示す。鋼材では、フランジ材(底板)は板厚 50mm を用い、 P_{CM} は橋梁で使用される上限値付近の鋼材を含めることとし、0.24(鋼材 E)と 0.27(鋼材 F)の 2 種類を用いた。次に、ウェブ材(立て板)については、ウェブから割れを発生させないように、 P_{CM} が低い 19mm の鋼材(鋼材 W)を使用した。

(3)溶接材料 溶接材料は、表-1 に示す炭酸ガス溶接(GMAW)用の溶材 A と被覆アーク溶接(SMAW)用の溶材 B の 2 種類を使用した。これらの溶接材料は、通常のものより拡散性水素量の高い試作品である。溶接割れ試験に先立ち、表-2 に示す作業条件で水素量の計測を行った。表-3 には JISZ3118 に則ってガスクロマトグラフ法を用いた拡散性水素量の計測結果を示す。水素量は、作業条件によって計測値にばらつきがあるが、本計測結果から、溶材 A の拡散性水素量は約 5ml/100g、溶材 B は約 15ml/100g と判断できる。なお、通常、GMAW(フラックス入り)では 2~4ml/100g、GMAW(20℃-60%RH)では 5~6 ml/100g であり、使用する溶接材料の水素量は高いことが判る。

(4)試験体名称およびパラメータ 試験体名称およびパラメータを表-4 に示す。今回の溶接割れ試験では、溶接作業条件と急冷割れの関係を調べるため、前報¹⁾よりさらに割れに対して厳しい作業条件で行った。まず、溶接サイズは 4,6,8mm の 3 サイズとし、最小値は前報より小さい 4mm とした。次に、継手拘束度を大きくさせるために、ウェブ材にフランジ材と同じ鋼材を用いた試験体も含めた。さらに、溶接法では、拡散性水素量が GMAW の約 3 倍高い SMAW でも行った。以上の条件に対して、1 つの鋼材で 7 パラメータの試験体を製作し、2 鋼材合わせて 14 体で溶接割れ試験を行った。

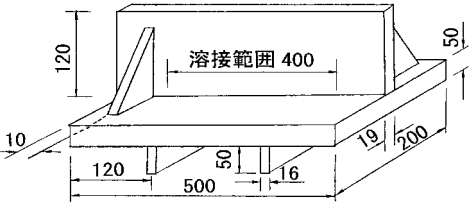


図-1 試験体形状

表-1 使用材料

材料	板厚 (mm)	強度(N/mm ²)		化学成分 (mass %)										P _{CM}
		Y.P	T.P	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	B	
鋼材E	50	347	501	0.16	0.23	1.45	0.015	0.003	0.01	0.02	0.02	0.05	0.0002	0.242
鋼材F	50	375	556	0.18	0.38	1.45	0.010	0.002	0.01	0.02	0.02	0.06	-	0.272
鋼材W	19	600	679	0.08	0.30	1.58	0.006	0.002	0.01	0.42	0.02	0.06	0.002	0.181
溶材A(GMAW)	474	547	0.05	0.49	1.58	0.009	0.009	0.01	-	-	-	-	-	-
溶材B(SMAW)	470	540	0.07	0.19	1.44	0.021	0.008	0.02	0.01	-	-	-	0.003	-

表-2 拡散性水素量計測条件

ケース	溶接条件			雰囲気	
	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	気温 (℃)	湿度 (%)
溶材A-1	240	30	35	17	51
溶材A-2	240	30	35	22	41
溶材A-3	280	32	35	22	41
溶材A-4	270	30	35	6	94
溶材A-5	280	32	35	10	28
溶材A-6	270	30	37	20	60
溶材B-1	185	25	15	20	60
溶材B-2	295	25	15	20	60

表-3 拡散性水素量計測結果

ケース	拡散性水素量(ml/100g)					判定
	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	平均	
溶材A-1	5.1	5.2	5.3	5.6	5.3	4.8±0.5
溶材A-2	4.3	4.5	4.2	4.1	4.3	
溶材A-3	4.6	4.4	4.8	4.9	4.7	
溶材A-4	3.5	4.0	4.1	4.3	4.0	
溶材A-5	4.3	4.7	4.3	4.3	4.4	
溶材A-6	5.4	4.5	5.3	5.4	5.2	
溶材B-1	14.6	13.6	15.0	14.9	14.5	14.5±0.5
溶材B-2	14.5	14.2	13.9	15.1	14.4	

表-4 試験体名称及びパラメータ

試験体 名称	使用材料			溶接法	溶接 サイズ
	フランジ	ウェブ	溶材		
E4	鋼材E	鋼材W	溶材A	GMAW	4mm
E6					6mm
E8					8mm
E4W		鋼材E			4mm
E6W					6mm
E8S					8mm
F4	鋼材F	鋼材W	溶材B	SMAW	4mm
F6					6mm
F8					8mm
F4W		鋼材F	溶材A	GMAW	4mm
F6W					6mm
F6S					6mm
F8S		鋼材W	溶材B	SMAW	6mm
					8mm

キーワード：合理化，製作，溶接サイズ，溶接割れ，ビッカース硬さ
連絡先：〒272-0002 千葉県市川市二俣新町21 TEL 047-328-3148 FAX 047-328-3156

3. すみ肉溶接割れ試験

(1)試験方法 溶接作業は、室温 20℃湿度 60%を一定に保ち、表-5 に示す溶接条件で予熱を行わずに行った。GMAW では CO₂ シールドを用いて下向きすみ肉(ポジションを取って)で行い、SMAW ではグラビティー溶接で行った。溶接終了後、鋼船規則検査要領集²⁾に則って 48 時間以降に浸透探傷試験を実施し、表面割れの観察を行った。その後、約 80mm 間隔で試験体を 5 分割し、1 つの試験体でマクロ試験片を 5 箇所採取した。そして、10～40 倍のルーペを用いて 1 試験体につき 10 箇所(左右合わせて)の割れ観察を行った。また、溶接サイズを計測も行った。さらに、C 量が高く P_{CM} も大きい鋼 F では、裏側ビード(第 2 ビード)の表面から 2mm 位置におけるビッカース硬さ試験(98kN)を行った。

(2)試験結果 表-6 に試験結果を示す。溶接サイズは、目標(設計)サイズより約 1mm 程度計測値の方が大きくなった。次に、表面の溶接割れは、F6S,F8S 試験体で見られ、両者ともに第 1 ビードの終端側で発生した。割れの長さは、それぞれ 160mm,70mm であり溶接サイズが大きくなれば割れ長さが短くなった。また、マクロ試験片の観察から詳細に割れの発生状況を観察したが、表面割れが発生した箇所以外では見られなかった。写真-1,2 に、それぞれ F6S,F8S 試験体で割れが発生した箇所のマクロ写真を示す。F6S 試験体では、溶接止端部に見られ、Bond 部に沿って割れが進展していた。F8S 試験体の割れは、溶接ビードから Bond 部に沿って割れが進展していた。ただし、割れの発生起点は、両者ともに明確にならなかった。次に、図-2 は、ビッカース硬さ試験結果を示す。図-2(a)は、各試験体の HAZ 部における最高硬さを縦軸に示し、横軸に溶接サイズを示した。この結果が示すように、P_{CM} が大きい鋼 F において、溶接サイズが 4mm と小さければビッカース硬さは 417Hv(F4 試験体)となり、厚板鋼板を用いて低入熱(8213J/cm)で行えば急冷による硬化が認められた。しかし、溶接サイズが大きくなれば最高硬さも小さくなり、サイズ 8mm では 347Hv(F8 試験体)に低減された。また、図中に前報¹⁾のデータも示したが、これとほぼ同様の結果となった。図-2(b)は、各試験体の硬さ分布を縦軸に示し、横軸には溶接ビード中心からの距離を示した。硬さが最も大きくなった箇所は、多くの試験体でフランジ側 HAZ であったが、ウェブ材にフランジと同じ鋼材を用いた試験体(F4W,F6W)では、ウェブ側でも急冷効果があり、ウェブ側 HAZ もフランジ側と同等な硬さ分布となった。

4. まとめ

本試験では、溶接割れに対し厳しい条件下ですみ肉溶接割れ試験を行った。その結果、P_{CM} が 0.27 でかつ拡散性水素量が約 15(ml/100g)の最も厳しい作業条件下のみで割れが発生した。本試験結果から判断すると、炭酸ガス溶接を用いれば、どのような作業条件下においても割れは発生せず、また被覆アーク溶接においても、P_{CM} が 0.24 以下では急冷割れは生じない。これらの条件下においては、 $S \geq \sqrt{2t}$ を満足しなくても問題はないものと考えられる。なお、本研究は、東京工業大学創造プロジェクト研究の一環として行ったものである。

【参考文献】

- 1)南 邦明,糟谷 正,三木千壽:すみ肉溶接サイズの基準に関する考察(その 1),土木学会第 58 回年次学術講演会 I-151, pp.301-302,2003.9
- 2)日本海事協会:鋼船規則検査要領集「隅肉溶接継手試験」,pp644-646,1993.

表-5 割れ試験の溶接条件

溶接法	設計 サイズ	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	入熱量 (J/cm)
GMAW	4mm	280	32	55	8213
	6mm			40	13440
	8mm			25	21504
SMAW	6mm	210	25.0	22.5	14000
	8mm	320			21333

表-6 溶接割れ試験結果

試験体 名称	サイズ計測		表面割 れ長さ (mm)	断面 割れの 有無
	幅 (mm)	高さ (mm)		
E4	5.5	6.8	0	なし
E6	6.5	7.3	0	なし
E8	9.0	9.0	0	なし
E4W	5.8	6.0	0	なし
E6W	6.3	7.0	0	なし
E6S	5.5	6.5	0	なし
E8S	7.0	7.8	0	なし
F4	5.5	6.3	0	なし
F6	6.5	7.0	0	なし
F8	9.0	9.0	0	なし
F4W	5.3	6.3	0	なし
F6W	6.0	7.5	0	なし
F6S	6.3	6.0	160	有り
F8S	7.3	8.3	70	有り

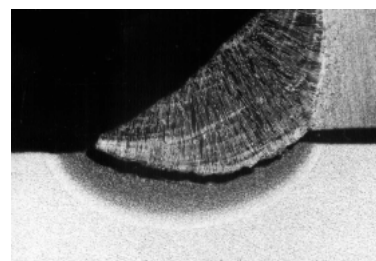


写真-1 断面マクロ 1 (F6S)

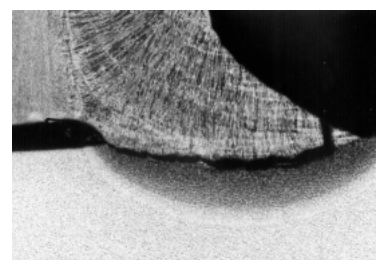


写真-2 断面マクロ 2 (F8S)

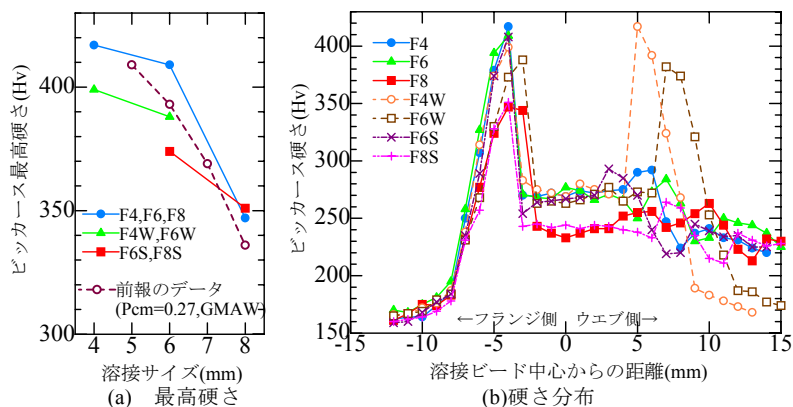


図-2 ビッカース硬さ試験結果