

すみ肉溶接サイズの規定に関する考察(その1)

サクラダ 正会員 ○南 邦明
 新日本製鐵 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ことが規定されている。これは、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おり、昭和31年度版の鋼道路橋製作示方書からこの規定が掲載され、現在に至っている。この規定に従い厚板鋼板の溶接サイズを算出すれば大きなサイズとなるが、ある程度のサイズ(溶接サイズ8mmでは入熱量は約22KJ/cm)となれば、急冷割れも発生し難くなる。

本研究では、厚板鋼板(50mm)を用いてすみ肉溶接割れ試験を実施し、これらの結果を基に、現行の溶接サイズ規定を考察した。

2. 橋梁用鋼材の P_{CM} (溶接割れ感受性組成)の現状調査

(1) 調査方法 溶接割れに影響する鋼材の P_{CM} の現状を調べるため、日本橋梁建設協会の溶接技術部会に参加の14社で使用した鋼材の P_{CM} を調査した。調査した鋼材は、490N/mm²級および570N/mm²級の一般鋼と耐候性鋼であり、925枚のミルシートを調べた。

(2) 調査結果 図-1に調査結果を示す。 P_{CM} は490材より570材の方が低い値を示した。特に、SM570では0.18が最も多く、これらはTMCP鋼であり、低い P_{CM} であることが判る。次に、SM490では0.24が最も多かった。また、両鋼材ともに0.27が上限値であった。

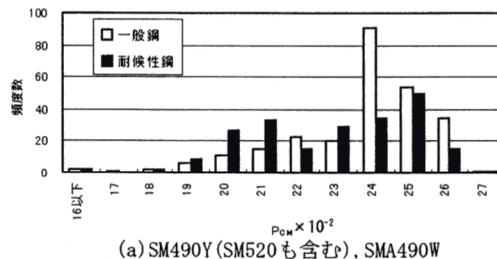
3. 試験体の説明

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

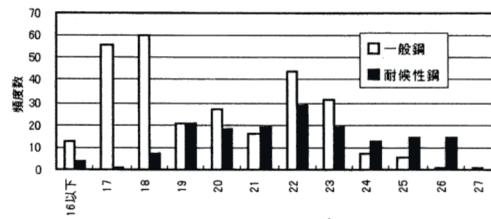
(2) 試験体の拘束度 継手の拘束度 $K(N/mm \cdot mm)$ は「溶接継手のルート間隔を単位長さ短縮させるに要する単位溶接長当たりの力の大きさ」で定義され、拘束係数 $K_0(N/mm^2 \cdot mm)$ は $K=K_0 \cdot t$ で示される(t :板厚)。そこで、本試験体の拘束係数を明確にするため、FEM解析を用いて調べた。解析は、図-3に示すように試験体をソリッド要素でモデル化し、汎用有限要素プログラムMSC/NASTRANを用いて計算した。荷重は、溶接範囲400mm間に鉛直方向の等分布単位荷重を載荷した。また、解析パラメータは、溶接範囲の第1ビード(表側)が6mmと8mm、およびビードが無い3ケースとした。そして、解析結果から得られた荷重範囲間における鉛直変位の平均値から K_0 を算出した。

表-1に算出結果を示す。拘束係数は、第1ビードがなければ(表側溶接時)小さいが、ビードがあれば(裏側溶接時)大きいことが判る。道路橋示方書では、橋梁における平均的な拘束係数を200N/mm²・mmとしており、本試験体は拘束度が大きい試験体であることが判る。

(3) 使用材料 使用材料を表-2に示す。鋼材においてフランジ材(底板)は、板厚50mmと58mmを用いた。 P_{CM} は2章の調査結果に基づき、橋梁で使用される上限値付近の鋼材を多く用いることとし、0.21~0.27の4種類とした。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} が低い鋼材を使用した。次に、溶接材料は、表下に示すものを使用し、通常の溶材より拡散性水素量の高い溶接材料(神戸製鋼所試作品)を使用した。



(a) SM490Y (SM520も含む), SMA490W



(b) SM570, SMA570W

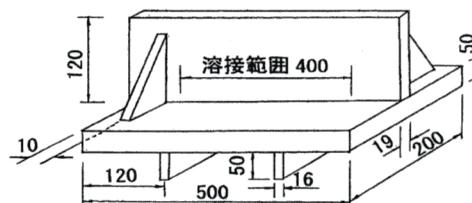
図-1 橋梁用鋼材の P_{CM} の現状

図-2 試験体形状

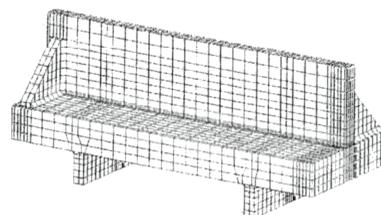


図-3 FEMモデル

表-1 試験体の拘束係数(K_0)

拘束係数(K_0)	第1ビードサイズ		
	6mm	8mm	なし
	307.9	348.9	29.3

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

表-2 使用材料

使用材料	板厚 (mm)	強度(MPa)		化学成分 (mass %)											P _{CM}
		Y.P	T.P	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	V	B		
フランジ	鋼A	50	600	660	0.09	0.25	1.57	0.004	0.001	0.01	0.46	0.23	0.02	0.0013	0.21
	鋼B	50	400	550	0.15	0.39	1.44	0.014	0.002	0.01	0.02	-	0.05	-	0.24
	鋼C	58	398	554	0.17	0.48	1.42	0.012	0.002	0.01	0.01	-	0.06	-	0.26
	鋼D	50	360	530	0.18	0.38	1.43	0.010	0.004	0.01	0.01	-	-	-	0.27
ウェブ材	19	445	526	0.09	0.18	1.5	0.005	0.001	0.02	0.01	-	-	-	0.17	
溶接材料(YFW-C50DM)	-	474	547	0.05	0.49	1.58	0.009	0.009	0.01	-	-	-	-	-	

表-3 溶接条件

設計 サイズ	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	入熱量 (J/cm)
5mm	280	32	50	10752
6mm			40	13440
7mm			30	17920
8mm			25	21504

表-4 サイズ計測結果

設計 サイズ	計測値 の平均
5mm	6.2mm
6mm	6.7mm
7mm	8.3mm
8mm	9.1mm

表-5 割れ試験観察結果

設計 サイズ	割れの有無(各10箇所)			
	鋼A	鋼B	鋼C	鋼D
5mm	なし	なし	なし	なし
6mm	なし	なし	なし	なし
7mm	なし	なし	なし	なし
8mm	なし	なし	なし	なし

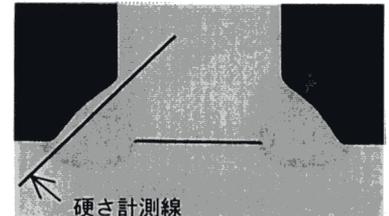


図-4 マクロ断面(鋼D, サイズ6mm)

4. すみ肉溶接割れ試験

(1) 試験方法 本試験体の板厚(50mm)を $S \geq \sqrt{2t}$ で溶接サイズを算出すれば 10mm(鋼 C では 11mm)となる. 本溶接割れ試験では, 溶接サイズを低減した場合の影響を調べるため, 鋼 A~鋼 D の 4 鋼種に対し, 表-3 に示す溶接サイズ 5~8mm の 4 作業条件で行った(4 鋼種×4 作業条件=16 試験体). 溶接作業は, 室温 20℃湿度 60%を一定に保ち, また予熱を行わず, 下向きすみ肉(ポジションを取って)にて CO₂ 溶接で行った. 溶接終了後, 溶接サイズを計測し, 鋼船規則検査要領集¹⁾に則って 48 時間以降に浸透探傷試験(PT)を実施し, 表面割れの観察を行った. その後, 50mm 間隔で試験体を 5 分割して, 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つの試験体で 10 箇所(左右合わせて)の割れ観察を行った. また, 最も C 量が高く P_{CM} も大きい鋼 D 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(49kN)を行った.

(2) 試験結果 表-4 に溶接サイズ計測結果を示す. 計測結果は, 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. これは, 下向きすみ肉で行ったため凸型のビードとならず, 2 等辺三角形に近いビードとなったことで計測サイズが大きくなったものと考えられる. 次に, 表面の溶接割れは, PT では観察されなかった. 図-4 にマクロ断面の一例を示し, マクロ断面から詳細に割れの発生状況を観察した結果を表-5 に示す. 本試験は, 割れの観点からは厳しい条件下(高 P_{CM}, 高拘束, 高水素量, 低入熱)で行ったが, 160 箇所の何れの箇所からも割れは観察されなかった. 次に, 図-5 は, 鋼 D の各溶接サイズにおけるフランジ側 HAZ 部のビッカース硬さ(最高硬さ)試験結果を示す. また, 図-6 はサイズ 5mm における硬さ分布を示す. これらの結果が示すように, P_{CM} が大きい鋼 D(0.27)において溶接サイズが 5mm ではビッカース硬さは 409Hv となり, 厚板鋼板を用いて低入熱(10752J/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 336 Hv に低減された.

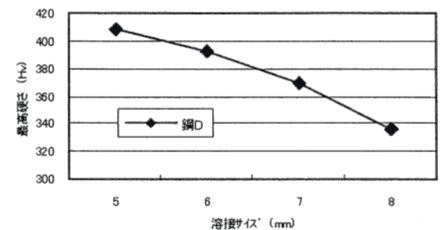


図-5 最高硬さ試験結果

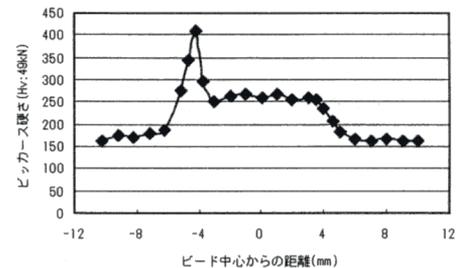


図-6 硬さ分布(鋼D, サイズ5mm)

5. 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が割れは発生しなかった. すなわち, 厚板鋼板において $S \geq \sqrt{2t}$ で溶接サイズを決定しなくても急冷割れの問題はないと言え, 道路橋示方書で述べられている溶接割れの観点からは, $S \geq \sqrt{2t}$ の規定緩和は可能であると考えられる. ただし, P_{CM} が大きくサイズが小さい場合では, ビッカース硬さが 400Hv を超える場合があるので注意を要する. 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で行ったものである.

【参考文献】

1) 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.