

建築構造用 590N/mm²鋼材のCO₂ガス シールドアーク溶接継手性能 下向き溶接

平成26年6月

FUJIKI CORPORATION

近年、溶接施工性を改善した建築構造用高性能590N/mm² TMCP鋼材「HBL440」が開発され、高強度鋼材の施工性向上が期待されている。

本試験では、SA440 および HBL440 を同条件で施工し、それぞれの継手特性および差異について報告する。

<溶接条件と試験体>

試験体	No.1	No.2	No.3
厚さ mm	40		
鋼種	SA440B	HBL440B	
予熱温度 °C	60	なし	
溶接材料	KC-60		KC-65
パス間温度 °C	250 ≥		350 ≥
入熱 KJ/cm	40 ≥		



No.3の試験体のみ高強度な溶接材料を選定しパス間温度350°C、入熱40KJ/cm以下に緩和して溶接効率を向上させたが溶接金属強度と靱性、溶接継手強度を確保することができた。



建築構造用 590N/mm² 鋼 C O₂ ガスシールドアーク溶接継手性能

正会員 ○小泉好成^{*A} 同 遠山和裕^{*A}
同 廣田実^{*B} 同 藤沢清二^{*B}

SA440 590N/mm² TMCP
HAZ 靱性 溶接継手特性 溶接材料

1. はじめに

至近、TMCP 技術を駆使し、溶接施工性を改善した建築構造用高性能 590N/mm²TMCP 鋼材¹⁾ (以下 HBL[®]440 と記す) が開発され、高強度鋼材の施工性の向上が期待されている。それぞれの製造プロセス概念を図 1 に示す。

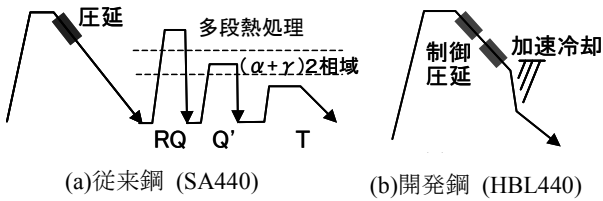


図 1 製造プロセス模式図

590N/mm² 鋼材は、溶接組立箱形断面柱への適用が圧倒的に多いが、一部のトラス部材や弾性梁などへの適用事例も増加している。その場合、工場溶接、現場溶接ともに CO₂ ガスシールドアーク溶接の適用が一般的な溶接法として採用される。現状の鋼材種別比率としては、1996 年に旧建築基準法第 38 条の一般認定を取得している二相域熱処理実施の建築構造用高性能 590N/mm² 鋼材 (以下 SA440) が、ほぼ全数である。

本報では、SA440 および HBL440 を同条件で溶接施工し、それぞれの継手特性および差異について報告する。

2. 試験用鋼材の母材特性

溶接施工試験に用いた SA440 と HBL[®]440 の化学成分を表 1 に示す。従来の SA440 と比較し、低 C 化、低 P_{CM} 化が図られている。表 2 に母材の引張特性およびシャルピー衝撃特性を示す。

表 1 鋼材の化学成分

	板厚 mm	化学成分 (重量%)						Ceq ^{*1}	PCM ^{*2}
		C	Si	Mn	P	S	others		
HBL440B	40	0.06	0.20	1.49	0.013	0.003	Cr, Mo,	0.41	0.17
SA440B	40	0.08	0.23	1.44	0.008	0.002	Nb, V, T	0.40	0.19
HBL440B規格	t≤40	≤0.12	≤0.55	≤1.60	≤0.030 ^{*3}	≤0.008	必要に応じて追加 できる	≤0.44	≤0.22
SA440B規格	t≤40	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.030 ^{*3}	≤0.008		≤0.44	≤0.28

*1 Ceq=C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

*2 PCM=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B

*3 HBL440B(SA440B), *4 HBL440C(SA440C)

表 2 鋼材の機械的性質

	板厚 (mm)	試験片	引張特性				衝撃特性 vE0°C (J)
			YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	YR (%)	EI (%)	
HBL440B	40	JIS 4	479	628	76	28	294
SA440B	40	JIS 5	500	631	79	52	261
HBL440 規格	19≤t≤32	JIS 1A	440	590	≤80	≥15	≥70
	32<t≤40		~540	~740		≥16	
	20<t≤100	JIS 4				≥20	
SA440 規格	19≤t≤100	JIS 5	440	590	≤80	≥26	47
		JIS 4	~540	~740	≥20		

3. 溶接条件と試験体製作

下向き CO₂ ガスシールドアーク溶接により、3 条件の板継手 (厚さ 40mm) を作成した。条件を表 3 に示す。

表 3 板継手の溶接条件等

試験体	No.1	No.2	No.3
厚さ mm	40		
鋼種	SA440B	HBL440B	
予熱温度 °C	60	なし	
溶接材料	G59JA1UC3M1T (KC-60 φ1.2)		G69A2UCN1M2T (KC-65 φ1.2)
パス間温度 °C	250 ≥		350 ≥
入熱 KJ/cm ²	40 ≥		
開先形状	V形, 角度; 35°, RG; 7mm		
裏当金	電炉製 FB 9×25mm SN490B		

SA440 は通常予熱が必要な鋼材であるため、50°C で実施したが、HBL440 は溶接施工指針¹⁾ で定める通り、予熱なしとした。また、590N/mm² 級鋼材の溶接材料は同強度クラスの G59JA1UC3M1T を使用するが、溶接効率向上のために G69A2UCN1M2T をパス間温度 350°C にすることを試みた。なお、裏当金は電炉製 FB SN490B を選定した。

次に試験体形状を図 2 に示す。

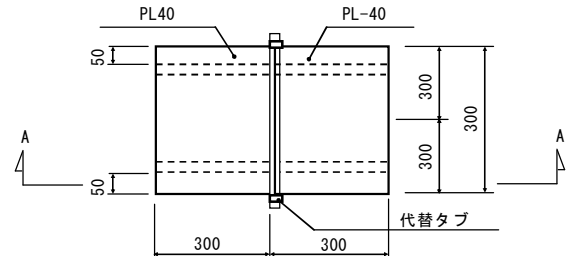


図 2 試験体形状

試験体幅は 300mm とし、代替タブを使用した。

次に、図 3 に各試験体の積層記録を示す。溶接効率を上げて、パス間温度を 350°C で管理した試験体 No.3 は待

機時間が少なく、その他試験体の半分以下の待機回数となった。

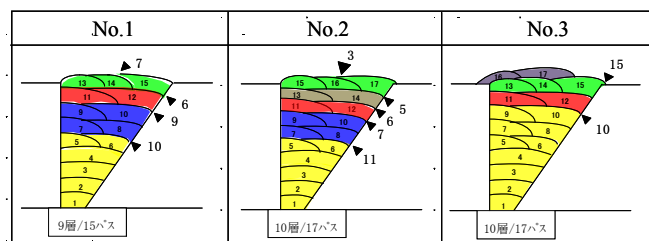


図3 溶接積層記録

4. 溶接継手の機械試験結果

(1) 溶接継手マクロ

各試験体のマクロを写真1に示す。パス数は、概ね3試験体とも同じくNo.1が15パス、No.2, 3が17パスである。有害な欠陥は見られず、十分な溶込が得られた。

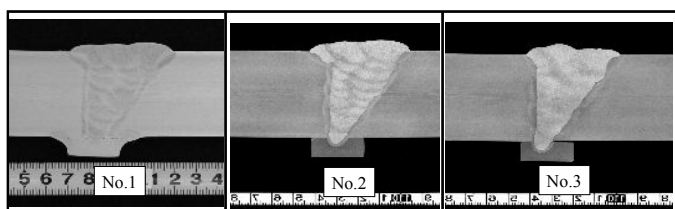


写真1 溶接継手マクロ

(2) 溶着金属引張試験、継手引張試験結果

溶着金属引張試験結果、継手引張試験結果を表4に示す。各試験体とも母材規格強度下限を上回り、継手引張試験の破断位置はいずれも母材であった。

表4 溶着金属引張試験、継手引張試験結果

試験項目		No.1	No.2	No.3
溶着金属引張試験	YS(N/mm ²)	610	585	525
	TS(N/mm ²)	657	649	679
継手引張試験	TS(N/mm ²)	649	624	607
	破断位置	母材	母材	母材

No.2, 3試験体は、鋼材、積層条件が同じで、溶接ワイヤ種、パス間温度を変えた継手であるが、継手強度も破断位置(写真2)も顕著な差異は認められない。

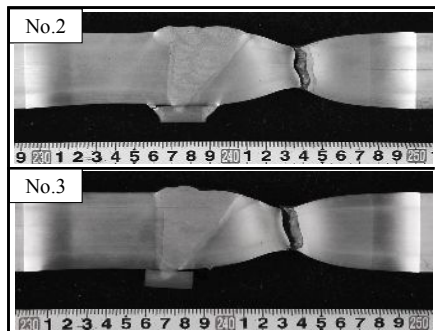


写真2 溶接継手破断状況

(3) 溶接継手衝撃試験

溶接継手衝撃試験位置を図3に試験結果を表5に示す。目標性能は母材規格下限値(SA440; 47J, HBL440; 70J)としたが、DEPO, BOND, HAZ 各試験体・各部位において70Jを上回る結果を得た。

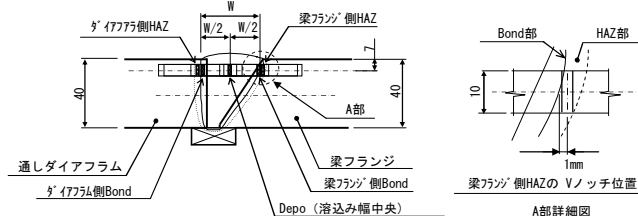


図3 溶接継手衝撃試験位置

表5 溶接継手衝撃試験結果

試験部位	ノッチ位置	No.1		No.2		No.3	
		vE0 J		vE0 J		vE0 J	
		個々	平均	個々	平均	個々	平均
開先側	HAZ	116	193	285	293	219	241
		245		291		276	
		217		303		229	
開先側	BOND	54	162	181	239	180	167
		185		281		153	
		248		254		169	
溶接金属	DEPO	150	142	84	87	111	97
		143		85		87	
		134		91		93	
ゲイフラム側	BOND	64	105	105	155	260	267
		84		199		272	
		167		160		268	
ゲイフラム側	HAZ	135	188	229	209	237	266
		195		281		268	
		233		117		294	

No.3試験体はパス間温度350℃、入熱40kJ/cmと半自動溶接では最も効率の良い条件としている。通常590N/mm²鋼材では施工しない条件であるが、優れた靱性を得た。

5. まとめ

供試材 SA440, HBL440 ともに健全な溶接継手性能が得られた。鋼材の製造法による継手性能差はなく、No.2,3試験体はTMCPタイプの590N/mm²鋼材を適用することにより、予熱省略が実現し、施工性が向上した。

またNo.3試験体では高強度な溶接材料を選定し、パス間温度350℃、入熱40kJ/cmに上げ溶接効率を向上させたが、懸案となる溶接金属強度と靱性、さらに溶接継手強度を確保と、新たな溶接条件を提示することができ、今後の効率的な高強度鋼材の溶接施工の可能性を見出した。

参考文献

- 1) 建築構造用高性能590N/mm²級TMCP鋼板HBL[®]440設計・溶接施工指針, 2013

*A 藤木鉄工株式会社
*B JFEスチール株式会社

*A Fujiki Corporation
*B JFE Steel Corporation.



藤木鉄互株式会社

本社・工場	新潟県北蒲原郡聖籠町東港3丁目2265番地6	TEL 025-256-2111(代表) FAX 025-256-1310
東京支店	東京都中央区日本橋横山町5番2号ホリーズ日本橋ビル8階	TEL 03-3249-9251 FAX 03-3249-9250
東北営業所	宮城県仙台市青葉区片平1丁目3-36/ハynes片平505	TEL 022-212-8668 FAX 022-212-8669
新潟営業所	新潟県新潟市中央区東大通1丁目2-23北陸ビル6階	TEL 025-255-5158 FAX 025-255-5157