



60キ口高強度鋼（SA440材）を使用した 溶接継手施工試験

平成26年2月

FUJIKI CORPORATION

60キ口高強度鋼（SA440材）を使用した溶接継手について試験体を製作し、溶接部の健全性を確認するため、溶接継手施工試験を実施した。



藤木鉄工株式会社

60キ口高強度鋼（SA440材）を使用した溶接継手施工試験

生産技術室*

Key Word

590N/mm2 溶接継手性能 靱性

1. 目的

60キ口高強度鋼（SA440材）を使用した溶接継手について試験体を製作し、溶接部の健全性を確認するため、溶接継手施工試験を実施した。

2. 試験要領

(1) 試験体形状

試験体形状を図1に、供使鋼材の化学成分を表1に示す。試験体は【柱・柱、柱・梁、梁・梁】接合部の組合せを想定し4タイプ、計7体製作した。材質は、柱シャフト材および通しダイアフラム材を想定したSA440C（T=60mm）と、梁材を想定したSA440B（T=40）を使用した。また、タブは代替タブを使用し、裏当て金は電炉製FB SN490Bを選定した。試験体製作状況を写真1に示す。

表1 供使鋼材の化学成分

鋼種	板厚 (mm)	化学成分 (重量%)					Ceq ^{*1}
		C	Si	Mn	P	S	
SA440B	40	0.08	0.23	1.44	0.008	0.002	0.40
SA440C	60	0.08	0.07	1.52	0.004	0.001	0.44

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



写真1 試験体製作状況

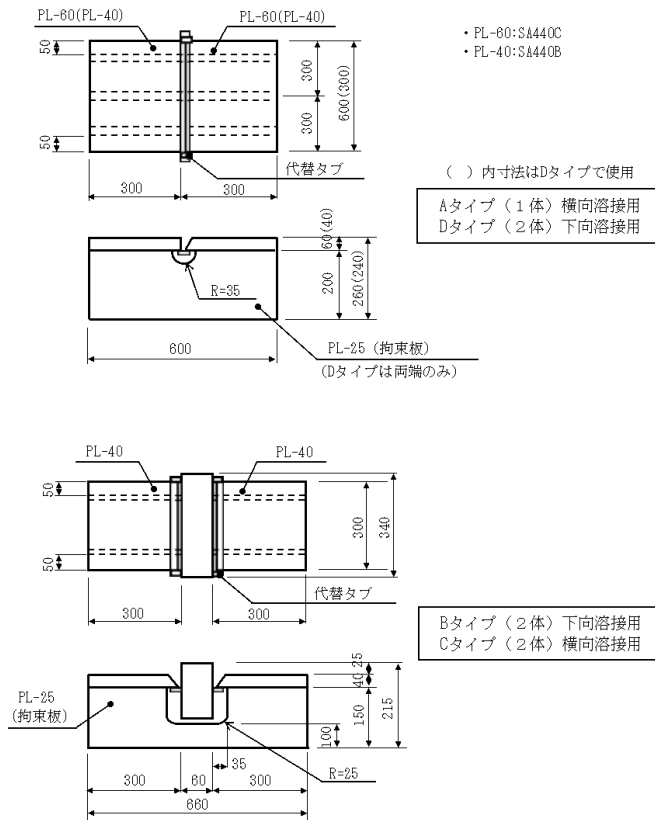


図1 試験体形状

(2) 溶接条件

溶接条件を表2に示す。溶接方法はCO₂ガスシールドアーク溶接により、入熱40KJ/cm以下、パス間温度250℃以下で管理した。

表2 溶接条件

溶材	姿勢	ワイヤ径	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	入熱量 (KJ/cm)	パス間温度 (℃)
YGW-21 (KC-60)	下向横向	1.2φ	250~350	28~40	15~60	≤40	≤250

(3) 予熱温度

予熱温度を表3に示す。SA440材は、通常予熱が必要な鋼材であるため、溶接施工指針¹⁾に定める通り実施した。

表3 予熱温度

板厚	19 ≤ t ≤ 50	50 < t ≤ 75
予熱温度	≥ 60℃	≥ 80℃

*藤木鉄工株式会社 本社工場

3. 試験内容

表4-1に非破壊試験内容を、表4-2に機械試験内容を示す。

また、図2に溶着金属引張試験片採取位置、図3に衝撃試験片（表面側）採取位置を示す。

表4-1 非破壊試験内容

試験の種類	試験対象部位	試験数量	検査基準
外観検査	ビード・外観・余盛高さ	全数	日本建築学会 「建築工事標準仕様書 JASS 6 鉄骨工事 付則6. 鉄骨精度検査基準」（2007年）
超音波探傷試験	柱フランジ部 梁フランジ部	各溶接線全線	日本建築学会 「鋼構造建築溶接部の超音波探傷 検査基準・同解説」（2008年）

表4-2 機械試験内容

試験の種類	試験対象部位		試験片記号	試験数量	
マクロ試験 JIS G 0553	A、B、C、Dタイプ		AM 1	1	
			BM 1	1	
			CM 1	1	
			DM 1	1	
引張試験 JIS Z 2241	A、B、C、Dタイプ（溶着金属部）		AT 1	1	
			BT 1, BT 2	2	
			CT 1, CT 2	2	
			DT 1	1	
引張試験 JIS Z 3121	A、B、C、Dタイプ（突合せ継手部）		AH 1	1	
			BH 1	1	
			CH 1	1	
			DH 1	1	
シャルピー 衝撃試験 JIS Z 2242	A、B、C、D タイプ	板厚表面側	HAZ（開先側）	AE1, BE1, CE1, DE1	各3本
			Bond（開先側）	AE2, BE2, CE2, DE2	各3本
			Depo	AE3, BE3, CE3, DE3	各3本
			Bond（ダイアフラム側）	AE4, DE4	各3本
			HAZ（ダイアフラム側）	AE5, DE5	各3本
		板厚裏当側	HAZ（開先側）	AE6, BE4, CE4, DE6	各3本
			Bond（開先側）	AE7, BE5, CE5, DE7	各3本
			Depo	AE8, BE6, CE6, DE8	各3本
			Bond（ダイアフラム側）	AE9, DE9	各3本
			HAZ（ダイアフラム側）	AE10, DE10	各3本
硬さ試験 JIS Z 2244	A、B、C、Dタイプ （マクロ試験体との兼用）		AM 1	1	
			BM 1	1	
			CM 1	1	
			DM 1	1	

（注）シャルピー試験片3本の内の1本は採取位置確認の為のエッチングを行う。

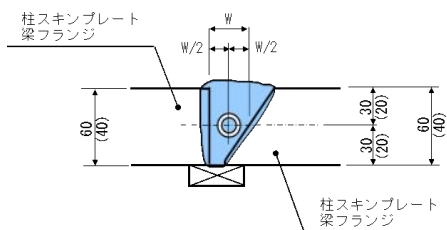


図2 溶着金属引張試験片採取位置

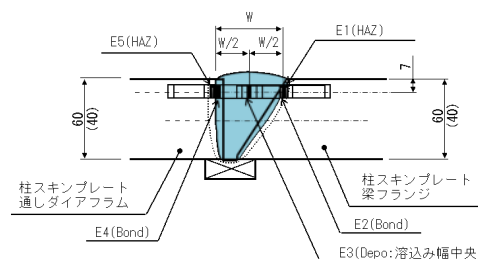


図3 A,Dタイプ 表面側衝撃試験片採取位置

4. 試験結果

試験結果の一覧を表5に示す。

表5 試験結果一覧表

継手対象部位	溶接方法	試験項目	溶接性能判定基準	試験結果			判定
				降伏点	引張強さ	伸び	
A (裏当金方式) 横向き溶接 	CO ₂ ガスシールドアーク溶接	溶着金属引張試験	≥440 (N/mm ²)	616 (N/mm ²)		合格	
			≥590 (N/mm ²)	662 (N/mm ²)		合格	
			参考試験	26 (%)		合格	
		継手部引張試験	≥590 (N/mm ²)	641 (N/mm ²)		合格	
			シャルピ-衝撃試験 (0°C)	溶着金属 (平均値)	表面側		152 (J)
		裏当側			132 (J)	合格	
		ボンド部 (平均値)		表面側	開先側	106 (J)	合格
				裏当側	開先側	344 (J)	合格
		熱影響部 (平均値)		表面側	開先側	296 (J)	合格
				裏当側	開先側	327 (J)	合格
ビッカース硬さ試験	HV ≤ 350	溶着金属 最高硬さ		Hv max 257	合格		
		熱影響部 最高硬さ		Hv max 262	合格		
		母材 最高硬さ		Hv max 250	合格		
超音波探傷試験	日本建築学会基準	合格			合格		
マクロ試験	有害な欠陥があつてはならない	合格			合格		
B (裏当金方式) 下向き溶接 	CO ₂ ガスシールドアーク溶接	溶着金属引張試験	≥440 (N/mm ²)	547 (N/mm ²)		合格	
			≥590 (N/mm ²)	614 (N/mm ²)		合格	
			参考試験	30 (%)		合格	
		継手部引張試験	≥590 (N/mm ²)	647 (N/mm ²)		合格	
			シャルピ-衝撃試験 (0°C)	溶着金属 (平均値)	表面側		133 (J)
		裏当側			74 (J)	合格	
		ボンド部 (平均値)		表面側	開先側	283 (J)	合格
				裏当側	開先側	284 (J)	合格
		熱影響部 (平均値)		表面側	開先側	341 (J)	合格
				裏当側	開先側	275 (J)	合格
ビッカース硬さ試験	HV ≤ 350	溶着金属 最高硬さ		Hv max 250	合格		
		熱影響部 最高硬さ		Hv max 223	合格		
		母材 最高硬さ		Hv max 215	合格		
超音波探傷試験	日本建築学会基準	合格			合格		
マクロ試験	有害な欠陥があつてはならない	合格			合格		
C (裏当金方式) 横向き溶接 	CO ₂ ガスシールドアーク溶接	溶着金属引張試験	≥440 (N/mm ²)	604 (N/mm ²)		合格	
			≥590 (N/mm ²)	654 (N/mm ²)		合格	
			参考試験	27 (%)		合格	
		継手部引張試験	≥590 (N/mm ²)	671 (N/mm ²)		合格	
			シャルピ-衝撃試験 (0°C)	溶着金属 (平均値)	表面側		184 (J)
		裏当側			167 (J)	合格	
		ボンド部 (平均値)		表面側	開先側	124 (J)	合格
				裏当側	開先側	257 (J)	合格
		熱影響部 (平均値)		表面側	開先側	188 (J)	合格
				裏当側	開先側	314 (J)	合格
ビッカース硬さ試験	HV ≤ 350	溶着金属 最高硬さ		Hv max 246	合格		
		熱影響部 最高硬さ		Hv max 248	合格		
		母材 最高硬さ		Hv max 217	合格		
超音波探傷試験	日本建築学会基準	合格			合格		
マクロ試験	有害な欠陥があつてはならない	合格			合格		
D (裏当金方式) 下向き溶接 	CO ₂ ガスシールドアーク溶接	溶着金属引張試験	≥440 (N/mm ²)	610 (N/mm ²)		合格	
			≥590 (N/mm ²)	657 (N/mm ²)		合格	
			参考試験	28 (%)		合格	
		継手部引張試験	≥590 (N/mm ²)	649 (N/mm ²)		合格	
			シャルピ-衝撃試験 (0°C)	溶着金属 (平均値)	表面側		142 (J)
		裏当側			93 (J)	合格	
		ボンド部 (平均値)		表面側	開先側	162 (J)	合格
				裏当側	開先側	105 (J)	合格
		熱影響部 (平均値)		表面側	開先側	219 (J)	合格
				裏当側	開先側	134 (J)	合格
ビッカース硬さ試験	HV ≤ 350	溶着金属 最高硬さ		Hv max 245	合格		
		熱影響部 最高硬さ		Hv max 232	合格		
		母材 最高硬さ		Hv max 216	合格		
超音波探傷試験	日本建築学会基準	合格			合格		
マクロ試験	有害な欠陥があつてはならない	合格			合格		

（1）超音波探傷試験

下向き溶接部において欠陥は検出されなかった。横向き溶接部のCタイプにおいて一部片側中間層に15mmの欠陥は検出されたものの、Ⅱ領域であり判定基準60mmを満足する結果であった。

（2）溶着金属引張試験

試験後の溶着金属引張試験片を写真2に示す。横向き溶接部および下向き溶接部の溶着金属の引張強さは、614～662N/mm²であり、判定基準値（ $\geq 590\text{N/mm}^2$ ）以上の継手強度が確認された。

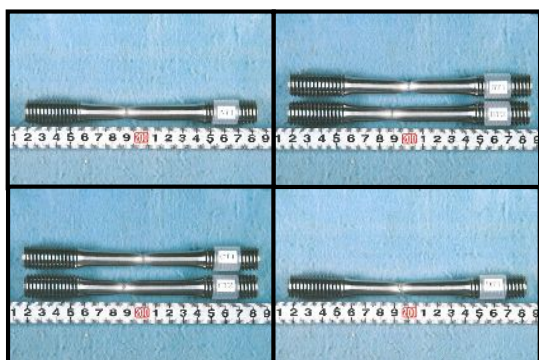


写真2 溶着金属引張試験片破断後

（3）継手引張試験

フランジ突合せ継手溶接部およびT継手溶接部の十字引張試験では、全ての試験片（AH1、BH1、CH1、DH1）において母材側より破断し（写真3）、いずれも判定基準値（ $\geq 590\text{N/mm}^2$ ）以上の継手強度が確認された。

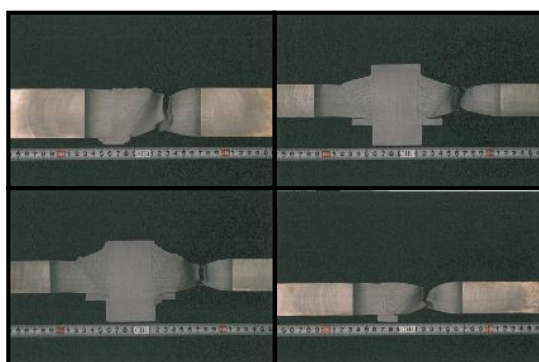


写真3 溶接継手破断状況

（4）衝撃試験

衝撃試験片の破面を写真4に示す。衝撃性能はDEPO、BOND、HAZ各試験体・各部位において母材規格下限値の47J以上であることが確認された。なお、最小値は、Bタイプ溶着金属部の裏当側のDEPO部で74Jであった。



写真4 衝撃試験片破面

（5）マクロ試験

マクロ試験片を写真5に示す。Cタイプ右側に0.3mm x 1個の溶け込み不良（ルート底部）及びDタイプのビード中央部に0.2mmφ x 1個のブローホールが認められたが、いずれも軽微な欠陥であり、判定は合格であった。

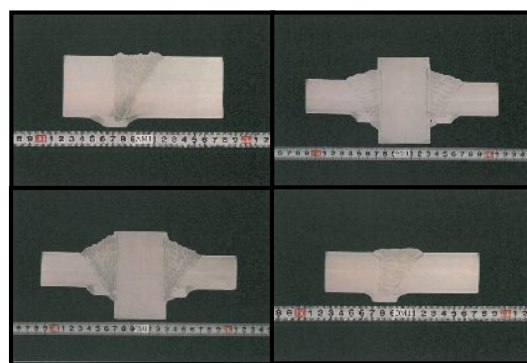


写真5 溶接継手マクロ

（6）硬さ試験

最高硬さは、各試験体共に目標値（ $\text{HV} \leq 350$ ）を満足し最大値はAタイプの熱影響部で $\text{HV} = 262$ の値であった。

5. まとめ

60キロ高強度鋼（SA440材）を使用した溶接継手において、下向き溶接および横向き溶接で溶接継手を施工した結果、引張強さ、衝撃性、他の試験項目において、目標値を満足し、溶接継手性能の健全性が確認された。

6. おわりに

弊社において60キロ高強度鋼の使用については、関係各位と協議の上、設計者の許可を得て使用する。実施の際には、本試験の施工方法及び得られたデータを活かし、安定した品質確保に努めていく。

参考文献

- 1) 建築構造用高性能590N/mm²鋼材（SA440）設計・溶接施工指針，2004



藤木鉄五株式会社

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