

板厚 95mm 溶接箱形断面柱の角継手における
少パス SAW 溶接試験結果

正会員 ○松富崇*1 同 長岡大輝*1
同 中川一郎*1 同 鷺崎高士*1
同 小林健史*1 同 山根正寛*1
同 藤沢清二*2

角溶接 溶接箱形断面柱 サブマージアーク溶接
開先角度 厚鋼板 高能率

1 はじめに

厚肉溶接箱形断面柱（四面ボックス柱）の角継手サブマージアーク溶接（以下、SAW）施工は、その高い溶接効率を活かすために、開先形状変更、大入熱多層溶接の採用が良く知られている¹⁾。最近では、スキンプレート板厚が 60~100mm の厚肉 SAW の場合、より少パス数での施工が報告^{2),3),4)}されており、溶接機仕様制約、溶接入熱量制限の観点及び溶接欠陥発生防止を考慮して、開先形状の適正化（2 段開先の採用、V 開先で狭開先化）や溶接条件適正化、積層方法適正化を行い、諸特性を評価している。当社では、四面ボックス柱の角継手施工を板厚 65mm まで 1 パス、板厚 70~80mm を 4 パス溶接で安定製造する技術を確認していた^{5),6)}。今般、板厚 80mm での製造実績を踏まえて、板厚 95mm 四面ボックス柱の角継手施工を実施した。従来は 42°V 開先、14 パス程度の多層 SAW としていたものを、板厚 80mm の 4 パス溶接技術をベースに、33°V 開先、4 パス溶接で安定製造する技術を確認し、溶接施工負荷軽減を実現した。

以下に、550N/mm² 級鋼材、板厚 95mm 四面ボックス柱の角継手溶接試験結果について報告する。

2 試験方法

試験体スキンプレートには国内鉄鋼メーカーの 550N/mm² 級鋼材を使用した。試験体1体を作成し、SAW 溶接線4本とも開先角度33°とし、これら全ての溶接線において、4パスSAWを実施した。試験体寸法は□-1000mm×1000mm×長さ；3000mmである。表1に鋼板の化学成分及び機械的性質を示す。表2に溶接材料を、表3にSAW溶接条件を示す。電流値を上げずに溶け込みを十分に得るための方法として、L極溶接ワイヤに径の細いワイヤ(Φ5.1mm)を使用した。

表 1：鋼板の化学成分及び機械的性質

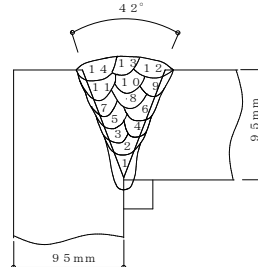
	化学成分(%)							機械的性質		
	C	Si	Mn	P	S	Ceq	Pcm	YP	TS	vE ₀
HBL385C	0.15	0.37	1.33	0.01	0.001	0.39	0.23	401	582	172

YP・TS：降伏・引張強度 (N/mm²)、vE₀:0°Cでのシャルピー吸収エネルギー (J)

表 2：溶接材料

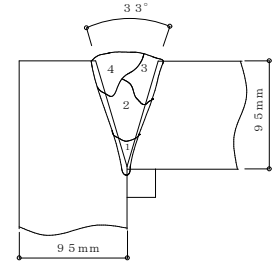
JIS Z 3183 S624-H4該当		
	規格	銘柄
ワイヤ	JIS Z 3351 YS-NM1	KW-101B (L:Φ5.1mm, T:Φ6.4mm)
フラックス	JIS Z 3352 SACG-II	KB-55IM (粒度:12×200)

開先断面積：3464mm²



a) 従来法

開先断面積：2673mm²



b) 本試験

図1：開先形状及び積層

表3：SAW溶接条件

パス数	電極	電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱量 (kJ/cm)
1	L	1950	46	19.5	514
	T	1550	50		
2	L	1650	48	16.0	550
	T	1350	50		
3	L	1450	42	28.0	239
	T	1100	46		
4	L	1300	42	30.0	201
	T	1000	46		

3 試験結果

3.1 溶接外観

溶接ビード外観の一例を写真1に示す。3パス目と4パス目の余盛高さの差はなく、フラットなビード外観であった。ビード幅においても極端な変化はなく安定し、良好な結果が得られた。



写真1：ビード外観

3.2 マクロ断面と硬さ試験

SAWマクロを写真2に示す。全体的にビード幅がやや狭い形状になっているが、凝固割れ等の欠陥は見られず、裏当て金への溶け込みが十分に得られており、融合不良などの溶接欠陥も認められなかった。又、硬さ分布データを図2に示す。硬さ測定結果は全ての位置で

Hv \leq 350となり、良好な結果が得られた。

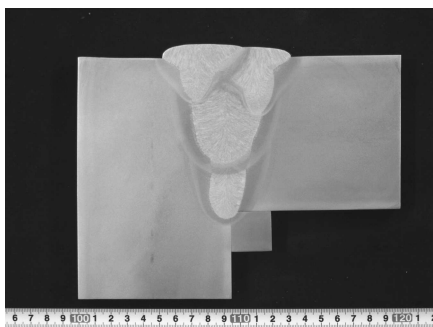


写真2：マクロ写真

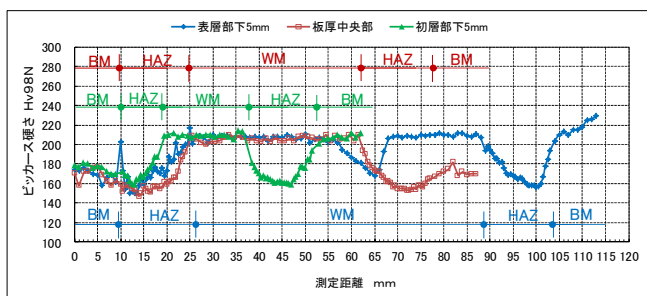


図2：硬さ分布データ

3.3 溶接金属引張試験

溶接金属引張試験結果を表4に示す。試験片形状はJIS Z 2241 10号とし、開先中央の上部から10mmと下部から20mmより採取した。試験片採取位置を図3に示す。降伏点、引張強さともに、母材の規格下限値である385N/mm²、550N/mm²を上回る結果となった。

表4：溶接金属引張試験結果

試験片採取位置	降伏点 (N/mm ²)	引張応力 (N/mm ²)	伸び (%)
開先中央 上部-10mm	446	589	28.4
開先中央 下部-20mm	549	626	29.2

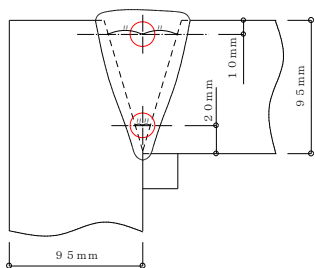


図3：引張試験片採取位置

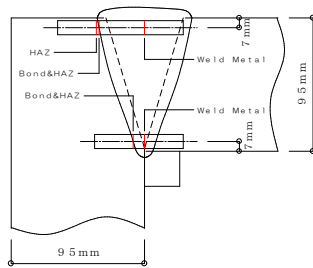


図4：シャルピー衝撃試験片採取位置

3.4 シャルピー衝撃試験

試験片採取位置を図4に示す。試験片はJIS Z 2242 Vノ

ッチ試験片とし、表面側と裏面側の Weld Metal 部とフランジ側 Bond 部 & HAZ 部及び表面側 HAZ 部(Bond+1mm)より、3本ずつ採取した。試験温度は0°Cとした。シャルピー衝撃試験結果を表5に示す。いずれのノッチ位置試験においても標準性能とされる27J⁷⁾を超える十分な靱性を有する結果を示した。

表5：シャルピー衝撃試験結果

部位	ノッチ位置	vE _c (J)	
		個々	平均
表面側	Weld Metal	55	62
		63	
		67	
	Bond & HAZ	59	95
		99	
		126	
HAZ	129	95	
	112		
	44		
裏面側	Weld Metal	53	45
		35	
		47	
	Bond & HAZ	181	173
		216	
		123	

3.5 超音波探傷試験

日本建築学会の「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規程・同解説」の7.2.1項(1)「溶接部に引張応力が作用する場合」に従い、超音波探傷を行った。割れ、スラグ巻き込みなどの不合格欠陥は検出されなかった。

4 まとめ

550N/mm²級鋼材、板厚95mmの四面ボックス柱の角継手溶接をするにあたり、33°V開先、4パスでの施工検討を実施した。結果、適切な溶接条件・積層を適用することで、安定した溶接施工が可能となり、溶接部が良好な機械的性質を有することを確認した。

<参考文献>

- 1) 阪口修一ら：厚物ボックス柱角継手の高能率サブマージアーク溶接技術、川崎製鉄技報 26(1994)4,163-167
- 2) 吉村鉄也ら：溶接組立箱形断面柱の高能率溶接法に関する研究 その5、日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.1514,2015.9
- 3) 宋 勇勲ら：溶接組立箱形断面柱の高能率溶接法に関する研究 その16、日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.1007,2018.9
- 4) 宋 勇勲ら：溶接組立箱形断面柱の高能率溶接法に関する研究 その18、日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.1557,2019.9
- 5) 末岡良次ら：超高層建築物における溶接箱形断面柱の溶接施工試験の一例 その2、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1555,2019.9
- 6) 小林裕ら：溶接箱形断面柱の板厚80mm角継手4パスサブマージアーク溶接試験結果、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1300,2020.9
- 7) 日本鋼構造協会：建築鉄骨溶接部の機械的性質の標準試験マニュアル、JSS IV 13-2016

*1. ヤマネ鉄工建設(株)
*2. JFE スチール (株)

*1. YAMANE Corporation
*2. JFE Steel Corporation