2電極タンデムサブマージアーク溶接の

角継手 80mm 1 パス工法に関する研究

STUDY ON ONE PASS SUBMERGED ARC WELDING FOR BOX COLUMN USING 80MM THICKNESS PLATE

吉村鉄也* 小林光博** Tetsuya Yoshimura Mitsuhiro Kobayashi

溶接組立箱形断面柱(以下,四面ボックス柱と呼ぶ)の角継手の溶接には,一般に2電極タンデムサブマージアーク溶接による1パス溶接(以下,1パス SAW 工法と呼ぶ)が採用されている. 当社では,これまでの社内施工試験の結果を踏まえて1パス SAW 工法が可能な柱板厚の上限を 70mmとしてきた.なお一層の効率化を図る目的で,板厚 80mmの1パス SAW 工法の適用について 検討を行った.今回,開先角度と溶接条件を精査することにより,既存の設備で柱板厚 80mmの角 継手に1パス SAW 工法の適用が可能であることが確認できた。本稿ではその結果を報告する.

キーワード:溶接組立箱形断面柱,2電極タンデムサブマージアーク溶接,1パス溶接

1. まえがき

1パス SAW 工法は,非常に高能率な溶接法である.最 近は建築物の高層化や大スパン化によって柱板厚の厚肉 化が進み,この工法が可能とされる最大板厚を超える場 合が増加している.当社ではこれまで厚板の1パス SAW 工法の研究開発に取り組んでおり,板厚 70mm までを実 現してきた¹⁾.最近は板厚 70mm を超える四面ボックス 柱が多用されてきており,この場合は多層 SAW 工法が 採用されている.このため,板厚 70mm を超える角継手 の溶接は,溶接工数が高い状況のままである.

そこで,角継手溶接の効率化を目的に,柱板厚 80mm に対して1パス SAW 工法を適用の可否を確認するため, 施工条件を設定し,実大実験を実施した.

2. 試験体形状

図-1 に試験体形状を示す.四面ボックス柱のサイズは □-800×800×80で,長さ4,000mm(または3000mm)と し,柱のフランジ,ウェブの鋼種を550N/mm²鋼(KCL-A385C-ST)とした.製作本数は3体である.使用鋼材の 化学成分,機械的性質および溶接材料を表-1~3に示す.

3. 開先角度·溶接条件

開先角度および溶接条件を表-4 に示す. 試験は各試験体の結果を踏まえながら,条件を変えて進めることとし, 試験体 KB6 では開先角度を V 形 28°と V 形 25°の 2 ケ

* 製造本部 富津工場 品質管理部 技術課
** 製造本部 富津工場 品質管理部

35

ースとし,電流および速度を4ケースとした.この時先 行電流を2300A,2350A,2400Aと変化させ溶接条件の



図-1 試験体形状

表-1 鋼材の化学成分

	板厚 (mm)	化学成分(%)						
材質		С	Si	Mn	Р	S	Ceq	Pcm
KCL-A385C-ST	80	0.10	0.41	1.55	0.008	0.001	0.38	0.20

表-2 鋼材の機械的性質

	板厚 (mm)	札	鋼材		
材質		降伏点 (N/mm ²)	引張 強さ (N/mm ²)	^{シャルピー} 吸収 エネルキ [*] ー (J)	メーカー
KCL-A385C-ST	80	444	596	244	神戸製鋼所

表 ─3 溶接材料							
溶接方法	ЛS Z 3183	ワイヤ (JIS)	フラックス (JIS)	メーカー			
SAW	S623-H1	US-49 (YS-M4)	PF-I53ES (SACG-I1)	神戸製鋼所			

試験体		開先	電流 (A)	電圧 (V)	速度	入熱量
		角度	(先行/後行)	(先行/後行)	(cm/分)	(kJ/cm)
	Nl	28°	2400/2000	38/48	16	702
KB6	N2	28°	2350/2000	38/48	15	741
	S1	25°	2300/2000	38/48	15	734
	S2	25°	2400/2000	38/48	17	661
KB7	S1	28°	2400/2000	38/48	15	749
	N1	28°	2400/2050	38/48	15	758
KB8	NS1	28°	2400/2050	38/48	15	758

表-4 溶接条件

安定性を確認した. 試験体 KB7 では KB6 の状況を見て からの設定で,開先角度を V 形 28°に限定し溶接条件を 先行電流 2400A で設定した.さらに試験体 KB8 では KB6, KB7 の状況を受けて,実施条件のうち溶込み状況,余盛 高さを含む溶接外観が最も良好であった開先角度,溶接 条件を採用している. さらにこの試験体では裏当て金を 従来の□-25×25 サイズから□-28×28 に変更した.また この時の入熱量は現時点で最大の 758kJ/cm である.

4. 実験結果

4.1 溶接施工試験経過

溶接施工状況の一例を写真-1に示し,各溶接条件にて 行った溶接部のマクロ状況を写真-2 に示す. KB6-N1 試 験体の溶接条件(先行電流 2400A)では、溶接線 1200mm 程度走行したところで裏当て金の溶け落ちにより停止 した. 開先先端の溶込み量は確保されていたが, 余盛高 さが 0~1mm 程度と低かった (写真-2 a)). したがって 先行電流を 50A 下げ 2350A とし、速度を 16cm/分から 15cm/分に下げて KB6-N2 試験体の溶接を行った.この場 合の余盛高さは確保されたものの,開先先端の溶込み量 が 1mm 程度であり、僅かに不足ぎみであった(写真-2 b)). 次に開先角度を 25° とした KB6-S1, S2 試験体は どちらの溶接条件による走行においても溶込み不良が 発生した(写真-2 c), d)). これは開先角度が小さい ためにトーチ先端が届かず, 開先先端手前でアークが発 生してしまうことが理由と考えられる.この結果から, 開先先端の溶込み量の確保には開先角度が 28° である こと、先行電流は 2400A 必要であると判断した. 次の KB7 試験体では、連続した溶接が安定して達成できるこ とを検証した結果, KB7-S1, N1 試験体の開先先端の溶 込み量が確保されていることを溶接線 2600mm 全線にお

いて超音波探傷試験で確認した.余盛高さについては KB7-S1,N1を比較すると,後行電流 2050A であった KB7-N1が良好であった(写真-2e),f)).そこで,こ れまでの経過より KB7-N1で行った条件に有効性がある と判断し,今回の最終試験として KB8 試験体の4隅すべ てを KB7-N1 試験体と同じ条件で溶接を実施した.この 時,先行電流 2400A での裏当て金の溶け落ちの課題に対 し,裏当て金のサイズを□-25×25 サイズから□-28×28 に変更して溶け落ち防止の検証を含むこととした.結果 は,裏当て金の溶け落ちもなく,溶接線 3000mm 全線で 溶込み量も確保された.



写真-1 溶接施工状況



写真-2 マクロ試験

4.2 機械試験

機械試験採取位置を図-2に示す.機械試験片は良好な 溶込み量と適正な余盛り高さが得られた試験体 KB8 か ら採取することとし,引張試験片,シャルピー衝撃試験 片,マクロ試験片(兼硬さ試験片)を NE 面と SW 面の SAW スタート側からそれぞれ採取した.



図-2 機械試験片採取位置

(1) 引張試験

溶接金属引張試験片の採取位置詳細を図-3に示す. 試験片は, SAW 部の開先中心で表層側と初層側の2ヵ所 から JIS Z 3111 A1 号試験片を採取した. 試験結果を表 -5 に示す. 全溶接金属の引張強さはスキンプレート母材 の規格下限値である 550N/mm² を十分上回る結果であっ た. また, 0.2%耐力, 引張強さとも大きなばらつきは無 く, 安定した品質が保たれていると言える.



図-3 引張試験片採取位置

記号	番号	採取位置	0.2% 耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
NTS	1	表層	481	654	24	65
	2	初層	471	640	23	60
STS	1	表層	482	644	23	62
	2	初層	494	654	26	65

表-5 溶接金属引張試験結果

(2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験片採取位置を図-4に,結果を表-6 に示す.溶接金属中央部位置で3本の平均が45J~66Jで あり, Bond 部および HAZ 部(Bond+1mm)位置で3本 の平均が78J~184Jであった.



図-4 シャルピー衝撃試験片採取位置

表-6 シャルピー衝撃試験結果

溶接	位置	ノッチ 位置	記号	番号	吸収 环	がキー(J) 記号		. 采旦	吸収 エネルギー(J)	
					個々	平均	рц / 7	田ク	個々	平均
表層	Depo	Depo	NU1	$\frac{1}{2}$	53 80 64	66	SU1	$\frac{1}{2}$	52 56 45	51
		Bond	NU2	$\frac{1}{2}$	172 150 117	146	SU2	$\frac{1}{2}$	139 27 133	100
	FLG 测	HAZ	NU3	$\frac{1}{2}$	159 45 157	120	SU3	$\frac{1}{2}$	$ \frac{143}{156} \frac{143}{145} $	148
	WEB 側	Bond	NU4	$\frac{1}{2}$	236 52 240	176	SU4	$\frac{1}{2}$	72 37 154	88
		HAZ	NU5	$\frac{1}{2}$	$\begin{array}{r} 162 \\ 178 \\ 170 \end{array}$	170	SU5	$\frac{1}{2}$	167 99 157	141
初層	Depo	Depo	NS1	$\frac{1}{2}$	46 47 44	46	SS1	$\frac{1}{2}$	55 42 37	45
	FLG 側	Bond	NS2	$\frac{1}{\frac{2}{3}}$	$ \begin{array}{r} 164 \\ 70 \\ 132 \end{array} $	122	SS2	$\frac{1}{\frac{2}{3}}$	38 87 110	78
		HAZ N	NS3	$\frac{1}{2}$	146 157 167	157	SS3	$\frac{1}{2}$	153 159 148	153
	WEB 側	Bond	NS4	$\frac{1}{\frac{2}{3}}$	$ \begin{array}{r} 166 \\ 202 \\ 184 \end{array} $	184	SS4	$\frac{1}{2}$	$ \frac{126}{33} 151 $	103
		HAZ	NS5	$\frac{1}{2}$	$ \begin{array}{r} 165\\ 162\\ 164 \end{array} $	164	SS5	$\frac{1}{2}$	169 154 186	170

(3) マクロ試験

マクロ試験結果を**写真-3**に示す.NE 側から 1 箇所, SW 側から 1 箇所,溶接方向スタート側から採取した. 左右対称で細かなデンドライトが見られ,溶込み形状は, 割れのない安定した V 形の形状であった.溶込み量も余 盛高さも十分確保されている.また溶接方向に沿った初 層の溶込み状況を確認するために,NW 側から SAW 縦断 面マクロを採取した.**写真-3** c)に一例を示す.裏当て 金に安定して溶込んでいる状況が確認できる



a) KB8-NS1(NE 側)



b) KB8-NS1(SW 側)



c) KB8-NS1 縦断面(NW 側)写真-3 マクロ試験結果

(4) ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さ試験位置を図-5に示し,試験結果を図-6 に示す.図中横軸は,開先幅中心を0とした.いずれの 測定位置からも,350(HV10)を超えるような極端な硬 化は見られず,割れを誘発する傾向はないものと考えら れる.



図-5 ビッカース硬さ試験位置



図-6 ビッカース硬さ試験結果

5. あとがき

従来,2 電極タンデムサブマージアーク溶接の1パス 溶接が行える最大板厚を70mmとして施工を行ってきた が,今回の実験により板厚80mmに対しても溶接施工が 可能であることが実証された.溶接入熱が758kJ/cmの施 工においても機械的性質は母材の規格値を十分満足する ことが確認された.

本研究は㈱神戸製鋼所,㈱駒井ハルテックとの共同研 究として実施したものであります.協力頂いた関係各位 に対し,ここに紙面を借りて厚く御礼申し上げます.

参考文献

 吉村鉄也,小林光博,横山幸夫:2 電極タンデムサブ マージアーク溶接の角継手 70mm1パス工法に関す る研究駒井ハルテック技報 Vol.4, pp.46-49, 2014.12.