

# 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。最近で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<sup>1)</sup>。最近では板厚 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/mm<sup>2</sup> 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

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

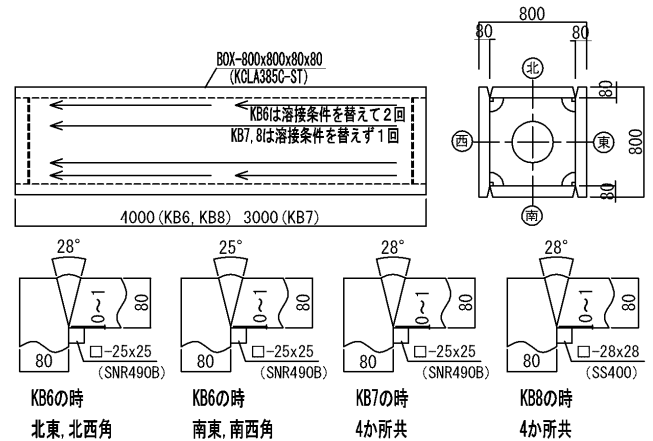


図-1 試験体形状

表-1 鋼材の化学成分

材質	板厚 (mm)	化学成分 (%)						
		C	Si	Mn	P	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

材質	板厚 (mm)	機械的性質			鋼材 メーカー
		降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張 強さ (N/mm <sup>2</sup> )	シャルピー 吸収エネルギー (J)	
KCL-A385C-ST	80	444	596	244	神戸製鋼所

\* 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

表-3 溶接材料

溶接方法	JIS 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-II)	神戸製鋼所

表-4 溶接条件

試験体		開先 角度	電流 (A) (先行 / 後行)	電圧 (V) (先行 / 後行)	速度 (cm/分)	入熱量 (kJ/cm)
		KB6	N1	28°	2400/2000	38/48
	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

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-2 e), 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。

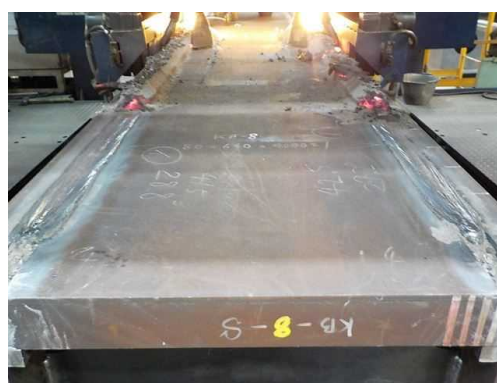


写真-1 溶接施工状況

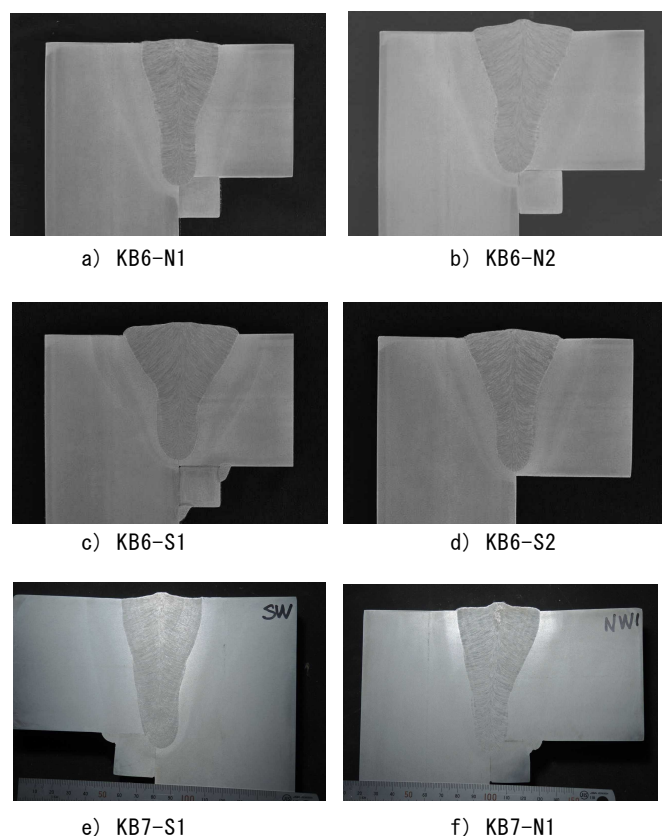


写真-2 マクロ試験

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。

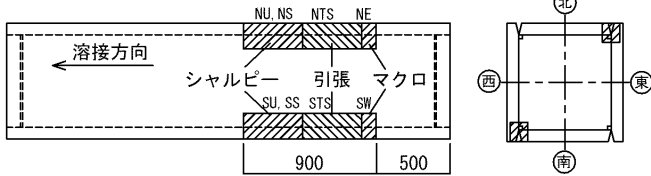


図-2 機械試験片採取位置

(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カ所から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/mm<sup>2</sup>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。

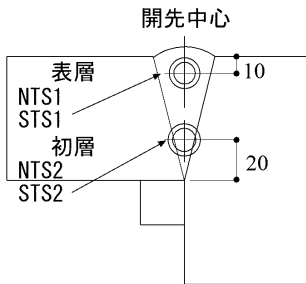


図-3 引張試験片採取位置

表-5 溶接金属引張試験結果

記号	番号	採取位置	0.2% 耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	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

(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。

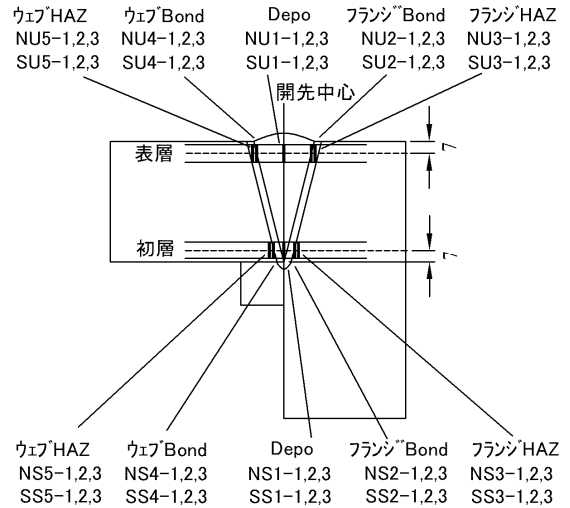


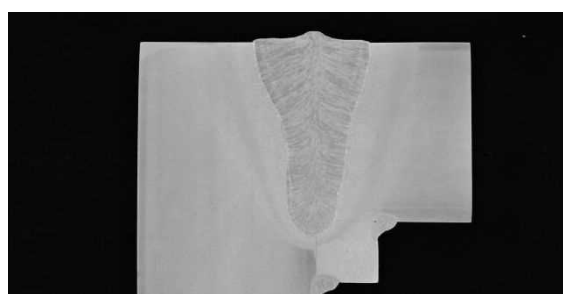
図-4 シャルピー衝撃試験片採取位置

表-6 シャルピー衝撃試験結果

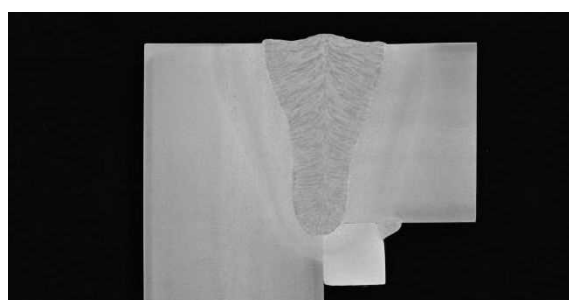
溶接	位置	notch 位置	記号	番号	吸収エネルギー(J)		記号	番号	吸収エネルギー(J)	
					個々	平均			個々	平均
表層	Depo	Depo	NU1	1	53	66	SU1	1	52	51
				2	80			2	56	
				3	64			3	45	
	Bond	Bond	NU2	1	172	146	SU2	1	139	100
				2	150			2	27	
				3	117			3	133	
	HAZ	HAZ	NU3	1	159	120	SU3	1	143	148
				2	45			2	156	
				3	157			3	145	
	WEB側	Bond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

(3) マクロ試験

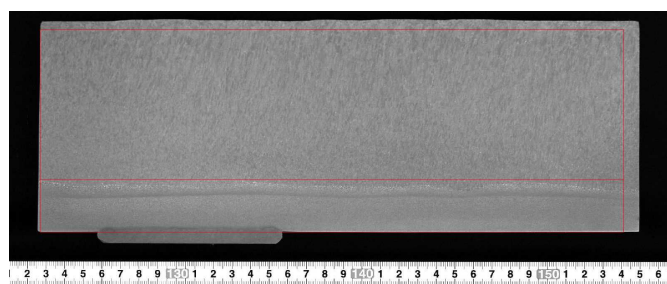
マクロ試験結果を写真-3に示す。NE側から1箇所、SW側から1箇所、溶接方向スタート側から採取した。左右対称で細かなデンドライトが見られ、溶込み形状は、割れない安定したV形の形状であった。溶込み量も余盛り高さも十分確保されている。また溶接方向に沿った初層の溶込み状況を確認するために、NW側からSAW縦断面マクロを採取した。写真-3 c)に一例を示す。裏当て金に安定して溶込んでいる状況が確認できる。



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。

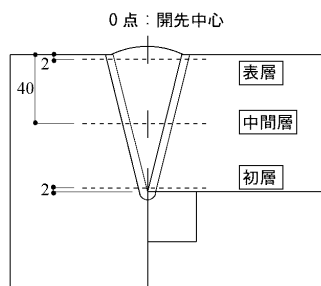


図-5 ビッカース硬さ試験位置

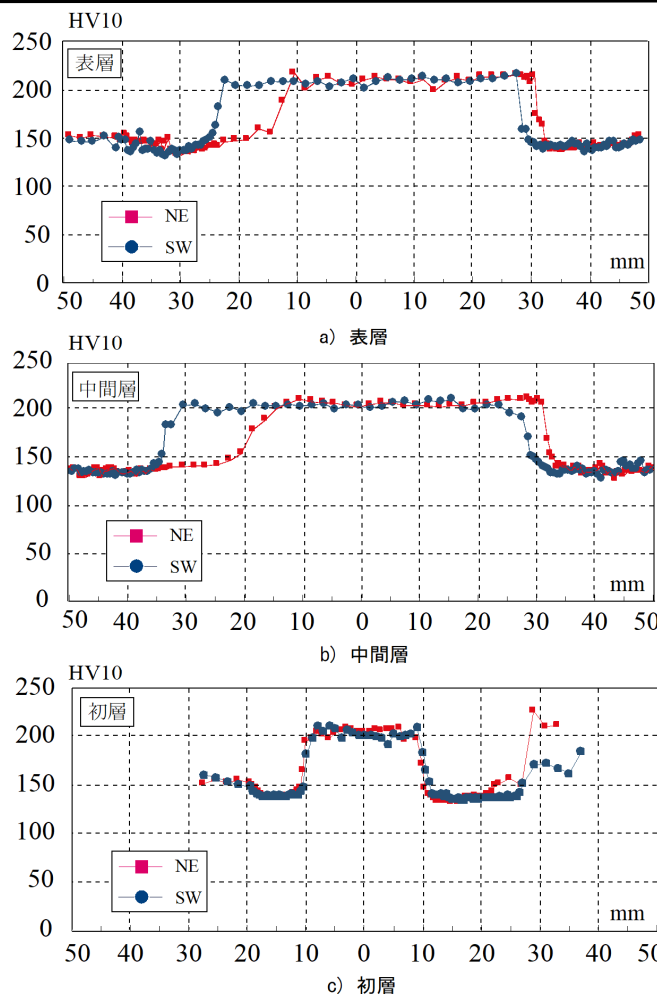


図-6 ビッカース硬さ試験結果

#### 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(株)神戸製鋼所、(株)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

- 1) 吉村鉄也, 小林光博, 横山幸夫: 2 電極タンデムサブマージーク溶接の角継手 70mm 1 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.