

# 2 電極タンデムサブマージアーク溶接の 角継手 70mm 1 パス工法に関する研究

## STUDY ON ONE PASS SUBMERGED ARC WELDING USING 70MM THICKNESS PLATE

吉村鉄也<sup>1)</sup> 小林光博<sup>2)</sup> 横山幸夫<sup>3)</sup>  
Tetsuya Yoshimura Mitsuhiro Kobayashi Yukio Yokoyama

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）が用いられている。当社では、設備能力や電源容量などによる理由から、1 パス SAW 工法が可能な柱板厚の上限を 60mm としてきた。しかし、より効率化を図る目的で、板厚 60mm 超の 1 パス SAW 工法の適用について検討を行った。今回、開先を狭くし入熱を抑えることにより、既存の設備で柱板厚 70mm 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ため、研究結果を報告する。

**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、1 パスで溶接するため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、1 パス溶接が可能とされる最大板厚 60mm を超える場合が増加している。この場合には炭酸ガスシールドアーク溶接と SAW で仕上げる 2 段階の施工法や多層盛り SAW の施工法が採用される。このため、60mm を境界に溶接技能者の作業負担が極端に増加する状況となっている。

そこで角継手溶接の効率化を目的に、柱板厚 70mm に対して 1 パス SAW 工法を適用するための施工条件を設定し、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□-800x800x70 で、長さ 4,000mm とし、柱のフランジ、ウェブの鋼種を 590N/mm<sup>2</sup> 鋼（SA440C-S）とした。製作本数は 1 体である。使用鋼材の化学成分および機械的性質を表-1 に示し、溶接材料を表-2 に示す。

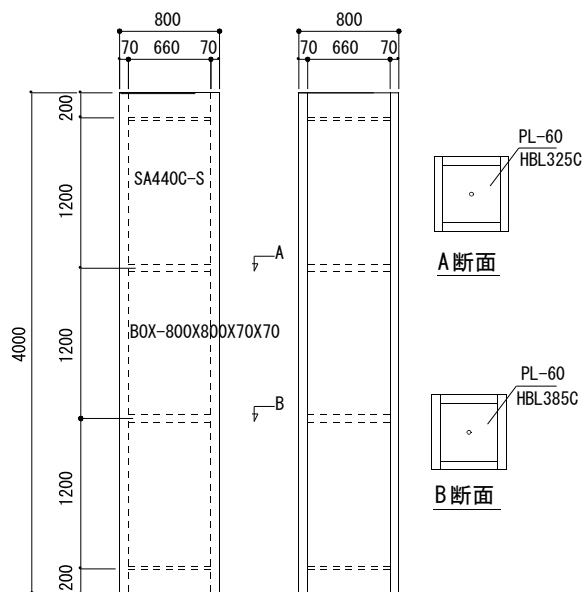


図-1 試験体形状

表-1 鋼材の化学成分および機械的性質

材質	板厚 (mm)	化学成分 (%)							機械的性質			鋼材 メーカー
		C	Si	Mn	P	S	Ceq	Pcm	Yp (N/mm <sup>2</sup> )	Ts (N/mm <sup>2</sup> )	vE0 (J)	
SA440C-S	70	0.08	0.05	1.48	0.004	0.002	0.44	0.19	470	630	259	JFEスチール
SN490B(裏当)	25	0.13	0.27	1.17	0.023	0.010	0.37	0.22	433	542	198	新関西製鐵

### 3. 開先形状・溶接条件

開先形状を表-3 に、溶接条件を表-4 に示す。板厚が厚くなると当然必要溶着量が増えるが、電源容量の関係

表-2 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
サブマージアーク溶接	S623-H1	US-49 (YS-M4)	PF-I53ES (SACI1)	神戸製鋼所

1) 製造本部 富津工場 技術部 技術課  
2) 製造本部 富津工場 技術部  
3) 鉄構営業本部

から極端に溶接電流を上げることができない。よって、既存設備での 70mm1 パス SAW 工法の施工に際し、現在当社で 1 パス SAW 工法を採用している 60mm の開先 (V 形 33°) の断面積と同程度となるよう、開先角度を狭く設定することで溶着量を抑えた。また、設定した開先角度において初層の溶込みが十分得られ、なおかつ適正な余盛りが確保できるような電流・電圧および溶接速度の確認、適正なワイヤ極間、溶接勾配について、事前試験<sup>1)</sup>を実施し検討した。そのデータをもとに本実験の溶接条件は、開先角度を 25° と 28° の 2 変数とし、先行電流を能力限界の 2300A とした。



図-3 ビード外観

表-3 開先形状

開先記号	開先形状	開先角度	ルート間隔	ルートフェイス	開先面積
V28	V	28°	0mm	2mm	1256mm <sup>2</sup>
V25	V	25°	0mm	2mm	1117mm <sup>2</sup>

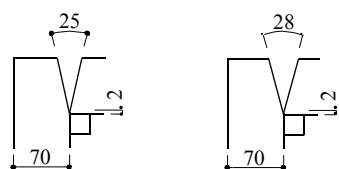


表-4 溶接条件

開先記号	ワイヤ径 (φ: mm)	電流 (A) (先行/後行)	電圧 (V) (先行/後行)	極間 (mm)	速度 (cm/分)	入熱量 (kJ/cm)
V28	6.4	2300/2000	38/48	80	17	647
V25	6.4	2300/2000	38/48	80	17	647

#### 4. 実験結果

##### 4.1 溶接施工

溶接施工状況を図-2 に示す。溶接開始前の鋼材への予熱は行っていない。溶接施工は、アーク切れもなく全線に渡って安定したトーチ走行が行えた。



図-2 溶接施工状況

溶接ビード外観を図-3 に示す。ビード外観は極端なうねりも、凹凸の変化も無く、通常の外観と同じであった。割れも確認されていない。余盛り高さは、開先角度を 28° とした V28 は 4~5mm であり適正な余盛り高さであった。一方、開先角度を 25° とした V25 は余盛り高さ 10~11mm と若干高め の値であった。これは溶接条件が V28 と同じでありながら、V25 は開先面積がより狭いためである。

超音波探傷結果について、屈折角 70° の斜角探傷検査では、V28、V25 に関してほぼ無欠陥 (V25 で初層に 17mm の欠陥 1 カ所のみ) であった。よって、開先角度 25° と 28° に対しては先行電流を 2300A にすることで初層の溶込みが得られることが確認できた。

図-4 に角変形の計測略図を示す。四面ボックス柱のフランジ側両端を基準点とし、門型のフレームに取り付けた移動式のレーザー変位センサ<sup>2)</sup>から、柱ウェブ面との距離を数カ所測定し、それを溶接前後で差分した。結果は角部から 120mm 程度の所で最大 0.3mm であり、300mm 程度の所で最大 0.1mm であった。その他、断面せい方向で最大 2mm の収縮、長さ方向に 1m 当たり最大 1mm の収縮であった。よって、溶接收縮が角変形や長さに与える影響は少なく、精度基準の許容値内で十分施工が可能であることが確認できた。

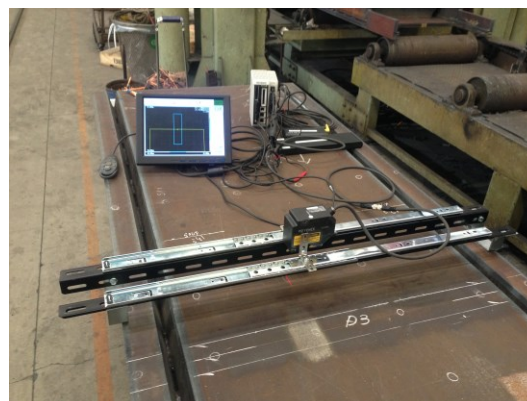


図-4 レーザー変位センサによる測定

4.2 機械試験

機械試験採取位置を図-5に示す。機械試験片は良好な溶込みと適正な余盛りが得られたV28から採取することとし、V25からはマクロ試験片のみSAW中間部から採取することとした。引張試験片、シャルピー衝撃試験片、硬さ試験片をSAW中間部と終端部からそれぞれ採取し、マクロ試験片をSAW始端部、中間部および終端部から採取した。

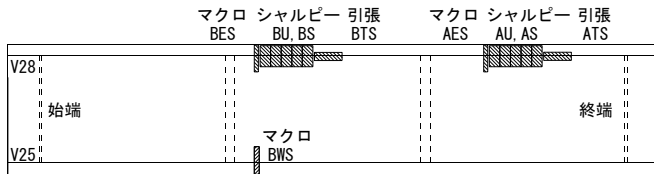


図-5 機械試験片採取位置

(1) 引張試験

溶接金属引張試験片の採取位置詳細を図-6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590N/mm<sup>2</sup>を十分上回る結果であった。また、0.2%耐力、引張強さ共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。

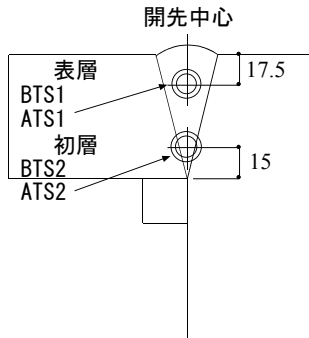


図-6 引張試験片採取位置

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 (%)
ATS	1	表層	527	669	24	67
	2	初層	540	675	25	67
BTS	1	表層	521	664	24	66
	2	初層	538	674	23	66

(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-7に示し、結果を

表-6に示す。Depo部を含めすべての位置で3本の平均が117J以上であった。

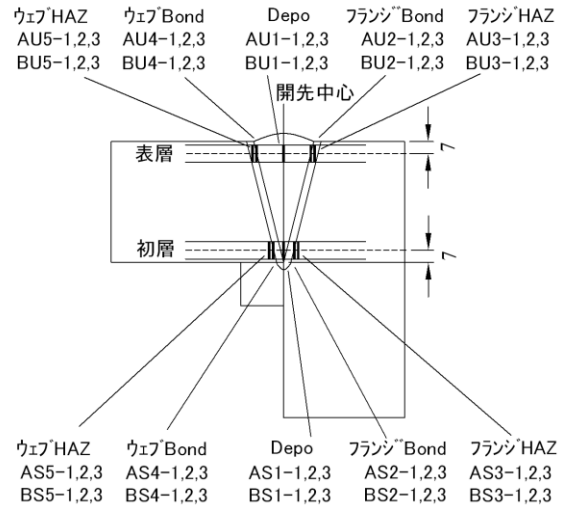


図-7 シャルピー衝撃試験片採取位置

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	BU1	1	128	129	AU1	1	134	134
				2	121			2	139	
				3	137			3	128	
	WEB側	Bond	BU2	1	89	132	AU2	1	181	158
				2	179			2	139	
				3	127			3	128	
	FLG側	HAZ	BU3	1	213	247	AU3	1	225	261
				2	287			2	280	
				3	240			3	278	
	FLG側	Bond	BU4	1	38	122	AU4	1	109	150
				2	164			2	211	
				3	163			3	131	
	FLG側	HAZ	BU5	1	181	164	AU5	1	196	194
				2	143			2	194	
				3	169			3	193	
初層	Depo	Depo	BS1	1	122	132	AS1	1	118	117
				2	130			2	109	
				3	143			3	124	
	WEB側	Bond	BS2	1	154	153	AS2	1	181	123
				2	118			2	153	
				3	188			3	34	
	FLG側	HAZ	BS3	1	238	233	AS3	1	224	221
				2	223			2	224	
				3	238			3	215	
	FLG側	Bond	BS4	1	67	163	AS4	1	167	129
				2	158			2	205	
				3	264			3	15	
	FLG側	HAZ	BS5	1	272	270	AS5	1	218	236
				2	266			2	249	
				3	271			3	240	

(3) マクロ試験

マクロ試験結果を図-8に示す。V28から2箇所、V25から1箇所採取した。左右対称で細かなデンドライトが見られ、溶込みは、割れが生じない安定したV形の形状であった。V28の中間側の初層でアークがウェブ側に寄った痕跡があるが、初層に与える影響もなく、溶込みも十分であった。V25については、外観で述べた形状と同

じく、余盛りが若干高く、溶接トウ部が立っており、余盛りが過大であった。この開先形状と溶接条件で行った場合、今後板厚 75mm の適用に生かせると考えている。



a) V28 中間側



b) V28 終端側



c) V25 中間側

図-8 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-9 に示し、試験結果を図-10 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思われる。

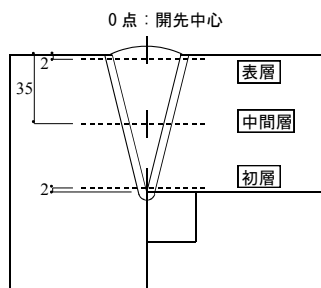


図-9 ビッカース硬さ試験位置

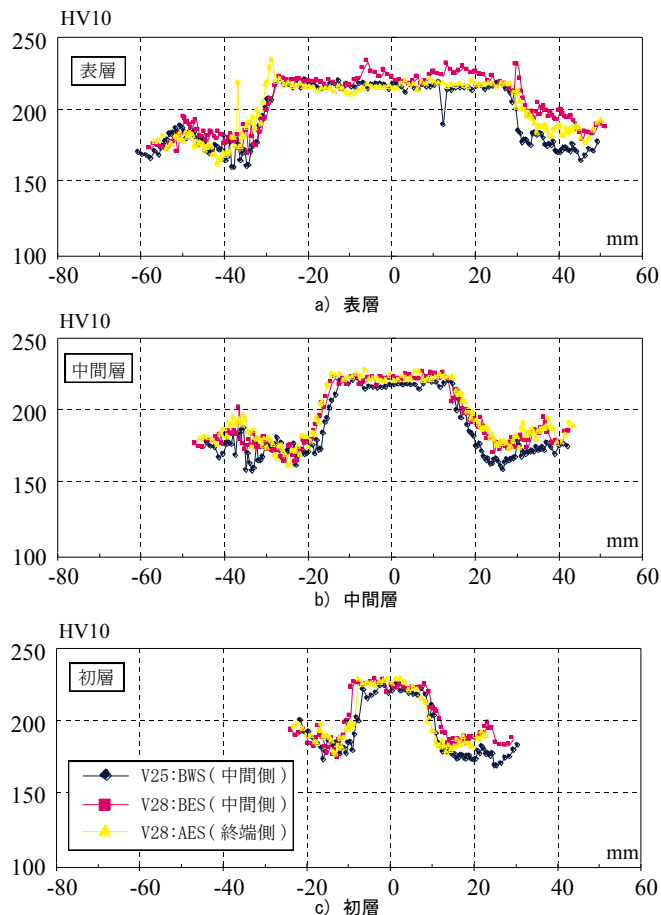


図-10 ビッカース硬さ試験結果

#### 5. まとめ

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は 60mm と考えられていたが、今回の実験により板厚 70mm に対して溶接施工が可能であることが実証された。溶接入熱が 647kJ/cm の施工においても機械的性質は 60mm までの施工時と同品質であることが確認された。

#### 謝辞

本研究は森田耕次千葉大学名誉教授、川岸工業(株)、JFE スチール(株)、(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。ここに紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1)石井匠, 藤沢清二, 宋勇勲, 波川智明, 吉村鉄也, 小林光博, 森田耕次, 早川直哉: 溶接組立箱形断面柱の高能率溶接法に関する研究その 4. 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1043-1044, 2014 年 9 月
- 2)小林光博: レーザー変位センサを用いた溶接部アンダーカットの精密測定の提案, 駒井ハルテック技報 vol.3, pp.25-30