

厚板溶接組立H形断面部材の開先無し サブマージアーク溶接施工法の検討

佐藤 健一¹⁾ 横山 幸夫²⁾

近年、建築鉄骨分野の溶接組立H形断面部材のすみ肉溶接において、ウェブ材が厚板となる場合、製作工数の低減の観点から、ウェブ材の開先加工を行わずにすみ肉溶接ののど厚寸法を確保するサブマージアーク溶接法の採用が検討されている。本文は、ウェブ材の開先加工を行わない開先無しサブマージアーク溶接施工法を用いたすみ肉溶接部の継手性能について検討したものである。

まえがき

従来、建築鉄骨の分野においては、溶接組立H形断面（ビルトアップH）部材のすみ肉溶接においてウェブ材が19mm程度以上となる場合、すみ肉溶接ののど厚寸法がウェブ材の板厚を確保すること、また、溶接量の低減の観点から、ウェブ材を板厚の1/3程度の開先深さとして開先加工を行う施工法が採用されてきた。

近年、2電極式サブマージアーク溶接により、ウェブ材の開先加工をせずに、すみ肉溶接ののど厚寸法を確保する施工法（深溶込み工法）が検討されている。工藤¹⁾らは、ウェブ材の板厚55mmまで、深溶込み工法を用いたサブマージアーク溶接施工試験を行い、この施工試験の実際の工事への適用の有効性を論じている。しかし、試験の資料は少なく、また、組立溶接がすみ肉溶接に与える影響およびウェブ材のすみ肉溶接の溶込み深さの測定方法について論じられていない。

本文は、実寸のビルトアップH試験体を深溶込み施工法により製作し、ウェブ材を開先加工無しとした2電極式サブマージアーク溶接のすみ肉溶接部の継手性能について、試験資料（データ）の蓄積、組立溶接の与える影響およびすみ肉溶接

の溶込み深さの測定法²⁾について検討したものである。すみ肉溶接の継手性能の検討方法は、深溶込み施工法により製作したビルトアップH試験体を用いて、すみ肉溶接部の破壊および非破壊試験を実施して調査することとした。

1. 試験計画

(1) 試験体

図-1に試験体の形状を、表-1に使用した鋼材の機械的性質を示す。試験体はウェブ材の板厚を25mmおよび32mmとしたNo.1, No.2の2体で、鋼材はすべてSN490B鋼としている。

溶接は、2電極式サブマージアーク溶接法を用いた深溶込み施工法とした。図-2にその電極配置を、表-2に溶接条件を、また、表-3に使用した溶接材料を示す。すみ肉溶接ののど厚寸法をウェブ材の板厚以上確保することを目的とし、溶接入熱はNo.1およびNo.2ともに140kJ/cmとなっている。

なお、ビルトアップHの試験体の組立溶接は、脚長4～9mm、溶接ピッチ230mm、溶接長70mm、溶接電流250A、溶接電圧35Vおよび溶接速度30cm/minとし、炭酸ガスシールドアーク溶接で行っている。

1) 東京工場技術部技術課 2) 東京工場技術部技術課課長

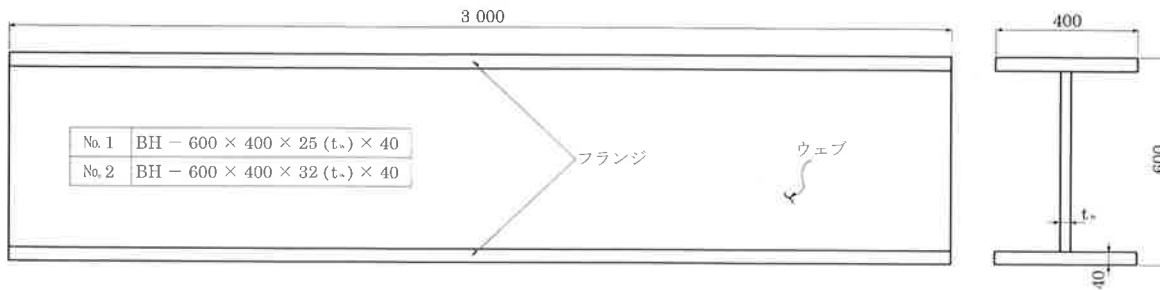


図-1 試験体の形状

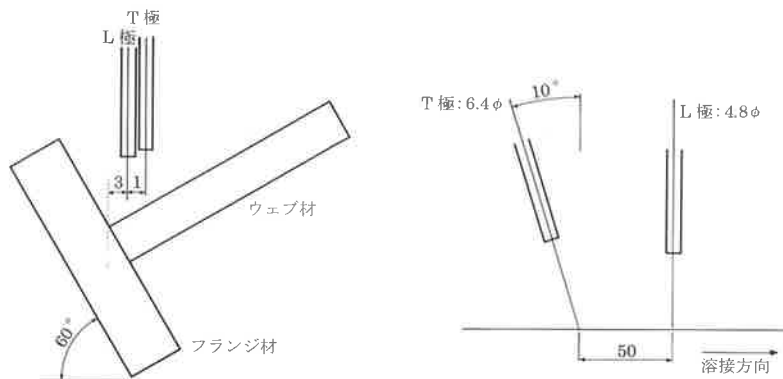


図-2 2電極サブマージアーク溶接の電極配置図

表-1 使用した鋼材の機械的性質

材質	板厚 (mm)	引張特性			シャルピー 吸収 エネルギー (J)	化学成分 (mass %)					
		降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)		C	Si	Mn	P	S	Ceq
SN490B	25	371	533	27	165	0.17	0.39	1.43	0.014	0.007	0.43
	32	369	525	29	234	0.16	0.38	1.45	0.015	0.005	0.42
	40	390	536	30	259	0.16	0.34	1.34	0.019	0.004	0.41

表-2 溶接条件

試験体No.	電極	狙い位置 (mm)	電極間 距離 (mm)	溶接条件			溶接入熱 (kJ/cm)
				電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cpm)	
No. 1	L	+ 3	50	1350	35	40	140.2
	T	+ 4		1100	42		
No. 2	L	+ 3	50	1350	35	40	140.2
	T	+ 4		1100	42		

(注) Lは先行の電極, Tは後行の電極を示す。

表-3 溶接材料

溶接材料	銘柄	規格	サイズ	メーカー	備考
ワイヤ	US-36L	JIS Z 3351 YS-S6	4.8 mm φ (先行) 6.4 mm φ (後行)	㈱神戸製鋼所	
フラックス	PFH-60BS	JIS Z 3352 FS-BN1	10 × 48	㈱神戸製鋼所	
ワイヤ	YM-26	JIS Z 3312 YGW11	1.2 mm φ	日鐵溶接工業㈱	組立溶接

(2) 試験項目

試験項目を以下とし、すみ肉溶接部の継手性能を調査した。図-3に試験片の採取位置を示す。

1) 非破壊試験

- ①外観検査
- ②超音波探傷検査

すみ肉溶接部の溶込み深さの測定を行う。

2) 破壊試験

①マクロ試験

図-4に試験片形状を示す。

②溶着金属部の引張試験

図-5に試験片の形状および採取位置を示す。

試験片は JIS Z 3111, A2 号とした。

③溶着金属部の衝撃試験

図-6に試験片採取位置を示す。試験片は JIS Z 2202, 4号とした。

④硬さ試験

図-7に試験片形状, 硬さ測定位置を示す。

2. 試験結果および考察

(1) 非破壊試験

1) 外観検査

日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS 6

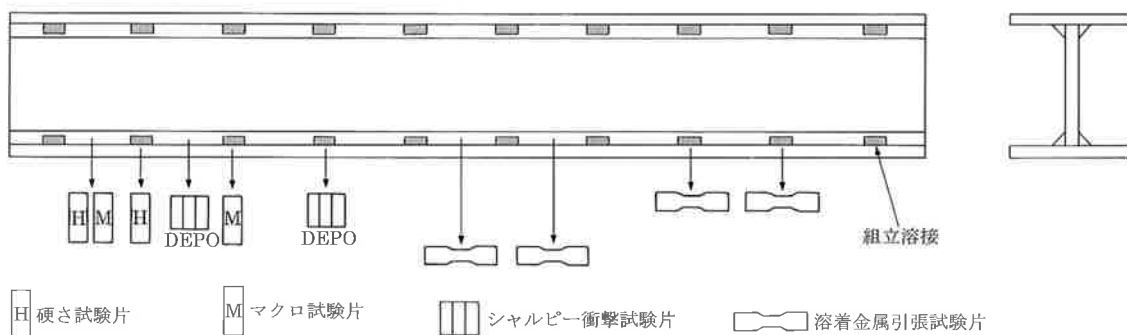


図-3 試験片採取位置

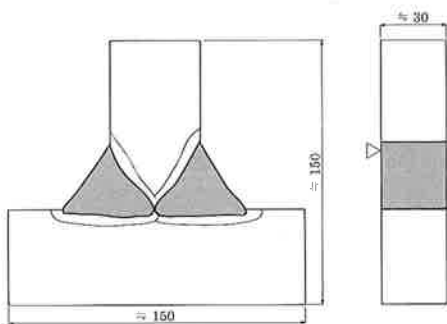


図-4 マクロ試験片

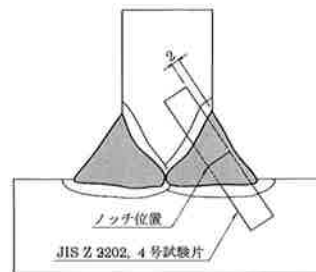


図-6 衝撃試験片採取位置

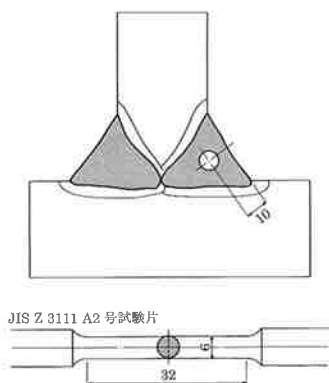


図-5 溶着金属引張試験片採取位置

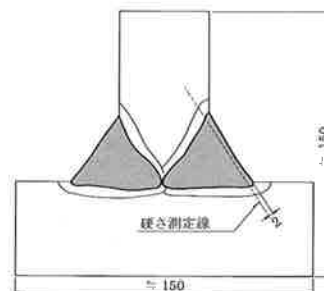


図-7 硬さ試験片

鉄骨工事」付則6鉄骨精度検査基準，付表3に準拠して検査を行った³⁾。アンダーカットは試験体2体ともに管理許容差を十分に満足し，また，すみ肉溶接の表面には割れおよびピットは発生していなかった。図-8にすみ肉溶接部に必要なのど厚寸法（ a ：有効のど厚寸法）を示す。ここで， L_1 および L_2 はすみ肉溶接の脚長を， d はすみ肉溶接の溶込み深さを示している。表-4にマクロ試験片採取位置で測定した L_1 および L_2 寸法を示す。試験体No.1，No.2ともに L_1 および L_2 寸法は必要なすみ肉溶接サイズ S_1 および S_2 寸法を十分満足している。

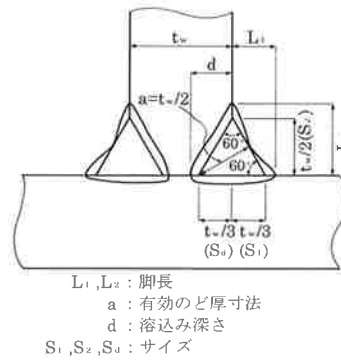


図-8 すみ肉溶接の有効のど厚寸法

2) 超音波探傷検査 (UT)

標準形垂直探触子（周波数5MHz，振動子直径10mm）を用いて，6dBドロップ法により，すみ肉溶接部の溶込み深さの測定をマクロ試験片採取位置で行った（図-9，表-4）。

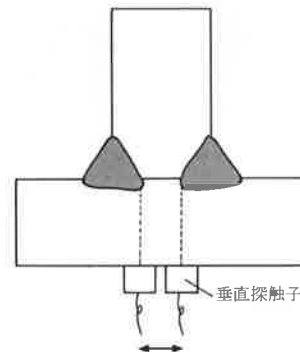


図-9 溶込み深さ測定法

ウェブ材の板厚が25mmのNo.1試験体では，不溶着部は確認されず，また，ウェブ材の板厚が32mmのNo.2試験体では，不溶着部の測定値は6～8mmであった。

(2) 破壊試験

1) マクロ試験

写真-1および2に断面マクロ組織を示す。組立溶接の有無によらず，試験体No.1およびNo.2の断面マクロ組織のすみ肉溶接部は無欠陥であった。

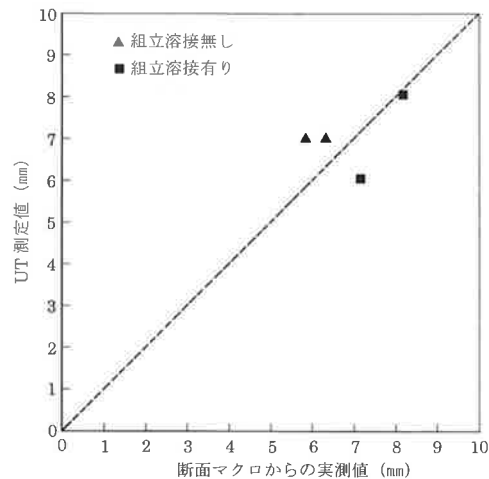
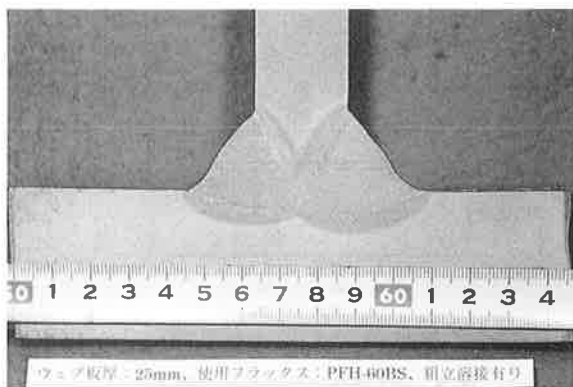


図-10 超音波探傷の測定精度

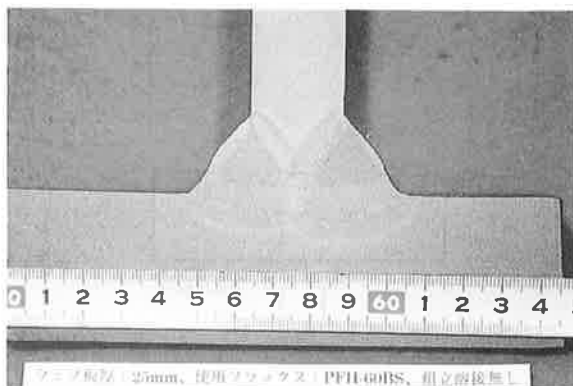
表-4に試験体No.2の断面マクロ組織から測定したすみ肉溶接部の不溶着部寸法を示す。組立溶接の有無にかかわらず，測定した不溶着部の寸法は必要なすみ肉溶接サイズ S_d を満足している。しかし，組立溶接がある場合の溶込み深さ d は，ない場合のそれと比較して1～2mmほど溶込みが浅く，組立溶接の影響が考えられる。

表-4 すみ肉溶接各部の寸法測定結果

	組立溶接の有無	外観検査		超音波探傷検査	マクロ試験	必要なサイズ			
		L_1 (mm)	L_2 (mm)	不溶着部の寸法 (mm)	不溶着部の寸法 ($t_w - 2d$) (mm)	S_1 (mm)	S_2 (mm)	S_d (mm)	
No.1	ウェブ材の板厚 25 mm	有	20	21	0	0	12.5	8.3	8.3
	無	17	21	0	0				
No.2	ウェブ材の板厚 32 mm	有	19.0	22.5	8.0	7.2	15.5	10.7	10.7
					8.0	8.2			
		無	18.5	23.0	7.0	5.7			
					7.0	6.2			

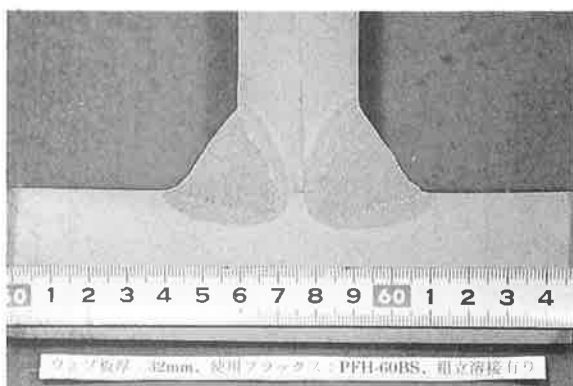


(a) ウェブ板厚 25 mm, 組立溶接有り

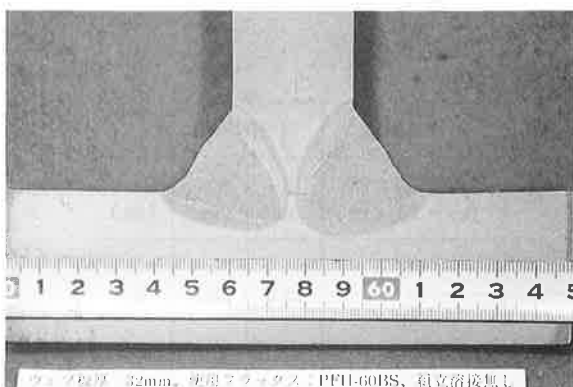


(b) ウェブ板厚 25 mm, 組立溶接無し

写真-1 試験体No.1の断面マクロ組織



(a) ウェブ板厚 32 mm, 組立溶接有り



(b) ウェブ板厚 32 mm, 組立溶接無し

写真-2 試験体No.2の断面マクロ組織

ここで、図-10に試験体No.2について超音波探傷検査から測定された不溶着部の寸法と断面マクロ組織から測定した不溶着部の寸法との比較を示す(表-4)。図-10より、6 dBドロップ法を用いた垂直探傷法によるすみ肉溶接の不溶着寸法の測定誤差は、本試験の範囲内では1.0~1.5 mm程度と考えられる。

2) 溶着金属部の引張試験

表-5に溶着金属引張試験結果を示す。いずれの試験片とも母材の規格値(490N/mm²)を満足した。また、組立溶接の有無の影響はないものと考えられる。

表-5 溶着金属引張試験結果

ウェブ板厚 (mm)	溶接入熱 (kJ/cm)	組立溶接		引張強さ (N/mm ²)
		有	無	
25	140.2	有		575
		無		575
32	140.2	有		592
		無		591

3) 溶着金属部の衝撃試験

表-6に溶着金属部のシャルピー衝撃試験結果を示す。いずれの試験片とも100Jを超え、母材の規格値(27J)を大幅に上まわっている。また、組立溶接の有る場合のシャルピー吸収エネルギーは、無い場合のそれと比較して低い値となっているが、その差は小さく、組立溶接の有無による影響は、本試験の範囲内ではほとんどないものと考えられる。

表-6 衝撃試験結果

ウェブ板厚 (mm)	溶接入熱 (kJ/cm)	組立溶接		シャルピー吸収エネルギー (J)
		有	無	
25	140.2	有		103
		無		125
32	140.2	有		113
		無		118

(注) 試験温度は0℃である。

4) 硬さ試験

各すみ肉溶接部の硬さ分布を図-11に示す。いずれの試験片とも最高硬さは、フランジ側の溶接ボンド部近傍で示しているが、その値は237Hv10以下であり、溶接熱影響部の脆化はないものと考えられる。また、溶接入熱が与える熱影響部の軟化は認められなかった。

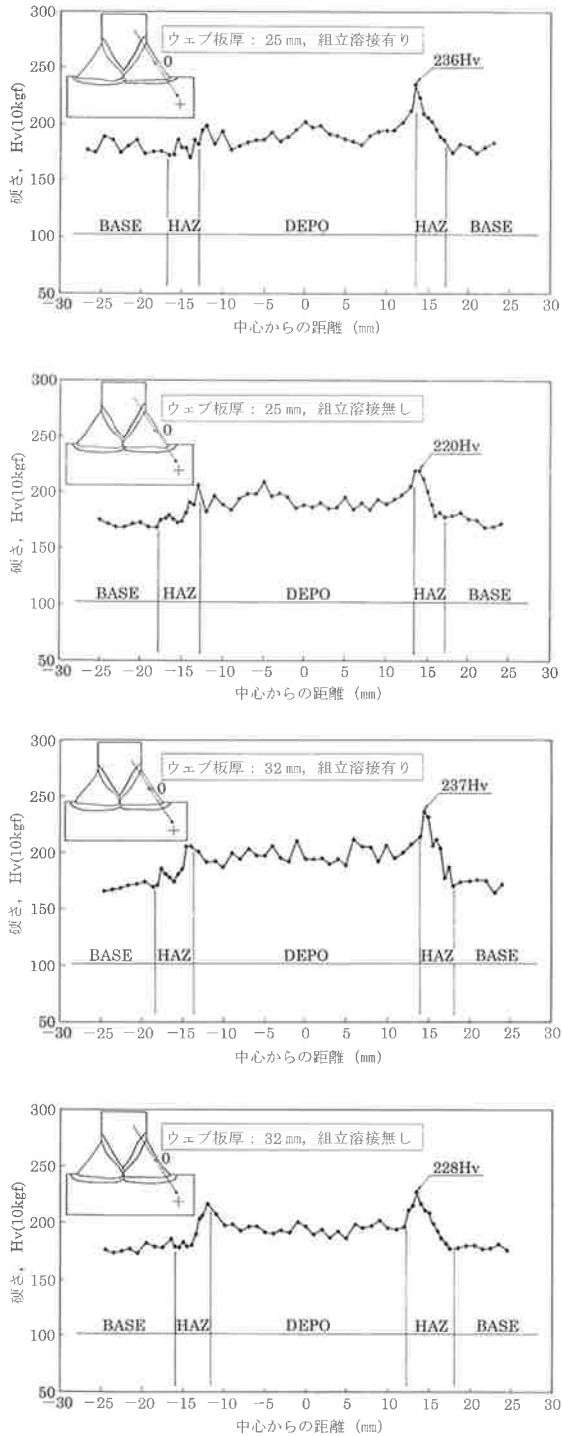


図-11 硬さ分布

3. まとめ

ウェブ材の板厚を25mmおよび32mmとしたビルトアップH試験体について、2電極式サブマージアーク溶接法を用いた深溶込み工法によりすみ溶接を行い、その溶接部の継手性能の調査および検討を行った。そして、本試験の範囲内で以下のことが確認された。

- ①外観試験体において、すみ肉溶接のビード表面のアンダーカット、割れ、ピットなどの発生は確認されなかった。また、所定の脚長および余盛高さも確保された。
- ②ウェブ板厚25mmの試験体については、組立溶接の有無にかかわらず、完全溶込み溶接部が得られ、有効のど厚寸法および溶込み深さの寸法を満足した。ウェブ板厚32mmの試験体については、組立溶接が有る場合は、無い場合に比べ若干溶込み深さが浅いが、溶接部の有効のど厚寸法および溶込み深さの寸法を満足した。
- ③溶着金属引張試験における引張強さはすべて母材の規格値を満足した。組立溶接の有無は影響が少ないと考えられる。
- ④溶着金属部の衝撃試験において、0℃におけるシャルピー吸収エネルギーはすべて100J以上と母材の規格値を満足した。組立溶接の影響は少ないと考えられる。
- ⑤硬さ試験において、最高硬さはすべての溶接部で237Hv10以下であり、溶接ボンド部の脆化はないものと考えられる。また、溶接加熱による溶接熱影響部の軟化は認められなかった。
- ⑥6 dBドロップ法を用いた垂直探傷法によるすみ肉溶接部の溶込み深さの測定法は、実用性が高いと考えられる。本試験で用いた試験資料（データ）は少なく、今後さらにデータの蓄積が必要となる。

あとがき

本試験を進めるにあたり、株式会社日建設の山崎正幸氏には貴重なご助言をいただきました。

また、株式会社神戸製鋼所の青木貞夫氏、大津穰氏の両氏には大変お世話になりました。紙面を借りてお礼申しあげます。

参考文献

- 1) 工藤憲二・露野公則・杉本智美：厚板開先なしサブマージアーク溶接施工試験，駒井技報，Vol.15，pp.75-81. 1996.4.
- 2) 日本建築学会：鉄骨工事技術指針・工場製作編，pp.490-492，1996.7.
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書JASS 6 鉄骨工事，pp.109，1996.6.