

溶接組立H形断面部材の工程生産化

西出 大介

株式会社平野鐵工所

1. はじめに

2023年12月に報告した当社技報では、高層ビルを中心に多用される溶接組立箱形断面柱（以下BOX柱と記述）の製作ライン概要を紹介した。

今回は、溶接組立H形断面部材（以下BHと記述）の製作ラインについて報告する。

近年の大型物件に対応していくことを念頭に最大溶接可能寸法は、梁せい2,000mm、梁フランジ幅900mmとしている。

BH製作ラインは、生産性を考慮したV字形としてタンデム自動溶接機2台を用いて、最長15,000mmのBHを4本セットして溶接可能なレイアウトとした。

BH製作ラインもBOX柱製作ライン同様に4年越しの計画で、2023年4月より稼動を開始して、順調にBH製品を生産している。

2. BH製作フロー

BH製品の製作フローを図1に示す。

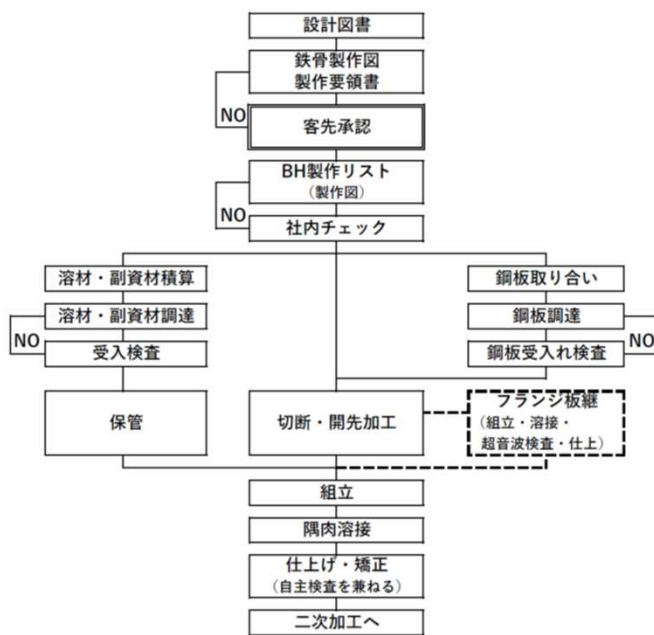


図1 BH製作フロー図

3. BH製作ライン

3.1 設備能力諸元

ライン製作が可能なBHは以下の通りです。

- ①梁せい寸法：250～2,000mm
フランジ幅：250～900mm

- ②板厚；ウェブ厚さ：9～40mm
；フランジ厚さ：10mm～
- ③長さ：2,000～15,000mm
- ④重さ：～30,000kg

3.2 ライン概要

(1) 鋼板入荷

BH製作リストから調達用の鋼板取り合いを行い、製作に必要な鋼板は、納期を設定してロール発注を行う。

入荷した鋼板は、受入れ検査を行い、工事毎に仕分けして工場内に仮置きする。（写真1）

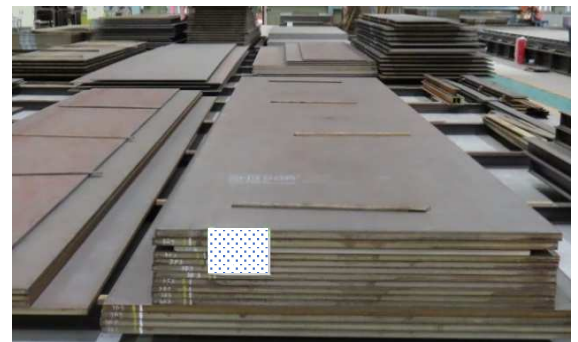


写真1 鋼板仮置き場

(2) 鋼板切断工程

工事毎に仮置きした鋼板は、フレームプレーナー（写真2）を用いてフランジ材とウェブ材に幅切断加工を行う。

長さ切断は、切断時の縮み代、二次加工時の縮み代を考慮した社内基準に基づいた切断寸法とする。また板継BH製品は、本工程で板継溶接用の開先切断加工も行う。



写真2 フレームプレーナー装置

(3) 開先加工工程

ウェブ材の溶接施工用の開先加工は、専用の自走式開先加工機（写真3）で行う。



写真3 自走式開先加工機

(4) 板継溶接工程

フランジ材の板継がある場合は、板継組立後にガスマタルアーク溶接で溶接施工（写真4）を行う。溶接施工後は、溶接箇所全線の超音波探傷検査を行い、溶接部の健全性を確認する。



写真4 ガスマタルアーク溶接を用いた板継状況

(5) H形組立工程

組立加工は、専用の溶接H形鋼組立装置（図2）で行い、最初にT形に組み立てた後に、I（アイ）形に組み立てる方式を採用している。

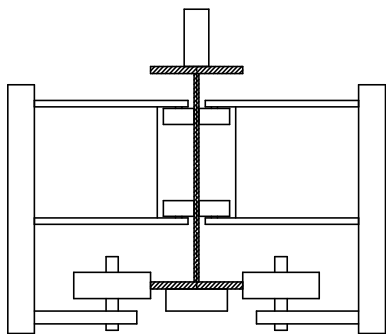


図2 自動組立装置(概略図)

①T形組立

専用の自動組立装置にまずフランジ材を搬入し、次にウェブ材を縦向きにセットしてセンタ

ーを合わせた後、自動送りで両側の仮組立溶接を実施する。（写真5）



写真5 仮組立溶接実施状況

②I（アイ）形組立

自動組立装置の入側に2枚目のフランジ材を搬入し、T形組立機を縦置きにセットしてフランジのセンターに合わせる。

自動送りで両側の仮組立溶接を実施し、H形組立が完了する。（図3）

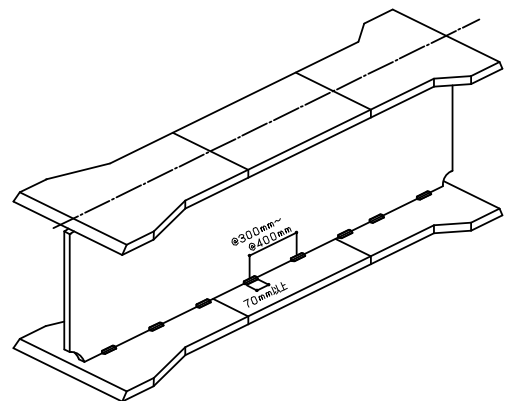


図3 自動組立装置での施工状況(模式図)

(6) 隅肉サブマージアーク溶接

①サブマージアーク溶接施工前にスタートタブとエンドタブ（長さ150mm）を取付ける。（図4）

②2電極のサブマージアーク溶接機を搭載したL型自動溶接装置2台で隅肉溶接線の4シーンを1シーン毎に反転しながら溶接施工を行う。（写真6）シーン溶接順序を図5に示す。

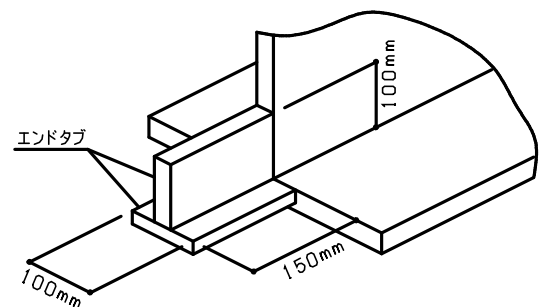


図4 エンドタブ取付(模式図)



写真6 BH自動溶接装置と施工状況

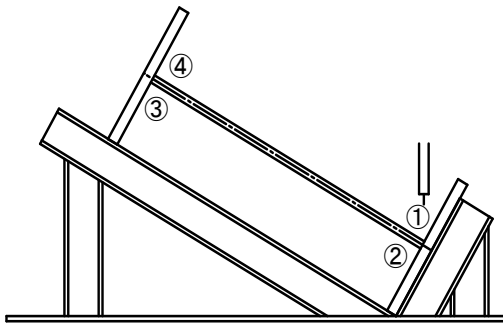


図5 シーム溶接順序

(7) 仕上・矯正工程

- ①サブマージアーク溶接のスタートタブとエンドタブ（図4）を取外し，溶接部の不良箇所があれば補修溶接及びグラインダー仕上げを行う。
- ②サブマージアーク溶接が完了したBH材をフランジ専用の歪矯正装置に搬入し，上下ロールでフランジ材を加圧駆動しながら連続矯正を行う。片側のフランジ材が終了したら，180度反転させてもう一方のフランジ材を連続矯正する。

（写真7）

- ③歪矯正装置で除去出来なかった歪は，ガスバーナーを用いて線状加熱矯正作業を行う。



写真7 フランジ材専用連続矯正機

(8) BH梁端部開先加工

BH梁端部の正寸仕上，現地溶接用開先加工及びスカラップ加工を専用加工機で実施する。（写真8）



写真8 自動開先，スカラップ加工機

(9) BH梁端部孔明加工

BH梁端部の取合用孔あけ加工をフランジ材とウェブ材が同時に加工出来る専用孔あけ機で実施する。（写真9）



写真9 3軸孔あけ加工機

4. BHの事前試験結果（一例をご紹介）

BH製作開始を念頭に実施した自主試験結果の一例を抜粋して紹介する。

- (1) 試験体仕様(鋼材，溶接材料)：(表1)
- (2) 試験体形状，試験片採取：(図6，図7)
- (3) 工場溶接が完了した試験体：(写真10)
- (4) 機械試験結果，断面マクロ試験写真：
- (5) 自主試験評価 (表2，表3，写真11)

※検査機関名は非表示とさせていただきます。

5. おわりに

今回は，工程生産を開始した当社第2工場のBH製作ラインの紹介とBH溶接の自主試験結果の一例を報告した。

稼動後，間がない状況ではございますが，継続的に品質及び生産性向上に向けた改善活動を推進して参ります。

また，高層化に伴う高強度鋼材の適用，鋼板の厚肉化をはじめとした高度な施工技術に対応していくために日々努力，研究を重ね技術力を向上させていく所存です。

表1 自主試験用鋼材と溶接材料

引張強さ区分	板厚		メーカー	規格	銘柄	サイズ	品質区分
490N/mm ²	組立溶接ワイヤ		神戸製鋼所 (販売: 株JKW)	JIS Z 3312 YGW12	KC-E50T	1.2φ	—
	ウェブ 22mm 16mm	鋼板	日本製鉄株	JIS G 3136 SN490B	—	—	—
		溶接ワイヤ	神戸製鋼所 (販売: 株JKW)	JIS Z 3351 YS-S6	KW-50	4.8φ	JIS Z 3183
		フラックス	神戸製鋼所 (販売: 株JKW)	JIS Z 3352 SACG1	KB-U	—	S502-H

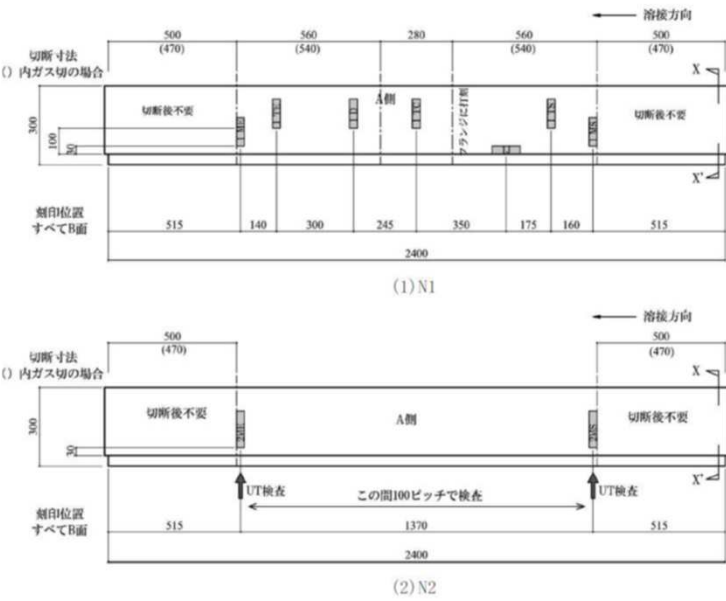


図6 試験体形状及び試験片採取位置

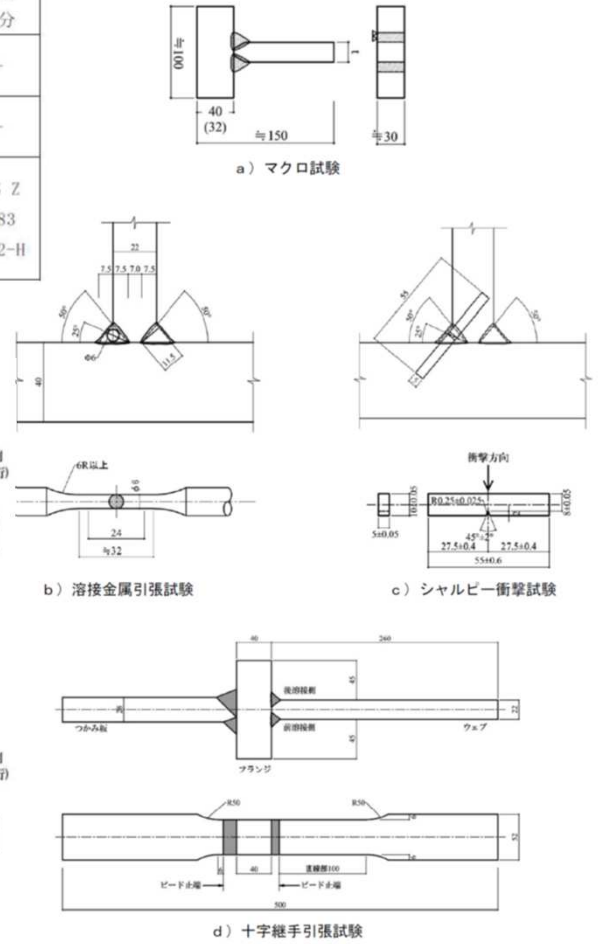


図7 試験片形状、採取位置詳細

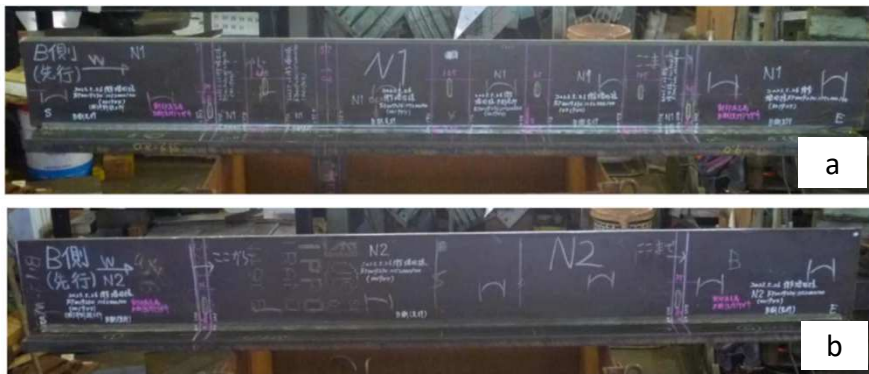


写真10 工場溶接が完了したBH自主試験体

a:試験片採取位置マーキング(ウェブ厚さ22mm)

b:試験片採取位置マーキング(ウェブ厚さ16mm)

表2 施工試験の機械試験結果(ウエブ厚さ22mm)

溶接金属 引張試験	部位	試験片 記号	測定径 (mm)	試験力 (kN)	$\sigma_{UTS}, \sigma_{0.2}$ (N/mm ²)	試験力 (kN)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	絞り (%)	合格 判定
											合格
JIS Z2241	SAW(BH) tw22	ITS	6.00	13	475	17	592	80	31	64	合格
		ITC	5.99	14	482	17	600	80	31	65	合格
		ITE	5.99	13	471	17	594	79	32	66	合格
	判定基準		—	—	325 ≦	—	490 ≦	(参考)	(参考)	(参考)	—
十字継手 引張試験	部位	試験片 記号	測定位置	測定厚 (mm)	測定幅 (mm)	試験力 (N)	引張強さ (N/mm ²)	破断位置		合格 判定	
								母材部	合格		
	判定基準		—	—	—	—	—	490 ≦	—	—	
シャルピー 衝撃試験	部位	試験温度 (°C)	試験片記号	吸収エネルギー(J)		脆性破断率(%)		合格 判定			
				Each	Ave	Each	Ave				
	SAW(BH) tw22	後溶接側 Weld Metal中央 5mmサイズ試験片	0	ID1※	80	83	15	12	合格		
				ID2※	86		6				
ID3※				84	14						
判定基準		—	—	27 ≦	(参考)	(参考)	—				

※吸収エネルギー(J)は生値を2倍

表3 施工試験の外観，脚長寸法検結果
(ウエブ厚さ22mm)

製作会社 株式会社平野鐵工所
検査年月日 2023年 6月 8日

検査者

マクロ 試験	部位	結果				判定基準		合格 判定	
		結果	結果	結果	結果	判定基準	判定基準		
SAW (BH)	後溶接側	欠陥 有無	欠陥なし			①割れ及び溶込み不良のある場合 ②1.0mmを超える融合不良及びスラグ巻込みがある場合 ③0.2mmを超えるブローホール、スラグ巻込み、溶込み不良及びその他の欠陥の合計個数が4個を超える場合		○	
		溶込み	開先深さ(=最小値D)	D1	mm	7.5	④P1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
			溶込み深さ	P1	mm	11.8	④P1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
		a側	設計	tan50° × D	mm	8.9	④Sa1 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
			実際	Sa1	mm	16.8	④Sa1 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
		b側	設計	D1'	mm	7.5	④Sb1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
	実際		Sb1	mm	10.8	④Sb1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○		
	のど厚	設計(=最小値a)	a	mm	11.5	⑤a1' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○		
	実際	a1'	mm	17.6	⑤a1' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○			
	IMS	先溶接側	欠陥 有無	欠陥なし			①割れ及び溶込み不良のある場合 ②1.0mmを超える融合不良及びスラグ巻込みがある場合 ③0.2mmを超えるブローホール、スラグ巻込み、溶込み不良及びその他の欠陥の合計個数が4個を超える場合		○
			溶込み	開先深さ(=最小値D)	D2	mm	7.5	④P2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○
				溶込み深さ	P2	mm	10.0	④P2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○
a側			設計	tan50° × D	mm	8.9	④Sa2 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
			実際	Sa2	mm	19.3	④Sa2 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
b側			設計	D2'	mm	7.5	④Sb2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
	実際	Sb2	mm	8.1	④Sb2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○			
のど厚	設計(=最小値a)	a	mm	11.5	⑤a2' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○			
実際	a2'	mm	14.1	⑤a2' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○				
tw22	後溶接側	欠陥 有無	欠陥なし			①割れ及び溶込み不良のある場合 ②1.0mmを超える融合不良及びスラグ巻込みがある場合 ③0.2mmを超えるブローホール、スラグ巻込み、溶込み不良及びその他の欠陥の合計個数が4個を超える場合		○	
		溶込み	開先深さ(=最小値D)	D1	mm	7.5	④P1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
			溶込み深さ	P1	mm	11.5	④P1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
		a側	設計	tan50° × D	mm	8.9	④Sa1 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
			実際	Sa1	mm	18.1	④Sa1 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
		b側	設計	D1'	mm	7.5	④Sb1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
	実際		Sb1	mm	10.1	④Sb1 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○		
	のど厚	設計(=最小値a)	a	mm	11.5	⑤a1' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○		
	実際	a1'	mm	17.0	⑤a1' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○			
	IMS	先溶接側	欠陥 有無	欠陥なし			①割れ及び溶込み不良のある場合 ②1.0mmを超える融合不良及びスラグ巻込みがある場合 ③0.2mmを超えるブローホール、スラグ巻込み、溶込み不良及びその他の欠陥の合計個数が4個を超える場合		○
			溶込み	開先深さ(=最小値D)	D2	mm	7.5	④P2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○
				溶込み深さ	P2	mm	9.1	④P2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○
a側			設計	tan50° × D	mm	8.9	④Sa2 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
			実際	Sa2	mm	19.9	④Sa2 ≧ 8.9(設計サイズtan50° × D)	○	
b側			設計	D2'	mm	7.5	④Sb2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○	
	実際	Sb2	mm	8.5	④Sb2 ≧ 7.5(開先深さ最小値D)	○			
のど厚	設計(=最小値a)	a	mm	11.5	⑤a2' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○			
実際	a2'	mm	14.3	⑤a2' ≧ 11.5(のど厚最小値a)	○				

BH製作開始に向けた
自主試験を実施した。
ビード外観，機械的性質，
断面マクロを評価し良好な
結果が得られた。

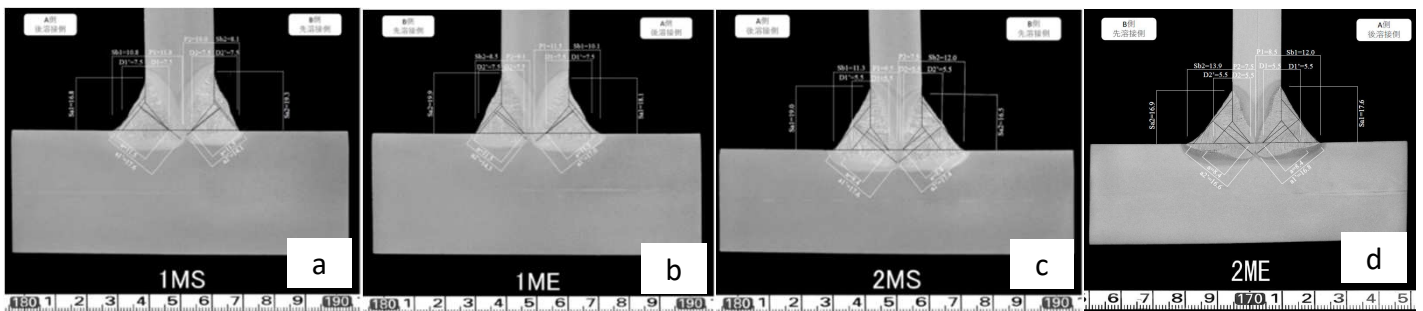


写真 1 1 断面マクロ写真

- a: ウェブ厚さ22mm(スタート部)
- b: ウェブ厚さ22mm(エンド部)
- c: ウェブ厚さ16mm(スタート部)
- d: ウェブ厚さ16mm(エンド部)