

## 25度狭開先ロボット溶接を適用した柱端接合部の性能評価 —その2 溶接施工条件—

狭開先溶接 冷間成形角形鋼管 ロボット溶接  
溶接止端 NBFW法 載荷実験

正会員 ○ 早坂 和美 \*<sup>1</sup> 同 見波 進 \*<sup>2</sup>  
同 服部 和徳 \*<sup>3</sup> 同 宗川 陽祐 \*<sup>4</sup>  
同 中野 達也 \*<sup>5</sup>

### 1. 序

本報では実大曲げ実験における試験体の溶接施工条件および溶接部性状について述べる。

### 2. 溶接施工条件

表1に供試材の機械的性質および化学成分, 表2に溶接施工条件の実測値, 表3に溶接部形状の実測値を示す。

#### 2.1 組立溶接

組立溶接は半自動溶接で行う。溶接施工条件について, 溶接ワイヤはJIS Z 3312 YGW11( $\phi$ 1.2), 裏当て金はFB-9 $\times$ 25(SN490B)を使用しており, 溶接材料は全試験体で同一ロットである。文献1)ではテーパー付き裏当て金の使用を推奨しているが, 本実験では, 裏当て金のテーパー加工を行っていない一般的なフラットバー(ただし, 角部に密着させるためのスリット加工あり)を使用している。溶接電流は160~200A程度, アーク電圧は22~24V程度, 溶接速度は25~40cm/min程度を目標として, 組立溶接ビードの余盛高さを抑える工夫をしている。表2より, 溶接条件の実測値は概ね目標値と同程度となっている。加工および組立精度については, 溶接施工段階で測定している。特に, 本試験体を製作するにあたり, テーパー加工の無い裏当て金を使用しているため, 開先内の組立溶接ビードの余盛高さ $H$ の実測値は全溶接部で4~5mmと文献1)の規定値および文献4), 5)の目標, 推奨値である3mmを上回る結果となっている。溶接施工後に実施したUTでは, 溶接初層部において高温割れおよび溶け込み不良等に起因する, AIJ UT基準の許容限界<sup>3)</sup>を上回るサイズの形状欠陥は存在しないことを確認している。

#### 2.2 本溶接

本溶接は単関節溶接ロボットで行う。溶接施工条件について, 溶接ワイヤはJIS Z 3312 YGW18( $\phi$ 1.2)を使用し

おり, 溶接材料は全試験体で同一ロットである。溶接積層数は8層9パスである。溶接電流は270~320A程度, アーク電圧は32~38V程度, 溶接速度は15~40cm/min程度を目標に溶接施工しており, 表2より, 溶接条件の実測値は概ね目標値と同程度となっている。

### 3. 溶接部性状

#### 3.1 マクロ組織観察

写真1にマクロ組織観察結果を示す。試験片は加力後試験体のコラムと通しダイアフラム溶接部で作用応力的に弾性と考えられる曲げ中立軸位置から採取したものである。NBFW法を適用している試験体No.3はビードUにより試験体No.1, No.2と比較してコラム外側近傍で母材側に広く溶着金属が位置している。

#### 3.2 本溶接部の外観形状

表3および写真2にコラム角部外側の溶接最終層における外観形状の測定結果を示している。写真2は境界を判別しやすいよう色調を反転している。測定項目は余盛高さ $h$ , ビード幅 $S'$ , 止端部曲率半径 $\rho$ , フランク角 $f$ であり, 載荷実験前に歯科用印象材によって採取した角部断面形状を画像解析により測定を行っている。なお, 表3および写真1は破壊の起点となった溶接部の測定結果である。溶接部の外観形状は特に破壊で限界づけられるコラムの変形性能に及ぼす影響が大きいと考えられ, 特に止端部曲率半径 $\rho$ およびフランク角 $f$ の影響が大きい結果が既往の知見<sup>6)</sup>により明らかにされている。破壊の起点となった溶接部の実測値としては, 止端部に仕上げ加工を行った試験体No.1については $\rho$ および $f$ が最も大きい。

試験体No.2および試験体No.3について,  $\rho$ は試験体No.3が試験体No.2より1mm程度大きく大差が無いが,  $f$ は5°程度大きくむしろNo.3に近いことがわかる。また,

表1 供試材の機械的性質および化学成分(ミルシート値)

供試材	機械的性質				化学成分(%)											
	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	Y.R. (%)	$E_0$ (J)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	V	Cr	N	Ceq	
					$\times 10^2$			$\times 10^3$		$\times 10^2$			$\times 10^4$		$\times 10^2$	
BCP325	382	539	70.8	264	15	28	140	10	3	11	1	0	3	31	40	
BCP325T	396	530	74.7	306	16	26	151	7	2	11	0	1	2	32	42	

$\sigma_y$ : 降伏点,  $\sigma_u$ : 降伏点, Y.R.: 降伏比,  $E_0$ : 0度シャルピー吸収エネルギー  
Ceq=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

Evaluation for structural performance of column-end robotic welded connection using 25 degrees narrow groove  
- Part 2 Welding condition -

HAYASAKA Kazumi, MINAMI Susumu, HATTORI Kazunori, SOKAWA Yosuke, NAKANO Tatsuya

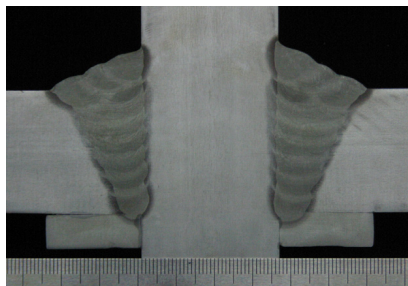
表 2 溶接条件実測値

試験体 No.	積層	裏当て金形状	R.G. (mm)	組立溶接条件			本溶接条件						
				溶接ワイヤ <sup>*1</sup>	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	溶接ワイヤ <sup>*1</sup>	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (°C)
1	8層9パス	FB-9×25 (SN490B)	5.0 ~ 5.5	JIS Z 3312	150 ~ 160	24 ~ 25	40 ~ 42	JIS Z 3312	262 ~ 309	33 ~ 35	18.0 ~ 34.8	16.2 ~ 29.7	77.6 ~ 209
2				YGW11(φ1.2)				259 ~ 313	33 ~ 34	18.3 ~ 41.3	12.5 ~ 29.4	89.7 ~ 204	
3				YGW18(φ1.2)				260 ~ 291	33 ~ 34	20.0 ~ 28.9	18.0 ~ 28.7	59.8 ~ 186	

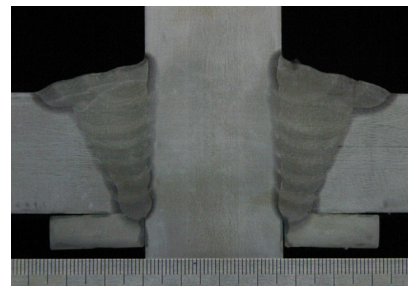
※ 1 全試験体で同一ロット材を使用している。



(a) 試験体 No.1

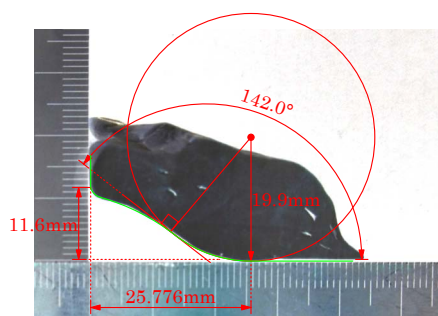


(b) 試験体 No.2

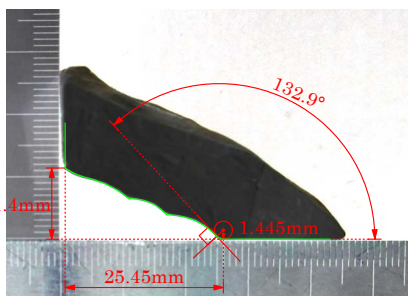


(c) 試験体 No.3

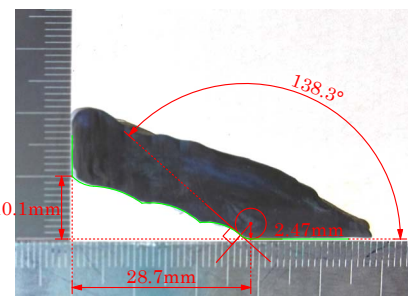
写真 1 マクロ組織観察結果



(a) 試験体 No.1



(b) 試験体 No.2



(c) 試験体 No.3

写真 2 印象材による溶接部形状

表 3 溶接部外観形状実測値

試験体 No.	組立溶接部		本溶接部		
	H	h	S'	ρ	f
1	4 ~ 5	11.6	25.8	19.9	142.0
2	4 ~ 5	11.4	25.5	1.45	132.9
3	4 ~ 5	10.1	28.7	2.47	138.3

H: 組立溶接ビードの余盛高さ, h: 余盛高さ, ρ: 止端部曲率半径, f: フランク角

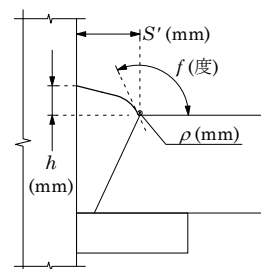
【余盛高さ h】

$h_0 \leq h \leq h_0 + \Delta h$  (規定値<sup>1)</sup>)

$h_0 = \max(t_c / 4, 5)$ ,  $\Delta h = 7\text{mm}$

$t_c$ : コラム板厚

$\Delta h$ : 管理許容差<sup>5)</sup>



hについては文献1)による規定の範囲内であることをすべての溶接部で確認している。

#### 4. 結

実大曲げ実験における試験体の溶接施工条件および溶接部性状を示した。

#### 参考文献

- 1) 日本鋼構造協会: 25度狭開先ロボット溶接マニュアルー冷間成形形鋼管と通しダイアフラム接合部への適用ー, 2013.10
- 2) 服部和徳, 見波進, 中込忠男, 西山功: 25度狭開先を適用した冷間成形形鋼管・通しダイアフラム接合部の3点曲げ実験, 日本建築学会構造系論文集, pp.718-726, 2015.12

- 3) 日本建築学会: 鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説, 2008.3
- 4) 日本建築センター: 2008年度版 冷間成形形鋼管設計・施工マニュアル, 2008.12
- 5) 日本建築学会: 鉄骨工事技術指針・工場製作編, 2007.2
- 6) 宗川陽祐, 中野達也: 25度狭開先溶接部におけるコラム角部溶接止端部の応力・ひずみ状態とコラムの変形性能ー鉄骨造建築物の安全性向上に資する新自動溶接技術の開発(その22)ー, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 材料施工, pp.1023-1024, 2014.9
- 7) 日本建築学会: 建築耐震設計における保有耐力と変形性能(1990), 鋼構造編, 1990.10

\* 1 ムラヤマ, \* 2 東京電機大学理工学部 教授・博士 (工学), \* 3 一般財団法人ベターリビングつくば建築研究センター, \* 4 宇都宮大学大学院工学研究科 大学院生・修士 (工学), \* 5 宇都宮大学大学院工学研究科 准教授・博士 (工学)

\* 1 Murayama, \* 2 Prof., School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ., Dr. Eng., \* 3 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng., \* 4 Graduate student, Graduate school of Eng., Utsunomiya Univ., M. Eng., \* 5 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Utsunomiya Univ., Dr. Eng.