

冷間成形角形鋼管と通しダイアフラム接合部に適用する狭開先ロボット溶接実験

狭開先溶接 冷間成形角形鋼管 通しダイアフラム
ロボット溶接 組立溶接 シャルピー衝撃値

正会員 ○高野 昭市^{*1} 同 中野 達也^{*2}
同 松村 浩史^{*3} 横田 順弘^{*3}
岸部 直喜^{*4}

1. 序

昨年、冷間成形角形鋼管と通しダイアフラム接合部を対象とした 25 度狭開先ロボット溶接マニュアル¹⁾が刊行された。その直後には、当該溶接に関する施工承認試験方法²⁾も発行され、普及促進が図られている。

本実験は、狭開先ロボット溶接技術の向上を目的として、①衝撃値の確保（裏当て金の種類、組立溶接の位置、ルートギャップの過大過小）、②仕ロビードとノズルの干渉について検討したものである。25 度開先のほか、既に実用化されている 30 度開先³⁾についても確認する。

2. 試験体計画

表 1 に試験体一覧を示す。実験パラメーターは、開先角度、コラムサイズ、ルートギャップ（以下、R.G.）、裏当て金（FB-9×25, SN490B）のテーパー（全周：幅 4mm、深さ 6mm）の有無であり、表 1 のように組合せている。R.G. は 4mm と 10mm で計画しており、表 1 の値は実測値の平均である。表 2 に使用材料の衝撃値と化学成分（ミルシート値）を示す。

図 1 に試験体形状、図 2 に開先形状を示す。通しダイアフラムの出寸法は 25mm である。図 2 のように通しダイアフラムに仕ロビードの余盛を想定した干渉材（フラットバー）を取り付けている。ダイアフラム面に対するフラットバーの突出し量は 2～3mm である。

3. 溶接施工条件と実績値

3.1 組立溶接 組立溶接に用いた溶接ワイヤは 1.2mmφ (YGW11)、ノズルは市販の細径ノズルである。ノズル先端からのワイヤ突出し長さは 22mm である。溶接条件は熟練者による適正值とし、溶接電流 245A、アーク電圧 30V、溶接速度 340cm/min の実績値が得られている。

表 2 使用材料の衝撃値と化学成分 (%)

規格	vE_o (J)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	Ni	V	Cr
		×100			×1000		×100				
BCR295	273	9	17	60	18	8	2	0	1	0	1
BCP325	267	14	21	147	12	3	—	0	2	6	2
SN490C	187	16	34	145	14	3	—	0	2	0	2
	279	16	32	133	9	1	—	0	1	4	2
SN490B	—	12	25	120	24	11	12	1	5	2	15
YGW11	151	5	80	150	10	9	24	—	—	—	—
YGW18	176	4	81	191	8	5	24	14	—	—	—

表 1 試験体一覧

No.	開先 角度	コラムサイズ (鋼種)	ダイアフラム 板厚 (鋼種)	ルートギャップ [※] (mm)	裏当て金 テーパー
1	25 度	□ -350×350×22 (BCR295)	28mm (SN490C)	A 側 4.9	有
				B 側 8.1	
2				A 側 4.8	なし
				B 側 8.6	
3	25 度	□ -550×550×32 (BCP325)	40mm (SN490C)	A 側 5.5	有
				B 側 7.7	
4				A 側 5.1	なし
				B 側 8.1	
5	30 度			A 側 5.6	有
				B 側 9.3	

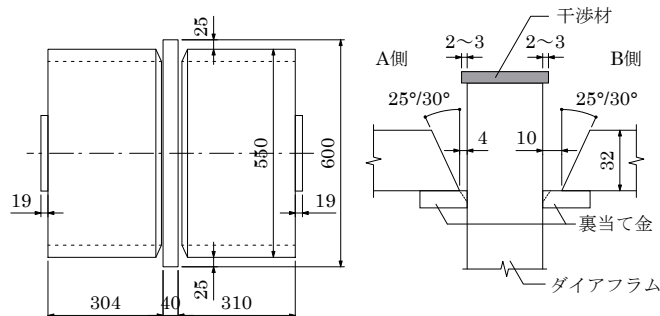


図 1 試験体形状

図 2 開先形状

表 3 ロボット溶接の施工実績

No.	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度※ (cm/min)
1, 2	273 ~ 316	32.3 ~ 35.7	29.9 ~ 42.2 / 21.2 ~ 31.1
3, 4	278 ~ 318	32.4 ~ 35.6	23.8 ~ 40.5 / 19.2 ~ 37.8
5	293 ~ 337	34.2 ~ 36.3	26.2 ~ 35.4 / 20.9 ~ 27.9

※ A 側 (R.G.4mm) の値 / B 側 (R.G.10mm) の値

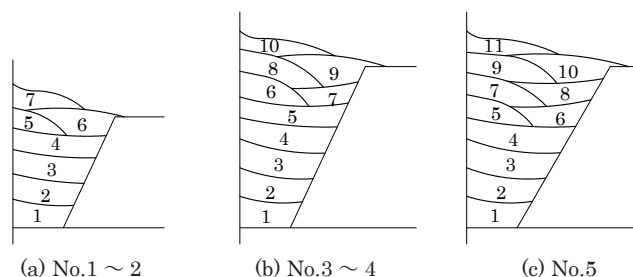


図 3 ロボット溶接の積層図

Welding experiment of automatic arc welding in narrow gap with single bevel groove for cold formed SHS column to through diaphragm connection

TAKANO Syoichi, NAKANO Tatsuya, MATSUMURA Hiroshi, YOKOTA Masahiro, KISHIBE Naoki

3.2 ロボット溶接 ロボット溶接は多関節ロボットを使用し、溶接ワイヤは1.2mmφ (YGW18) である。シールドノズルは、開先角度 25 度の場合、内径が 17mmφ でノズル母材間距離が 40mm, 34mm, 32mm の 3 種類を、開先角度 30 度の場合、内径が 19mmφ でノズル母材間距離が 37mm, 31mm の 2 種類を、開先表面からの深さに応じて使い分けている。シールドガスは炭酸ガスを用いており、流量は 25 l/min, 整流にはオリフィスを用いている。

ウィービングには、メーカー独自機能の振り子方式³⁾を採用している。前述した余盛相当の 2～3mm の突き出し量を想定し、ノズルが干渉しないようにトーチ姿勢とウィービング条件を設定して溶接した結果、フラットバーとノズルの干渉は生じなかった。表 3 にロボット溶接の施工実績を示し、図 3 に積層図を示す。

4. 狭開先ロボット溶接金属の衝撃値と窒素量

溶着金属引張試験 (A2 号試験片)、マクロ試験、シャルピー衝撃試験 (0℃) および窒素量分析 (トータル窒素) を行っている。紙面の都合上、引張試験とマクロ試験は割愛するが、引張試験からはいずれも母材の規格値を上まわる結果が得られ、マクロ試験からも問題のない結果が得られている。図 4 に衝撃試験片の採取位置 (コラム板厚 32mm の場合) を示す。コラム板厚 32mm の場合は最終層、中間層、初層から、コラム板厚 22mm の場合は最終層から採取している。

図 5 (a) に最終層の衝撃値と窒素量を示す。コラム板厚や開先角度に関わらず、最終層における衝撃値は概ね

100J を超えていることがわかる。文献 1) に掲載されているデータに比べ衝撃値が改善された要因として、振り子ウィービング方式の採用を前提としたノズル形状の改良により、シールド性が向上したことが考えられる。直線部とコーナー部で有意差はみられない。

図 5 (b) にコラム板厚 32mm の No.3 (25 度) と No.5 (30 度) について、採取深さ毎の衝撃値と窒素量を示す。開先角度 25 度の場合、最終層と初層に比べて中間層の衝撃値が小さい傾向がみられる。開先角度 30 度の場合、初層から最終層に向かって衝撃値は大きくなっている。これには、中間層の積層パターン (パスの振り分け) の影響が考えられる¹⁾。

図 6 に衝撃値と窒素量の関係を示す。図中には文献 1) で目安とされている 150ppm と、文献 4) に掲載されている相関関係領域を併記している。図から、全体的な傾向としては、衝撃値と窒素量に負の相関がみられる。No.4 の B 側 (R.G.10mm) で窒素量が多いが、衝撃値は良好である。

5. 結

コラムと通しダイアフラム接合部を対象とした狭開先ロボット溶接実験を行い、衝撃値の確保、仕口ビードとノズルの干渉について検討し、良好な結果が得られた。

謝辞

本報は、(一社) 全国鐵構工業協会から(株)神戸製鋼所への委託実験により得られた成果の一部である。機械試験の一部は、宗川陽祐君、倉成真也君をはじめとする宇都宮大学の学生諸氏の協力を得た。

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 ―冷間成形角形鋼管と通しダイアフラム接合部への適用―，2013.10
- 2) 日本鋼構造協会：25 度狭開先ロボット溶接 施工承認試験方法，2013.12
- 3) 松村浩史，中込忠男：溶接ロボットによるコラム柱の狭開先溶接に関する施工条件範囲の検討，日本建築学会構造系論文集，第 664 号，pp.1059-1067，2011.6
- 4) 日本建築センター：2008 年版 冷間成形角形鋼管設計施工マニュアル，2008.12

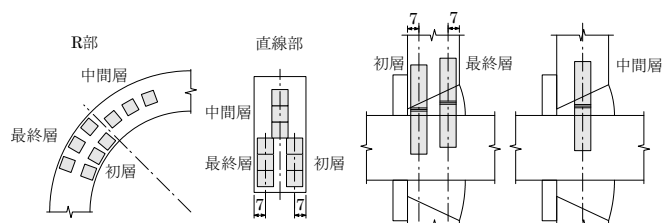
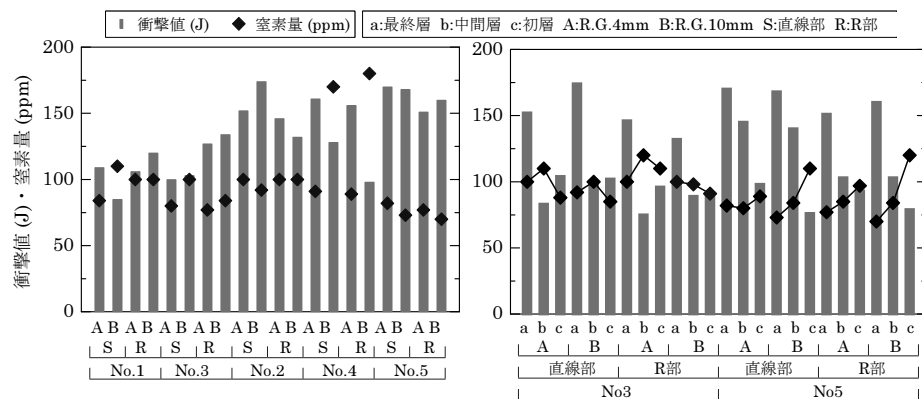


図 4 衝撃試験片の採取位置 (コラム板厚 32mm)



(a) 最終層の比較

(b) 採取深さの比較

図 5 衝撃値と窒素量

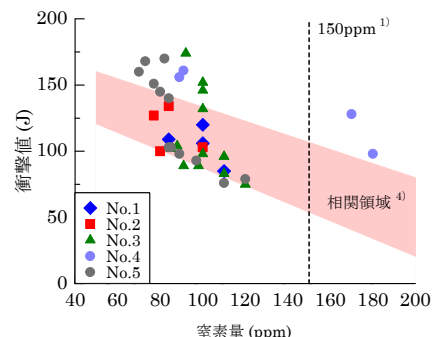


図 6 衝撃値と窒素量の関係

*1 全国鐵構工業協会，*2 宇都宮大学，
*3 神戸製鋼所，*4 岸本建設工業

*1 Japan Steel Fabricators Association,*2 Utsunomiya Univ.,
*3 KOBE STEEL,*4 Kishimoto Corporation