

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1 研究概要および実験計画—

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 ○ 見波 進 *1 同 服部 和徳 *2
同 宗川 陽祐 *3 同 中野 達也 *4

1. 序

1.1 研究の背景と目的

冷間成形角形鋼管（以下，コラム）と通しダイアフラム溶接部に25度狭開先を適用するロボット溶接技術が開発された¹⁾。

次節で詳述する検討課題を踏まえ，本研究では，①単関節溶接ロボット（写真1），②BCP325およびNBFW法に対する25度狭開先ロボット溶接技術の適用範囲拡大による当該技術の普及を目標としている．このため，上述した2点に関する適用効果を明らかにするため，溶接部形状および溶接積層方法をパラメーターとする実大曲げ実験を行い，力学性状および破壊性状を評価するとともに，有限要素解析を行い破壊起点近傍の応力・ひずみ状態を明らかにすることを目的とする．

1.2 既往の研究

狭開先化に伴う懸念事項の一つとして，溶接初層部における形状欠陥の発生が挙げられる．文献2)では25度狭開先を適用したコラムと通しダイアフラム溶接接合部の保有性能を確認する為に実大繰返曲げ試験を実施している．当該実験²⁾では，コラム角部の初層部近傍に日本建築学会超音波探傷検査規準（以下，AIJ UT基準）³⁾が想定している許容限界の溶接欠陥が存在しても，欠陥部を起点とした脆性破壊は生じない結果が得られており，25度狭開先によるコラムと通しダイアフラム溶接接合部の累積塑性変形倍率は，35度標準開先による既往の実験結果と比較して概ね同等程度の性能を有していることを明らかにしている．ただし，文献2)で使用した試験体は多関節溶接ロボットにより溶接施工されたものである．単関節溶接ロボットについては，実験による検討が行われてはおらず適用範囲に位置づけられていない¹⁾。

また，開先角度が35度の場合，柱材をBCP325T，溶接積層方法をNBFW法とすることで作用応力の割り増しに関する設計ペナルティが免除される．従来の35度開先溶接部についてはNBFW法の適用効果による変形性能の向上が認められている⁴⁾一方で，開先角度が25度の場合についてはNBFW法を適用した実験データが無く，その適用効果は判断できない状況である．



写真1 単関節溶接ロボットによる試験体製作状況

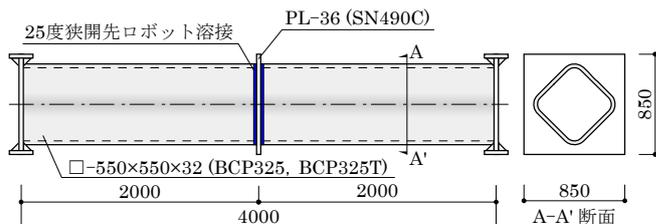


図1 試験体形状

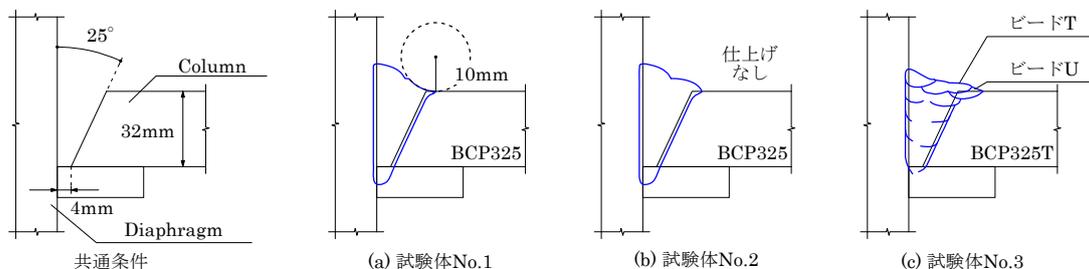


図2 溶接部形状

Evaluation for structural performance of column-end robotic welded connection using 25 degrees narrow groove
- Part 1 Research outline and planning of loading test -

MINAMI Susumu, HATTORI Kazunori, SOKAWA Yosuke, NAKANO Tatsuya

2. 試験体

表1に試験体一覧，図1に試験体形状，図2に溶接部形状を示す。試験体は中央部に通しダイアフラムを配し，コラムと通しダイアフラム溶接部を開先角度25度，ルートギャップ4mmとする狭開先ロボット溶接技術を適用したビームコラム試験体である。コラムサイズは□-550×550×32，鋼種は試験体No.1およびNo.2がBCP325（同一ロット材），No.3がBCP325Tである。実験パラメーターは溶接部形状および溶接積層方法である。試験体No.1とNo.2は溶接条件が同じであり，試験体No.1はグラインダーにより止端部の仕上げ加工を行うもの，試験体No.2は溶接ままのものである。試験体No.3は溶接積層方法をNBFW法とするものである。

3. 載荷方法

図3に試験体セットアップを示す。加力は試験体中央の通しダイアフラムをピン支持とし，左右のジャッキを鉛直方向に加力する3点曲げ試験形式である。片側せん断スパンは2000mmであり，加力方向は45度方向である。載荷履歴は，全塑性耐力計算値 cP_p 時の変形量 $c\delta_p$ を基準として弾性域を正負1回ずつ加力した後に， $2c\delta_p$ ， $4c\delta_p$ ， $6c\delta_p$ ， $8c\delta_p$ を正負2回ずつ行う漸増振幅繰返し載荷であり， $8c\delta_p$ 終了時に荷重の低下が見られなければ，押切り載荷を実施する。なお， $c\delta_p$ にはせん断変形を考慮しておらず，ミルシート値に基づき算出している。

図3には変位計測位置を併記している。加力の制御は鉛直方向の計測変位 $D_1 \sim D_8$ による相対変位 $\delta_1 \sim \delta_4$ の平均 δ により行う。 δ は次式で算出される。

$$\delta = \text{ave.}(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4) \quad (1)$$

$$\delta_1 = \frac{2000}{1900}(D_1 - D_5) \quad (2) \quad \delta_2 = \frac{2000}{1900}(D_2 - D_6) \quad (3)$$

$$\delta_3 = \frac{2000}{1900}(D_3 - D_7) \quad (4) \quad \delta_4 = \frac{2000}{1900}(D_4 - D_8) \quad (5)$$

試験温度は室温で行う。加力は上向きの方加力であり，負側の加力は，正側加力を実施した後に完全に除荷し，反転用の回転治具を用いて，試験体の天地を反転することにより載荷を実施する。

4. 結

本研究の概要および実験計画を示した。

謝辞

本研究は，日本鉄鋼連盟ボックスコラム委員会に設置された「25度狭開先ロボット溶接フォローアップWG(主査：中野達也 宇都宮大学・准教授)」における活動の一環として実施したものである。また，日本鉄鋼連盟から鋼構造研究・教育助成事業のご支援を受けた。

実験の実施では，丑澤樹海君（元東京電機大学・学部生），押鐘卓也君（元東京電機大学・学部生）をはじめとする東京電機大学，宇都宮大学の学生諸氏から多大な協力を得た。

ここに記して深甚なる感謝の意を示す。

参考文献

その2にまとめて示している。

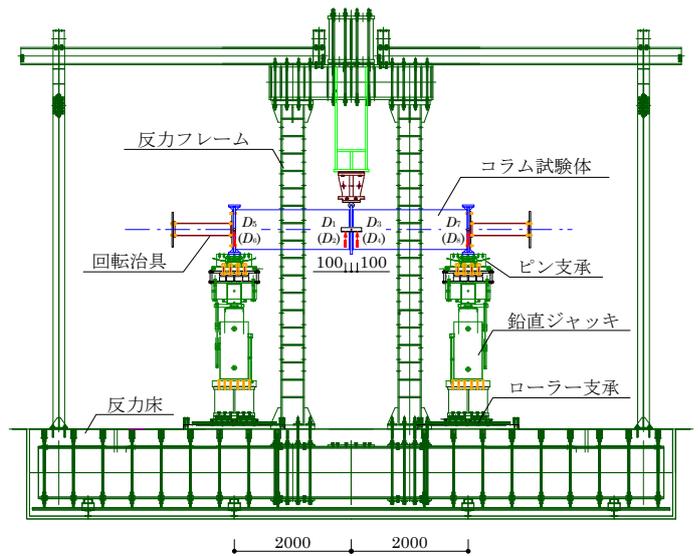


図3 試験体セットアップ

表1 試験体一覧および主要な実験結果一覧

試験体 No.	計算値一覧					実験結果一覧											備考			
	cP_y (kN)	cP_p (kN)	$c\delta_y$ (mm)	$c\delta_p$ (mm)	$1/\alpha$	cP_y (kN)		cP_p (kN)		cP_{max} (kN)		α		$E\eta_A$				$E\eta_S$		
						+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	Total		+	-	Total
1	2876	4320	7.25	10.90	1.82	4558	4375	5216	5016	6223	6249	1.44	1.45	54.2	59.4	113.6	8.7	9.9	18.5	グラインダー仕上げ 溶接まま NBFW法
2						4552	4457	5176	5021	6081	5999	1.41	1.39	39.1	31.4	70.5	7.6	6.7	14.3	
3	2981	4478	7.52	11.30	1.75	4428	4487	4926	4928	5991	6023	1.34	1.34	60.1	57.2	117.4	9.4	9.5	18.9	

cP_y , cP_p : 降伏，全塑性曲げ耐力計算値， $c\delta_y$, $c\delta_p$: cP_y , cP_p に対応する載荷点の弾性変形計算値， α : 等価幅厚比の逆数， cP_y , cP_p : 降伏，全塑性曲げ耐力実験値 (Slope factor 法により，接線剛性が初期剛性の1/3, 1/6の際の荷重を定義)， cP_{max} : 最大荷重実験値， α : 耐力上昇率 ($=cP_{max}/cP_p$)， $E\eta_A$: 履歴曲線による累積塑性変形倍率， $E\eta_S$: 骨格曲線による塑性変形倍率

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

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