

高力ボルトによる異形鋼管フランジ継手の耐力および曲げ剛性の評価 その3

曲げ実験・実験計画

フランジ継手	高力ボルト	耐力	正会員	○笠原 康弘*	同	深澤 協三**
曲げ剛性	崩壊機構	加力実験	同	清水 紀花***	同	天野 一弥*
					同	中野 達也****

1. はじめに

筆者らは、角形鋼管柱と円形鋼管杭を直接高力ボルトで接合する柱杭接合構法の継手部の耐力および曲げ剛性を、降伏線理論およびFEM解析から評価する方法を既報¹⁾で提示した。

本報では、既報¹⁾で検討した柱杭接合部を含む角形鋼管柱と円形鋼管杭で構成される試験体を対象に曲げ実験を行った。その3では実験計画および破壊性状を報告する。

2. 実験計画

2.1. 試験体計画

試験体の形状および寸法を図1に、試験体計画を表1にそれぞれ示す。試験体は支持スパン 3,000mm の単純梁で、試験体中央部が高力ボルトによるフランジ継手となっている。

試験体数は合計4体で、実験変数は①フランジプレート板厚、②継手部の偏心である。フランジプレート板厚は $t=16, 32, 50\text{mm}$ の3水準とする。継手部の偏心は、本構法では杭の打設位置誤差により生じる柱と杭の芯ずれをフランジ継手部で処理する方法を採用しているため、フランジ継手部の偏心による影響の検討を目的とするものである。フランジプレート板厚 $t=32\text{mm}$ の試験体について、

本構法における柱と杭の芯ずれの最大許容値である 20mm 偏心させた試験体としている。

柱および杭の鋼管は既報¹⁾と同じく、柱に角形鋼管 $\square 250 \times 250 \times 12$ (BCR295)、杭に円形鋼管 $\phi 267.4 \times 19$ (STK490) を用いる。継手部は、柱側フランジプレートは $\phi 510\text{mm}$ 、杭側フランジプレートは $\phi 640\text{mm}$ で、材質は SN490C を用いる。高力ボルトには F10T、8-M22 を用いる。高力ボルトの締め付けはナット回転法により行う。

柱・杭鋼管およびフランジプレートの素材試験結果を表2に示す。

2.2. 実験方法

加力装置を図2に示す。試験体を単純支持し、2点集中荷重を正負繰り返して載荷する。載荷は、第1サイクルが試験体純曲げ区間の曲げモーメント $M=50\text{kNm}$ (弾性範囲内加力)、第2サイクルが $R=2\%$ (R : 試験体中央部たわみを支持スパンの半分の長さで除したもの)、第3サイクルが $R=4\%$ で、各サイクルとも繰り返し回数は2回とする。第3サイクル終了後には正側(試験体下面引張側)単調載荷を行う。

測定装置を図3に示す。測定項目は、①試験体中央部および加力点位置でのたわみ、②柱杭接合部の回転角 θ である。柱杭接合部の回転角 θ は、図3中に示す通り、柱杭接合部フランジプレートから約 30mm 柱・杭鋼管側に寄っ

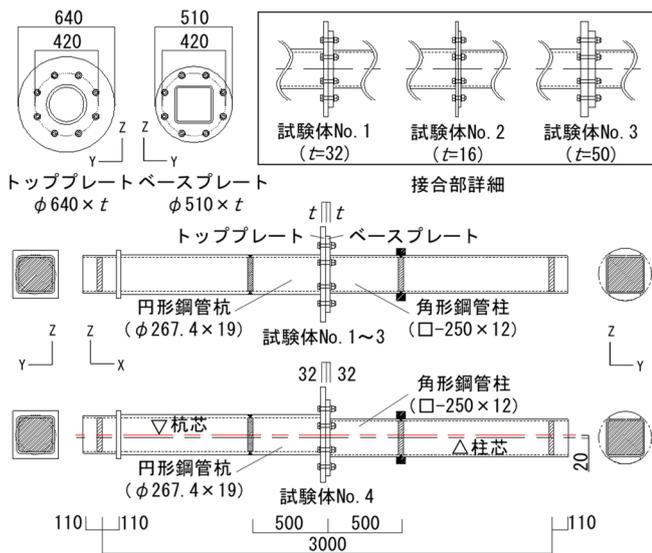


図1 試験体形状・寸法

表1 試験体計画

試験体 No.	トッププレート・ベースプレート ($\phi 640 \cdot \phi 510$) (SN490C)	鋼管杭 (STK490)	鋼管柱 (BCR295)	高力ボルト	偏心
1	$t=32$	$\phi 267.4 \times 19$	$\square 250 \times 250 \times 12$	H. T. B 8-M22 (F10T)	なし
2	$t=16$				なし
3	$t=50$				なし
4	$t=32$				20mm

表2 素材試験結果

部材	鋼種	t (mm)	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)
円形鋼管杭	STK490	19	529.6	528.6
角形鋼管柱	BCR295	12	366.2	428.6
ベースプレート トッププレート	SN490C	16	364.7	512.0
		32	222.0	499.5
		50	345.1	506.5

Evaluation on the strength and bending stiffness of the flange bolted joint between different shape tubes Part3
Bending test and Experimental plan

KASAHARA Yasuhiro, et al.

た位置での柱・杭間相対変位から、30mm 区間の柱・杭鋼管の軸変形を引いて求めた柱杭接合部の離間を変位計の配置間隔で除して求める。柱杭接合部の回転角 θ を求める計算式を図3中に示す。

3. 破壊性状

各試験体の最大耐力および破壊形式を表3および写真1に示す。試験体 No.1 は $M=366.1\text{kNm} \cdot R=3.3\%$ で、写真1に示す通り、高力ボルトの破断で最大耐力に達している。

試験体 No.2 では、高力ボルトは破断せず、単調载荷の $M=201.1\text{kNm} \cdot R=5.4\%$ が最大耐力である。試験体 No.2 はフランジプレートの板曲げ変形が顕著であり、写真1中に示す通り、フランジプレートと鋼管の溶接部に延性亀裂が発生している。

試験体 No.3 は、写真1に示す通り、試験体 No.1 と同様に高力ボルトの破断で最大耐力に達している。最大耐力は $M=355.5\text{kNm}$ で、試験体 No.1 の 0.97 倍であり、最大耐力時の変形は $R=2.2\%$ で、試験体 No.1 の 0.67 倍である。試験体 No.1 と比較すると、最大耐力はほぼ同じでありながら板厚の増加により最大耐力時変形が小さくなっている。

試験体 No.4 は、写真1に示す通り、試験体 No.1 と同様に高力ボルトの破断で最大耐力に達している。最大耐力は $M=344.3\text{kNm}$ で、試験体 No.1 の 0.94 倍である。最大耐力時の変形は $R=-2.4\%$ で、試験体 No.1 とは異なり、負加力時に高力ボルトが破断した。

4. まとめ

本報では実験計画を示した。また、破壊性状について以下が明らかとなった。

- 1) 接合部フランジプレート $t=32,50\text{mm}$ の試験体では、高力ボルトの破断により破壊に至った。
- 2) 接合部フランジプレート $t=16\text{mm}$ の試験体では、フランジプレート板曲げにより破壊に至った。
- 3) 柱と杭を偏心させた試験体は、破壊モードは偏心の無い試験体と同じであったが、高力ボルトの破断が負加力時に発生した。

参考文献

- 1) 笠原康弘, 中野達也, 天野一弥, 磯田充樹, 深澤協三: 高力ボルトによる異形鋼管フランジ継手の耐力および曲げ剛性の評価 (その1~その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp. 831-834, 2020. 9

表3 最大耐力・破壊形式

試験体 No.	最大耐力				破壊形式
	M (kN・m)	/No. 1	R (%)	/No. 1	
1	366.1	-	3.3	-	高力ボルト破断
2	201.1	0.55	5.4	1.64	フランジプレート曲げ変形
3	355.5	0.97	2.2	0.67	高力ボルト破断
4	344.3	0.94	-2.4		高力ボルト破断

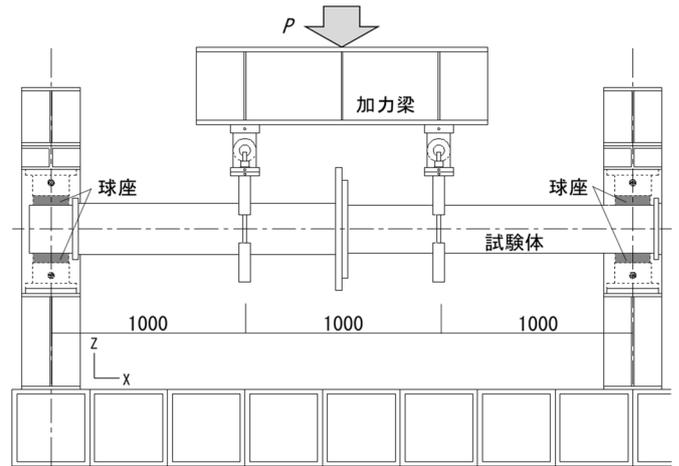
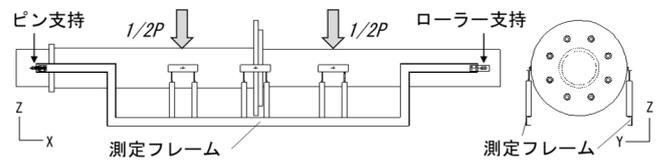
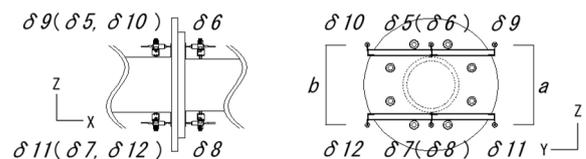


図2 加力装置



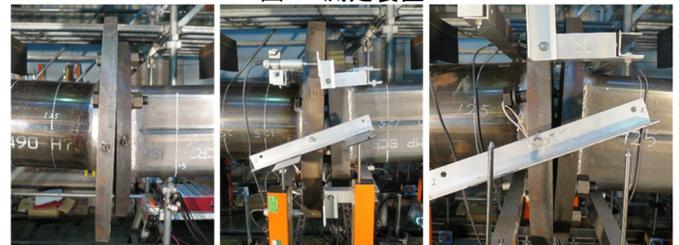
①試験体中央部・加力点位置たわみ



$$\theta = \left\{ \frac{(\delta 9 - \delta 5 - \delta 6) - (\delta 11 - \delta 7 - \delta 8)}{a} + \frac{(\delta 10 - \delta 5 - \delta 6) - (\delta 12 - \delta 7 - \delta 8)}{b} \right\} \div 2$$

②柱杭接合部の回転角

図3 測定装置



試験体No. 1

試験体No. 3

試験体No. 4



試験体No. 2

写真1 破壊性状

* 株式会社 三誠
 ** 日本建設業経営協会 中央技術研究所
 *** 東京電機大学大学院
 **** 宇都宮大学 准教授 博士 (工学)

* SANSEI INC.
 ** JARGC Central Research Institute for Construction Technology
 *** Graduate school of Tokyo Denki University
 **** Associate Prof, Utsunomiya University, Dr. Eng.