日本建築学会大会学術講演梗概集
（中国） 2026 年 9 月

付帯設備の角型鋼管成型における特殊ボルトを使用した組立工法の開発
（その 2　構造耐力検証）

正会員　○笹賢一*　　同　　佐藤芳宣*

角型鋼管成型　　生産性向上　　特殊ボルト
構造耐力　　付帯設備　　煙突

1. はじめに

その 1 では、専用工具で圧着固定する特殊ボルトを用いた角型鋼管成型の生産性の優位性を報告した。本稿ではその構造性能についての検証結果を報告する。付帯設備としての角型鋼管は、主に建物躯体に支持を設けて設置する。支持形態は単純梁または連続梁の形態が多いことから、構造耐力は単純梁での曲げ耐力の検証を実施することとした。その 1 と同様、特殊ボルト及び普通ボルトで成型の角型鋼管と、溶接成型の角型鋼管の比較を行った。

2. 検証概要

1）試験体概要

表 1、表 2 に試験体一覧、図 1 に試験体図を示す。鋼管外寸 150㎜×150㎜、長さ 1,400㎜、鋼材厚み 6.0㎜、材質は全て SS400 とした。

ボルト成型試験体（B-1,2）は、鋼管角部外側にフランジ(W＝50㎜)を設け、その部分でボルト締結する。使用するボルトの径は M12、間隔は 100㎜ とする。ボルト孔径は、特殊ボルト、普通ボルト共に 13.5㎜ とする。

溶接成型試験体（Y-1,2,3）は、鋼管角部を溶接する。図 2 に溶接部詳細図を示す。開先角度を変えた部分溶け込み溶接と裏当金(6㎜×16㎜)を設けた完全溶け込み溶接の 3 試験体とした。

なお、予備試験で構造耐力検証を実施した際、集中荷重の荷重点で支圧による局部座屈が生じたことから、本試験においては曲げ破壊の破壊形式となるよう支点及び加力用点位置にスチフナーを設けた。

表 1. ボルト成型試験体一覧

試験体名称	分類	仕様			
		使用ボルト	強度区分	トルク管理 (N・m)	加力方向
B-1	ボルト成型	特殊ボルト (M12)	10.9	—（専用工具で自動締結）	X
B-2		普通ボルト (M12)	4.8	40（シングルナット）	X

表 2. 溶接成型試験体一覧

試験体名称	分類	仕様			
		溶接種類	開先角度	組立	加力方向
Y-1	溶接成型	部分溶込	45°	突付け	X
Y-2			60°	突付け	
Y-3		完全溶込	60°	裏当金付（ルートギャップ 2㎜）	

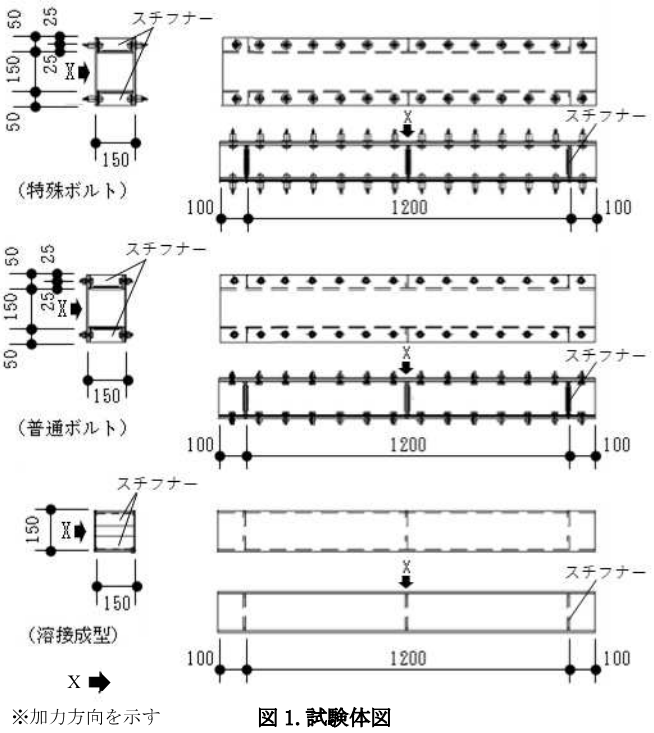


図 1. 試験体図

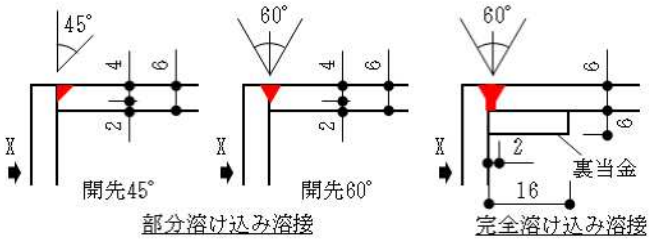


図 2. 溶接部詳細図

2）加力方法

試験は図 3 に示す 3 点曲げ方式により、支点間距離 L=1200㎜ で中央部に加力を行う。計測は試験機ロードセル出力と、試験体中央部の鉛直変位を測定する。

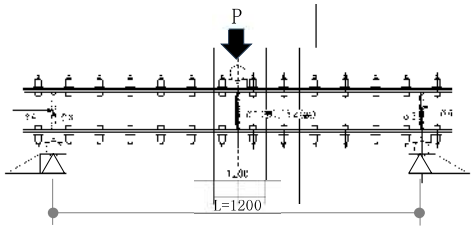


図 3. 試験システム図

Development of assembly method using special bolts in forming square steel pipes for ancillary equipment.
Part 2: Structural Strength Verification.

KENICHI Sasa, YOSHINOBU Sato

3. 試験結果、考察

構造耐力の検証結果について、各試験体における最大耐力、最大曲げモーメント及び初期剛性の記録を表 3 に示す。また荷重と変位の関係については、荷重を第 1 縦軸として荷重 P-中間変位 δ の関係を図 4 に示す。曲げモーメント M は荷重 P から算出される(=PL/4)ため、第 2 縦軸として図 4 に示す。

ボルトの種類で比較すると、特殊ボルト試験体の B-1 と普通ボルト試験体の B-2 では最大耐力については大きな差はなかった。一方で、初期剛性においては特殊ボルト試験体 B-1 の方が普通ボルト試験体 B-2 よりも高い結果となった。

試験後の試験体を確認すると、ボルト成型の試験体は変形により締結した板にズレが生じていた。また図 4 より、ボルト成型の試験体は初期剛性が低下した後も、変形の進行と共に耐力が再上昇する傾向を確認した。これは変形によって締結した板同士に滑りが生じ、ボルトとボルト孔部の間隙が埋まったことによる挙動と考えられる。よって特殊ボルト試験体と普通ボルト試験体の初期剛性の違いは、特殊ボルトの高軸力締結による摩擦力が構造耐力に有効に作用したためと推察する。

溶接成型の試験体では、初期剛性は概ね一致している。最大荷重については、部分溶け込み溶接(開先 45°)の試験体 Y-1 は 254.4kN、開先 60° の試験体 Y-2 は 258.4kN に対し、完全溶け込み溶接の試験体 Y-3 は 292.3kN と上回っている。これは完全溶け込み溶接の裏当て金が断面性能に影響しているためと考えられる。

ボルト成型の試験体と溶接成型の試験体を比較すると、特殊ボルト B-1 試験体は溶接成型の試験体と初期剛性が近い結果となった。一方、普通ボルト B-2 試験体の初期強度は溶接成型の試験体の耐力を下回った。最大耐力については、前述の耐力が再上昇する挙動から最終的な耐力はボルト成型の試験体の方が上回った。このことから、特殊ボルト成型による角型鋼管は溶接鋼管と同等の剛性を有しているといえる。

表 3.構造耐力検証結果

試験体	ボルト成型		溶接成型		
	B-1	B-2	Y-1	Y-2	Y-3
初期剛性 (kN/mm)	51.19	32.08	47.35	45.86	50.20
最大耐力 (kN)	391.9	374.3	254.4	258.4	292.3
最大曲げモーメント(kN・m)	117.6	112.3	76.3	77.5	87.7

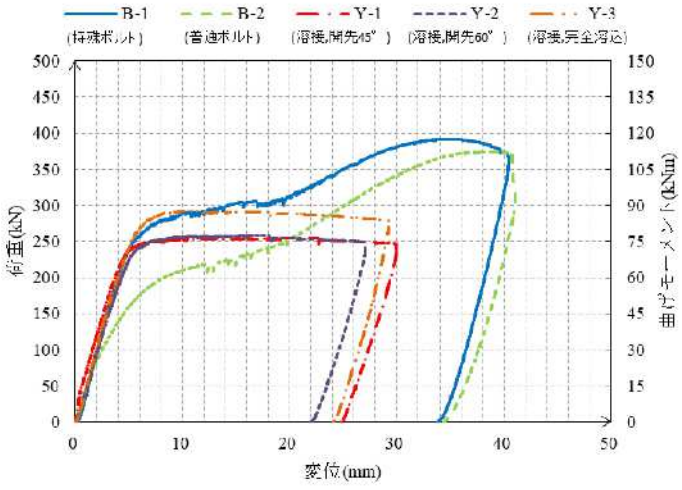


図 4. 荷重-変位関係の比較



写真 1.試験状況



写真 2.試験後(B-1)



写真 3.試験後(B-2)



写真 4.試験後(Y-1)



写真 5.試験後(Y-2)



写真 6.試験後(Y-3)

4. まとめ

本検証より、特殊ボルト成型による角型鋼管は溶接成型の角型鋼管と同程度の初期剛性があることが示された。またボルト成型の比較では、特殊ボルト成型は普通ボルト成型よりも初期剛性が高いという結果が得られた。上記結果より、角型鋼管の成型に溶接の代替として特殊ボルトを使用することは、構造性能の面から有効と考える。

本検証にあたり、アルキテック株式会社の脇田氏、大沼氏、東京理科大学の宮津准教授には多大なる技術的支援をいただきました。ここに謝意を表します。

*フジモリ産業

*FUJIMORI SANGYO CO.,LTD.