

幅厚比やせん断スパン比, 材料強度に着目した角形 CFT 柱の力学的特性

JR 東日本 正会員 ○井上 佳樹 正会員 吉田 一
 JR 東日本 正会員 青木 千里 正会員 山田 正人
 鉄道総研 正会員 網谷 岳夫

1. はじめに

コンクリート充填鋼管 (以下, CFT) 柱の中でも角形 CFT 柱は, 内接する円形 CFT 柱に比べて, 断面積が大きく, より高い耐力が期待できる. しかし矩形断面の耐力および変形性能については, 各機関で検討がなされていない. そこで鉄道構造物における角形 CFT 柱の耐力および変形性能の評価方法の確立に向け, 力学的性状を把握するため幅厚比やせん断スパン比, 材料強度に着目した試験を行った.

2. 試験概要

試験体諸元を表-1, 試験概要を図-1に示す. 試験体は, 幅厚比やせん断スパン比, 鋼材およびコンクリート強度, 軸力比をパラメータとした7体である. 角形鋼管柱は鋼板を用いて4辺を完全溶込溶接により製作した. 試験体 No.1,2 は隅角部に裏当て金を用いて閉合し, 試験体 No.3~7 は先に隅角部を溶接した後に, ウェブ面中央で裏当て金を用いて閉合した構造である.

試験については, 一定の鉛直軸力(試験体断面における全塑性軸力の0.2程度(No.5のみ0.4程度))を載荷し, 正負交番繰返載荷とした. 載荷ステップは引張側を正, 圧縮側を負とし, 引張もしくは圧縮降伏変位 δy の整数倍の変位を3回繰返し載荷した. なお試験体 No.1,6,7 は引張降伏変位, 試験体 No.2~5 は圧縮降伏変位である.

3. 試験結果

試験結果を表-2に示す. 鋼管の降伏点を Y 点, 最大耐力点を M 点, 部材耐力が最大耐力の90%に低下した点を N 点とした. また試験体 No.1,3 の履歴曲線(荷重-変位)を図-2に示す. なお履歴曲線は P- δ 効果を考慮している. 試験結果について, 図-2に示すとおり試験体 No.3 では, $3\delta y$ で局部座屈が発生し, 4δ で最大耐力に達した. その後 $9\delta y$ で座屈箇所からき裂が発生した. 座屈箇所からき裂が発生した様子を図-3に示す. その他の試験体の損傷過程は表-2のとおりである. き裂発生時の荷重は, 各試験体ともに最大耐力の90%程度以下であった.

(1) 降伏変位について

圧縮降伏変位により交番載荷した試験体 No.3 について, 引張降伏変位(試験値)による $\pm 1\delta$ を図示したところ, 包絡線の線形性が概ね確認できる範囲内であった. また試験体 No.2,4,5 についても同様であったため, 表-2に示した Y 点は引張降伏変位時の荷重とする.

表-1 試験体諸元

No	鋼管寸法 B(mm)		板厚 t (mm)	幅厚比 B/t	せん断スパン L(mm)	せん断スパン比 L/B	鋼材種別	充填コン N/mm ²	軸力比 (N/N'y)	着目パラメータ
	載荷面	載荷面								
1	360	360	6.0	60	1080	3	SM490	24.0	0.2	基本試験体
2	360	360	6.0	60	1800	5	SM490	24.0	0.2	L/B
3	360	360	12.0	30	1080	3	SM490	24.0	0.2	B/t
4	360	360	6.0	60	2300	6.4	SM490	24.0	0.2	L/B
5	360	360	6.0	60	1080	3	SM490	24.0	0.4	軸力比
6	360	360	6.0	60	1080	3	SM570	40.0	0.2	鋼, コン強度
7	360	360	4.5	80	1080	3	SM490	24.0	0.2	B/t

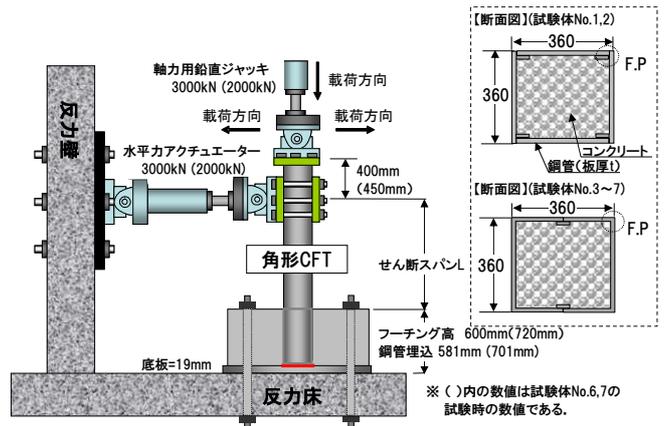


図-1 試験概要

表-2 試験結果

試験体No.	Y点 (鋼管降伏)		M点 (最大耐力)		N点 (M点×90%)		座屈発生	最大耐力	き裂発生	き裂方向	
	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)					
1	引	12.1	515.1	23.9	590.7	39.8	531.6	2 δ	2 δ	-3 δ	鉛直
	押	12.2	522.7	24.0	553.6	37.6	498.2				
2	引	24.8	326.4	51.0	358.2	73.1	322.4	2 δ	2 δ	4 δ	鉛直
	押	26.4	329.2	33.8	343.9	67.0	309.5				
3	引	13.8	849.1	29.3	1039.0	57.4	935.1	3 δ	4 δ	9 δ	鉛直・水平
	押	10.0	797.7	29.5	952.2	53.4	857.0				
4	引	33.4	260.3	67.5	299.5	101.7	269.5	2 δ	3 δ	-5 δ	鉛直・水平
	押	33.6	252.2	67.6	277.2	99.2	249.5				
5	引	8.5	465.1	15.2	521.6	17.8	469.4	2 δ	4 δ	6 δ	鉛直・水平
	押	9.0	478.4	11.2	485.4	17.4	436.9				
6	引	13.4	659.1	26.2	738.1	39.5	664.3	2 δ	2 δ	-4 δ	鉛直
	押	12.8	631.9	26.2	672.3	38.7	605.1				
7	引	10.3	415.8	17.6	476.5	23.3	428.9	2 δ	2 δ	-4 δ	鉛直
	押	7.3	368.3	17.6	435.2	28.4	391.7				

※ () 内の数値は試験体 No.6,7 の試験時の数値である.

キーワード コンクリート充填角形鋼管, 角形 CFT, 幅厚比, せん断スパン比, 材料強度

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 JR 東日本 東京工事事務所 工事管理室 TEL 03-3320-3482

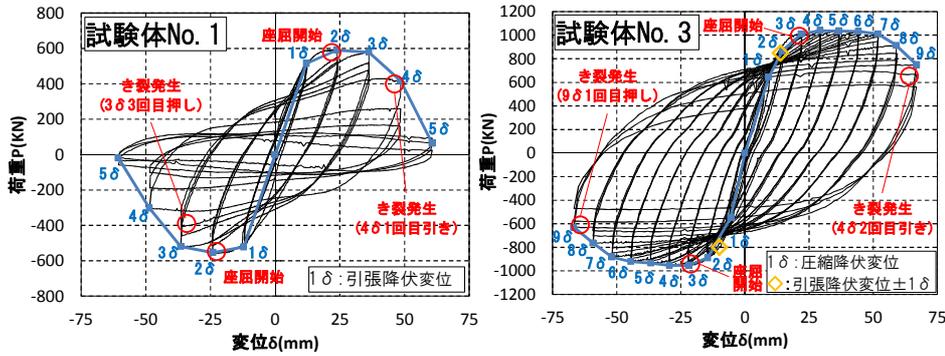


図-2 履歴曲線 (荷重-変位)



図-3 試験体の様子(試験体 No.3)

(2) 試験結果比較

降伏時の曲げモーメントで除して無次元化した曲げモーメントと部材角の包絡線を図-4~7に示す。図-4~7はそれぞれ幅厚比, 軸力比, 材料強度, せん断スパンに着目して比較したものである。図-4より, 幅厚比が小さくなれば, 変形性能が向上することが確認できる。図-5より, 軸力比が大きくなれば, 変形性能が小さくなることを確認できる。図-6より, 材料強度による変形性能の違いはほとんど見られない。図-7より, せん断スパン比が6.4の場合に変形性能が若干大きい結果となった。これは, 試験体 No.1,2 が隅角部の裏当て金の影響により, き裂が早く発生したためと考えられる。

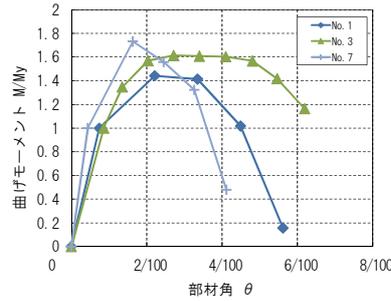


図-4 パラメータ比較(幅厚比)

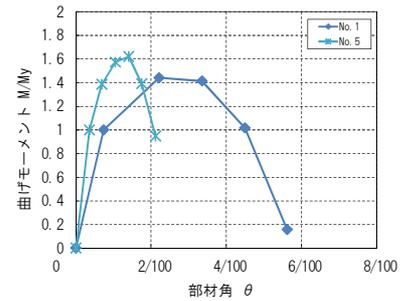


図-5 パラメータ比較(軸力比)

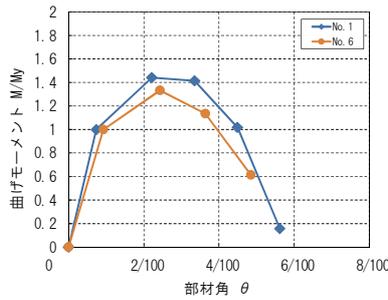


図-6 パラメータ比較(材料強度)

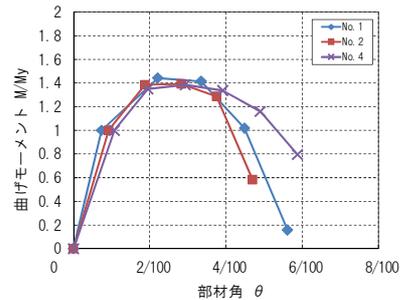


図-7 パラメータ比較(せん断スパン)

(3) 計算値との比較

設計標準に示される円形 CFT 柱の曲げ耐力の評価式¹⁾を基に算出した角形 CFT 柱の降伏時の曲げモーメントおよび最大曲げモーメントの計算値と試験値の関係を図-8に示す。評価式において, 最大耐力点における最外縁コンクリート圧縮ひずみ ϵ'_{cu} は 3500μ とした。図-8より, 試験で得られた降伏時および最大曲げモーメントは計算値と比較して全ての試験体で若干大きく, 安全側であることがわかる。

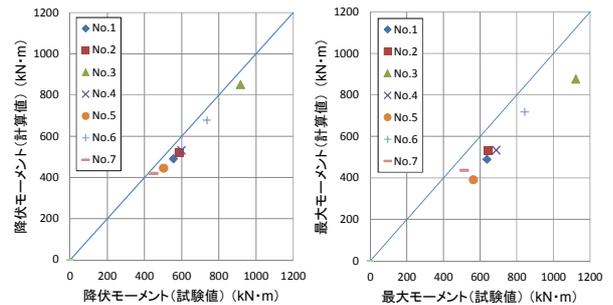


図-8 計算値と試験値の比較

円形 CFT 柱の曲げ耐力の評価式を用いることで, 降伏時および最大曲げモーメントは概ね評価可能と考えられる。

4. おわりに

角形 CFT 柱の性能評価式の確立に向け, 幅厚比やせん断スパン比, 材料強度に着目した試験を実施し, 力学的性状を検討した。その結果, 幅厚比および軸力比については変形性能への影響が大きいことが確認できた。また円形 CFT 柱の性能評価式を基に算出した試験値と比較し, 角形 CFT 柱の降伏および最大時の耐力は概ね評価可能と考えられる。今後は, 変形性能について検討を行い, 変形性能の評価式を確立することが課題である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 2012.9
- 2) 平野他：せん断スパン比に着目した角型 CFT 柱の力学的特性, 土木学会第 69 回年次学術講演会, 2014.9