

コンクリート充填長方形鋼管の構造性能に関する研究

－その3 長方形 CFT の曲げ性状－

日大生産工(院) ○荒井 望 日大生産工(院) 長崎 透
日大生産工 藤本 利昭

1 はじめに

前報(その2)¹⁾では、コンクリート充填長方形鋼管(CFT)柱の圧縮性状について検討を行った。本報では、前報に引き続き同断面形状の長方形CFT柱の曲げ性状について検討を行った。

2 実験概要

2.1 試験体

図-1に試験体詳細図、表-1に試験体一覧を示す。また、表-2に鋼材の材料試験結果を示す。また、表-3にコンクリートの材料試験結果を示す。なお、試験体の支点間距離は、断面せい(D)の6倍とした。

2.2 加力および計測

実験は3点曲げ試験とし、試験体両端部より50mmの位置を支点とし、試験体中央に幅100mm厚さ20mmの加圧プレートを設け、試験体変形角が5%を超えるまで載荷した。測定には、試験体側面に2ヶ所、底面に2ヶ所、合計4ヶ所に変位計を取り付け、変位計から得られた中央のたわみ δ を用いて、各試験体の変形角 $R(=\delta/(L/2))$ を測定した。

3 実験結果および考察

3.1 曲げ耐力の比較

表-4に実験における最大曲げモーメント M_{exp} と、日本建築学会「コンクリート充填長方形鋼管設計施工指針(CFT指針)」²⁾に基づく計算値 M_{cal} との比(M_{exp}/M_{cal})を示す。実験における最大曲げモーメント M_{exp} は、加圧プレートの拘束による影響を考慮して、 $M_{exp}=(P/2) \times (L-100)/2$ として評価している。正方形断面では、1.10～1.20となり、長方形断面では、1.07～1.15となった。正方形断面では、3体の試験体共に耐力比が1.0を大きく上回った。長方形断面においては、正方形ほどではないが耐力比が1.0を大きく上回り、特に $B \times D=150\text{mm} \times 75\text{mm}$ の試験体が他と比べ大きな値を示した。

表-1 試験体一覧

	幅×せい B×D (mm)	板厚 t (mm)	幅厚比 B/t (D/t)	一般化 幅厚比 α	鋼管材料 強度 (N/mm^2)	設計基準 強度 F_c (N/mm^2)	支点間距離 L (mm)
正方形	75×75	3.01	24.9	1.08	400 (STKR400)	21.0	450
	100×100	2.97	33.7	1.48			600
	150×150	4.17	36.0	1.68			900
長方形	150×75	3.03	49.5(24.8)	2.13(1.06)			450
	75×150	3.03	49.5(24.8)	2.13(1.06)			900
	150×100	3.05	49.2(32.8)	2.29(1.53)			600
	100×150	3.05	49.2(32.8)	2.29(1.53)			900

()短辺方向を使用した値
 $\alpha = D/t \cdot \sqrt{(\sigma_y/E_s)}$

表-2 材料試験結果(鋼管)

幅×せい	降伏強度 σ_y (N/mm^2)	引張強度 σ_t (N/mm^2)	ヤング係数 E_s (kN/mm^2)	伸び率 ϵ (%)
75×75	384	452	205	41.6
100×100	397	467		29.5
150×150	447	480		31.3
150×75	379	428		29.5
150×100	446	489		30.4

表-3 材料試験結果(コンクリート)

試験体名	圧縮強度 σ_B (N/mm^2)	設計基準 強度 F_c (N/mm^2)	最大圧縮 ひずみ度 ϵ_B (%)	割裂強度 (kN)
再生コンクリート	29.9	21	0.207	77.2

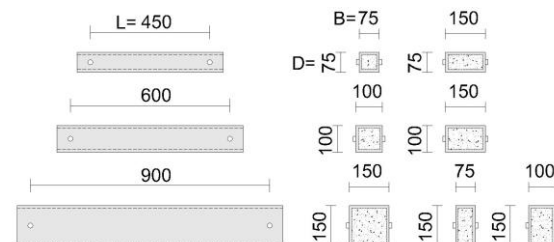


図-1 試験体詳細図

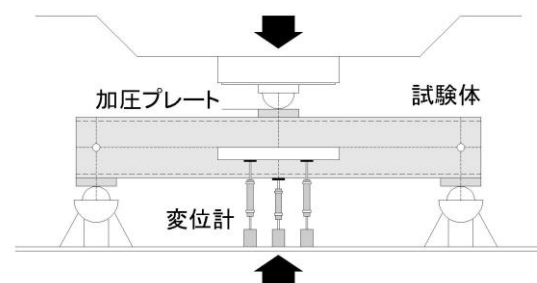


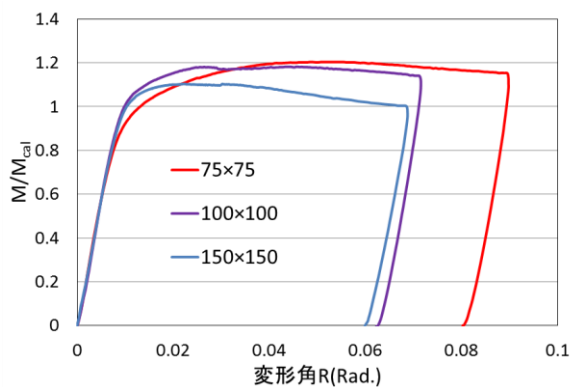
図-2 2000kN試験機

表-4 実験結果一覧

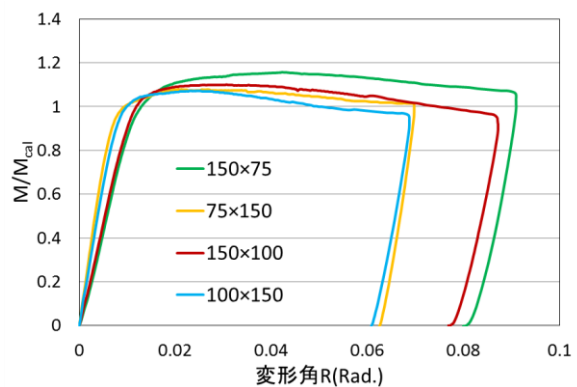
試験体名 B×D (mm)	支点間 距離 L (mm)	板厚 t (mm)	コンクリ ート幅 B _c (mm)	降伏 強度 σ _y (N/mm ²)	コンクリ ート強度 σ _B (N/mm ²)	中立軸 位置 X _n (mm)	計算値 M _{cal} (kN・m)	実験値 M _{exp} (kN・m)	最大荷重 P (kN)	耐力比 $\frac{M_{exp}}{M_{cal}}$	限界 部材角 R _u
75×75	450	3.01	68.98	384	29.936	26.9	9.80	11.8	135.2	1.20	0.0896
100×100	600	2.97	94.06	397		32.4	18.6	22.0	176.2	1.18	0.0715
150×150	900	4.17	141.7	447		49.3	66.3	73.2	366.0	1.10	0.0507
150×75	450	3.03	143.9	379	29.936	20.8	16.4	19.0	216.8	1.15	0.0732
75×150	900	3.03	68.94	379		52.7	28.2	30.5	152.5	1.08	0.0628
150×100	600	3.05	143.9	446		29.3	28.4	31.3	250.0	1.10	0.0603
100×150	900	3.05	93.90	446		50.5	38.9	41.7	208.5	1.07	0.0449

$$M_{cal} = \sigma_y \cdot X_n \cdot B \cdot (D - X_n) - \sigma_y \cdot (X_n - t) \cdot B_c \cdot (D - (X_n + t)) + \sigma_B \cdot (X_n - t) / B_c \cdot (D - (X_n + t)) / 2$$

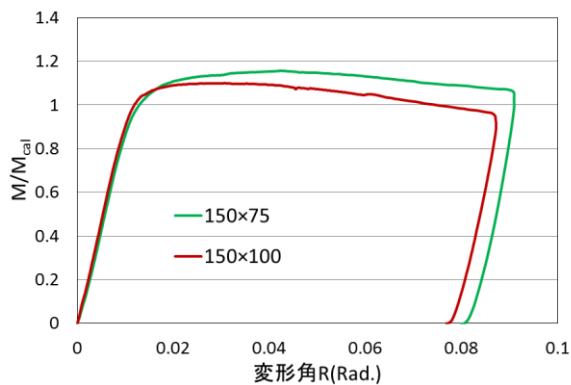
$$X_n = t \cdot (2 \cdot D \cdot \sigma_y + B_c \cdot \sigma_B) / 4 \cdot t \sigma_y + B_c \cdot \sigma_B$$



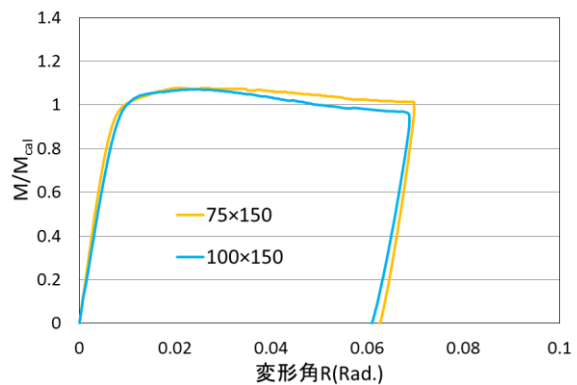
(a) 正方形断面



(b) 長方形断面



(c) 断面せいの差異による比較



(d) 断面幅の差異による比較

図-3 曲げモーメント-変形角関係

3.2 曲げモーメント-変形角関係

図-3~図-5 に曲げモーメント-変形角関係を示す。なお、図の縦軸は実験における曲げモーメント M を計算値 M_{cal} で除したもので、横軸は変位計から得られた変形角 R で表している。図-3(a)に正方形断面の曲げモーメント-変形角関係を、(b)に長方形断面の曲げモーメント-変形角関係を示す。同図(c)には同じ幅で異なるせいの長方形断面を比較したものを、(d)には異なる幅で同じせいの長方形断面を比較したものを示す。

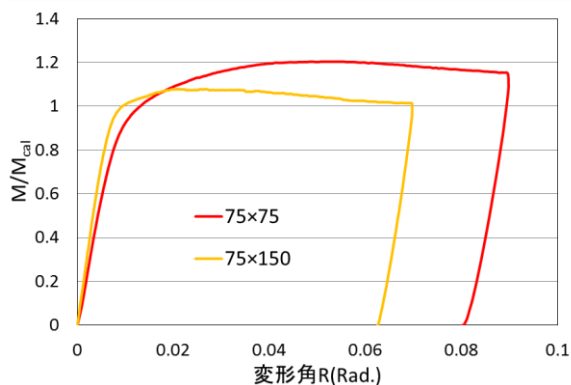
図-3(a)より、正方形断面においては、幅厚比が最も小さい $B \times D = 75\text{mm} \times 75\text{mm}$ の試験体の、変形能力が最も大きく、最大曲げモーメント近くになってからグラフの勾配が緩やかに上昇し、大きな変形能力を示した。また、幅厚比が最も大きい $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ の試験体については、変形能力が最も小さく、最大曲げモーメントに最も早く達しており、その後の耐力低下も他の試験体と比べ大きくなった。

図-3(b)より，長方形断面においては，同図(a)と比較すると，断面せい(D)が大きい $B \times D = 75\text{mm} \times 150\text{mm}$ と $100\text{mm} \times 150\text{mm}$ の試験体が， $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ の試験体と近い性状を示した。また，断面幅(B)が大きい $150\text{mm} \times 75\text{mm}$ と $150\text{mm} \times 100\text{mm}$ の試験体では概ね $75\text{mm} \times 75\text{mm}$ の試験体に近い性状を示し，他2体の試験体に比べ耐力比，変形能力共に大きい値を示した。

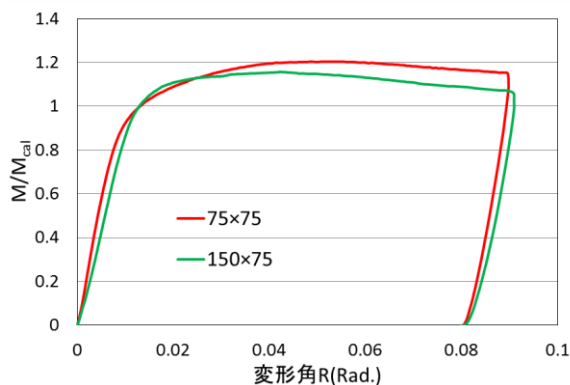
図-3(c)より，同じ幅(B)で異なるせい(D)の

長方形断面の試験体 $B \times D = 150\text{mm} \times 75\text{mm}$ と $150\text{mm} \times 100\text{mm}$ においては，最大耐力比 $M_{\text{exp}}/M_{\text{cal}}$ がせいの小さい試験体のほうが大きくなり，その後の耐力低下もせいの小さい試験体のほうが緩やかになった。

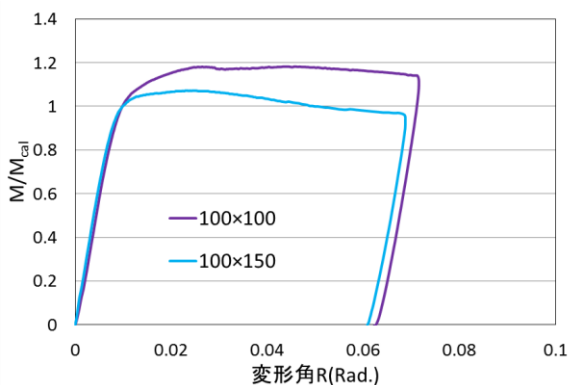
図-3(d)より，異なる幅(B)で同じせい(D)の長方形断面の試験体 $B \times D = 75\text{mm} \times 150\text{mm}$ と $100\text{mm} \times 150\text{mm}$ においては，幅の小さい試験体のほうがわずかに耐力比は大きくなったが，ほぼ同様のグラフ形状がみられた。



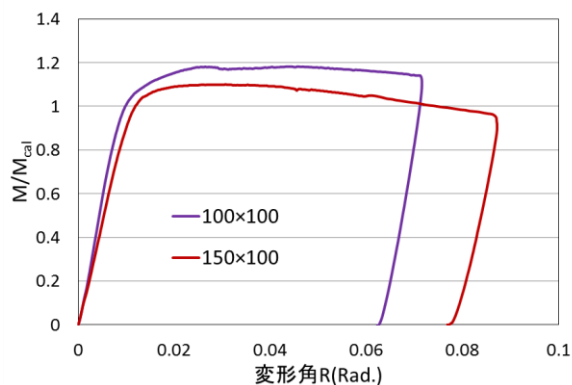
(a) 正方形断面と長方形断面の比較



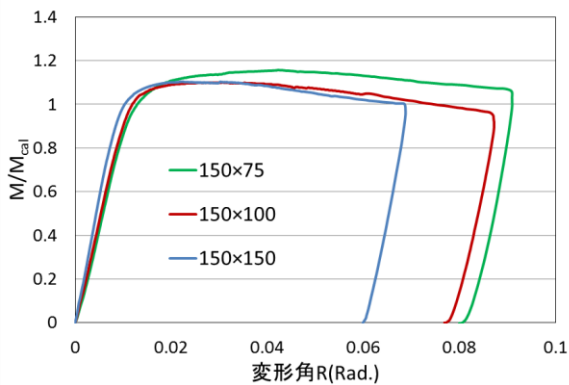
(a) 正方形断面と長方形断面の比較



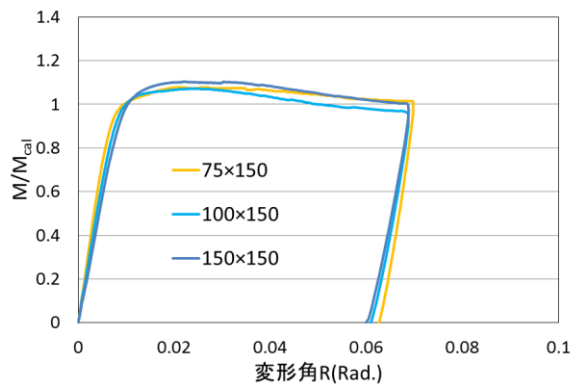
(b) 正方形断面と長方形断面の比較



(b) 正方形断面と長方形断面の比較



(c) 正方形断面と長方形断面の比較



(c) 正方形断面と長方形断面の比較

図-4 断面せいの差異による比較

図-5 断面幅の差異による比較

図-4に、断面せいの差異による比較を示す。

図-4(a)より、最大耐力と変形能力共に断面せいの小さい正方形断面のほうが大きな値を示している。同様に図-4(b)より、断面せいの小さい正方形断面のほうが最大耐力は大きな値を示した。また(a)程ではないが、変形能力も正方形断面のほうがわずかに上回っている。

図-4(c)より、変形能力は断面せいが小さい長方形断面のほうが大きな値を示した。最大耐力比でも図-4(a), (b)程ではないが、長方形断面のほうがわずかに上回った。

以上のことから、全体的に耐力比、変形能力共に断面せいの違いにより大きな変化がみられたことから、断面せい(D)の影響が大きいことがわかる。

図-5に、断面幅の差異による比較を示す。

図-5(a)より、変形能力に大きな変化はみられなかったが、最大耐力では断面幅の小さい正方形断面のほうがわずかに上回っている。

同様に図-5(b)では、最大耐力、変形能力共に断面幅の小さい正方形断面が、大きな値を示している。

図-5(c)においては、正方形断面と長方形断面には大きな違いはみられなかった。

以上のことから、全体的に耐力比、変形能力共に断面せいに比べ断面幅の違いにより、大きな差異はみられなかったことから、断面幅(B)の影響は小さいものと考えられる。

3.3 一般化幅厚比との関係

図-6に、曲げ実験より得られた限界部材角 $R_u^{(2)}$ と一般化幅厚比 α との関係を示す。なお、図中の長方形断面の一般化幅厚比の算定には、断面幅(B)、断面せい(D)、BとDの平均値を用いた場合の3通りを示している。同図から、一般化幅厚比が大きくなるほど限界部材角が小さくなることがわかる。また、長方形断面の一般化幅厚比の算定にBとDの平均を用いると、限界部材角の評価は正方形とほぼ同様の傾向になった。

ただし、同一断面形状で載荷方向が異なる場合には、長辺方向に載荷した場合に比べ、短辺方向に載荷した場合の限界部材角が大きくなる傾向がある。

4 結論

長方形 CFT 柱の曲げ実験により、以下の知見が得られた。

- ・ 曲げ実験の最大曲げモーメントに関しては、断面せいをを用いた幅厚比(D/t)の影響が顕著である。
- ・ 曲げ実験の限界部材角の評価において、幅厚比の算定に B と D の平均を用いることで、概ね正方形と同様に評価することができる。
- ・ ただし、同一断面形状で載荷方向が異なる場合には、長辺方向に載荷した場合に比べ、短辺方向に載荷した場合の限界部材角が大きくなる傾向があり、今後の検討課題である。

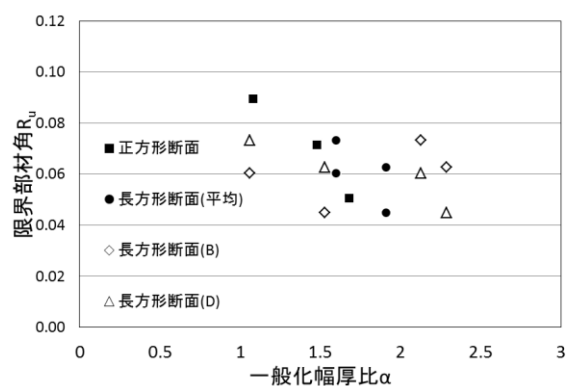


図-6 限界部材角と一般化幅厚比の関係

参考文献

- 1) 長崎透，他：コンクリート充填長方形鋼管の構造性能に関する研究－その 2 長方形 CFT の圧縮性状－，第 46 回日本大学生産工学部学術講演会，2013.12
- 2) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，2008.10.