

CFT 柱の適用拡大に向けた交番載荷試験に関する一考察

JR 東日本 正会員 黒田 智也  
 JR 東日本 坂本 渉  
 JR 東日本 正会員 山田 正人

1.はじめに

鋼管内にコンクリートを充填したコンクリート充填鋼管柱（以下，CFT柱）は変形性能に優れ，スリムな断面の設計が可能であることから鉄道構造物や乗換えこ線橋の橋脚等で用いられている．鉄道構造物において通常，CFT柱の設計は鉄道構造物等設計標準<sup>1)</sup>（以下，設計標準）に基づき行われている．設計標準の設計式は部材の断面諸元等から決定される各種部材パラメータにより設計式の適用範囲が定められている．しかし，線路に近接した箇所では断面のスリム化が求められ，設計標準による部材パラメータ範囲を満足できないケースが多い．

筆者らはこれまで，適用範囲を超えるせん断スパンの小さいCFT柱を対象に正負水平交番載荷試験を実施しその耐力，変形性能を確認<sup>3)</sup>してきた．本論は適用範囲を超えるせん断スパン比の大きいCFT柱の耐力及び変形性能の確認結果と載荷サイクルがCFT柱の耐力及び変形性能に及ぼす影響について検証したのでその結果について報告する．

2.試験概要

正負水平交番載荷試験の概要を図1に示す．試験は一定の鉛直軸力を載荷するものとし，鉛直軸力は試験体断面における全塑性軸力の0.2程度（軸力比  $N'/N'_y=0.2$ ）とした．載荷ステップは図2に示すとおり降伏変位  $y$  の整数倍の変位を1回繰返しておこなった．降伏変位  $y$  は載荷方向の45°の箇所のうち引張側が初めに降伏ひずみ達した時の変位とした．表1に試験体諸元，表2に今回の試験体の部材パラメータと設計標準による適用範囲の関係を示す．試験体1はせん断スパン  $L/D=11.5$  の設計標準の適用範囲を超える細長比が大きい薄肉のCFT柱である．試験体2は載荷サイクルにおける繰返し数による低サイクル疲労の影響を確認するための試験体で，既往の研究<sup>4)</sup>において同諸元を有する繰返し数3回の試験結果と今回の試験結果を比較するためのものである．

3.試験結果

3.1 試験体1

試験は降伏後（降伏荷重  $P_y=25kN$ ，降伏変位  $y=66mm$ ）3  $y$  で最大荷重に達しストローク限界により試験を終了した．載荷試験終了時の柱基部の損傷状況を図2(A)に示す．損傷は局部座屈が3  $y$  で柱基部に発生し，発生位置は60mm付近(0.25D)，その後変位の増大に伴い240mm付近(1.0D)でも確認された．また，最大荷重以降は設計標準で示される最大荷重の90%（終局状態）でも急激な耐力低下は認められず，降伏荷重付近まで柱基部には亀裂を生じなかった(図2(B))．また，適用範囲外であるが設計標準の設計式で算出した計算値と試験値との比較を図2(C)

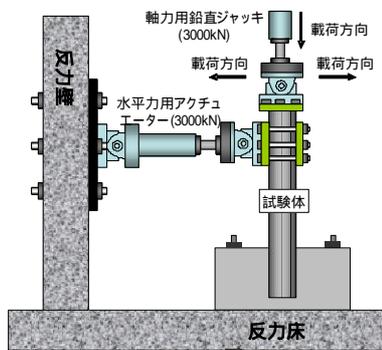


図1 試験体概要図

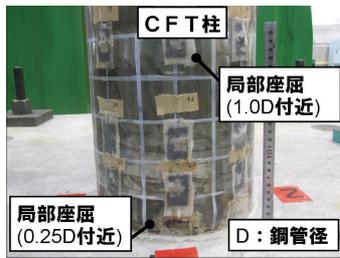
表1 試験体諸元

TYPE	鋼管D (mm)	板厚t (mm)	材質	せん断スパン L(mm)	径厚比 D/t	せん断スパン比 L/D
1	240,	t3.5	SM490	2770	68.6	11.5
2	360,	t6.0	SM490	1080	60.0	3.0

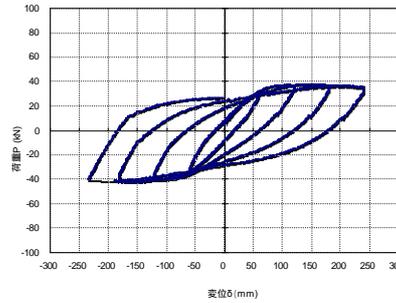
表2 試験体の部材パラメータ

TYPE	部材パラメータ		
	径厚比 $R_t$	細長比	軸力比 $N'/N'_y$
適用範囲 (設計標準)	0.06 $R_t$ 0.17	0.2 0.4	0.3
1	0.092	0.857	0.2
2	0.080	0.223	

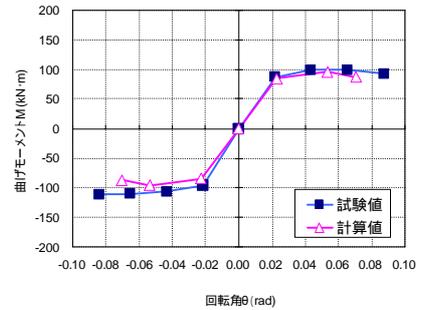
キーワード：コンクリート充填鋼管柱 部材パラメータ 細長比 変形性能  
 連絡先：〒181-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR新宿ビル TEL 03-3379-4353 FAX 03-3372-7980



(A) 損傷状況

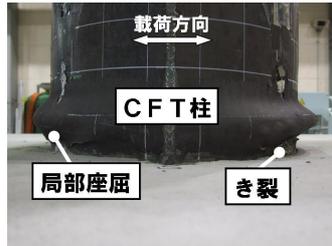


(B) 履歴曲線

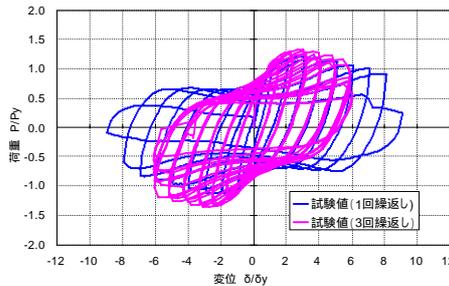


(C) 包絡線

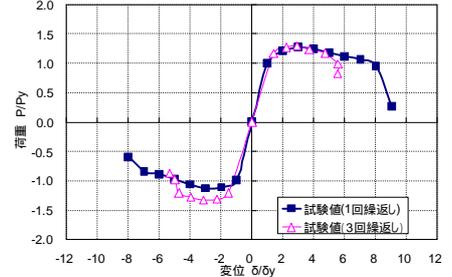
図2 試験結果(試験体1)



(A) 損傷状況



(B) 履歴曲線



(C) 包絡線

図3 試験結果(試験体2)

に示す．降伏荷重及び最大荷重について両者共によく合致していると言える．変形性能は最大変位，終局変位は試験値の方が大きい降伏変位についてよく合致している．以上より，設計標準の適用範囲を超える細長比の大きなCFT柱に対しても設計標準の設計式を用いることで耐力，変形性能を安全側に評価する事が可能であるといえる．

3.2 試験体2

試験体2の損傷状況，履歴曲線，包絡線を図3に示す．履歴曲線及び包絡線は試験時の材料試験値の差による影響をなくすため，各荷重，変位を降伏時のもので除し無次元化している．図3(C)の包絡線に示すとおり正負で若干の差はあるものの最大荷重までは差は見られない．最大耐力以降の変形性能で繰返し数の影響が顕著である．また，3回繰返しによる既往の研究では最大荷重の90%付近で柱基部に亀裂が発生し耐力が大きく低下しているのに対し，1回繰返しの場合は降伏荷重まで鋼管の亀裂による急激な耐力低下は発生しなかった．設計時には繰返し数の評価を十分行い変形性能を見込む事により，これまで以上にスレンダーなCFT柱の設計が可能になると考えられる．

4.おわりに

本論はCFT柱の適用拡大に向け設計ニーズの多い薄肉長柱の耐震性の確認と交番載荷試験時の繰返し回数の違いによるCFT柱の耐力，変形性能への影響を確認するため実施した正負水平交番載荷試験の結果について報告した．

試験の結果，細長比が大きく薄肉長柱は設計標準で示されている設計式の適用することで安全側の評価が可能である．また，繰返し数の違いにより耐力及び変形性能の影響は最大耐力以降の変形性能に顕著に現れ，繰返し数の評価を十分行うことにより断面のスリム化が可能であると考えられる．CFT柱は耐震性や施工性に優れ施工条件の厳しい箇所に適した構造であり，今後もCFT柱の適用拡大に向けて検討を行っていく予定である．

参考文献

1) (財)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），1999.10  
 2) 黒田,山口,小林,山田：鉄道構造物におけるCFT柱の適用範囲拡大に向けた交番載荷試験に関する一考察,第65回土木学会年次学術講演会,2010.09  
 3) 村田,山田,池田,瀧口,渡邊,木下：コンクリート充填円形鋼管柱の復元モデル,土木学会論文集 No.661,2000.10