

V-251

地下駅新型合成鋼管柱の水平交番載荷実験（その1．変形性能）

日本鉄道建設公団 正会員 梅原 俊夫、正会員 青木 一二三、正会員 木村 光夫
 (株)フジタ フェロー会員 山口 泰男、正会員○笹谷 輝勝、 正会員 平野 勝識

1. はじめに

地下駅の場合、地下空間を確保するために、鋼管内にコンクリートを充填し、鋼管の上下端に支圧板を設けた合成鋼管柱が中間柱として用いられている。筆者らは、合成鋼管柱について経済化を図る目的で、充填コンクリートの高強度化による鋼管の薄肉化と、支圧板の小型化をめざした新型合成鋼管柱の開発を進めてきた¹⁾。地下構造物に用いる合成鋼管柱が、大地震時に大きな水平変位を受けた際の挙動に関する研究は少ない²⁾。本研究は、合成鋼管柱に対する地震時の挙動を実験により確認し、耐震設計のための基礎資料を得るために行ったもので、本報告は、新型合成鋼管柱の水平変形性能についての検討結果である。

2. 実験概要

試験体一覧、試験体形状を表1、図1に、使用材料の素材試験結果を表2に示す。試験体は、実大の約1/2.5模型で鋼管柱下部を対象とし、充填コンクリート強度、鋼管肉厚および支圧板形状の組み合わせを考慮した4種類とした。このうちB1が従来型である。新型のB3、B4は、充填コンクリート強度を50N/mm²として、B1と圧縮耐力が同等となる様に累加強度式により鋼管肉厚を決めた。載荷にあたっては、支圧板と支圧コンクリートとは固定せず、浮き上がりに対してフリーの状態で加力を行った。加力は、長期設計荷重相当の一定軸力(2.5×10³kN)を与えながら、加力45度方向の鋼管脚部が降伏ひずみに達した時の変位を降伏変位とし、降伏変位までは荷重制御、それ以降は部材角による変位制御とした。鋼管脚部降伏後は、各試験体で支圧板外径が異なるため、4体とも同一の部材角で繰り返し加力を行い、最大耐力および破壊性状が確認できる変位の部材角70/1000rad.まで変形を与えた後、実験を終了した。

表2 素材試験結果

部位	項目	単位	B1	B2	B3	B4
充填 コンクリート	圧縮強度	N/mm ²	23.9		49.8	
	弾性係数	×10 ⁴ N/mm ²	2.70		3.16	
支圧 コンクリート	圧縮強度	N/mm ²	28.4		28.4	
	弾性係数	×10 ⁴ N/mm ²	2.32		2.19	
鋼管 (STK490)	降伏点	N/mm ²	422		469	
	引張強度	N/mm ²	561		590	
	弾性係数	×10 ⁵ N/mm ²	2.03		1.91	
支圧板 (SCW480)	降伏点	N/mm ²	339		339	
	引張強度	N/mm ²	535		498	
	弾性係数	×10 ⁵ N/mm ²	1.96		1.96	

表1 試験体一覧

項 目	記号	単位	B1	B2	B3	B4
鋼管径	d	mm	318.5			
鋼管肉厚	t	mm	9		6	
充填コンクリート強度	f'ck	N/mm ²	24		50	
支圧板外径	D	mm	635		520	450
支圧板厚さ	H	mm	92		79	66
支圧コンクリート強度	f'ck	N/mm ²	24			

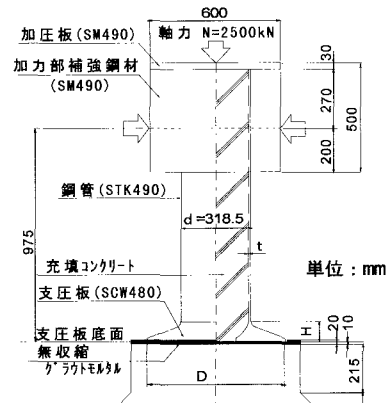


図1 試験体形状

表3 実験結果一覧

試験体名			B1	B1	B1	B1	
実験値	降伏荷重	Py	× 10kN	26.8	24.8	25.5	22.8
	降伏部材角	Ry	× 10 ⁻³ rad.	3.3	2.6	3.6	3.4
	降伏モーメント	expMy	× 10kN・m	24.4	22.8	23.7	21.6
	最大荷重	Pmax	× 10kN	43.4	37.3	37.0	33.0
	最大モーメント1	Mmax1	× 10kN・m	38.3	33.3	33.1	29.9
	最大モーメント2	Mmax2	× 10kN・m	43.1	37.5	38.0	33.5
計算値	降伏耐力	My	× 10kN・m	24.0	24.1	29.9	29.9
	(RC換算方式)	実/計		1.02	0.95	0.79	0.72
	①鉄道標準	Mu	× 10kN・m	32.6	32.4	37.6	37.5
	(RC換算方式)	実/計		1.32	1.16	1.01	0.90
	②建築学会	Mu	× 10kN・m	40.4	40.0	42.8	42.9
	(コンファイト考慮)	実/計		1.07	0.94	0.89	0.78

注) 降伏: 鋼管の加力45度方向の位置 建築学会式: CFT式
 $\exp My = Py \cdot L + N \cdot \delta$ $Mmax1 = Pmax \cdot L$ $Mmax2 = Pmax \cdot L + N \cdot \delta$

キーワード: 地下駅、新型合成鋼管柱、耐震設計、水平交番載荷実験、変形性能

連絡先: 〒224-0027 横浜市中区都筑区大瀬町74 (株)フジタ 技術研究所 TEL. 045-591-3911 FAX. 045-592-8657

3. 実験結果および考察

(1) 破壊性状および曲げ耐力

各試験体は、加力が進むにしたがって鋼管脚部が局部座屈し始めた。更に、変形の増大に伴って支圧板の引張側には浮き上がりが生じ、最終的には支圧板が曲げ変形した。しかし、支圧コンクリートは、殆ど損傷を受けなかった。実験結果の一覧を表3に示す。表中の計算値は、鋼管端部を固定として算定したものである。鋼管脚部45度方向の降伏荷重は、B1、B2は計算値と良く一致したが、B3、B4は計算値に対して0.79、0.72とやや小さかった。最大荷重は、B1、B2はコンファインド効果を考慮したCFT式と良く一致し、B3、B4は鉄道標準（RC換算方式）と良く一致した。

(2) 変形状

水平荷重と部材角の関係を図2に示す。また、水平荷重および曲げモーメントと部材角の関係を包絡線として図3に示す。鋼管45度方向が降伏ひずみに達した時の変位は、部材角2.6/1000～3.6/1000rad.で、4体ともほぼ同じであった。また、最大荷重時の水平変位は、支圧板外径によって異なった。最大荷重以降、変形の増加に伴って荷重が徐々に低下するが、図3に示すように、軸力による付加モーメントを考慮すると一定耐力を保持しており、70/1000rad.まで安定した変形性能を示した。

(3) 鋼管のひずみ分布

図4に鋼管脚部の軸ひずみ分布を示す。鋼管部の中立軸位置は、変形の増加に関係なく、ほぼ一定である。4体とも2/1000rad.までは一定勾配で平面保持を維持しているものの、5/1000rad.ではひずみ勾配が曲線になり、このころから局部座屈が始まったと考えられる。

4. まとめ

新型合成鋼管柱の最大耐力は、水平変形が大きくなると支圧板には曲げ変形による浮き上がりが生じたが、端部固定と仮定した鉄道標準（RC換算方式）で算定した計算値で評価できることがわかった。また、水平変形性能は、4体とも差がなく、部材角70/1000rad.まで十分な変形性能を有していた。なお、支圧コンクリートは、大変形の繰り返しを与えても、殆ど損傷を受けなかった。

【参考文献】

- 1) 木村・青木・加藤・福田：地下駅の合成鋼管柱における経済化の試み（解析と実験計画）、土木学会第53回年次学術講演会、III-B, pp. 444～445, 1998.
- 2) 森崎・栄藤・渡辺：地下構造用合成鋼管柱の水平交番載荷実験、土木学会第52回年次学術講演会、I-A, pp. 260～261, 1997

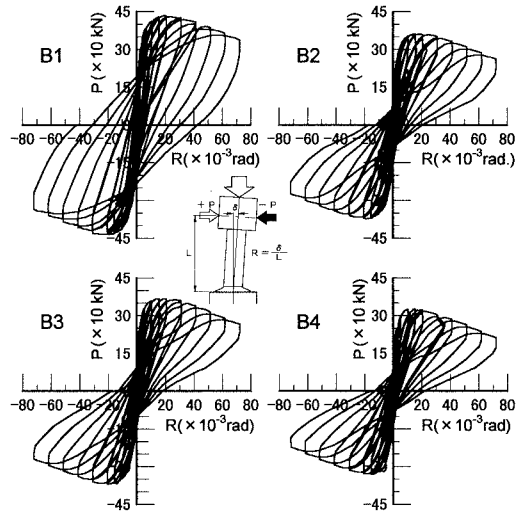


図2 P-R関係

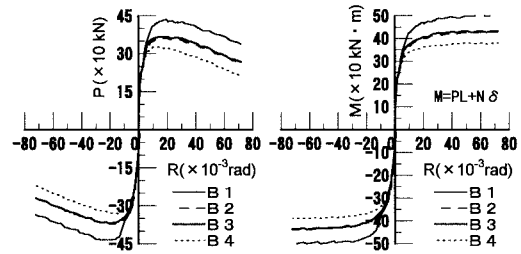


図3 P-RおよびM-R関係（包絡線）

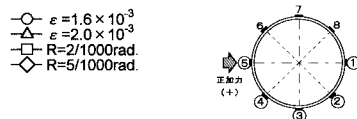
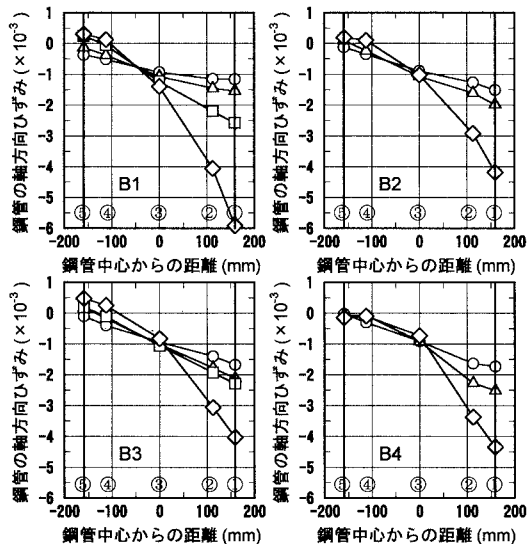


図4 鋼管脚部の軸ひずみ分布