

(III-80) 地下駅の合成鋼管柱における経済化の試み（鉛直載荷実験）

日本鉄道建設公団 正会員 磯谷 篤実
 日本鉄道建設公団 正会員 木村 光夫
 日本鉄道建設公団 正会員 青木 一二三
 (株)フジタ 正会員 笹谷 輝勝

1. はじめに

地下駅の中間柱には、上下端に支圧板を設け鋼管内にコンクリートを充填した合成鋼管柱が多く使用されている。近年の都市部における地下駅はますます大深度化の傾向にあり、柱にかかる軸力の増加から鋼管の厚肉化と支圧板の大型化によるコスト増加が課題となっている。このため、経済化を図る目的で、充填コンクリートの高強度化によりコンクリートの耐荷力を増加させ鋼管の薄肉化を図ること及び支圧コンクリートの支圧応力度の局部載荷状態を考慮した割増により支圧板の小型化を図ることを提案した。¹⁾

本稿は、これらの提案の妥当性を確認するために実施した縮小モデルによる載荷実験のうち鉛直載荷実験の結果である。

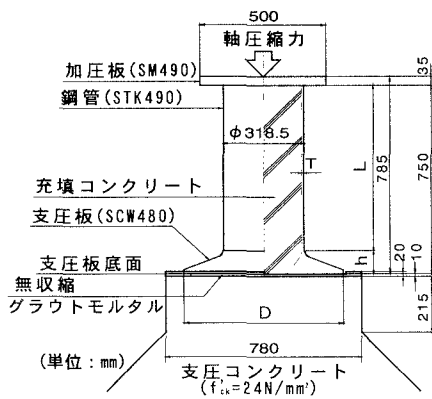


図1 鉛直載荷試験体

2. 実験概要

実験は、新しい合成鋼管柱の設計方法の妥当性を検証することを目的として、従来型と提案型の合成鋼管柱とを比較検討する形式で実施した。

試験体は、実大のおおよそ1/2.5モデルで鋼管柱下部を対象とし、充填コンクリート強度、鋼管肉厚及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A1が従来型の合成鋼管柱である。詳細を図1及び表1に示す。また、素材試験結果を表2に示す。

載荷方法は、一方向単調漸増載荷とし、最大耐力及び破壊性状が確認できる変形量まで連続的に載荷した。

表2 素材試験結果

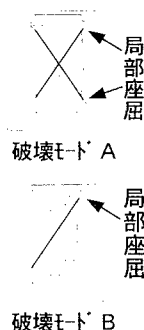
部位	項目	単位	A1	A2	A3	A4
充填コンクリート	圧縮強度	N/mm ²	23.4	49.3		
	弾性係数	×10 ⁴ N/mm ²	2.64	3.12		
支圧コンクリート	圧縮強度	N/mm ²	28.3	28.3		
	弾性係数	×10 ⁴ N/mm ²	2.28	2.2		
鋼管(STK490)	降伏点	N/mm ²	422	469		
	引張強度	N/mm ²	561	590		
	弾性係数	×10 ⁵ N/mm ²	2.03	1.91		
支圧板(SCW480)	降伏点	N/mm ²	339	339		
	引張強度	N/mm ²	535	498		
	弾性係数	×10 ⁵ N/mm ²	1.96	1.94		

表1 試験体比較

	許容支圧応力度 $\sigma'_{ca}=8\text{N/mm}^2$ 支圧板直径 635mm	許容支圧応力度 $\sigma'_{ca}=12\text{N/mm}^2$ 支圧板直径 520mm	許容支圧応力度 $\sigma'_{ca}=16\text{N/mm}^2$ 支圧板直径 450mm
充填コンクリート強度 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 鋼管肉厚 9mm	A1	A2	
充填コンクリート強度 $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$ 鋼管肉厚 6mm		A3	A4

表3 実験結果一覧

試験体名		A1	A2	A3	A4
実験値	Nmax	×10 ³ kN 7.09	6.99	7.19	7.01
計算値	① Nu	×10 ³ kN 5.35	5.35	6.39	6.40
	Nmax/Nu	1.33	1.31	1.12	1.10
	② Nu	×10 ³ kN 6.01	6.02	6.75	6.75
	Nmax/Nu	1.18	1.16	1.07	1.04
③	Nu	×10 ³ kN 5.09	5.10	5.85	5.85
	Nmax/Nu	1.39	1.37	1.23	1.20
	④ Nu	×10 ³ kN 6.75	6.76	7.48	7.49
	Nmax/Nu	1.05	1.03	0.96	0.94
破壊モード		A	A	B	B



- ① $Nu = f_c \cdot A_c + f_{sy} \cdot A_s$ 単純累加式①(鉄道標準 $\sigma-\epsilon$ 関係)
 ② $Nu = f_c \cdot A_c + f_{s(\epsilon=0.01)} \cdot A_s$ 単純累加式②(素材試験 $\sigma-\epsilon$ 関係)
 ③ $Nu = \kappa [0.85f_c \cdot A_c + f_{sy} \cdot A_s]$ 鉄道標準($\kappa=1.0$ とした場合)
 ④ $Nu = c f_c \cdot A_c + f_{syc} \cdot A_s$ 建築学会式(コンファインド考慮)

キーワード：地下駅、合成鋼管柱、充填コンクリート、支圧板

連絡先：171-0021 東京都豊島区西池袋 1-11-1 トモエビル 18階 Tel03-5954-5232 Fax03-5954-5241

3. 実験結果、考察

(1) 最大耐力及び破壊性状

荷重と鋼管の軸変形との関係を図2に示す。

最大耐力は、4体とも長期設計荷重相当 ($N=2.51 \times 10^3 \text{ kN}$) の約2.8倍であり、鋼管の局部座屈で決まった。A1、A2は、鋼管の上下が全周にわたり局部座屈し、座屈が進行しながら変形の増加とともに荷重が漸増して、軸変位が約30mmを超えるころ最大耐力となった。一方、A3、A4は軸変位が7~8mmのとき最大耐力となり、その後、対角方向の座屈が顕著となった。4体とも最終加力段階まで支圧コンクリートが圧壊することなく、支圧板の大きさによる最大耐力の差はほとんどなかった。また、最大耐力は、表3に示すように実強度による単純累加式及び建築学会式を用いた計算式とよく一致した。

よって充填コンクリートを高強度とすることにより、鋼管の肉厚を薄くしても、従来型と比較して最大耐力に差はなかった。

(2) 支圧板及び支圧コンクリートの検討

長期設計荷重相当時の桁方向の鉛直応力度分布を図3に示す。また、支圧コンクリート内に埋め込んだひずみゲージのうち、鋼管部及び支圧板外縁部に位置するひずみの平均値を図4に示す。

長期設計荷重相当時の支圧コンクリートに発生した鉛直応力度は、支圧板の大きさに関係なく4体ともほぼ同じであり、分布形状も台形分布であった。

最大耐力時における支圧板外縁部の支圧コンクリートのひずみについて、A1は4体の中で最も小さく、全面積が有効に作用していない。A2、A3は比較的余裕がある。A4はひずみが大きく、全面積がほぼ均等に作用しており、支圧コンクリートに対してほぼ終局状態に近い応力が発生している。

なお、最大耐力時の鋼管部の支圧コンクリートには 3000μ を超えるような大きなひずみが発生していたが、圧壊することなく、最終段階まで健全であった。

4. まとめ

本実験の結果から以下のことが言える。①充填コンクリートを高強度化することにより、鋼管の肉厚を薄くしても従来と同等以上の性能を有しており、設計上問題はない。②支圧板の大きさを従来型より縮小しても設計上問題はない。

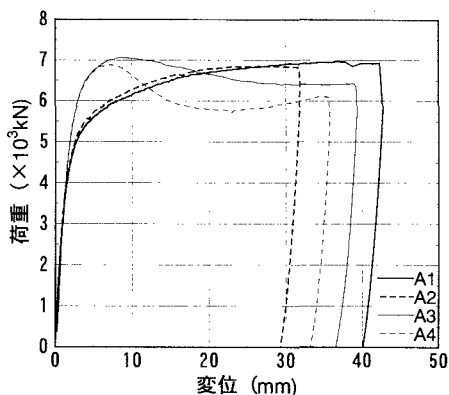


図2 荷重と鋼管の軸変位の関係

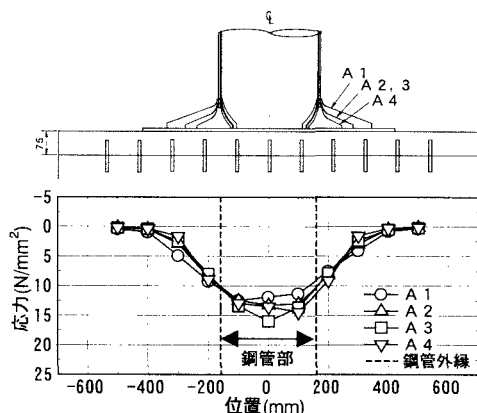


図3 支圧コンクリート鉛直応力度分布 (桁方向)

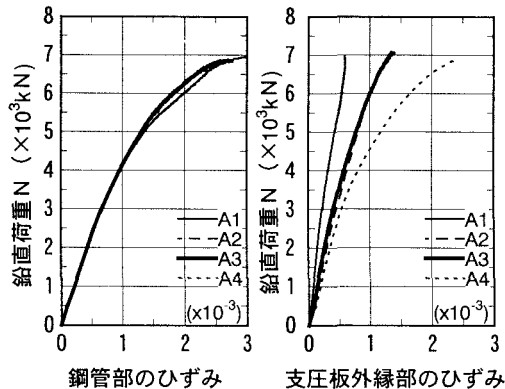


図4 支圧コンクリートのひずみ

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.