

Ⅲ-B 222

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）

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

パシフィックコンサルタンツ

正会員 加藤 祐之

パシフィックコンサルタンツ

福田 清

1. はじめに

地下鉄道の開削トンネル部の中柱には、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。この合成鋼管柱の上下端部には、軸力を支圧コンクリート（縦桁）に滑らかに伝達させるための支圧板を設けている。近年の都市部における地下鉄は大深度となる傾向にあり、柱一本あたりの軸力が増加し、鋼管の厚肉化と支圧板の大型化によるコストアップが生じている。そこで合成鋼管柱の経済化を図る目的で充填コンクリートの強度ならびに支圧板形状の変更を提案した。この提案型の解析を行うとともに縮小モデルによる供試体載荷実験を実施して確認する計画である。本稿では、部材寸法の試算とFEM解析による支圧応力度の検討ならびに確認実験計画について報告する。

2. 提案型の概要

(1) 鋼管の薄肉化

合成鋼管柱の充填コンクリート強度を $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ （従来型）から 500kgf/cm^2 （提案型）にあげることにより鋼管の薄肉化を図る。地下鉄の柱は、軸力が支配的な部材であることから充填コンクリート強度をあげるによりコンクリート部分の耐力が増加し、相対的に鋼管が薄くなる効果を考慮したものである。

(2) 支圧板の縮小化

従来の支圧板の大きさは、設計軸力を支圧板面積で除した支圧応力度が支圧コンクリートの許容圧縮応力度以内に納まるように定められていた。ここでの許容圧縮応力度は、設計基準強度 $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ のコンクリートの場合、 $\sigma_{ca}=80\text{kgf/cm}^2$ である。この許容圧縮応力度は全面載荷状態に対する値であり、実際の状態は、支圧板の外径に対して支圧コンクリートの幅が大きいことから、局部的載荷状態と考えられる。よって、許容圧縮応力度は次式により局部的載荷の割増を考慮し、支圧板の縮小化を図るものである。

$$\sigma_{ca}=1/3 \sigma_{ck} \sqrt{A/A'}$$

ここに、 σ_{ca} ：局部的載荷時の許容圧縮応力度、 σ_{ck} ：コンクリートの設計基準強度、 A ：支圧分布面積（ A' の図心と一致し、 A' に相似のコンクリート縁端に接する面積）、 A' ：支圧を受ける面積である。

3. 部材寸法の試算

上記の設計法を導入して部材寸法の試算を行い、提案型と従来型を比較した結果を表-1、形状図を図-1に示す。表-1の①の欄が鋼管、②の欄が支圧板の寸法を示す。試算する際に想定した設計条件は、軸力1500tf、鋼管外径800mm、支圧コンクリート幅2000mmである。

表-1 試算結果比較一覧表

	単 位	従来型	提案型
想定軸力	tf	1500	
鋼管外径 (d)	mm	800	
① 充填コンクリート強度	kgf/cm ²	240	500
鋼管肉厚 (t)	mm	21	14
② 設計支圧応力度	kgf/cm ²	80.0	120.0
支圧板外径 (D)	mm	1550	1270
支圧板有効高 (h)	mm	177	130

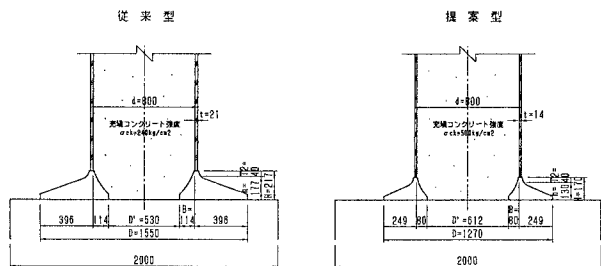


図-1 形状比較図

4. FEM解析

(1) 解析概要

充填コンクリート強度の違いによる応力分担の変化と支圧板縮小化による支圧コンクリートに生じる応力度への影響を2次元軸対称弾性FEMで解析し、鉛直応力度分布の比較を行った。また、支圧板高と支圧板開孔径を変化させた場合についても比較した。

キーワード：開削駅、合成鋼管柱、支圧板、局部支圧

連絡先：東京都豊島区西池袋1-11-1 メトロポリタングラビル18F TEL 03-5954-5232 FAX 03-5954-5241

（２）解析モデル

前項で部材寸法の試算を行った条件をベースに解析モデルを設定した。モデル0が従来型、モデル1が提案型に相当する。モデル2・3は、モデル1の支圧板高と支圧板開孔径を変化させたものである。表－2にモデルの寸法一覧表を示す。

表－2 FEM解析モデル一覧表

	設計方法	鋼管肉厚 t (mm)	支圧板外径 D (mm)	支圧板全高 H (mm)	支圧板開孔径 D' (mm)
モデル 0	従来型	21	1550	217	530
モデル 1	提案型	14	1270	170	612
モデル 2				190	592
モデル 3				210	572

（３）解析結果及び考察

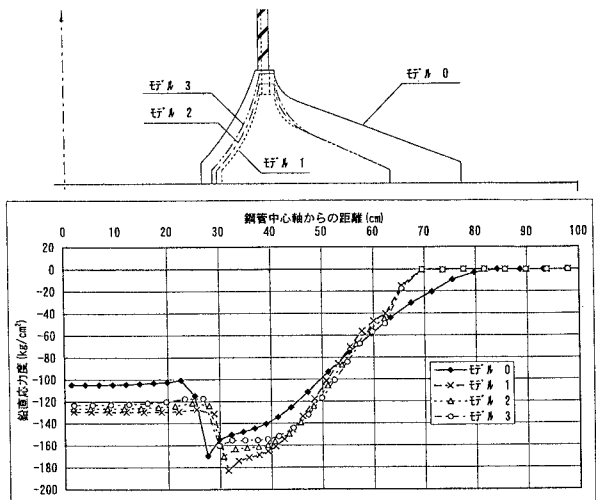
支圧板直下部における支圧コンクリートの要素中心の鉛直応力度の分布を図－2に示す。

全てのモデルに共通して支圧板の内側の開孔縁をピークとする山型の分布形状を示し、設計支圧応力度を上回る結果となっている。これは支圧板が完全剛体ではないことから設計で仮定するような等分布反力にはならないことによる。

全般的な鉛直応力度は、従来型のモデル0に対して、提案型のモデル1～3の増加応力は、5～20 kgf/cm²程度に留まっており、支圧板高が薄いほど増加応力が顕著になる傾向にある。

最大鉛直応力度は、モデル0に対してモデル1で10%程度増加し、モデル2では同程度となり、支圧板を縮小したことによる影響は小さいといえる。

よって、支圧コンクリートに生じる鉛直応力度は、支圧板面積よりも支圧板高と支圧板開孔径に依存する要因が大きいものと思われる。



図－2 FEMによる支圧コンクリートの鉛直応力度

5. 確認実験について

（１）実験の目的

鋼管を薄肉化した場合の局部座屈による終局耐力の低下の有無、局部支圧に対する支圧コンクリートの終局耐力、地震時に水平力を受けた時の合成鋼管柱全体の変形性能や終局耐力等を実験的に確認することを目的として縮小モデルによる載荷試験を計画している。

（２）実験計画

実験は、従来型と提案型の合成鋼管柱の縮小モデル供試体を作成し、常時荷重に対応する鉛直載荷実験と地震時を想定した水平交番載荷実験を行うことを計画している。

1/2.5 縮尺によるハーフモデルの試験体を充填コンクリート強度や支圧板外径をパラメータに変化させ、各載荷実験につき4体で比較を行う予定であり、表－3に試験体比較表を示す。なお、実験結果等については次の機会に報告するつもりである。

表－3 試験体比較表

	設計支圧応力度 $\sigma_{ck}=80\text{kgf/cm}^2$ 支圧板外径 635mm	設計支圧応力度 $\sigma_{ck}=120\text{kgf/cm}^2$ 支圧板外径 520mm	設計支圧応力度 $\sigma_{ck}=160\text{kgf/cm}^2$ 支圧板外径 450mm
充填コンクリート強度 $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ 鋼管肉厚 9 mm	●	●	
充填コンクリート強度 $\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$ 鋼管肉厚 6 mm		●	●

● : 試験体 ◀▶ : 比較対象

6. まとめ

新しい合成鋼管柱は、従来型と比較して鋼材重量の軽減化によるコストダウンが期待できる。また今後、確認実験を踏まえ、実施設計に取り入れていく予定である。