

III-105

粘性土地盤中の積層導坑トンネルに関する遠心模型実験と解析

清水建設（株） 正会員 ○堀田洋之 尾上篤生
同 上 正会員 風間広志 新宅正道
同 上 淵本正樹

1. はじめに

大断面トンネルの施工方法の一つとして、筆者らは積層導坑トンネルの実験的・解析的検討を行ってきた^{1)~5)}。その結果、乾燥砂地盤内においてはこのようなトンネルの安定性が高いことが遠心模型実験の結果より明らかになった^{1),4)}が、解析的にはその挙動を完全には説明できていない^{2),5)}。地盤にカオリン粘土を用いた遠心模型実験結果については既に報告した⁶⁾が、本報では有限要素法による数値解析結果、及び実験結果との比較・検討について述べる。

2. 実験概要⁶⁾

実験に用いた模型地盤を図1に示す。圧力 2.0kgf/cm^2 で圧密したカオリン粘土地盤内にアルミロッド20本からなる積層導坑トンネル模型を組み立て、上載荷重として地表面に鉛散弾を設置した。遠心加速度 $100g$ まで載荷・除荷し、鉛散弾表面の沈下（2箇所）、トンネルの内空変位（鉛直・水平）、導坑に作用する土圧、及び導坑間の接触圧を計測した。遠心加速度 $100g$ における上載圧は、カオリン粘土の圧密圧力を上回っているため、地盤は未圧密状態にある。

3. 解析条件

解析は二次元弾性有限要素法により行った²⁾。解析に用いたモデルを図2に示す。境界条件は、側方を水平方向固定・鉛直方向自由、下端を固定とした。解析に用いた物性値を表1に示す。カオリン粘土の弾性定数は一軸圧縮試験の E_{50} を用い、ポアソン比は非排水条件（体積変化なし）として 0.5 （解析入力値は 0.49 ）を用いた。単位体積重量は遠心加速度 $100g$ における値として表の値を 100 倍して入力し、鉛散弾は地表面に 3.0kgf/cm^2 の等分布荷重として与えた。アルミロッドの接触面、及びアルミロッドと周辺地盤の間にはジョイント要素を挿入した。

4. 実験結果と解析結果の比較

4.1 地表面沈下・内空変位

表2に地表面沈下及び内空変位の実験結果（平均値：データ数少、ばらつき大）と解析結果をまとめる。これより、解析結果は実験結果の $1/2 \sim 1/100$ 程度の値となっていることがわかる。地表面沈下に関する差異は、解析

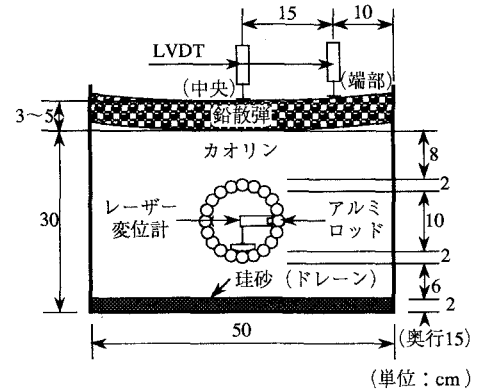


図1. 模型地盤

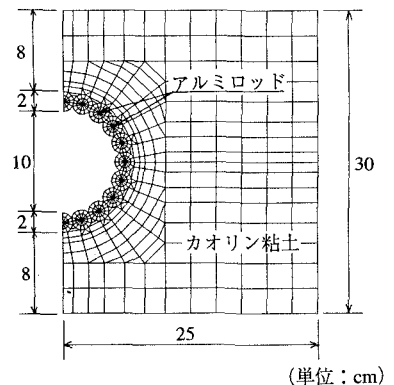


図2. 解析モデル

表1. 物性値

	弾性定数 E (kgf/cm ²)	単位体積重量 γ (gf/cm ³)	ポアソン比 ν
カオリン粘土	20	1.60	0.500 (0.490)
アルミニウム	720000	2.75	0.345

表2. 地表面沈下・内空変位

	地表面沈下		内空変位	
	中央	端部	鉛直圧縮	水平伸張
実験結果	14.8	10.0	0.6	2.3
解析結果	3.1	4.6	0.03	0.02

上、非排水条件を仮定し圧密沈下を考慮していないのに対し、実験においては載荷中にかなりの圧密沈下が生じていることが主な原因と考えられる。また、解析では地表面中央の沈下よりも端部での沈下の方が大きい、実験においてはクラウン部上方の粘土がトンネルの剛性に阻まれて側方に回り込み、水平方向外側に移動しているためか、中央部の沈下の方が大きく、解析とは逆の結果となっている。

内空変位は解析結果では鉛直・水平ともにほとんど生じていない。その理由としては、積層導坑トンネルの變形は主として導坑間の離間も含めたかみ合いの変化によって生じるが、本解析はジョイント要素を介して引張力も伝えるモデルとなっており、トンネル全体としての剛性を過大に評価していることが考えられる。

4. 2 土圧

図3に導坑に作用する土圧の実験結果と解析結果を示す。解析結果は実験結果に比べ、インバート部分で大きくなっているが、その他の部分では比較的よく一致している。乾燥砂地盤における同様の解析においては、トンネルのスプリングライン部分よりもクラウン及びインバート部分の土圧が大きく、実験結果とは逆の傾向を示していた²⁾が、粘性土地盤においてはトンネルに等方圧縮に近い土圧が作用する現象が解析からも確認できた。

4. 3 導坑間接触圧

図4に導坑間接触圧の実験結果と解析結果を示す。解析結果はトンネル下部に近づくほど大きな値となる傾向があるものの、部位による極端な変化はなく、円周方向にほぼ一様な分布をしている実験結果を概ね再現できていると考えられる。

5. まとめ

粘性土地盤中の積層導坑トンネルの挙動について、カオリン粘土を用いた遠心模型実験結果と、二次元弾性有限要素法による解析結果を比較・検討した。導坑に作用する土圧及び導坑間接触圧については実験結果を概ね解析により再現できた。

6. おわりに

今後、実験条件ををより忠実に解析に取り入れる方法として、既に乾燥砂地盤の場合について試みた流動要素法(FLEM)－個別要素法(DEM)結合解析法⁵⁾を粘性土地盤の場合にも適用し、実験との比較検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1)尾上篤生他：「導坑積み重ねタイプトンネルの部材力と安定性について(その1)」, 第27回土質工学研究発表会講演概要集, pp.2063～2064, 1992年。
- 2)新宅正道他：「導坑積み重ねタイプトンネルの部材力と安定性について(その2)」, 第27回土質工学研究発表会講演概要集, pp.2065～2066, 1992年。
- 3)堀田洋之他「積層導坑トンネルの導坑間接触圧について」, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第3部, pp.682～683, 1992年。
- 4)尾上篤生他：「積層導坑トンネルの施工法と遠心力載荷模型実験」, 第2回トンネル工学研究発表会講演論文集, pp.89～94, 1992年。
- 5)西村強他「FLEM-DEM結合解析法の開発と積層導坑トンネルの安定性評価への適用」, 第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.61～65, 1992年。
- 6)尾上篤生他「粘性土地盤における積層導坑トンネルの挙動について」, 第28回土質工学研究発表会講演概要集, 1993年, 投稿中。

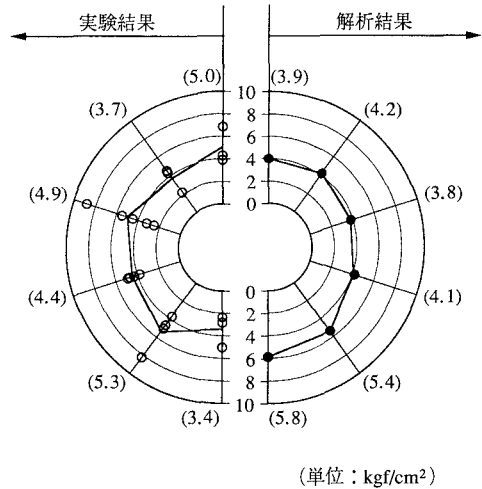


図3. 土圧

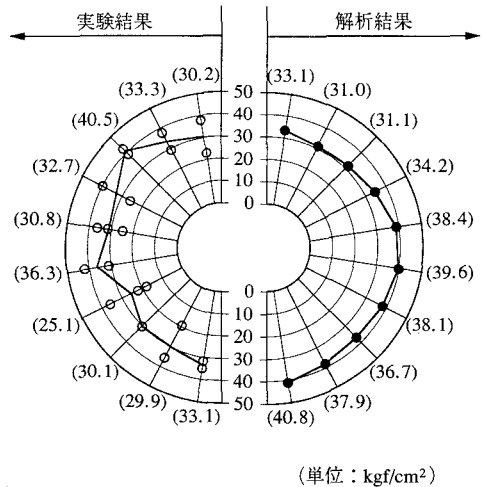


図4. 導坑間接触圧