

(III-92) シールドトンネルの合理的な設計法に関する研究

— 地盤と覆工の相互挙動の解析的検討 —

早稲田大学 学生員 神田 大
早稲田大学 学生員 三浦 啓二
佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄
早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

現在、シールドトンネルの覆工設計において覆工に作用させる土圧は、覆工の変形に関係なく定まる土圧を鉛直土圧や水平土圧として、また覆工の変形に従属して定まる土圧を地山が受働側となる場合のみ抵抗土圧として考慮するのが一般的である。しかしながら、覆工の変形に伴って生じる土圧に関しては覆工とその周辺地盤との相互の挙動をより適切に表現した荷重—構造系が評価できれば、地盤条件（土の物性や土被り等）に応じてその特性を生かした合理的な覆工設計が可能になるものと考えられる。

筆者らはこの点に着目し、砂の模型地盤を用いた基礎実験を行ってきた¹⁾。これによると、覆工に直接作用する土圧は地盤と覆工との剛性比によって異なり、また覆工の変形に伴う土圧は地盤が受働側となる場合だけでなく、主働側となる場合にも生じ、それらの土圧は線形な地盤ばねを用いて評価することが可能であるとの知見を得ている。

筆者らは、基礎実験の状況を FEM 解析によりシミュレーションし、トンネル模型を埋設した模型地盤内の応力状態を把握することによって、地盤ばね定数を合理的に評価する方法を現在検討している。本報告はこの研究のうち FEM 解析の結果について述べたものである。

2. 解析手法

トンネル模型を埋設した模型地盤の解析モデルを図 1 に示す。また解析条件を表 1 に示す。模型地盤およびトンネル模型の物性値は基礎実験から得たものを使っている。基礎実験ではトンネル模型の変形によって生じる周辺地盤の応力の再配分を把握するために、土圧によって変形が生じないような曲げ剛性が大きい鋼管とその曲げ剛性に応じて変形が生じるようなアクリル管の 2 種類のトンネル模型を用いている。ここでは、弾性 FEM 解析により、これら 2 種類の実験結果をシミュレーションし、両実験の地盤内応力を比較する。なお、本解析はトンネル模型と地盤との境界条件として、トンネル接線方向の応力が相互に完全に伝達される場合(no-slip)と

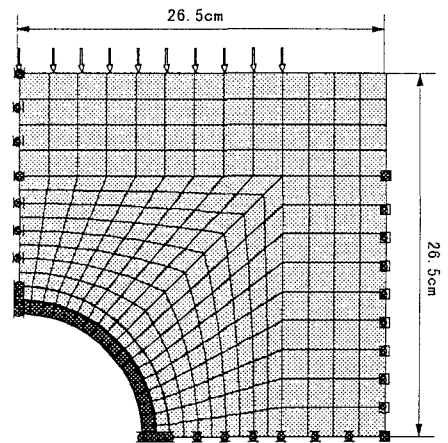


図 1 解析モデル

表 1 解析条件

模型地盤の諸元		
変形係数	E	75 kgf/cm ²
ポアソン比	ν	0.25
トンネル模型の諸元		
	鋼管	アクリル管
外径	20 cm	20 cm
厚さ	1 cm	0.3 cm
ヤング率	2.1×10^6 kgf/cm ²	3.27×10^4 kgf/cm ²
ポアソン比	0.3	0.36

キーワード：シールドトンネル、覆工設計、土圧、全周地盤ばねモデル

連絡先：東京都中央区日本橋本町 4-12-20 TEL:03-3661-4794 FAX:03-3668-9484

されない場合(full-slip)の両者を行っている.

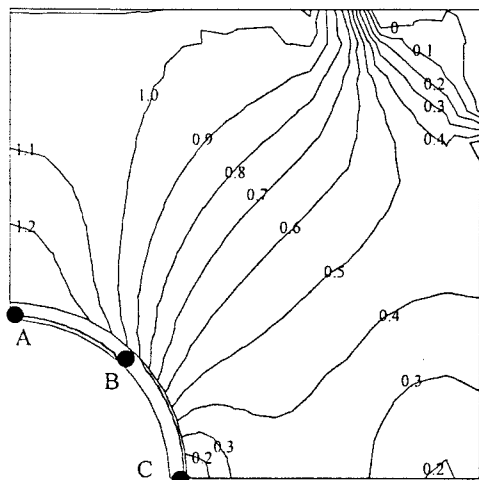


図 2 a) 主応力分布 (鋼管, no-slip)

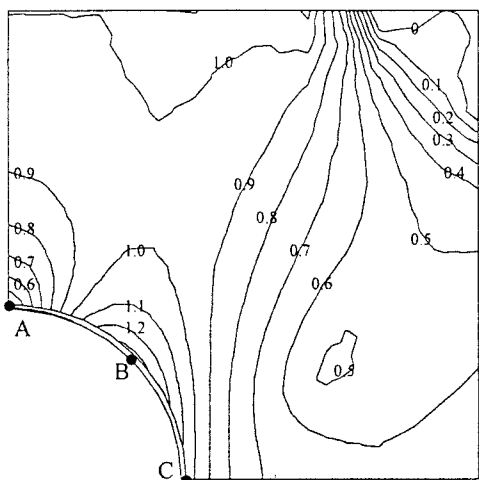


図 2 b) 主応力分布 (アクリル管, no-slip)

3. 解析結果と実験結果の比較およびその考察

鋼管およびアクリル管を埋設した模型地盤の主応力分布の例を図 2 a), b) に示す. 図中の線は等応力線であり, 数字は図中の上方から作用する等分布の荷重 (200gf/cm²) との比率を示したものである.

鋼管の場合は荷重の作用方向の A 点付近の応力が大きく, 剛性の大きい鋼管には応力が集中する傾向にある. 一方, アクリル管の場合はアクリル管の変形に伴って A 点付近の応力集中は軽減され (地盤の主動的挙動), C 点付近の応力が大きくなる (地盤の受働的挙動) 傾向にある. 筆者らは, これら両者の応力分布の差分がアクリル管の変形によって生じた地盤内応力の再配分分であると考えている.

表 2 はトンネル模型周りの半径方向土圧の実験値と解析値とを A, B, C の三点で比較したものである. アクリル管の場合をみると, 実験から得られた半径方向土圧は, A 点では full-slip の解析値に, C 点では no-slip の解析値に近い値となっている. このことは, いわゆる現状の覆工設計における Winkler の地盤ばねの考え方 (トンネルの半径方向変位が地盤側に生じた部位のみに抵抗土圧が作用する) がトンネルの接線方向においてもあてはまることを示しているものと考えられる.

4. おわりに

本報告では模型地盤中にトンネル模型を埋設した実験の結果とその弾性 FEM による解析結果とを述べた. 今後はこの解析結果を踏まえて, トンネルと地盤との相互作用を評価する地盤ばねの合理的な推定方法について検討を加えていく予定である.

【参考文献】 例えば, 木村, 野本, 渡邊, 小泉: トンネル覆工に作用する土圧と覆工変形の相互作用に関する模型実験, トンネル工学研究論文・報告集, p. p. 71-78, 1995. 11.