

III-B 108

併設シールドトンネルの影響評価について（その4）

－ 地盤ばね定数の評価について －

早稲田大学 学生員 山下 雄一
 早稲田大学 学生員 東田 圭介
 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

併設シールドトンネルの施工において後続シールドの施工時荷重が先行トンネルに及ぼす影響に関する模型実験およびそのFEM解析の結果については前報¹⁾で述べたとおりである。これまでに、筆者らは、トンネルの変形によって生じる土圧をはりーばね系構造モデル中の地盤ばねで評価することにより、先行トンネルとその周辺地盤との相互作用を評価してきた。昨年度までの砂地盤を用いた模型実験およびその解析結果によると、解析に用いる荷重と地盤ばね定数を適切に定めれば、はりーばね系構造モデルを用いて、先行トンネルの挙動をある程度評価できることがわかっている²⁾。本報告は、現行の覆工設計で用いられているはりーばね系構造モデルを用いて、先行トンネル縦断方向の挙動を評価する際の地盤ばねについて特に着目し、検討を加えたものである。

2. 解析の概要

地盤を剛性一様な完全弾性体と仮定すると、地盤ばね定数はトンネル縦断方向の曲げ剛性を考慮するか否かにより、以下に示した2つの式によって表わされる³⁾。これらの式で表わされる地盤ばね定数は、いわゆるWinklerの仮定に基づくものである。式(1)は、ブーシネク(Boussinesq)の考え方を基本としたものであり、式(2)は、A. B. Vesicにより示されたものである。

はりーばね系構造モデルによる先行トンネル模型の解析は、これらの地盤ばね定数を用いて行った。また解析に用いた荷重は、曲げ剛性が大きく変形が生じないような先行トンネル模型(アルミ)で計測された土圧および変形が生じた先行トンネル模型(アクリル, $t=1.5\text{mm}$, 3mm)で計測された土圧を用いた。表1および表2は、各々の解析ケースおよび解析条件を示したものである。なお、対照とした実験の概要は、前報¹⁾に述べたとおりである。

$$K_1 = \frac{E_s}{(1-\nu^2) \cdot D \cdot I_p} \quad \text{----- (1)}$$

$$K_2 = 0.65 \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot D^4}{E \cdot I}} \cdot \frac{E_s}{(1-\nu^2) \cdot D} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、

E :セグメント材料のヤング係数、

I :セグメントリングの断面2次モーメント、

D :セグメントリングの外径、 I_p :形状係数

E_s :地盤の変形係数、 ν :地盤のポアソン比

表1 解析ケース

	荷重*	地盤ばね定数(kgf/cm ³)
1	アルミ	$K_1: 9.82$
2	アクリル $t=1.5\text{mm}$, (3mm)	$K_1: 9.82$
3	アルミ	$K_2: 11.87$, (9.98)
4	アクリル $t=1.5\text{mm}$, (3mm)	$K_2: 11.87$, (9.98)

* アルミ板およびアクリル板で計測された土圧を意味する

表2 解析条件

模型地盤の諸元	
地盤の変形係数	77(kgf/cm ²)
ポアソン比	0.33
先行トンネル模型の諸元 (アクリル板のみ)	
ヤング係数	$3.45 \cdot 10^4$ (kgf/cm ²)
厚さ(t)	1.5mm, 3mm
幅	10cm

3. 解析結果およびその考察

図1は先行トンネル模型(アクリル, $t=1.5\text{mm}$)に生じる変位の実験結果と解析結果を示したものである。この図を見ると、地盤ばね定数(K_1, K_2)に関係なく、荷重としてアクリル板で計測された土圧を用いた解析結果は、実験値とよく符合している。アクリル板で計測された土圧を荷重として用いた場合の解析値は、実験値よりも小さいことがわかる。

図2は同様に先行トンネル模型に発生する曲げモーメントの実験値と解析値を示したものである。この図によると、すべての解析ケースの結果は、実験結果を概ね表現しているようである。

また解析に用いた地盤のばね定数の違いは、変位、曲げモーメントとともに明確には表われていない(図1, 図2)。両者の違いがトンネルの縦断方向の曲げ剛性を考えるか否かに起因していることを考えると、今回の実験に用いた砂地盤の剛性と先行トンネル模型の曲げ剛性の関係が顕著な差異を生じさせない範囲にあったためと考えられる。

次に、地盤の変形係数とトンネル縦断方向の曲げ剛性が K_1, K_2 に及ぼす影響を調べるために、セグメントリング外径(トンネルの縦断方向の曲げ剛性)や地盤の変形係数をパラメータとした感度解析を行った。これに用いた諸元を表3にその結果を図3に示す。

図3より、変形係数が大きく自立性の高い地盤においては、セグメントリングの外径が小さい程、地盤ばね定数は大きく、また両式から得られる地盤ばね定数の差も大きくなる。一方、変形係数が小さい軟弱地盤の場合にはその傾向は見られず、セグメントリング外径の大きさにかかわらず、地盤ばね定数はほぼ一定となり、また両式から得られる地盤ばね定数は、概ね一致している。

今後、各種解析を行い、はり-ばね系構造モデルを用いて、先行トンネルの挙動を評価する際の地盤ばね定数の考え方について、さらに詳細な検討を加える予定である。

【参考文献】

- 清水, 舟橋, 木村, 小泉: 併設シールドトンネルの影響評価について(その3), 第51回年次学術講演会, Ⅲ部門, 1996. 9
- 木村, 舟橋, 山下, 小泉: 併設シールドトンネルの影響評価に関する模型実験, トンネル工学研究論文・報告集, Vol. 5, p. p. 79~82, 1995. 11.
- 山下, 舟橋, 木村, 小泉: シールドトンネルのセグメント設計用いる地盤ばね定数に関する一考察, 第23回関東支部技術研究発表会, Ⅲ部門, 1996. 3.

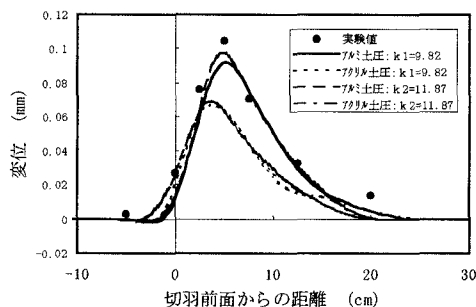


図1 切羽前面からの距離と変位の関係(アクリル1.5mm)

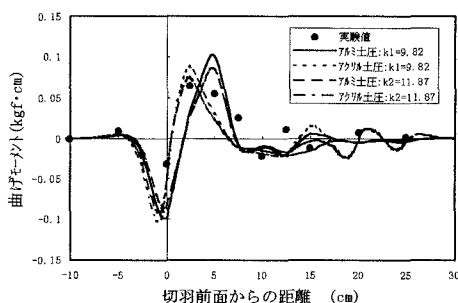


図2 切羽前面からの距離と曲げモーメントの関係(アクリル1.5mm)

表3 感度解析に用いた諸元

セグメントリングの諸元	
セグメントリング外径	2, 4, 6, 8, 10(m)
セグメントの幅	4%
ヤング係数	$3.6 \cdot 10^5 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
形状係数	0.88
地盤の諸元	
地盤の変形係数	100, 1000(kgf/cm ²)
地盤のポアソン比	0.33

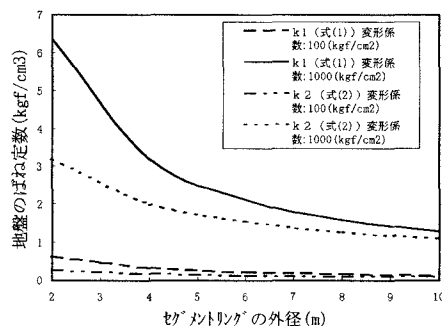


図3 セグメント外径と地盤ばね定数との関係