

Ⅲ-637

併設シールドトンネルの影響評価について（その2）

ー 先行トンネルを評価するための荷重系・構造系について ー

早稲田大学 学生員 山下 雄一

早稲田大学 学生員 舟橋 秀麿

佐藤工業(株) 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において、後続して施工するシールド（後続シールド）の施工時荷重が先行して施工したトンネル（先行トンネル）に及ぼす影響、すなわち後続シールドの施工時荷重により先行トンネルに作用する荷重の基本的な考え方は前報¹⁾に述べたとおりである。前報に示した模型実験結果によると、荷重はトンネル相互の離隔距離のみならず先行トンネルの剛性の程度に応じて、その大きさ、作用範囲および最大値の発生位置が変化するものと考えられる。本報告は模型実験結果から得られた荷重を用いて先行トンネル模型の挙動を解析し、先行トンネルの挙動を評価するための構造モデルおよび地盤と先行トンネルの相互作用の影響を適切に評価するための荷重－構造系について検討を加えたものである。

2. 解析手法の概要

先行トンネルの挙動の解析に用いた荷重－構造系の概要は図1に示すとおりである。解析はこの荷重－構造系を用いて模型実験における先行トンネル模型（アクリル板）の挙動をシミュレーションするものである。先行トンネル模型は、その縦断方向の挙動を把握するために、剛性一様な十分に長いはりとして評価した。先行トンネル模型の周辺地盤は先行トンネル模型の縦断方向に直交しかつ水平方向に作用する線形な地盤ばねにモデル化し、先行トンネル模型をモデル化したはり要素（0.5cm間隔に分割）のすべての節点にこれを配するものとした。表1は解析に用いた先行トンネル模型および模型地盤の諸元を示したものである。ここで、模型地盤の地盤ばね定数は、その三軸圧縮試験結果（変形係数）から模型地盤を弾性体と仮定して求めた地盤反力係数である。荷重は模型実験において、アルミ板とアクリル板の縦断方向に直交しかつ水平方向で計測された土圧を2つの二次曲線で近似した分布荷重および三次元弾性地盤中の応力伝播の理論解（Bussinesqの式による解）の3種類（後続シールドの切羽前面圧をモデル化した水圧 0.5 kgf/cm^2 時に換算）とした。表2は解析に用いた荷重をその最大値 a 、作用範囲 b 、および最大値の発生位置 c の3つの指標で表したものである。また図2および図3はそれら荷重の分布形状を示したものである。図2は模型地盤の剛性に比してその剛性が相当に大きいと思われるアルミ板で計測された土圧分布であり、先行トンネル模型に変形がほとんど生じない場合の荷重である。一方、図3はその剛性がアルミ板のそれに比して小さいアクリル板で計測された土圧分布である。またこの荷重は三次元弾性地盤中の理論解とほぼ一致することから、模型地盤と先行トンネル模型（アクリル板）の剛性はほぼ等価であるものと推察される。さらにまた、このときのアクリル板ははりとしての曲げ変形（たわみ）が生じていたことから、その変形に伴う土圧の低減効果が加味された荷重とも考えられる。本解析にはこれ

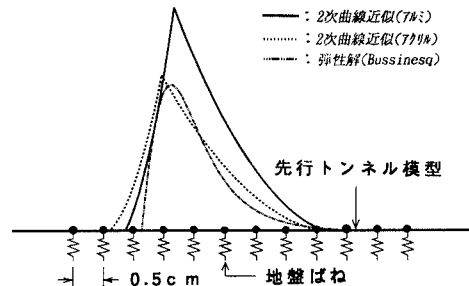


図1 荷重－構造系

表1 解析条件

模型地盤の諸元	
地盤材料	豊浦標準砂（相対密度50%）
地盤ばね定数	10 kgf/cm ³
変形係数	77.0 kgf/cm ²
ポアソン比	0.33
先行トンネル模型の諸元	
ヤング係数	アルミ板 : $7.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
	アクリル板 : $3.5 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
断面二次モーメント	アルミ板 : $8.3 \times 10^{-1} \text{ cm}^4$
	アクリル板 : $2.8 \times 10^{-3} \text{ cm}^4$

らの荷重を用いている。

3. 実験結果と解析結果との比較およびその考察

図4は先行トシ模型(アクリル板)のたわみの実験結果とこれをはりにモデル化したときの解析結果とを示した一例である。アルミ板で計測された土圧を荷重とした場合の解析結果が実験結果とよく符合している。一方、アクリル板で計測された土圧を荷重とした解析結果および弾性解を荷重とした解析結果は、たわみの最大値が実験値より小さくなっている。図5は、先行トシ模型に生じた曲げモーメントの結果の一例を示したものである。図5によると、実験結果とすべての解析結果とはほぼ同じ傾向を示しており、先行トシ模型の挙動をある程度表現しているように思われる。しかしながら、曲げモーメントの解析値は切羽からの距離に伴う変化が大きく、若干の距離のずれによってその対象となる位置の値が大きく異なるため、この結果から適切と思われる荷重状態を判断するのは難しいと考えられる。

以上の模型実験の結果およびその解析結果を踏まえて総合的に判断すれば、先行トシ模型に作用する荷重系として、地盤を弾性体と仮定して得られる土圧や先行トシ模型(アクリル板)の実験で得られた土圧を用いても適切な荷重状態を評価することは難しいものと考えられる。すなわち、現在のところ理論的に明確にすることはできないが、模型地盤と先行トシ模型の剛性の程度に応じてその荷重が変化したり、さらにその荷重によって先行トシ模型が変形すること等により、荷重系は複雑に変化するものと推察される。

4. おわりに

今回の模型実験結果およびその解析結果によると、後続シールドの施工時荷重が先行トシの縦断方向に及ぼす影響を評価する荷重—構造系は、(1)先行トシの縦断方向をはりとしてモデル化し、(2)先行トシに作用する荷重(偏圧)は先行トシの剛性が相当に大きいとした場合の土圧を用いて、(3)先行トシの変形に伴って生じる土圧変化は地盤を地盤ばねにモデル化することで評価できるようである。

今後、地盤と先行トシの剛性との相互作用を評価する方法やその定量的把握を目的に、さらに実験および解析を行っていく予定である。

【参考文献】

- 1) 舟橋, 大縄, 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1), 第50回年次学術講演会, III部門, 1995. 9.

表2 解析に用いた荷重(指標による表示)

指標	a (kgf/cm ²)	b (cm)	c (cm)
弾性解(Bussinesq)	0.086	27.9	4.0
二次曲線近似	アルミ 0.131	21.4	4.2
	アクリル 0.092	24.6	2.8

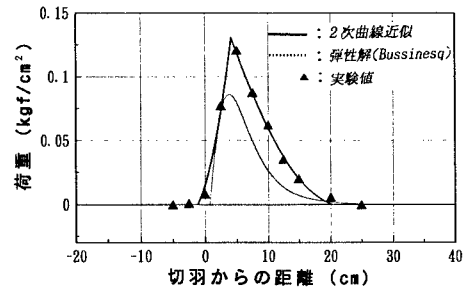


図2 荷重(アルミ板)

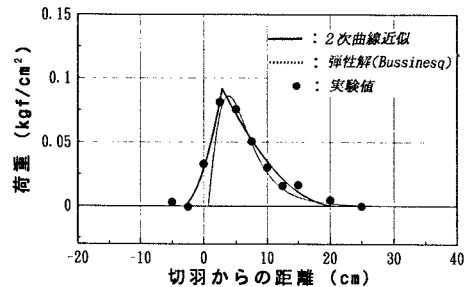


図3 荷重(アクリル板)

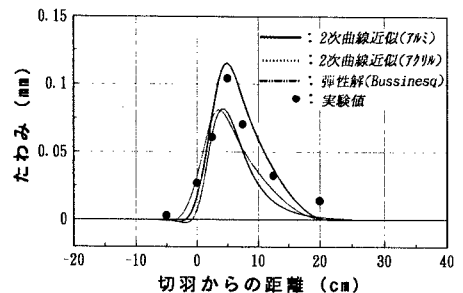


図4 たわみ図

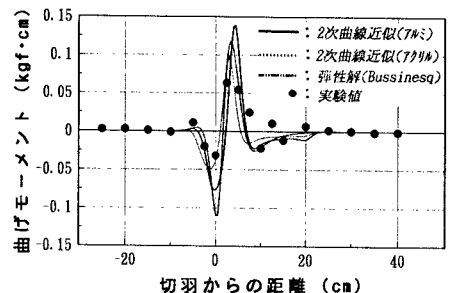


図5 曲げモーメント図