

Ⅲ-636

併設シールドトンネルの影響評価について（その1）

ー 先行トンネルに作用する荷重の評価方法について ー

早稲田大学 学生員 舟橋 秀磨
 佐藤工業(株) 大縄 泰平
 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

トンネル相互の離隔距離が小さい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）が先行して施工したトンネル（先行トンネル）に及ぼす影響は、①ジャッキ推力、泥水圧または泥土圧、裏込め注入圧等の施工時荷重の影響、②テールボイド、切羽崩壊または土砂の過大な取込み等による周辺地盤の緩みの影響に大別される。一般に前者は先行トンネルの周辺地盤が受働側、また後者は主動側となる挙動を示す。従来、併設シールドトンネルの覆工設計では、これらの影響を検討する場合、②の影響に主眼をおき、鉛直土圧を割増しあるいは側方土圧係数や地盤反力係数を減じてこれを評価するとともに、①の影響は必要に応じて別途考慮するものとしてきた。しかしながら、最近の併設シールドトンネルの施工例によると、①の影響が顕著となっている例が見受けられるようになってきている¹⁾。これはシールドの主流が従来の開放型から密閉型に代ってきたためと考えられる。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、すなわち先行トンネルに作用する荷重は、その大きさ、分布および作用範囲が併設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によっても変化するものと考えられる²⁾。しかし現状では、その詳細が明確にされていない。

筆者らは、以上の観点から①の影響を把握することを目的として基礎的な実験研究を行ってきている。本報告はその研究成果の一部であり、先行トンネルに作用する荷重が先行トンネル縦断方向の剛性とどのような関係を有するかを検討したものである。

2. 実験方法

実験装置および計測の概要を図1に示す。模型地盤には豊浦標準砂を用いている。先行トンネルはその縦断方向の挙動に着目するために帯板にモデル化し、その剛性の違いが作用荷重に与える影響を把握する目的で材質および厚さの異なる2種類の帯板（アルミ板、アクリル板）を用いている。表1は模型地盤および先行トンネル模型の諸元を示したものである。後続シールドの施工時荷重は泥水式シールドの切羽前面圧を表現するために中空鋼管の先端に厚さ0.3mmの2枚のメンブレンを重ねて設置し、鋼管内部から水圧を作用させることによりモデル化した。実験は水平方向にトンネルが併設している場合を想定し、その離隔距離が、0.2D、0.3D、0.5D（D：鋼管の外径、10cm）の3ケースについて行った。また、載荷は水圧が0.7kgf/cm²になるまで行い、各種計測（先行トンネル模型の縦断方向に作用する土圧、先行トンネル模型に生じる変位およびひずみ）は0.05kgf/cm²ピッチで行った。

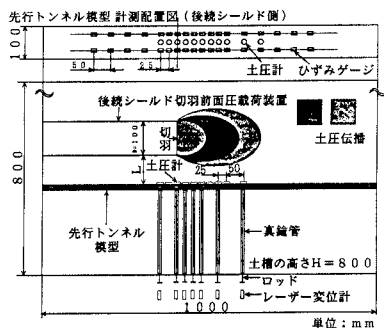


図1 実験装置および計測図

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 %
密度	1.47 g/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	
幅	10 cm
厚さ	アルミ板: 10mm ; アクリル板: 1.5mm
ヤング係数	アルミ板: 7.0×10^5 kgf/cm ²
	アクリル板: 3.5×10^4 kgf/cm ²

3. 実験結果およびその考察（先行トンネルに及ぼす影響評価について）

作用させた水圧と先行トンネル模型で計測された土圧との関係の一例を図2に示す。水圧が0.6kgf/cm²程度ま

では、両者の関係が線形であり、模型地盤は弾性挙動を示した。そこで、最小自乗法を用いて、水圧が 0.5 kgf/cm^2 の時の各種計測結果を換算代表値とし、水圧が先行トンネル模型に及ぼす影響の評価方法について検討することにした。図3は離隔距離が $0.2D$ の時のアルミ板とアクリル板で直接計測された土圧と三次元弾性地盤中の応力伝播の理論解(Bussinesqの式による解)とを示したものである。先行トンネル模型で計測された土圧の分布形状は理論解の傾向とほぼ一致している。しかしながら、アルミ板の場合、土圧の最大値は理論解の値に比して顕著に大きくなっている。これはアルミ板の剛性が周辺地盤のそれに比較して相対的に大きいことに起因するものと考えられる。そこで、土圧の最大値、作用範囲および最大値の発生位置の3つを影響評価の指標として定め、これらに与える離隔距離の影響および先行トンネル模型の剛性の影響を検討した。3つの指標を示したのが図4である。また、計測された土圧は土圧計が設置されている位置に限定された値であり、土圧の最大値や分布形状を表現していないと考えられる。このため、計測された土圧分布を2本の直線または2つの二次曲線で近似して3つの指標の実験値を評価することとした。図5および表2はこれらの指標を用いて離隔距離の影響および先行トンネル模型の剛性の影響の程度を示したものである。離隔距離が $0.3D$ より小さくなると、また先行トンネル模型の剛性が大きくなると土圧の最大値は大きくなり、その作用範囲は狭くなって、最大値の発生位置は後続シールドの切羽をモデル化した水圧作用面に近づく傾向にある。なお、実験から得られた土圧の最大値、作用範囲および最大値の発生位置を評価するには二次曲線による近似解が最も現象をよく表現していた。

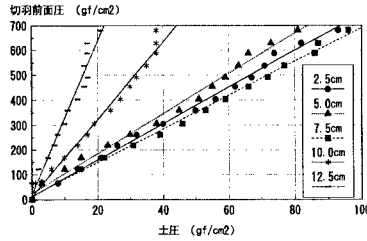


図2 切羽前面圧と土圧の関係

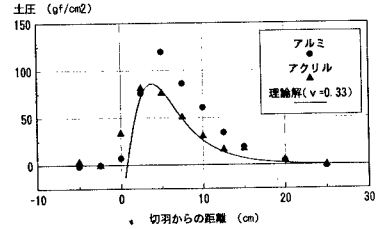


図3 切羽からの距離と土圧の関係

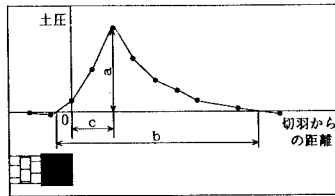
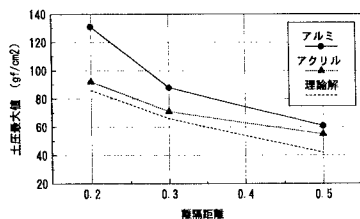


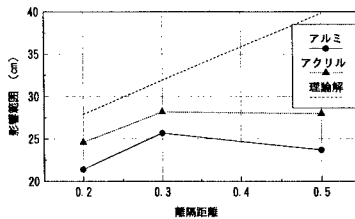
図4 荷重評価の指標 a, b, c

表2 a, b, cに関する各種値の比較

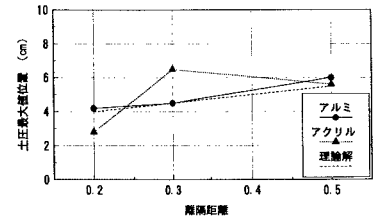
		a		b		c	
		値 (比率)	gf/cm^2	値 (比率)	cm	値 (比率)	cm
理論値		86 (1.000)		27.9 (1.000)		4 (1.000)	
実験値	74%	120 (1.395)		28.8 (0.948)		5 (1.250)	
	77%	81 (0.942)		27.1 (0.971)		2.5 (0.625)	
三角形近似	74%	110 (1.279)		19.2 (0.688)		4.4 (1.100)	
	77%	75 (0.872)		21.1 (0.756)		2.8 (0.575)	
二次曲線近似	74%	131 (1.523)		21.4 (0.767)		4.2 (1.050)	
	77%	92 (1.070)		24.6 (0.882)		2.8 (0.700)	



(a) 土圧最大値 a と離隔距離との関係



(b) 影響範囲 b と離隔距離との関係



(c) 土圧最大値位置 c と離隔距離との関係

図5 指標 a, b, cと離隔距離およびトンネル剛性との関係

4. おわりに

今回の模型実験から得られた知見を挙げると以下のとおりである。(1)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は、それらの離隔距離が $0.3D$ 以下となると特に顕著となる。(2)先行トンネル縦断方向の剛性が異なることにより、先行トンネルに作用する土圧の大きさおよび分布形状は変化し、一般に一樣地盤中を伝播すると考えた時の土圧と比べて先行トンネルの狭い範囲に大きく作用する傾向にある。

【参考文献】

- 1) 飯田, 伊藤: 並列泥水シールドの超近接施工, 第9回施工体験発表会, p. p. 66~75, 1990. 2.
- 2) 木村, 矢田, 小泉: 併設して施工されるシールドトンネルの影響解析, トンネル工学研究発表会論文・報告集, Vol. 1, p. p. 89~94, 1991. 12.