

III-B 170 上り勾配中のシールドトンネル施工における鉛直地盤変位の解析

(株) トーニチコンサルタント 正会員 宇佐見芳彦
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 小山 幸則
 正会員 西村 高明
 正会員 松本 吉雄

1. はじめに

シールド掘削による周辺地盤の挙動は、地盤条件ならびに施工条件によって異なると考えられる。ジャッキ推力を考慮したFEM解析の水平方向地盤挙動についての報告があるが、鉛直方向についても同様のことが考えられる。ここでは、既施工縦断勾配区間トンネル（2例）の解析により、ジャッキ推力の鉛直方向の影響について考察した。

2. FEM解析

2.1 解析条件

解析対象としたA、Bトンネルにおける解析前提は以下の通りである。また、トンネル概要を表-1に示す。

①裏込め注入圧を内圧効果と考え、テール部における応力状態に着目した解析¹⁾を行った。

②地盤を弾性体と仮定し、解析は二次元FEMとした。

③地盤の変形係数は原位置試験の値としたが、試験値がないものは砂質土では25N、粘性土では210cとした。

解析に用いた地盤定数を表-2に示す。

2.2 シールド機と周辺地盤との相互作用

シールド機と周辺地盤との相互作用は、トンネル周辺地盤を弾性ばね、シールド機をはりとするはり-ばねモデル（図-1）とし、ジャッキ推力の作用による地盤反力を相互作用反力としてトンネル周辺地盤に作用させた。

また、鉛直方向におけるシールド機自重の影響を考慮し、シールド機に作用する力のつり合いを基にしたモデル（図-2）による解析も行った。ここでのつり合い作用力は、浮力を考慮したシールド機自重、シールド機の地盤との周面摩擦力、ジャッキ推力および上載土荷重である。解析では、これらから算出される地盤作用反力荷重（P）を等分布荷重換算し、トンネル周辺地盤に作用させた。

3. 解析結果

鉛直方向に地盤反力を考慮した解析結果を図-3、4に示す。

Aトンネルの計測では、ジャッキによる偏心モーメントは上方に働くが、実測値は沈下傾向を示すことがわかった。はり-ばねモデル（図-1）による解析結果では、実測値と

表-1. 解析対象トンネルの概要

	Aトンネル	Bトンネル
種別	鉄道単線トンネル	
平面線形	R=∞	R=260 m
縦断線形	-33‰	+32‰
シールド外径	7,150 mm	
土被り	14.58m	8.15m
地盤条件	沖積粘性土 (n<10)	
泥水圧	2.4kgf/cm ²	1.2kgf/cm ²
裏込め注入圧	2.7kgf/cm ²	1.8kgf/cm ²

表-2. 地盤定数

地盤	Aトンネル		Bトンネル	
	変形係数	ポアソン比	変形係数	ポアソン比
砂質土	100 kgf/cm ²	0.37	175 kgf/cm ²	0.35
粘性土	34 kgf/cm ²	0.45	107 kgf/cm ²	0.45

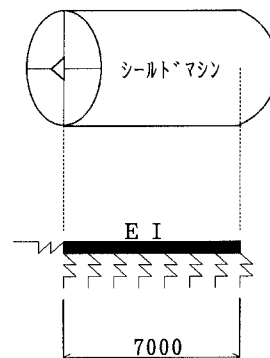


図-1. はり-ばねモデル

は異なった過大な隆起変位を呈したが、つり合いモデル（図-2）による解析結果では実測値に近い値となった。また、Bトンネルにおいても同様な傾向を示した。これは、はりばねモデルが質量を考慮しない偏心モーメントのみによる地盤反力を算定しているためであり、鉛直方向ではシールド自重による摩擦力等を考慮した解析を行う必要があると考えられる。

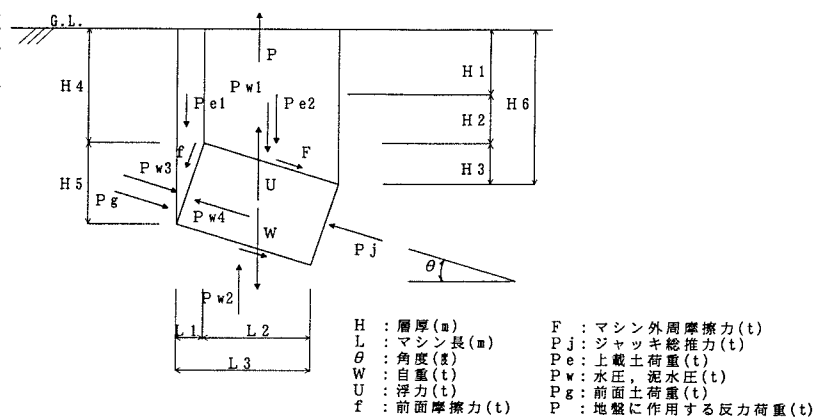


図-2. 作用力のつり合い

またBトンネルの解析では、平面曲線区間であることから最大隆起が曲線内側で生じる結果が得られたが（図-4）、これは水平作用力の影響が表れたものであり、計測値と一致した傾向を示している。

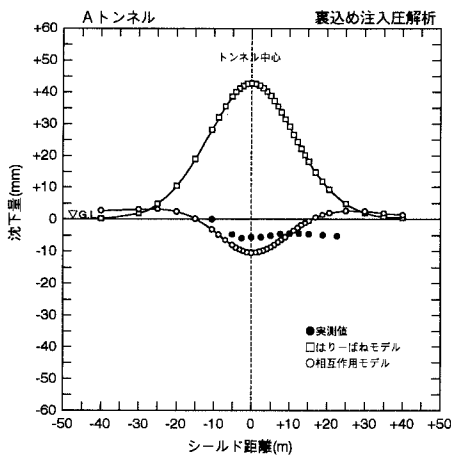


図-3. 地表変位解析結果

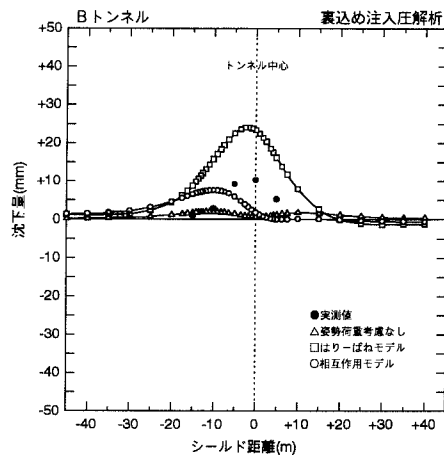


図-4. 地表変位解析結果

4. おわりに

少ない事例による検証であるが、上り勾配区間におけるシールド工事のように、ジャッキによる縦断方向偏心モーメントの影響を受けると考えられるトンネル周辺地盤の挙動は、テール部における荷重のつり合いのみならず、シールド機と地盤との相互作用を適切に評価する必要があることを示した。今後は三次元モデルにより、水平方向も含めさらに検討を進めたいと考えている。

最後に、解析に際し貴重な資料を提供していただいた日本鉄道建設公団、西日本旅客鉄道（株）の方々に、深甚なる謝意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 中山隆ほか：泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について、土木学会論文集、1988.9
- 2) 入江健二：首都圏での地下鉄トンネル工事の地質・環境に関わる問題、日本応用地質学会シンポジウム、1992.5