

先受け設置時の地盤沈下予測手法の検討

パシフィックコンサルタンツ(株) トンネル部 正会員 鈴木 久尚  
 正会員 ○江崎 雅章

1. はじめに

先受けを施した場合の地盤沈下予測は、FEM解析や骨組み構造解析などの数値解析が一般に用いられている。本報告では、軸対称 FEM 解析を用いて地盤沈下に対する先受けの効果についての感度分析を行い、得られた結果をもとに先受けの存在を考慮した地盤変位予測手法について検討する。

2. 検討方法

地盤変位に対する感度分析は、図-1 に示す軸対称弾性 FEM モデルを用いて行う。切羽から 1m の区間では、トンネル掘削に伴う応力解放を想定し、単位の荷重を作用させる。ここで、切羽は鏡ボルト等により安定しているものとし、解析上は変位を無視できると仮定し拘束とする。また、覆工は若材令時を想定し、弾性係数  $4,000\text{MN/m}^2$ 、覆工厚 20cm とした。先受け材は長尺鋼管フォアパイリング相当を基本とし、軸対称モデルにおける鋼管のモデル化は、断面剛性および曲げ剛性が鋼管と同一となるようにモデル化した。

以上の条件をもとに、基本ケース N を設定し、表-1 に示す、トンネル外径 D、土被り厚 H、先受け材の剛性 EI、地盤の変形係数 E をパラメータとして変動させたときの、各パラメータが切羽部の天端沈下量に及ぼす影響を感度分析する。

3. 感度分析結果

図-3～図-6 に各パラメータが切羽部のトンネル天端沈下量に及ぼす影響について感度分析した結果を示す。沈下量は、特に先受け材の剛性、地山の変形係数の影響を大きく受ける。ここで、基本ケース N の、無対策の場合の天端沈下量  $\delta_1$  (図-2) に対する先受け材を設置したときの天端沈下量  $\delta_2$  の比は 0.30 となった。

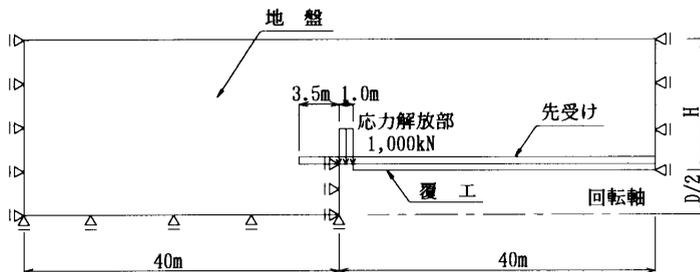


図-1 軸対称 FEM モデル

表-1 検討ケース

計算ケース	トンネル外径 D (m)	土被り厚 H (m)	先受け材の剛性 EI (kN・m <sup>2</sup> )	地盤の変形係数 E (kN/m <sup>2</sup> )	地盤のポアソン比 $\nu$
1 標準 N	10	10	10,800	50,000	0.4
2 D-1	5				
3 D-2	15				
4 H-1		5			
5 H-2		15			
6 EI-1			540		
7 EI-2			216,000		
8 E-1				20,000	
9 E-2				200,000	

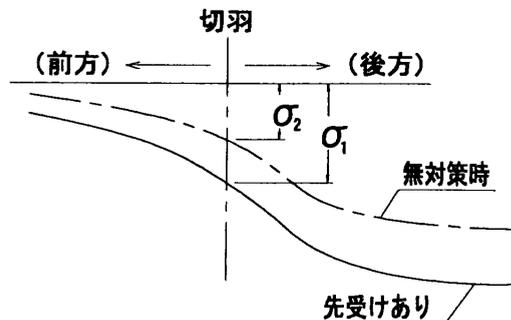


図-2 天端沈下量の概要

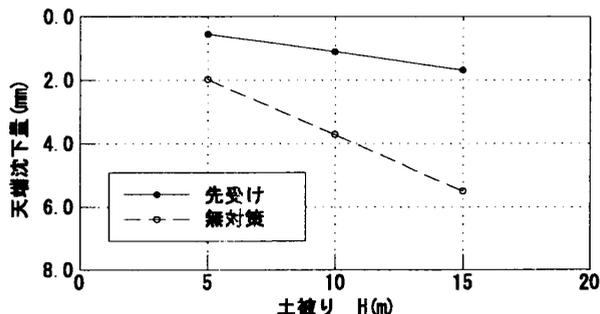


図-3 感度分析結果 (土被り)

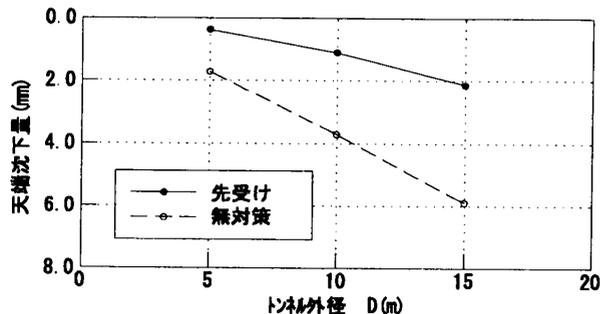


図-4 感度分析結果 (トンネル外径)

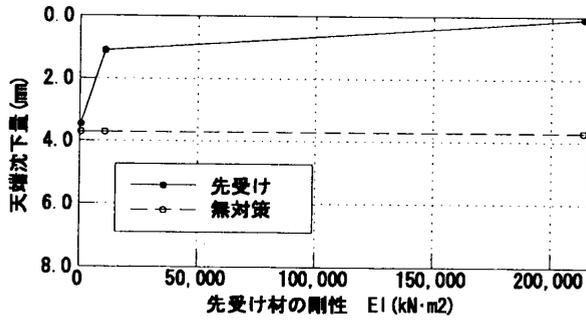


図-5 感度分析結果（先受け材の剛性）

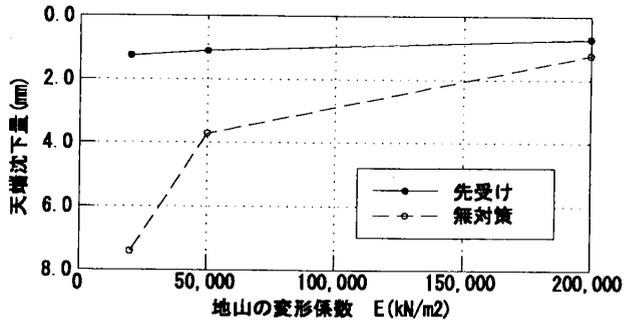


図-6 感度分析結果（地盤の変形係数）

図-3～図-6の感度分析結果をもとに、無対策の場合の天端沈下量 $\delta_1$ に対する先受けを設置したときの天端沈下量 $\delta_2$ の比の、基本ケースに対する割合を図-7、図-8に示す。土被り、トンネル外径はパラメータに関する一次式、先受け材の剛性、地山の変形係数は常用対数に関する一次式で近似できることがわかった。以下にそれぞれの関係式を示す。

$$\eta_D(\text{トンネル外径の補正係数})=0.051D+0.49$$

$$\eta_H(\text{土被り厚の補正係数})=0.0099H+0.90$$

$$\eta_{EI}(\text{先受け材の補正係数})=-1.19\log EI+3.75$$

$$\eta_E(\text{地盤の変形係数の補正係数})=1.37\log E-5.45$$

$$\eta(\text{基本ケース}N\text{の先受けの影響係数})=\delta_2/\delta_1=0.30$$

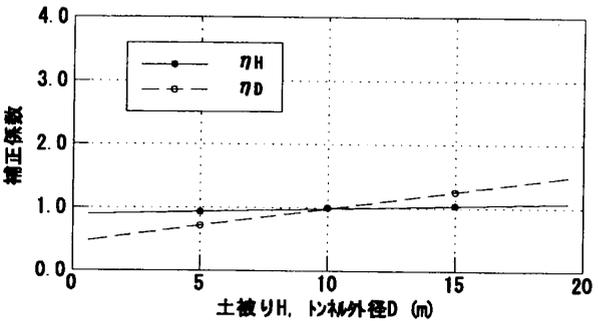


図-7 土被り、トンネル外径の補正係数

4. 先受け設置時の地盤沈下予測手法の検討

以上の結果をふまえ、先受け設置時の地盤沈下予測手法について検討する。先受けの設置により、図-9の地山応力とトンネル変位との関係に示すように、地山の応力解放 $\Delta p$ 、地山変位 $\Delta u$ をおさえることとなる。ここでは $\Delta p$ に相当する、先受けによるみかけの内圧効果による荷重 $\sigma_p$ を、基本ケースNの先受けの影響係数 $\eta$ と各パラメータの補正係数からなる関係式として下式のように設定する。

$$\sigma_p = \eta \cdot \eta_D \cdot \eta_H \cdot \eta_{EI} \cdot \eta_E \cdot \sigma_0$$

ここで設定した $\sigma_p$ は、トンネル上半掘削時にトンネル中心から地山側に作用するものとし、地山の応力解放 $\sigma_f$ との関係は下式のとおりでである。

$$\sigma = \sigma_f - \sigma_p$$

ここに、 $\sigma_f = \alpha \cdot \sigma_0$   $\alpha$ : 地山の応力解放率,  $\sigma_0$ : 地山の初期応力

5. おわりに

今回提案した先受け設置時の地盤沈下予測手法は、先受けの支保効果を4つのパラメータの関数とすることにより、地盤条件、先受け構造、トンネル形状が決まれば地盤変位に対する支保効果を比較的容易に設定することができるため有用であると考えられる。今後は、切羽変位の拘束、検討対象地盤の限定等の問題点に対して検討を加えるとともに、本手法の有用性を確認するため、現場計測値との比較を行う予定である。

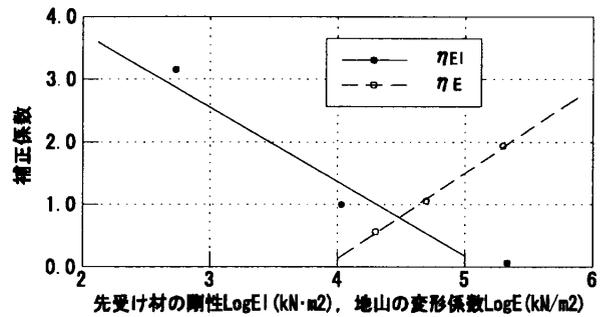


図-8 先受け材の剛性、地山の変形係数の補正係数

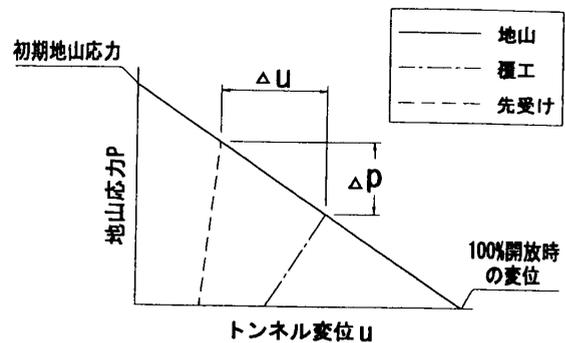


図-9 地山応力とトンネル変位との関係