

## 開削トンネルの設計に用いる地盤反力係数の換算幅について

パシフィックコンサルタンツ(株)

○長井 寛之

パシフィックコンサルタンツ(株)

正会員 鈴木 久尚

## 1. はじめに

開削トンネルの設計においては、横断面を対象として上・下床版、側壁および中壁をはり部材、地盤の抵抗を分布ばねで、それぞれ表現した構造モデルに、土圧、水圧および自重を既知の荷重として作用させて部材断面力を求めている<sup>1)</sup>。この場合、鉛直地盤反力係数を算出する際の載荷幅の採り方について種々の方法がある。

本文においては、載荷幅の採り方の違いがトンネル部材の断面力に与える影響を把握することを目的に、骨組構造解析と有限要素法解析を用いて解析した結果を比較検討したものである。

## 2. 骨組み構造解析に用いる地盤反力係数の設定

骨組み構造解析の地盤ばねの設定については、以下の式を用いて算出した。

$$K = E \times \left( \frac{Bc}{30} \right)^{\frac{3}{4}}$$

ここに、K：地盤ばね(kN/m<sup>2</sup>)、E：地盤の変形定数(kN/m<sup>2</sup>)、Bc：地盤ばね算出のための載荷幅、とする。骨組み解析の載荷幅については以下の3つのケースを想定し、有限要素法解析との比較を行う。

CASE1	Bc = $\sqrt{BL}$ として計算する。ここに B、L：底版の横断方向の幅とトンネル軸方向の長さ。この検討ではL=3Bとした。
CASE2	Bc=B としてトンネル幅をそのまま載荷幅として設定
CASE3	側壁部と中壁部で載荷幅を変える。 $Bc_1$ (側壁部) = $\frac{B}{4}$ 、 $Bc_2$ (中壁部) = $\frac{B}{2}$

## 2. 解析条件の整理

解析モデルを表1に示す。

表1 解析モデル条件一覧

構造モデル	2連1層開削トンネル
内空寸法	内空高さ：10m、内空幅：左右ともに10m
部材厚	頂版、底版、側壁すべて1m
土被り	5m
地盤定数	E (変形係数) = 24000 (kN/m <sup>2</sup> )、2400 (kN/m <sup>2</sup> ) の2種類を考慮 $\gamma$ (単位体積重量) = 18 (kN/m <sup>3</sup> ) $\nu$ (ポアソン比) = 0.48 $K_0$ (静止土圧係数) = 0.3

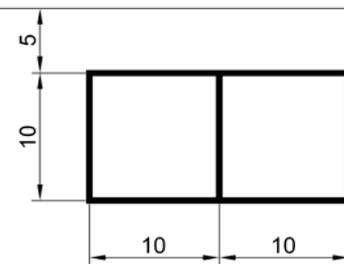


図1 解析モデルのイメージ

## 4. 解析結果の比較

次頁に骨組構造解析の結果と有限要素法解析で算出した発生曲げモーメントの比較図を示す。(骨組解析の発生曲げモーメントは(kNm)、有限要素法解析の発生曲げモーメントは(MNm)で表記)

キーワード 開削トンネル、地盤反力係数、載荷幅、

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 小田急第一生命ビル 17F TEL03-3344-1903

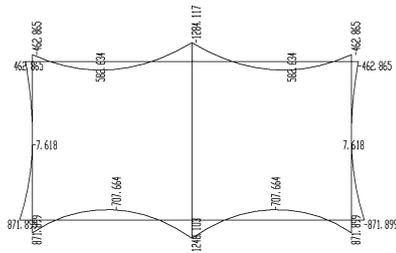


図2 地盤ばね CACE1、E=24000 の骨組解析

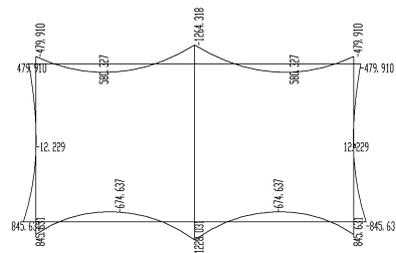


図3 地盤ばね CACE2、E=24000 の骨組解析

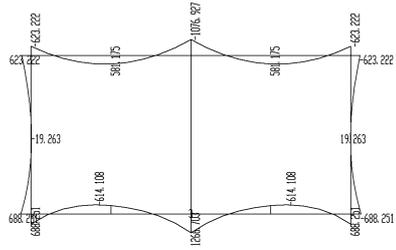


図4 地盤ばね CACE3、E=24000 の骨組解析

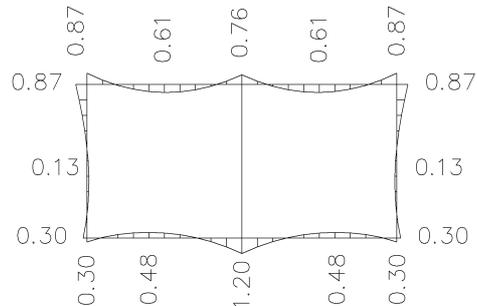


図5 E=24000 の有限要素法解析

以下に、地盤の変形係数が E=24000、2400 (kN/m<sup>2</sup>) の場合の曲げモーメントの一覧表を示す。

表2 地盤係数 E=24000 (kN/m<sup>2</sup>) の場合の応力比較 (曲げモーメント kNm)

		頂版			底版			側壁
		中央	支間	端部	中央	支間	端部	支間
骨組解析	CASE1	1284	582	462	1248	707	872	8
	CASE2	1264	580	480	1228	674	845	12
	CASE3	1077	581	623	1266	614	688	19
有限要素解析		750	610	870	1190	480	300	13

表3 地盤係数 E=2400 (kN/m<sup>2</sup>) の場合の応力比較 (曲げモーメント kNm)

		頂版			底版			側壁
		中央	支間	端部	中央	支間	端部	支間
骨組解析	CASE1	1341	587	416	1272	774	935	3
	CASE2	1336	587	420	1271	770	930	0
	CASE3	1012	598	654	1506	818	731	17
有限要素解析		710	620	900	1190	450	270	19

5. 考察

- 有限要素解析と比較すると、骨組解析では頂版中央部および底版中央部、底版端部に大きな曲げモーメントが発生する傾向がある。一方、頂版端部については骨組解析のほうが小さな曲げモーメントが発生する。そのため、一般的に行われている CASE1 のような手法で安全側の設計がなされていると判断できる。ただし、頂版端部については骨組解析の値が小さく、設計を行う際には注意が必要である。
- 骨組解析の CASE1~3 を比較すると、全般的に CASE1 と CASE2 については大きな差が見られなかった。各部材ごとに比較すると、頂版部については載荷幅を部分的に変化させた CASE3 が最も有限要素解析と近い値となっている。一方、底版部については地盤係数による影響が大きく、E=24000 (kN/m<sup>2</sup>) では CASE3 が比較的近い値となるが、E=2400 (kN/m<sup>2</sup>) では逆に、CASE3 において有限要素解析との開きが最も大きい。
- より精度よく骨組解析を実施するためには底版部の地盤反力係数を変化させることが有効であると思われる。ただし、地盤条件によっては逆に過大な応力が発生する可能性もあり、今後もケーススタディーを行いつつ、より反映性の高い地盤反力係数の設定手法を確立する必要がある。 以上

参考文献

- トンネル標準示方書(開削工法・同解説), 土木学会, 2006, 7.