

超大断面扁平シールドの施工過程を考慮した数値解析

日本道路公団

地域地盤環境研究所

パシフィックコンサルタンツ（株）

正会員 牧浦 信一

正会員 橋本 正

正会員 ○鈴木 久尚

1. はじめに

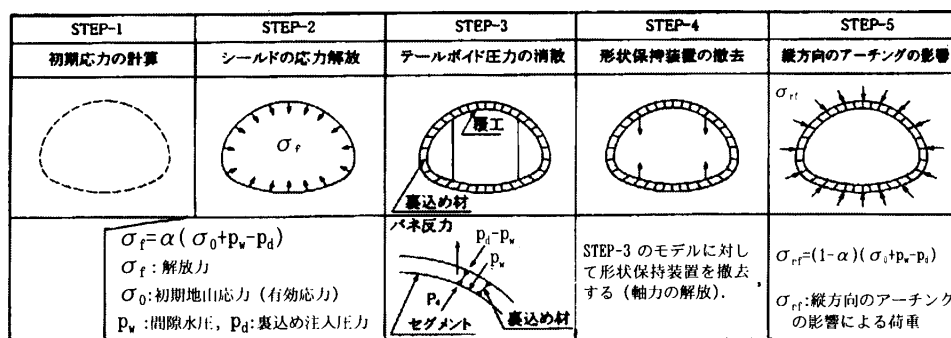
超大断面扁平シールドトンネルの覆工設計に供する資料を得るため、本文では超大断面扁平シールドが超近接して併設する場合の付加土圧および水平地盤反力係数を解析的手法により定量的に評価した結果について報告するものである。

2. 解析手法および解析条件

併設の影響による付加土圧と水平地盤反力係数の計算方法は、FEM解析を用い掘削過程に沿って計算して得られる地盤応力およびシールドリングの変位から求めた。

解析手法は、施工過程を考慮した弾性二次元有限要素法（FEM）による土水分離条件とし、図-1に解析ステップを示す。覆工に発生する断面力の算定は、図-2に示すように施工時荷重として裏込め注入圧が作用するテールボイド中の覆工の断面力を線材ばねモデルで計算し、その結果をFEM解析で得られた断面力計算結果と重ね合わせた。

解放応力は初期地山応力と裏込め注入圧の差とし、解放率は60%とした。覆工および裏込め材は、それぞれはり要素、地山と覆工の間に挿入した棒要素としてモデル化した。なお、解析モデルを図-3に、解析条件を表-1にそれぞれ示す。



注) 後行トンネルについては先行トンネルと同様に、先行トンネル完成後 STEP-2～STEP-5 を繰り返す

図-1 解析ステップ

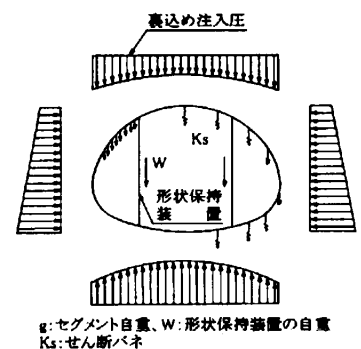


図-2 テールボイド中のセグメントの計算 (線材ばねモデル)

表-1 解析条件

		【地盤条件】 洪積砂質土層 N値50以上 単位体積重量 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ 変形係数 $E_0 = 280 \text{ MN/m}^2$ 内部摩擦角 $\phi = 42^\circ$ 粘着力 $c = 50 \text{ kN/m}^2$ 土被り約 30m, 地下水位 GL-15m
		【覆工】 RC (鉄筋コンクリート) セグメント セグメント厚 $t = 80 \text{ cm}$ 弾性係数 $E_c = 39 \text{ kN/mm}^2$ 曲げ剛性の有効率 $\eta = 0.8$
		【裏込め注入圧 (トンネル先端)】 250 kN/m^2 (裏込め材の密度は $\rho = 1.2 \text{ g/cm}^3$)

図-3 解析モデル

キーワード FEM, 施工時荷重, 土圧評価, 水平地盤反力係数評価

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 パシフィックコンサルタンツ（株）TEL 03-3344-1767

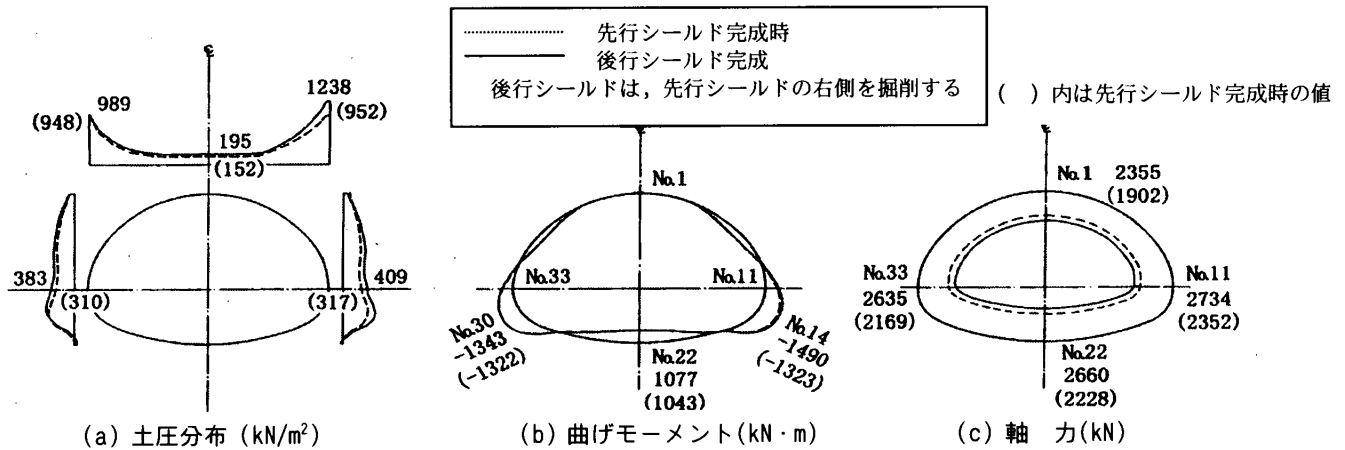


図-4 先行トンネルに作用する土圧および断面力の比較

3. 解析結果

図-4は先行トンネルの覆工に作用する鉛直および水平方向の土圧分布ならびに覆工に発生する断面力について、後行トンネルの併設前および併設後の比較を示したものである。併設による影響は、先行トンネルの併設前の鉛直土圧および覆工に発生する断面力の後行トンネル完成後の影響度合いで表現するものとし、その結果を表-2に示す。

(1) 鉛直土圧に与える影響

鉛直土圧は凹形の分布形状を示し、併設により先行トンネル後行側の鉛直土圧の増加が顕著となるが、平均で18%の増加となった、また、水平土圧は20~31%となった。

(2) 覆工の断面力に与える影響

後行トンネル施工に伴う先行トンネルの覆工に発生する曲げモーメントおよび軸力は、インバート隅角部の負曲げで13%増加し、インバート中央の正曲げで3%程度増加している。また、軸力の増加率は平均で18%程度となった。

(3) 水平地盤反力係数に与える影響

水平地盤反力係数は、覆工設置後の覆工の作用する水平方向土圧の増分の和を水平方向変位の増分の和で除して計算した。その結果を表-3に示す。

先行トンネルの併設前の水平地盤反力係数は約33MN/m³となった。併設後においては左側面および右側面で、それぞれ、32,104MN/m³となり、右側面が併設後大きな値となった。また、後行トンネルでは左側面および右側面で、それぞれ28,32MN/m³となり、併設前の先行シールドと同様な値を示した。

このように、水平地盤反力係数は、併設前および併設後においても約30MN/m³程度確保されており、併設による影響は小さいものとなった。

4. まとめ

FEMを用いた解析的手法により超近接大断面扁平シールドの併設による影響を検討した結果、覆工の断面力計算に用いる荷重および地盤反力係数の取り扱いは以下の方針とした。

- ① 併設による作用荷重の増加は、鉛直土圧の割増しで考慮することとし、割増率は解析結果を踏まえ20%とする。
- ② 水平地盤反力係数は、併設の影響は小さいものとし、 $k_{fs}=30\text{MN/m}^3$ とする。

表-2 併設による土圧および断面力に与える影響

		先行シールド	後行シールド
平均鉛直土圧 (kN/m²)	併設前	409	—
	併設後	482	480
	増加率	1.18	1.17
平均水平土圧 (kN/m²)	併設前	31.3	—
	併設後	40.9	37.6
	増加率	1.20~1.31	1.20
最大軸力 (増加率)		1.18	—
最大曲げモーメント (増加率)	正	1.03	—
	負	1.13	—

表-3 水平地盤反力係数に与える影響 (MN/m³)

	先行シールド		後行シールド	
	左側面	右側面	左側面	右側面
併設前	33.0	31.8	—	—
併設後	32.0	104.0	28.0	32.0
増加率	0.97	3.3	—	—

水平地盤反力係数 k_{fs} の計算方法

$$k_{fs} = \frac{\Delta \sigma_{hs}}{\Delta \delta_{hs}}$$
 ここに、
 $\Delta \sigma_{hs}$: 覆工設置後からの水平方向土圧の増分の和
 $\Delta \delta_{hs}$: 覆工設置後からの水平方向変位の増分の和