

施工時荷重を考慮した異形シールド断面の覆工応力解析について

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 鈴木久尚¹⁾ 山本秀樹¹⁾
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 フェロー 中村兵次²⁾
 日本道路公団 関西支社 坂山安男³⁾

1. はじめに

本報告は、シールド工法による異形大断面道路トンネルを想定し、施工時荷重を受ける覆工に対する影響を解析的手法により評価し、施工時荷重が作用する場合のトンネル覆工断面に与える影響を通常の円形断面の場合と比較検討した結果について述べるものである。

なお、本検討で取扱う施工時荷重は裏込め注入圧とし、異形断面としては楕円形状を有する扁平断面とした。

2. 解析手法および解析条件

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）による有効応力解析とし、図-1に解析ステップを示す。覆工に発生する断面力は、図-2に示すように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た結果をFEM解析での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50%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。検討トンネル断面は、図-3に示すように円形を基本に扁平率0.84および0.74を有する楕円形断面の3断面とした。

解析条件を表-1に示すが、裏込め注入圧は300、400および500kN/m²の3ケースとした。

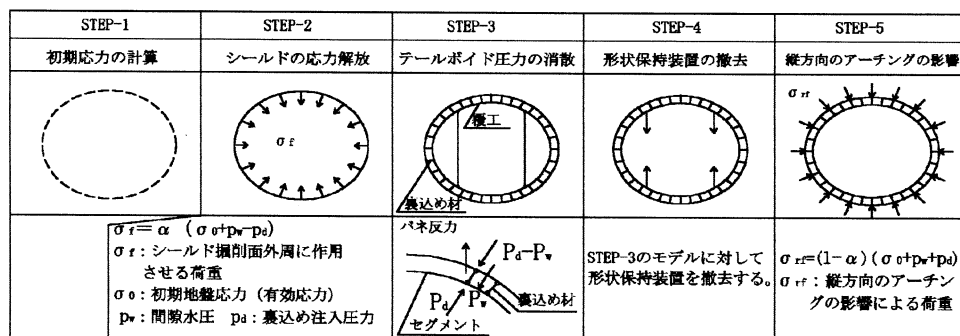


図-1 解析ステップ

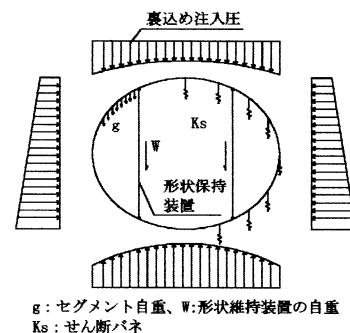


図-2 テールボイド中のセグメントの計算 (線材ばねモデル)

表-1 解析条件

【地盤条件】 洪積砂質土層 N値50程度 単位体積重量 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ 変形係数 $E_0 = 200 \text{ MN/m}^2$ 内部摩擦角 $\phi = 42^\circ$ 粘着力 $c = 50 \text{ kN/m}^2$ 土被り 30m, 地下水位 GL-10m
【覆工】 RC (鉄筋コンクリート) セグメント 弾性係数 $E_c = 39 \text{ kN/mm}^2$ 曲げの有効率 $\eta = 0.8$
【裏込め注入圧 (トンネル天端)】 300, 400, 500kN/m ² の3ケース (裏込め材の密度は $\rho = 1.2 \text{ g/cm}^3$)

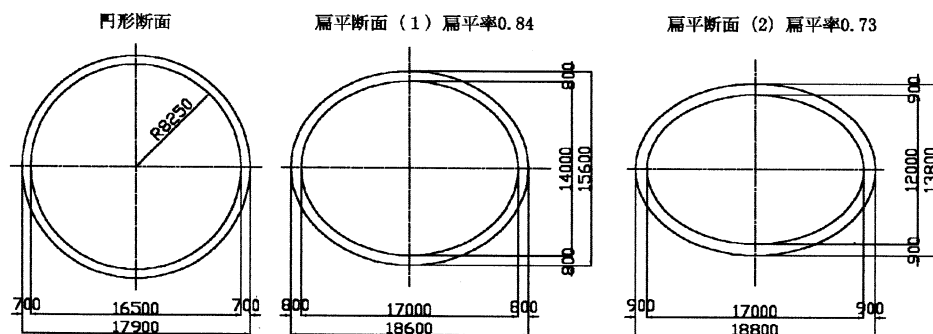


図-3 検討断面

シールドトンネル, FEM 解析, 裏込め注入圧, 施工時荷重

- ¹⁾ 東京都新宿区西新宿 2-7-1 TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906
²⁾ 東京都多摩市関戸 1-7-5 TEL 042-372-0111 FAX 042-372-6368
³⁾ 大阪府東大阪市北区堂島 1-6-20 TEL 06-6344-9603 FAX 06-6344-9618

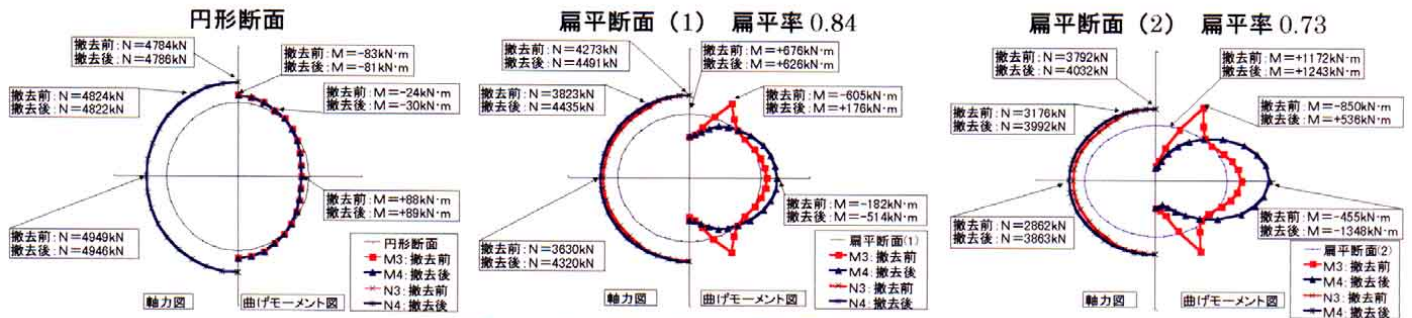


図-4 断面力図（裏込め注入圧 500kN/m²）

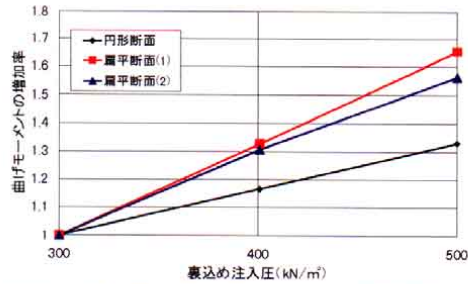


図-5 裏込め注入圧と曲げモーメントの増加率（正曲）

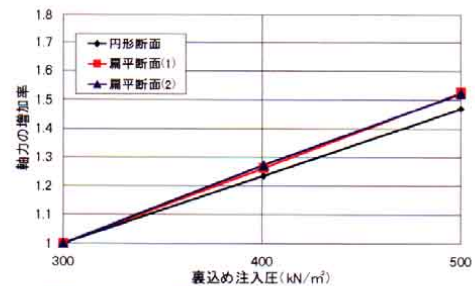


図-6 裏込め注入圧と軸力の増加率（正曲位置）

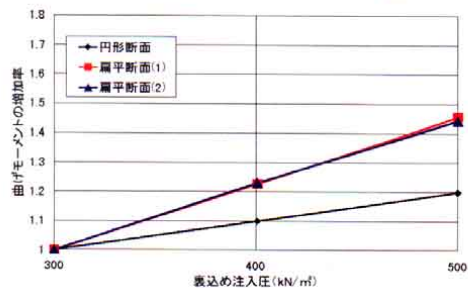


図-7 裏込め注入圧と曲げモーメントの増加率（負曲）

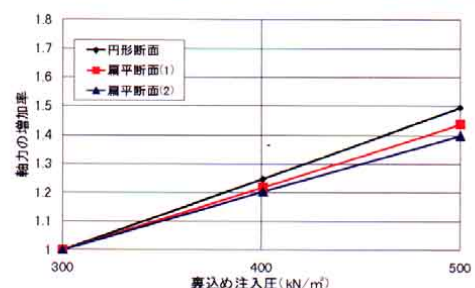


図-8 裏込め注入圧と軸力の増加率（負曲位置）

3. 解析結果および考察

施工時荷重（裏込め注入圧）が覆工断面力に与える影響について解析的手法により検討した結果を以下に示す。

(1) 断面形状の違いが覆工断面力に与える影響（図-4 参照）

- ① 裏込め注入圧は液圧として作用するため円形断面では側方荷重卓越の曲げ形態を示すが、扁平断面では断面形状に依存する割合が大きいため、円形断面とは異なり鉛直荷重卓越の曲げ形態を示す。
- ② 円形断面は形状保持装置撤去前後で断面力に大きな変化は見られず、施工過程において形状保持装置撤去が断面力に与える影響が小さく、さほど問題とはならない。
- ③ 扁平断面は形状保持装置撤去前後において曲げモーメントの増加割合が大きく、形状保持箇所での曲げモーメントの正負が逆転することから、施工時荷重（裏込め注入圧）に対して形状保持装置が担う役割が非常に大きい。

(2) 裏込め注入圧が覆工断面力に与える影響（図-5～図-8 参照）

- ① 裏込め注入圧と最終断面力の関係が比例関係となっていることから、覆工断面力に対しては裏込め注入圧が支配的要素となっていることが伺える。
- ② 裏込め注入圧を増加させた場合の発生断面力の増加割合から、断面力の増加率は断面形状（扁平率）による影響が大きく、発生断面力は断面形状に依存する。

4. まとめ

今回の解析では施工段階にて裏込め注入圧を消散させているが、裏込め注入時に発生した変形が残存するため、覆工に対しては裏込め注入圧による影響が大きく、この傾向は非円形断面でより顕著に現れていることが分かった。また、非円形断面では施工過程において形状保持装置に依存している割合が大きいたことが分かった。したがって、非円形断面における覆工設計に対しては、施工時荷重（裏込め注入圧）の影響を考慮する必要があると考えられる。