

主働土圧を考慮できる地盤ばねによる大深度地下トンネルに作用する土水圧の検討

長岡技術科学大学 正会員 杉本光隆，久保田紘一，佐藤寛之
 (財)地域地盤環境研究所 正会員 長屋淳一

1. はじめに

近年，都市部では地下空間の有効利用が進み，沖積層より深くに堆積している洪積層でのシールドトンネルの施工が増えている．このような大深度地下では，シールド覆工に作用する有効土圧が減少し，覆工に水圧相等の力しか作用していないケースが報告されている^{1), 2)}．このことから，大深度では地山が自立するため，土圧が覆工周辺の地山に分担されシールドトンネル覆工に土圧が作用しないという現象が起きていると考えられる．本研究では，計測された大深度地下シールドトンネルの覆工に作用する土水圧を，主働側の作用土圧や裏込注入の影響を考慮することができるはり-ばねモデル³⁾によって再現し，本モデルの妥当性を確認することを目的とする．

2. 解析現場

本研究では，寝屋川北部シールドトンネルでシールド掘進 500 日後に計測された土水圧（図 1）を比較対象とした．現場概要を表 1 に示す．

3. 解析方法

セグメントは 2 リングのはり-ばねモデルで，地盤は全周地盤バネで表現した．「従来のモデル」の地盤バネは，地盤が受働側に変位をした時のみ，変位に比例した地盤反力が発生するが，「本モデル」では，地盤が主働側に変位した時には，引張力が発生し，変位が大きくなると法線方向有効土圧が 0 になるように設定した．また，裏込注入の影響は，テールボイドに裏込注入率を乗じた値を地盤バネに初期変位として導入することで表現した．また，設計土水圧は，静止時の鉛直方向有効土圧と水平方向有効土圧から求まるセグメント法線方向有効土圧と水圧とした．

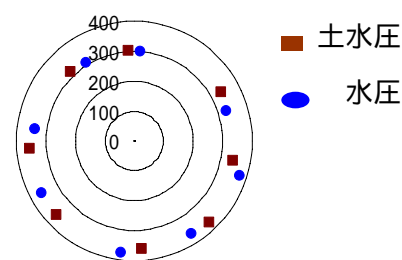


図1 現場計測データ(kN/m²)

4. 解析結果

4.1 地盤反力係数の影響

図 2 に裏込注入率 100% での変位・作用有効土圧への地盤反力係数の影響を示す．ここで，正の変位は受働側の変位を表わす．地盤反力係数の増加により，変位は 0 に近づき，作用有効土圧は小さくなること，側方土圧係数(0.5)の影響で，変位が横長の分布，作用有効土圧が縦長の分布を示すこと，地盤反力係数が 100000kN/m³ 以上になると，変位，作用有効土圧分布はともに，円形に収束することがわかる．これらは，地盤反力係数が大きくなると，微小の変位で土圧が大きく変化するため，覆工の形状は真円に近くなり安定すること，また，地盤反力係数が 100000kN/m³ 以上になると地山は完全に自立することのためと考えられる．

4.2 裏込注入の影響

図 3 に地盤反力係数 100000kN/m³ での変位・作用有効土圧への裏込注入率の影響を示す．裏込注入率の増加に伴い作用

表 1 現場概要²⁾

計測断面	寝屋川北部
工法	泥土圧式
セグメント種類	NM セグメント
セグメント外径 (mm)	8240
土被り(m)	37.635
土被り比	4.57
テールボイド(mm)	85
平均裏込注入圧(kN/m ²)	400
最大裏込注入圧(kN/m ²)	500
裏込注入率(%)	123
上端鉛直土圧(kN/m ²)	439.910
上端鉛直水圧(kN/m ²)	246.350
掘削土層	洪積粘土層
平均 N 値	7
側方土圧係数	0.5
地盤反力係数(kN/m ³)	10000

キーワード シールドトンネル，セグメント，大深度地下，数値解析，地盤反力係数，裏込注入率

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-9618

有効土圧は大きくなるが、裏込注入率が 95%以下になると、全周で作用有効土圧はほぼ零となり、下端が主働側に大きく変位することがわかる。これは、裏込注入率が大きくなると、全周で地盤が受働側に変位し、作用有効土圧が増加すること、裏込注入率が小さくなると、地山が自立し、作用有効土圧が零となり、浮力によってセグメントが天端に押しつけられることのためである。前者は軸力、後者は曲げモーメントが卓越する原因となる。

4.3 従来モデルとの比較

地盤反力係数 100000kN/m³、裏込注入率 100%での変位分布図、作用土水圧分布図を図4、図5に示す。従来のモデルと比べ、本解析モデルによる変位、作用有効土圧は小さく、真円に近い分布を示す。特に底部では従来のモデルと本モデルの差が顕著である。これらは、浮力の影響で覆工が上方方向に剛体変位すること、本モデルは主働土圧を考慮できることから、下端で主働土圧が生じ、作用有効土圧が減少し、一方、天端では、下端より大きな主働土圧が発生するためであると考えられる。

4.4 計測値との比較

作用有効土圧の計測値と解析値が概ね一致する地盤反力係数と裏込注入率の範囲を表2に示す。表2より、作用有効土圧の計測値と解析値が概ね一致する地盤反力係数は、経験値による地盤反力係数の5~10倍となった。

5. まとめ

従来のはり-ばねモデルを改良したモデルで、大深度地下シールドトンネル覆工に作用する土水圧と、それともなって発生する変位、作用有効土圧の評価を行い、本モデルが計測値を表現できることを確認した。今後さらに多くの断面について解析を行い、本モデルでの地盤反力係数について検証をする必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会トンネル工学委員会技術小委員会トンネル荷重検討部会：都市 NATN とシールド工法の境界領域，土木学会，2003.10.
- 2) 小嶋清伍・橋本正・長屋淳一：地下河川トンネルにおける覆工作用土圧の現場計測，トンネル工学研究論文・報告集第12巻報告（66），2002.11.
- 3) 岡崎麻里・杉本光隆・Aphichat Sramoom：大深度地下シールドトンネル用セグメントの設計方法に関する一考察，土木学会年次学術講演会講演概要集， /433，2003.9.

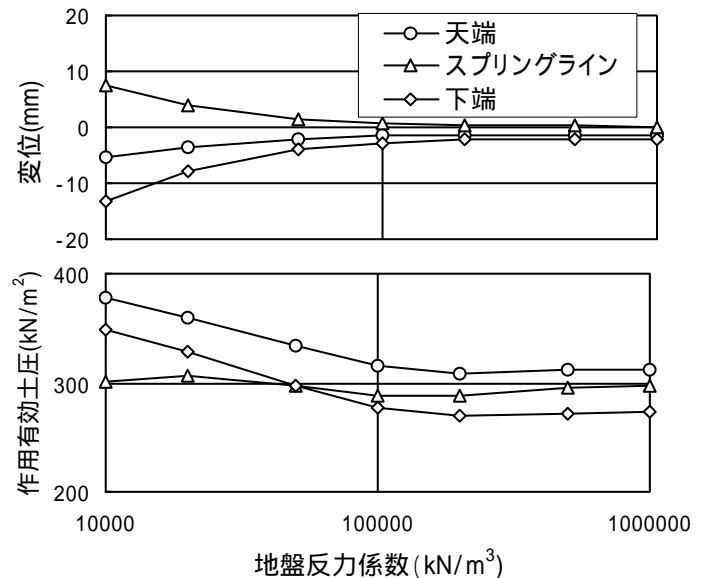


図2 変位・作用有効土圧への地盤反力係数の影響

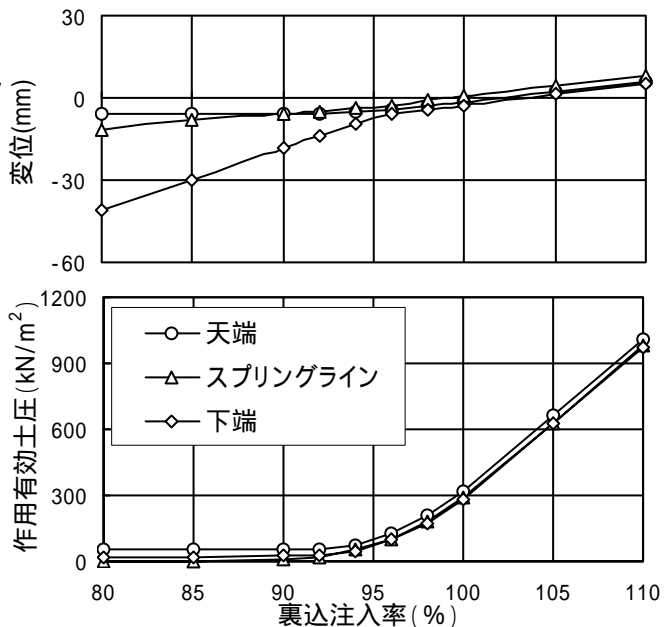


図3 変位・作用有効土圧への裏込注入率の影響

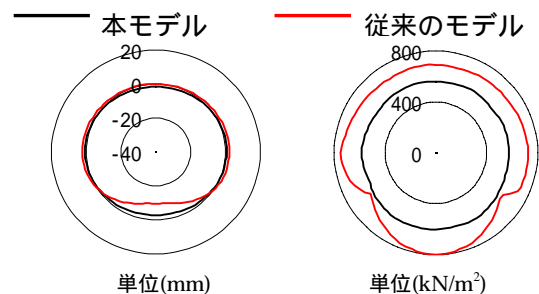


図4 変位分布図 図5 作用土水圧分布図

表2 裏込注入率（%）

計測断面	地盤反力係数 (kN/m ³)			
	10000	20000	50000	100000 以上
寝屋川北部			80 ~ 85	90 ~ 95