

粘性土地盤に位置するシールドトンネルを対象とした側方土圧係数の検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○藤田 輝一 船越 宏治
木下 果穂 津野 究

1. 目的

本検討では、粘性土地盤に位置する鉄道シールドトンネルの単線および複線断面を想定し、地盤反力係数と側方土圧係数を変えたパラメトリックスタディを実施したので、結果について報告する。

2. 検討概要

応答値の算定は、鉄道構造物等設計標準¹⁾(以下、鉄道標準)に従い、はりばねモデルを用いた。検討対象は粘性土地盤に位置する鉄道シールドトンネルとし、土盛り15mで地下水位をGL-1.5mと設定した。トンネル内径は単線および複線を想定し、 $D_i=6.0\text{m}$ 、 8.8m の2パターンとした。一次覆工はRCセグメントを組立てて構築するものとし、継手形式はボルト継手とした。図1に単線断面での検討条件を示す。また、トンネルの諸元を表1に整理した。配筋はセグメント幅を考慮し、鉄筋の中心間隔が100mm程度となるように設定した。解析ケースとして、表2に示すように地盤反力係数と側方土圧係数の組み合わせを考慮し、単線と複線で合わせて計244ケースを実施した。

解析に用いた材料物性値を表3に示す。はりばねモデルに用いる継手ばねとして、セグメント継手は、軸力を考慮したバイリニアモデルの回転ばねでモデル化し(図2)、リング継手にはせん断ばねでモデル化した。設計作用として、土圧、水圧および自重を考慮した。鉛直土圧は全土盛り圧とし、側方土圧は頂部およびSL位置における土圧から、その分布を算出した。土水の扱いを土水分離とする場合、水圧はトンネルの法線方向に作用するものとした。解析により得られた応力度と許容応力度を比較し、照査値として整理した。

3. 検討結果

3. 1 土水一体の場合

図3、図4に土水の扱いを土水一体として単線、複線ごとに整理した結果を示す。図3は地盤反力係数が0、 2500kN/m^3 のそれぞれにおいて、側方土圧係数が0.70～0.60の範囲で0.01刻みに値を変えたものを表している。

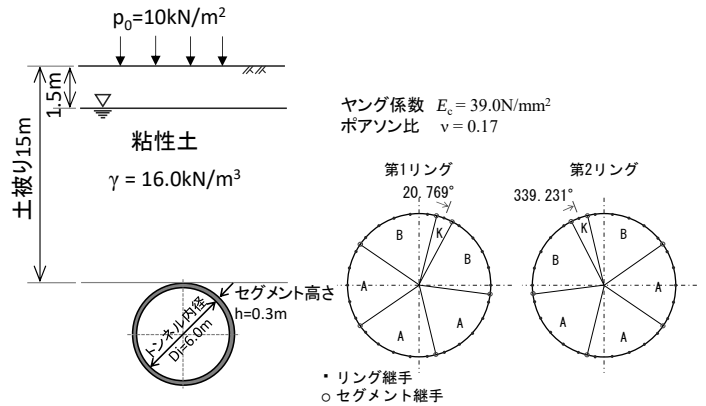


図1 検討条件(単線断面 $D_i=6.0\text{m}$)

表1 トンネルの諸元

	単線	複線
トンネル外径 D [m]	6.6	9.7
セグメント高さ h [cm]	30	45
セグメント幅 B [m]	1.2	1.6
継手ボルト	M30(8.8)2段	M30(8.8)2段
継手板厚さ t [mm]	27	27
配筋	D22@10 D22@10	D22@13 D22@13

表2 解析ケース(単線、複線)

(a) 土水一体の場合

地盤反力係数 (kN/m^3)	0	2,500	5,000	6,250	7,500	8,750	10,000
側方土圧係数 λ							
0.70～0.60(0.01毎)	11ケース	11ケース					
0.60～0.50(0.01毎)			11ケース	11ケース	11ケース	11ケース	
0.50～0.45(0.01毎)							6ケース

計72ケース

(b) 土水分離の場合

地盤反力係数 (kN/m^3)	5,000	6,250	7,500	8,750	10,000
側方土圧係数 λ					
0.60～0.50(0.01毎)	11ケース	11ケース	11ケース	11ケース	
0.50～0.45(0.01毎)					6ケース

計50ケース

表3 材料物性値

コンクリート	
設計基準強度	f_{ck} 48.0N/mm ²
ヤング係数	E_c 39.0N/mm ²
鉄筋(SD345)	
引張降伏強度	f_{syk} 345N/mm ²
ヤング係数	E_s 200kN/mm ²
継手の引張ばね定数	
単線	正曲げ k_j 1,269,044kN/m
	負曲げ k_j 3,544,063kN/m
複線	正曲げ k_j 426,736kN/m
	負曲げ k_j 601,050kN/m

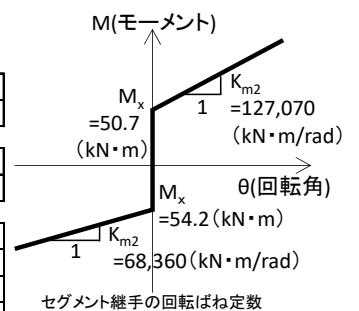


図2 ばねの特性値(単線)

キーワード : シールドトンネル, 粘性土, 許容応力度設計法, 地盤反力係数, 側方土圧係数
連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL : (042)573-7266

同様に、図4は地盤反力係数が5000, 6250, 7500, 8750kN/m³のそれぞれにおいて、側方土圧係数を0.60~0.50の範囲で変えたものを表している。本検討では、照査値の傾向を確認するため覆工厚を一定としていることから、応力度が許容応力度を越えているものがある。図3において単線と複線を比較すると、同程度の照査値を示し、増加傾向は同様であるが、図4では△で示す単線のほうが複線に比べ、照査値は全体的に小さい結果である。また、単線と複線それぞれにおいて、地盤反力係数が大きいほうが照査値は小さい傾向が確認できる。一方、側方土圧係数が小さくなるにつれ、照査値は大きくなる傾向であることが確認できる。

3. 2 土水分離の場合

図4と同様のパラメータで、土水の扱いを土水分離として実施した結果を図5に示す。単線、複線ともに全体として土水一体の場合よりも照査値が小さくなっていることが分かる。ただし、側方土圧係数や地盤反力係数の変化による照査値の傾向は土水一体と同様であることが分かる。

4. 側方土圧係数と地盤反力係数の感度

側方土圧係数と地盤反力係数の変化の感度を確認するため、N値4相当の地盤（地盤反力係数5000kN/m³および側方土圧係数0.6）を基準にパラメトリックスタディを行った。なお、地盤反力係数はトンネル標準示方書²⁾を、側方土圧係数は鉄道標準を参考にした。N値が4~8相当の地盤を対象にし、地盤反力係数は5000~10000kN/m³で、側方土圧係数は0.60~0.50の範囲で変化させ、土水一体の条件で行った。地盤反力係数と側方土圧係数を同じ指標で表すため、N値に換算してプロットしたものを図6に示す。図より、側方土圧係数の変化が照査値に与える影響は、地盤反力係数の変化が与える影響と同程度であることが確認できる。

5. まとめ

土水一体、土水分離の条件に関わらず、地盤反力係数が大きなほうが照査値は小さく傾向であり、側方土圧係数が小さくなるにつれ照査値は大きくなる傾向であることが分かった。また、側方土圧係数の変化が照査値に与える影響は、地盤反力係数と同程度であることが分かった。

参考文献

- 1) 丸善出版: 鉄道構造物等設計標準・同解説(シールドトンネル), 1997
- 2) 土木学会: トンネル標準示方書(シールド工法編)・同解説, 2016

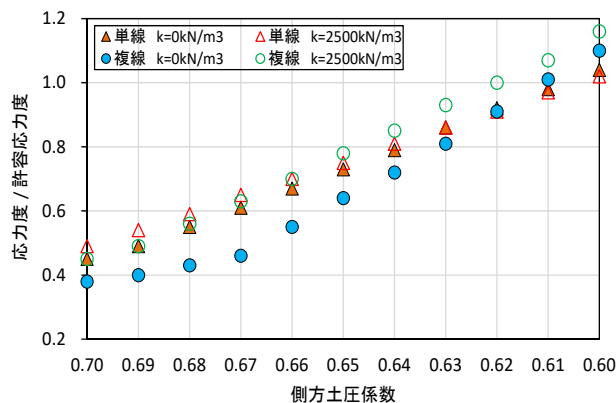


図3 解析結果比較(土水一体, $\lambda=0.70\sim0.60$)

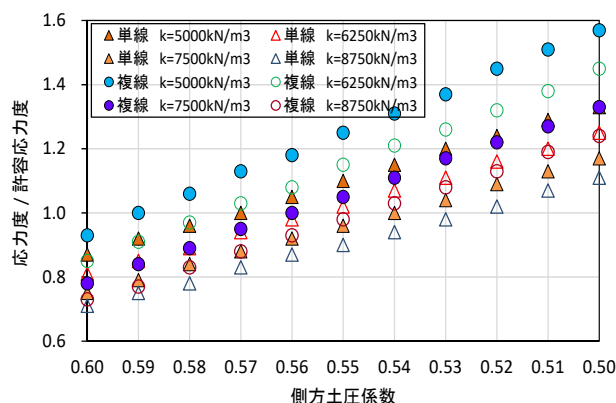


図4 解析結果比較(土水一体, $\lambda=0.60\sim0.50$)

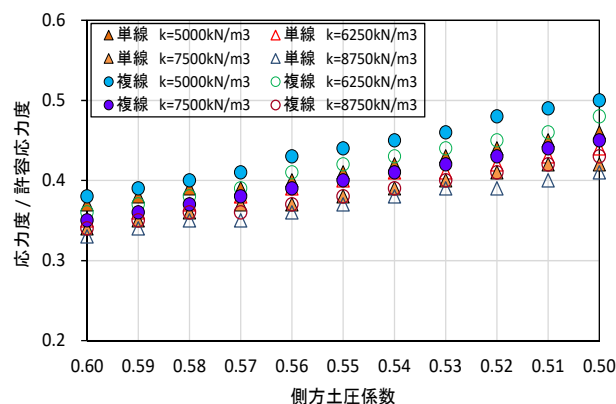


図5 解析結果比較(土水分離, $\lambda=0.60\sim0.50$)

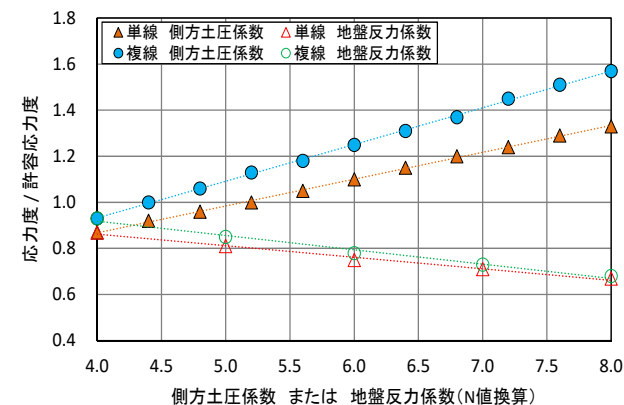


図6 側方土圧係数と地盤反力係数の感度
(土水一体, N値4相当を基準に検討)