

鉄道開削トンネルの設計法の変遷調査（2）

一 地盤の設計用値の違いが発生断面力に及ぼす影響 一

金沢工業大学 学生員 ○西尾 昭希

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 坂田 智基

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 室谷 耕輔

金沢工業大学 正会員 木村 定雄

1. はじめに

鉄道事業における構造物の設計法は、事業者が国土交通省に実施基準を申請し認可を得る法律に従っている¹⁾。この法律は、新規建設はもとより、大規模リニューアル(改築や改造など)にも適用される。ここで、大都市部の既存構造物をみると、供用後50年が経過するものが増大しつつある。また、施設利用の利便性など、時代に応じて機能向上が求められている。その一方で、構造物の設計法は合理化され変遷してきている。すなわち、路線ごとに設計法に適用する荷重系や構造モデルが設定されている²⁾。例えば、開削トンネルの躯体の設計における鉛直方向の頂部荷重をみると、1925年以降、土の湿潤・飽和単位体積重量を用いて土被り土水圧を求めていた³⁾。一方、2001年からは、地盤のN値と単位体積重量の特性値との関係を定め、湿潤、飽和、水中の条件ごとに土の単位体積重量を選定している⁴⁾。また、水平土圧の算定をみると、1959年以降、土水一体として扱う粘性土地盤の場合においても、土の内部摩擦角からランキンの土圧係数式を用いて主働土圧係数を求め、これを側方土圧係数としていた²⁾。その後、1986年からは、軟弱粘性土層のN値と土圧係数との関係を定め、この土圧係数を側方土圧係数としている^{5),6)}。他方、開削トンネルに作用する水圧の算定では、1959年以降、対象地盤の地下水位が用いられていた。その後、2001年からは、揚水規制による地下水の復水を考慮し、地下水の高水位および低水位を設計水位としている。このように、躯体の断面力算定に用いる荷重の考え方は、過去と現在では異なる。そこで、今後の設計の合理性を考えると、荷重の算定方法の違いが発生断面力に及ぼす影響を把握することが重要と考える。

本報告は、1層2径間の鉄道開削トンネルを例として、側方土圧係数、土の単位体積重量および地下水位の設計用値の違いが発生断面力に及ぼす影響を検討する。

2. 検討条件

1950年代後半、東京下町に建設された1層2径間の鉄

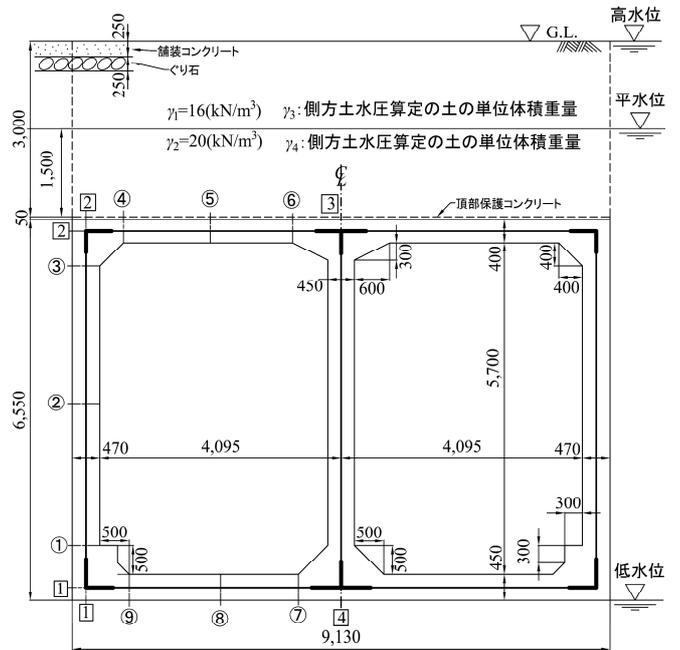


図1 1層2径間の横断面

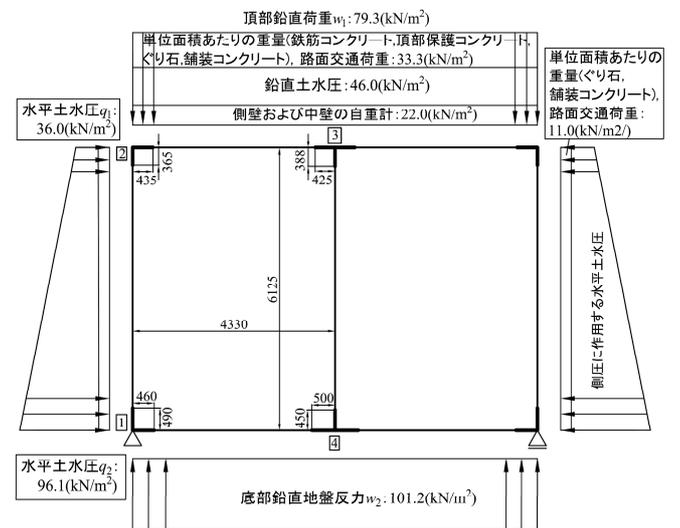


図2 荷重および支点条件

表1 部材の諸量

	上床版	下床版	側壁	中壁	剛域
コンクリートのヤング係数 E_c (kN/mm^2)	21※				
断面積A (m^2)	0.40	0.45	0.47	0.45	-
断面二次モーメントI ($\times 10^{-3}\text{m}^4$)	5.3	7.6	8.7	7.6	$I_r=1000$

※鉄筋コンクリート標準示方書昭和33年版

道開削トンネルの断面の例を図1に示す。この断面を対象として、建設当時と現在の設計用値を用いて断面力を算定し、設計用値の違いが断面力に及ぼす影響を検討する。部材の諸量を表1に示す。地盤条件は土被りが20m程度とし、粘性土地盤の土水一体として土水圧を定める。断面力算定法は、2004年以降、実施基準で用いている連続体の離散化モデルによる数値計算法を用いる。図2は荷重図および支点条件を示したものである。水平土水圧の算定にあたっては、自重を除く頂部鉛直荷重に側方土圧係数を乗じて算定する。土の単位体積重量、地下水位および側方土圧係数を要因とした計算ケースを表2に示す。S34のケースは、建設当時の設計用値である。R3のケースは、建設当時の土圧係数に用いた内部摩擦角(20°)を $\phi = \sqrt{20N} + 15$ 式⁶⁾に代入してN値(1.25)を算定し、軟弱粘性土層のN値と土圧係数との関係⁹⁾から求めた側方土圧係数を用いたものである。

3. 検討結果

S34のケースおよびR3のケースの曲げモーメント図を図3a)に示す。なお、図中の網掛けは、ハンチ部の範囲を示している。S34およびR3ともに、下床版のハンチ部①で負の最大曲げモーメントが生じ、R3の値は水位の影響も考慮すると、S34の値と比べて12%(低水位)~44%(高水位)大きい。また、上下床版の中央部⑤と⑧で正の最大曲げモーメントが生じ、S34とR3はほぼ同じ値となり、側方土圧係数、土の単位体積重量および地下水位の影響は小さい。他方、側壁の中央部②で正の最大曲げモーメントが生じ、R3の値は側方土圧係数の影響を受け、S34の値と比べて約60%大きい。

次に、土の単位体積重量の要因に着目する。図3b)は、側方土圧係数を0.49とした、S34 平水位、R3 土単重①(低水位)およびR3 土単重②(高水位)の曲げモーメントを示したものである。3者ともに、下床版のハンチ部①で負の最大曲げモーメントが生じる。とくに、湿潤、飽和単位体積重量の値が小さくなると、R3 土単重①(低水位)の値は、S34 平水位の値と比べて約20%曲げモーメントが小さくなる。上床版の中壁部③で負の曲げモーメントが生じ、R3 土単重①(低水位)の値は、S34 平水位の値と比べて約26%大きい。他方、側壁の中央部②で正の最大曲げモーメントが生じ、R3 土単重①(低水位)の値は、S34 平水位の値と比べて約40%小さくなる。

謝辞

本報告の作成にあたり、東京地下鉄(株)から資料を提供していただきました。ここに感謝の意を表します。

表2 計算ケース

ケース	側方土圧係数	土の単位体積重量(kN/m ³)		地下水位(G.L.) (m)
		湿潤: γ_3	飽和: γ_4	
S34平水位	0.49	16	20	-1.5
R3平水位	0.8	16	16	-1.5
R3高水位	0.8	19	19	0
R3低水位	0.8	13	13	-9.6(下床版, 下面)
R3土単重①(低水位)	0.49	13=(16×0.8) ^{4)参考}		-1.5
R3土単重②(高水位)	0.49	19=(16×1.2) ^{4)参考}		-1.5

※S34: 2号線設計示方書, R3: 令和3年度鉄道構造物等設計標準・同解説-開削トンネル

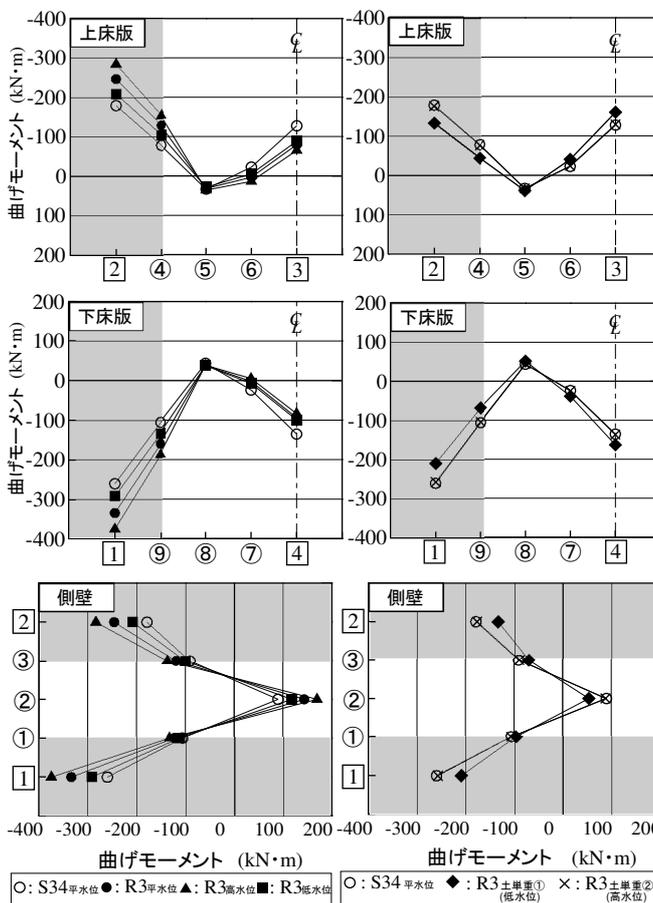


図3 各種要因の影響

参考文献

- 1) 土木関係技術基準調査研究会編著: 解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第三版, 国土交通省鉄道局監修, p.12, 2014.
- 2) 例えば, 帝都高速度交通営団建設部: 2号線設計示方書案, 1959年, 1960年改訂, 1961年増補.
- 3) 例えば, 東京地下鉄株式会社: 3号線構築の標準設計 設計方針, 1924.
- 4) 財団法人鉄道総合技術研究所: 令和3年度鉄道構造物等設計標準・同解説-トンネル・開削編, pp.95-100, 2021.
- 5) 土木学会トンネル工学委員会: トンネル標準示方書(開削編)・同解説, p.24, 1986.
- 6) 東京地盤調査研究会: 東京地盤図, p.18, p.19, 1959年, 1961年2刷発行.