

鉄道開削トンネルの設計法の変遷調査

掘削深が 20m 以深における地盤の設計用値の違いが発生断面力に及ぼす影響

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の適用は、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きている²⁾。

例えば、東京における開削トンネルの設計における水平土水圧の算定をみると、1924 年以降、掘削深が 20m 程度するとき、粘性土地盤の土水一体として土水圧を定めていた。一方、1978 年以降、砂質土地盤の土水分離を用いて土水圧を定めていた。また、側方土圧係数をみると、1924 年以降、ランキンの主働土圧係数を側方土圧係数としていた。他方、1976 年からは、ヤーキーの静止土圧係数を側方土圧係数としている。さらに、土留め壁の構造形式をみると、1956 年以降、親杭横矢板を土留め壁に用いていた。その後、1976 年からは、親杭横矢板に加えて、地下連続壁を土留め壁としている³⁾。このように地盤の性質および土留め壁の構造形式の違いに応じて、断面力算定に用いる荷重の考え方は変化してきている。既往の研究では、構造モデルおよび荷重の設計用値の違いが発生断面力に及ぼす影響を検討した^{4),5)}。

本報告は、2 層 3 径間の鉄道開削トンネルを例として、側方土水圧の考え方および側方土圧係数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

1970 年代後半、東京山手に建設された 2 層 3 径間

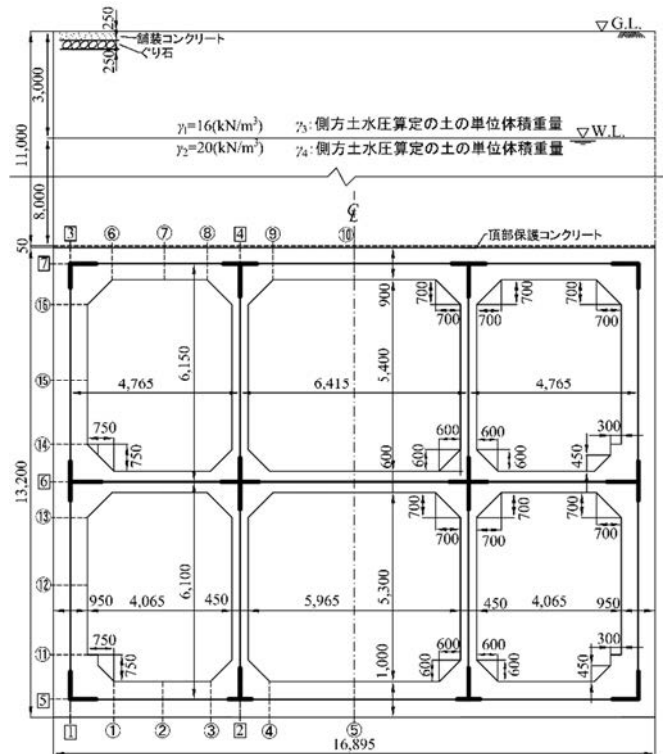


図 1 2 層 3 径間の横断面

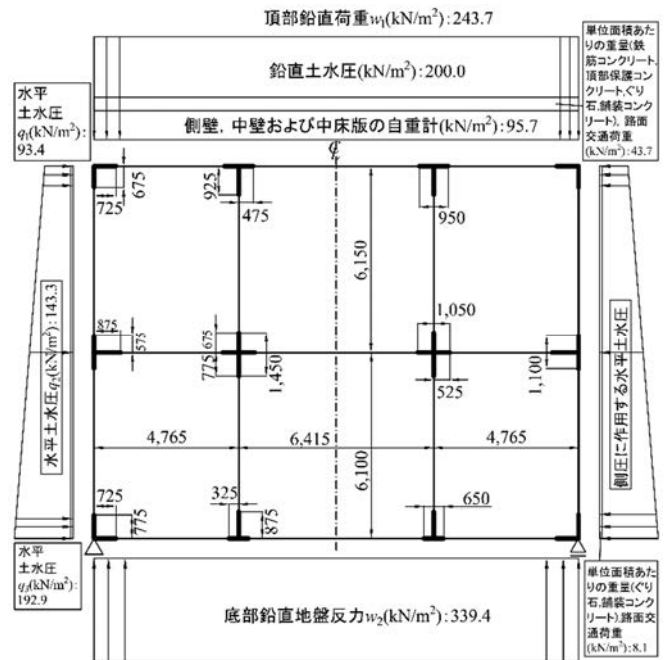


図 2 荷重図および支点条件

キーワード 開削トンネル, トンネル設計法, ランキンの主働土圧係数, 静止土圧係数
 連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1 地域防災環境科学研究所 TEL:076-274-7004 FAX:076-274-7102

の鉄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。表1は対象の構造物における部材の諸量を示したものである。地盤条件は掘削深が20mより深く、互層であることから、土水一体および土水分離の両者の側方土水圧を検討する。断面力算定には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当たっては、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。

表2は側方土水圧の考え方を要因とした計算ケースを示したものである。S51のケースは、建設当時の考え方であり、ランキンの主動土圧係数から算定した側方土圧係数を与えている。R3のケースは土水分離を用いて土水圧を与えている。R3地下連続壁のケースは、土水一体で地下連続壁を用いることで、静止土圧となる場合のケースである。

3. 検討結果

S51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、剛域となる接合部の範囲を示している。S51およびR3ともに、下床版と側壁の接合部①で負の最大曲げモーメントが生じ、R3の値は側方土水圧の考え方の影響から、S51の値の約1.3倍となる。また、上下床版の中央部⑤と⑩で正の最大曲げモーメントが生じ、S51とR3はほぼ同じ値となり、側方土水圧の考え方および側方土圧係数の影響は小さい。他方、側壁と中床版の接合部⑥で負の曲げモーメントが生じ、R3の値はS51の値の約2.4倍となる。

次に、側方土圧係数の要因に着目する。図3b)は、側方土水圧の算定式を土水一体としたS51およびR3地下連続壁の曲げモーメントを示したものである。両者ともに下床版と側壁の接合部①で負の最大曲げモーメントが生じる。とくに側方土圧係数の値が大きくなると、R3地下連続壁の値はS51の値の約1.2倍となる。他方、上床版と側壁の接合部④で正の最大曲げモーメントが生じ、R3地下連続壁の値は、S51の値の約0.9倍となる。また、側壁の中央部⑩で正の最大曲げモーメントが生じ、R3地下連続壁の値は、S51の値の約1.8倍となる。

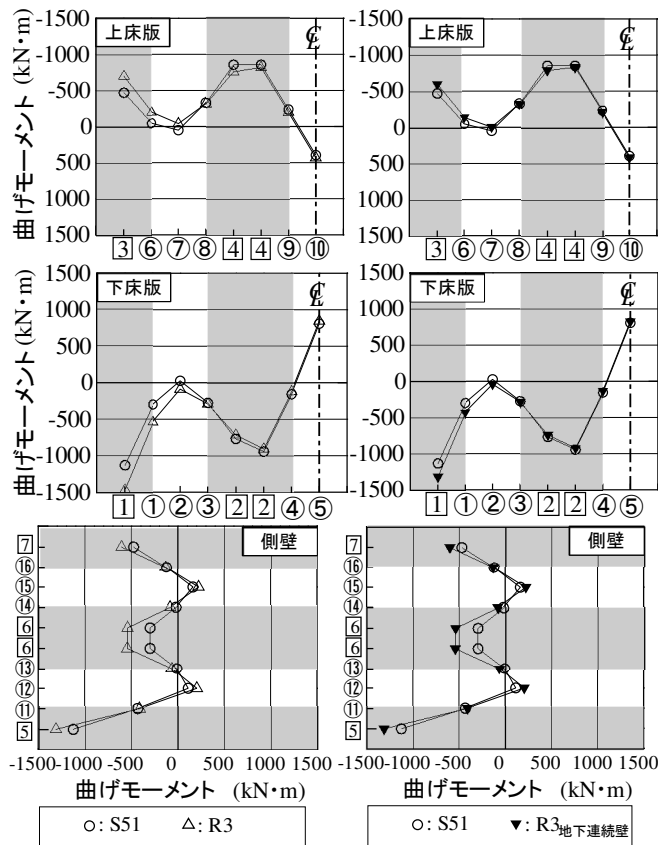
表1 部材の諸量

	上床版	下床版	中床版	側壁	中壁	剛域
コンクリートのヤング係数 E_c (kN/mm^2)	27*($\sigma_{ck}=24\text{kN/mm}^2$)					
断面積 $A(\text{m}^2)$	0.9	1.0	0.6	0.95	0.45	-
断面二次モーメント I ($\times 10^{-2}\text{m}^4$)	6.1	8.3	1.8	7.1	0.76	$I_r=1000$

※コンクリート標準示方書昭和42年版

表2 計算ケース

ケース	側方土水圧の考え方	土の単位体積重量		側方土圧係数	水圧
		$\gamma_3(\text{kN/m}^3)$	$\gamma_4(\text{kN/m}^3)$		
S51	土水一体	16	20	0.406	-
R3	土水分離	18	8	0.577	静水圧
R3地下連続壁	土水一体	16	20	0.577	-



a) S51とR3の曲げモーメント b) 側方土圧係数の影響

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) 渡邊健：開削工法における土留技術および解析技術の変遷，土木学会論文集，VI-1，pp63-73，1984.9.
- 4) 田岡大典ら：鉄道開削トンネルの設計法の変遷調査（1），土木学会中部支部研究発表会，VI-4，2022.3.4.
- 5) 西尾昭希ら：鉄道開削トンネルの設計法の変遷調査（2），土木学会中部支部研究発表会，VI-5，2022.3.4.