

鉄道開削トンネルの設計法の変遷調査 —復水を受ける場合の躯体と地盤との相互作用モデルの検討—

金沢工業大学 学生会員 ○見田 梓
金沢工業大学 正会員 木村 定雄

1. はじめに

地下鉄の設計法は、年代とともに改善され変遷してきている。中でも、東京メトロが設計した鉄道開削トンネルの設計をみると、底部地盤反力の取扱いは、1993年までは底部床版が剛体部材とみなした考え方が用いられていた¹⁾。一方、1993年以降は部材を弾性体とみなし、その部材をwinkler'sの仮定に従う地盤ばねにモデル化する考え方が用いている。本稿はまず、図1-(a)に示す底部の部材を剛体とみなした考え方と、図1-(b)に示す弾性体とみなした考え方を比較し検討する。

さらに、開削トンネルの仮設構造物である土留め工の変遷をみると、止水性の低い土留め工から、止水性の高い土留め工へ変遷している。止水性の低い土留め工法を用いた場合、建設時に地下水位を下床版以下まで下げ、建設後に復水現象が生じている。当時の設計法では、地下水の復水を考慮した設計水位を与え設計を行っている。しかし、図3より復水前の状態1と復水の影響を受けた状態2の構造モデルは異なる。それゆえ、応力履歴を考慮するモデルと考慮しないモデルとでは、発生断面力が異なると考えられる。

現在、シールドトンネルではこのような荷重の変動を受ける設計には、「履歴を考慮しない設計法」と「履歴を考慮する設計法」との2つの設計が併用されている²⁾。しかし、鉄道開削トンネルの設計において、応力履歴を考慮した設計法は見当たらない。

本稿は、2層3径間の鉄道開削トンネルを例として、底部の部材を剛体とみなしたケースと弾性体とみなしたケースに加え、底部の部材を弾性体とみなした時に荷重履歴を考慮したケースと荷重履歴を考慮しないケースとの検討も行う。

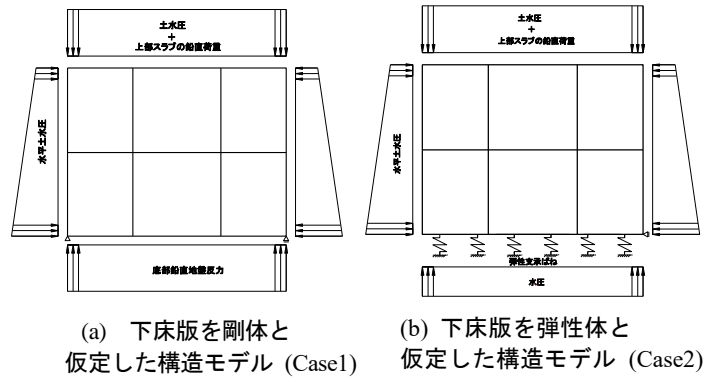


図 1 底部の部材のモデル化の違い

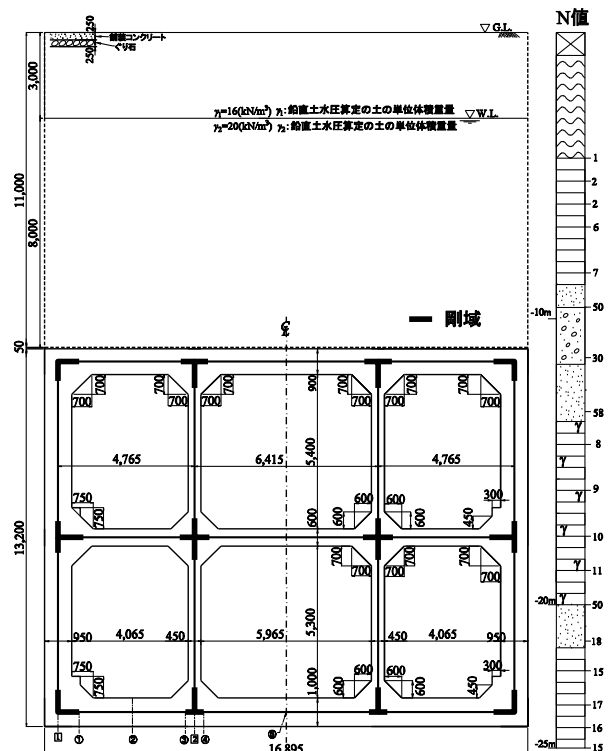


図 2 2層3径間の横断面

表 1 検討ケース

解析 ケース	荷重履歴	地盤の モデル化	k_v [kN/m ²]	側方土圧算定の単位体積 重量 [kN/m ³]	
				地下水位 以上	地下水位 以下
Case1	履歴なし	剛体	-	18	8
Case2			25000		
Case3	履歴あり	弾性体	25000	18	8
			5000		

2. 検討条件

対称構造物には、図2に示す、1970年代後半、東京山手に建設された2層3径間の鉄道開削トンネルの断面を用いる。表1は、検討ケースを示す。図1図3は、断面力算定に用いる構造モデルと支点条件を示す。地盤条件は、一様砂質土、地山を土水分離と仮定し検討を進める。

鉛直地盤反力係数 k_v は、トンネル標準示方書[シールド工法編]³⁾に示されたN値と k_v の関係から、鉛直地盤反力係数 k_v を選定した。本稿では、下床版以下の地盤を非常によく締まった砂質土、埋め戻し土を非常に軟らかい粘性土と仮定し、 k_v を選定した。

断面力算定には2004年以降、実施基準で用いられ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。

3. 検討結果

図4は、底部地盤反力の分布を示したものである。

図5は、Case1とCase2曲げモーメントと軸力を示している。下床版中央部で最大の正の曲げモーメントが生じている。上床版中央部で正の最大曲げモーメントが生じている。

図6は、Case2とCase3曲げモーメントと軸力を示している。下床版中央部で正の最大曲げモーメントが生じている。

参考文献

- 1) 例えば、帝都高速度交通営団建設本部：13号線設計示方書案，平成11年2月，平成16年1月改訂，平成16年4月改訂（東京地下鉄株式会社）。
- 2) 南木聡明，藤田逸郎，小泉淳：荷重履歴を受けるシールドトンネル 横断方向の挙動に関する研究，土木学会論文集 No.750, pp.27-38, 2003
- 3) 土木学会トンネル工学委員会：トンネル標準示方書[共通編]同解説・[シールド工法編]・同解説，2016年改訂，p.55.

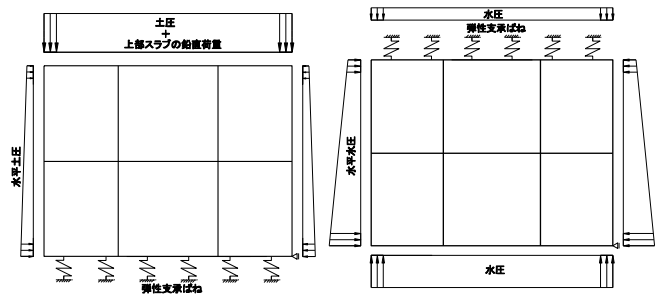


図 3 応力履歴を考慮した構造モデル (Case3)

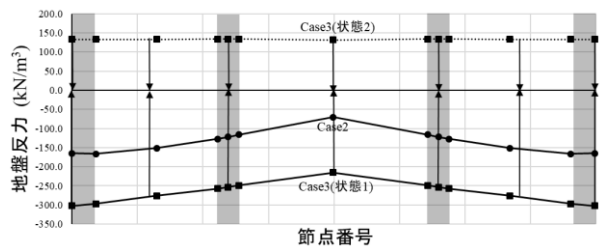


図 4 地盤反力

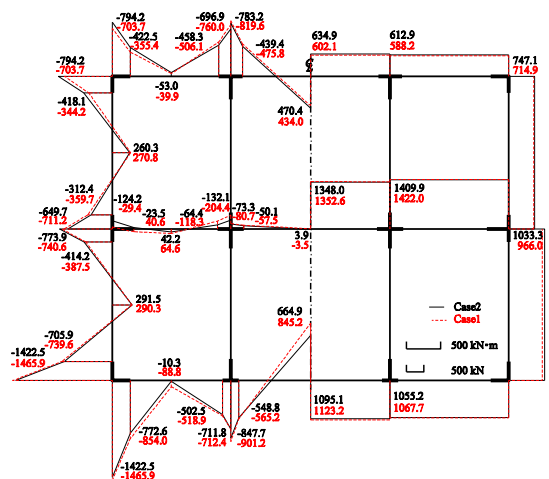


図 5 Case1とCase2の断面力の算定結果

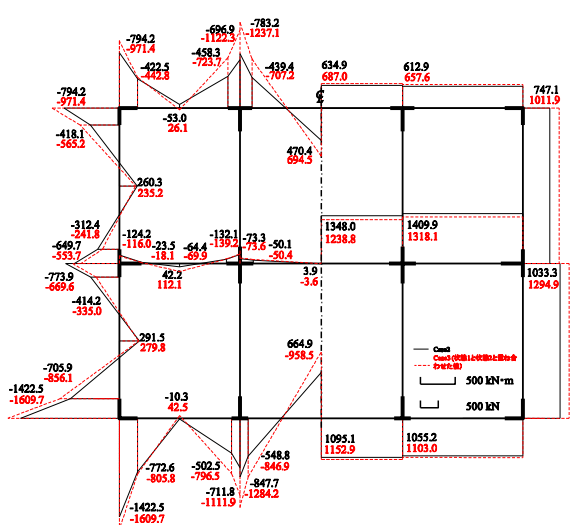


図 6 Case2とCase3の断面力の算定結果