

復水現象の荷重履歴を考慮した既存の開削トンネルの保有耐力の検討

金沢工業大学 学生員 ○見田 梓
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 穴水俊太郎
金沢工業大学 正会員 木村 定雄

1. はじめに

1970 年代，東京山手に建設された開削トンネルの断面を図 1 に示す．建設当初の土留め工法は，止水性が低いことから，地下水位低下工法を併用していた．一方，躯体の設計においては，施工後に地下水が復水することを想定し，G.L.-3.0m を設計水位としていた．他方，現行の開削トンネルの設計では，このような復水現象をも考え，高水位および低水位の両者を設計水位として与え，各々の条件で安全性を照査することとしている．ここで，復水現象を荷重の履歴現象として捉えてみると，低水位から高水位に変化する．すなわち，建設当初は躯体に水圧は作用せず，後から水圧が作用するという荷重履歴が生じていることになる．本稿は躯体の断面力算定において，荷重履歴を考慮した荷重系-構造モデル(図 2)を検討した結果について述べたものである．

2. 検討条件

躯体を構成する部材の諸量を表 1 に示す．地盤条件は土被りが 11m であり，土質条件は図 1 中に示すとおりである．本検討では復水現象を考慮することから，側方土圧係数は土水分離の考え方をを用いた．また，側方土圧の大きさは，上下床版の軸圧縮力に影響するため，主働土圧と静止土圧の両者とした．荷重履歴を考慮しない現行の荷重系-構造モデルを図 3 に示す．底部地盤反力は Winkler 型の弾性支承で評価した．地盤反力係数 k_v は，底部地盤反力係数がよく締まった砂質土として $k_{v底}$

表 1 部材の諸量

	上床版	中床版	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)	25.5					
鉄筋のヤング係数 E_s (kN/mm ²)	210					
断面積 A (m ²)	0.90	0.60	1.00	0.95	0.45	—
断面二次モーメント I (×10 ⁻² m ⁴)	6.1	1.8	8.3	7.1	0.76	1.0 ×10 ⁶

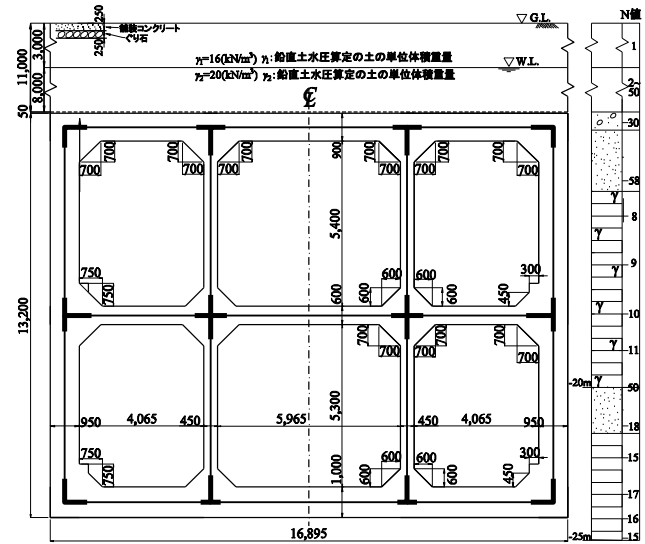


図 1 2 層 3 径間の断面

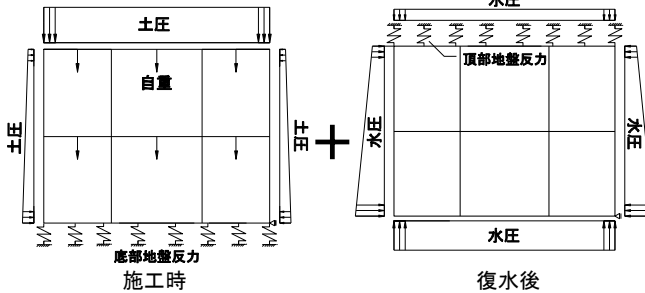


図 2 荷重履歴を考慮した躯体の荷重系-構造モデル

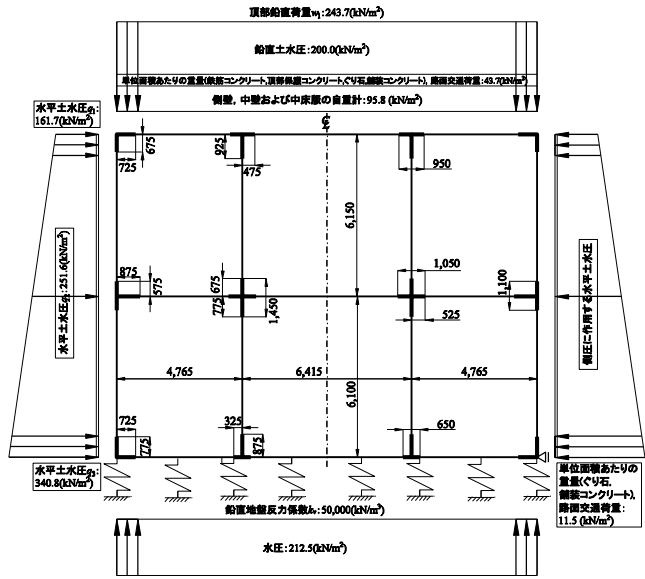


図 3 荷重履歴を考慮しない荷重系-構造モデル

キーワード 開削トンネル，復水現象，荷重履歴
連絡先 〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1 地域防災環境学研究所 TEL 076-274-7704 FAX 076-274-7102

表 2 検討ケース

検討ケース	荷重履歴	側方土圧係数	
Case1	履歴を考慮しない (現行法の高水位)	静止土圧	0.577
Case2	履歴を考慮する	静止土圧	0.577
Case3		主働土圧	0.406

=50MN/m²，頂部地盤反力係数は中位の粘性土として k_v 頂=10 MN/m² とした．検討ケースを表 2 に示す．Case1 は荷重履歴を考慮しないケースであり，Case2 および Case3 は荷重履歴を考慮するケースである．側方土圧係数の設定にあたっては，静止土圧は $\phi=25^\circ$ として Jaky の式から算定した値，また，主働土圧は Rankine の式から算出した値とした．

3. 検討結果

Case1 と Case2 の曲げモーメンおよび軸力を図 4 に示す．両ケースともに，上床版と下床版のスパン中央で最大曲げモーメントが生じ，Case2 は Case1 と比べて，上床版で約 1.4 倍，下床版で約 1.5 倍となる．したがって，荷重履歴を考慮すると上下床版の曲げモーメントは大きくなる．Case2 と Case3 の曲げモーメントおよび軸力を図 5 に示す．Case2 と Case3 の上下床版のスパン中央における曲げモーメントは，ほぼ同じである．一方，軸圧縮力は Case3 は Case2 の約 0.9 倍と小さくなる．上床版と下床版のスパン中央の部材断面の終局限界状態の耐力曲線を図 6 に示す．図中の実線は部分安全係数が 1.00 の耐力曲線，破線は部分安全係数が 1.43 の耐力曲線を各々示している．部分安全係数 1.43 は部材係数を 1.1，材料係数を 1.3 として，それらを乗じた値である．また，耐力曲線に対する安全率を表 3 に示す．部分安全係数 1.00 の場合，Case1 と Case2 の安全率はそれぞれ上床版では 2.86，1.63，下床版では 4.10，2.47 となる．同様に Case2 と Case3 をみると，上下床版ともに Case3 は Case2 と比べて安全率が小さい．さらに，部分安全係数 1.43 の場合，荷重履歴を考慮した Case2 および Case3 の上床版における安全率は，1.00 に近い値となる．したがって，復水現象を伴う躯体の断面力算定では，荷重履歴を考慮した荷重系-構造モデルを用いると，設計用断面力が大きくなる傾向がみられ，安全側の解が得られるものと考えられる．

参考文献

1) 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

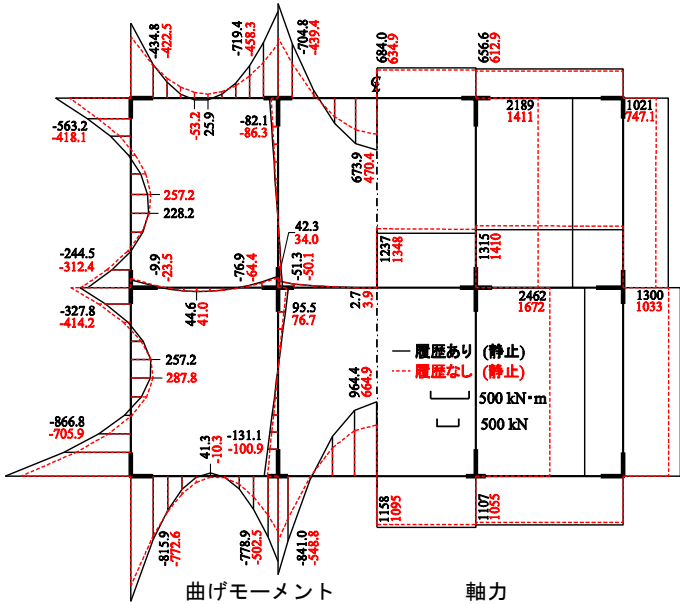


図 4 断面力の算定結果（荷重履歴の有無）

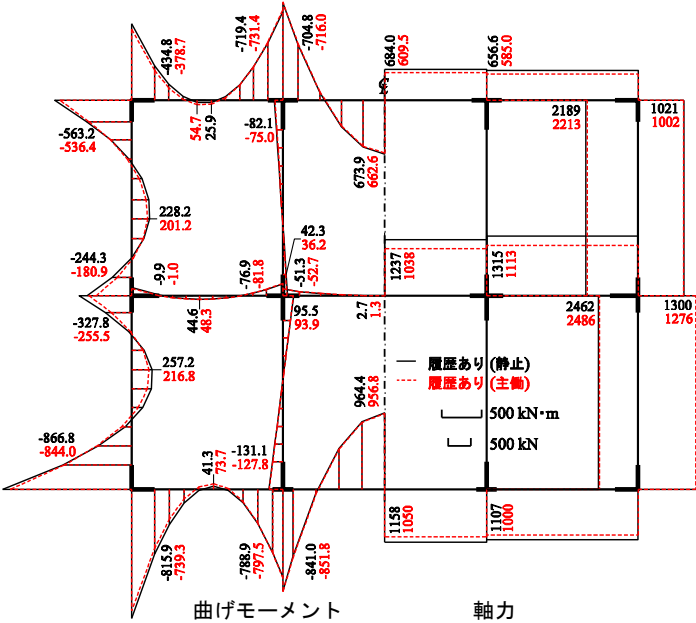


図 5 断面力の算定結果（側方土水圧の考慮）

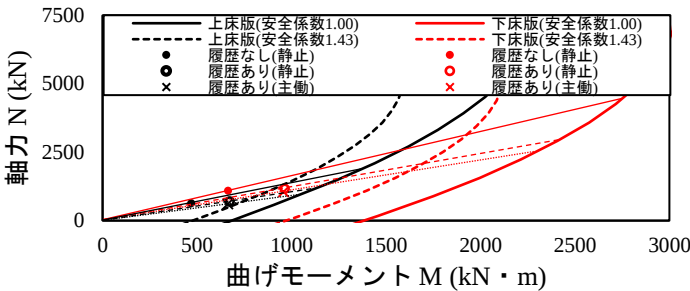


図 6 耐力曲線（上床版・下床版のスパン中央）

表 3 耐力曲線に対する安全率

	部分安全係数	Case1	Case2	Case3
		履歴なし（静止）	履歴あり（静止）	履歴あり（主働）
上床版	1.00	2.86	1.63	1.56
下床版	1.00	4.10	2.47	2.40
上床版	1.43	1.98	1.17	1.09
下床版	1.43	2.89	1.73	1.70