

都心部での非開削切掘り工法における支保工の挙動再現に関する検討

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○松本 拓未
長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

1. はじめに

東京地下鉄(株)では、地下鉄副都心線の路線延長全体で、最深部となる雑司が谷駅と西早稲田駅の間地点付近にポンプ室を構築した。中間ポンプ室は交通量の激しい交差点直下であり、かつ、土被りは約33mであった。トンネルより上方の地下に大型埋設物が輻輳する点を考慮し、非開削で切り抜ける工法(Pss-Arch 工法)を採用した。既往の研究で、ポンプ室より下方の砂質土地盤の剛性を変化させ実挙動の再現を試みたが、解析値が計測値と異なる結果となった。そこで、本報告では、ポンプ室上方の粘性土地盤の剛性も変化させて3次元FEM解析を行い、支保工の掘削時挙動と構造物に作用する荷重を再現することを試みた。

2. 施工概要

ポンプ室の掘削は4回に分けて行った。1次掘削で上部を掘削後、上床版を打設し、上床版と曲線パイプルーフの間は高流動コンクリートを打設した。2次掘削以降、ポンプ室を逆巻きで打設し、4次掘削で下パイプルーフまで掘削を行った。

3. 解析概要

(1) 解析方針

計測結果によって確認した支保工の挙動を解析によって再現することを試みる。土質調査から求めた地盤の変形係数を case1 とすると共に、ポンプ室上方の砂質土地盤の変形係数を土質調査の値の3倍とする case2、ポンプ室周辺の砂質土地盤と粘性土地盤の変形係数を3倍にする case3。さらに、既往の研究で、計測値と解析値の差が2次掘削以降で大きくなったことから、2次掘削以降のポンプ室周辺の砂質土地盤と粘性土地盤の変形係数を3倍にしたものを case4 として解析を行う。なお、今回の解析には Soil+Static を使用した。

(2) 解析条件

表-1~4 に地盤、曲線パイプルーフ、変形防止鋼材、ばねの物性値をそれぞれ示す。曲線パイプルーフは、挿入後に鋼管内を中詰めコンクリートで充填したため、鋼管とコンクリートの合成構造とした物性値を使用した。地盤の物性値は、周辺粘性土を Kac1*, 周辺砂質土を Kas1* とし示した値は、土質調査から求めた地盤の変形係数の3倍の値である。曲線パイプルーフと地盤をつなぐばね要素は、引張方向には抵抗せず、圧縮方向には微小な変位しか生じさせないような表-4 の剛なばねとした。

(3) 解析モデル

図-2、図-3 は3次元解析モデルを示したものである。解析領域は縦方向と横方向に

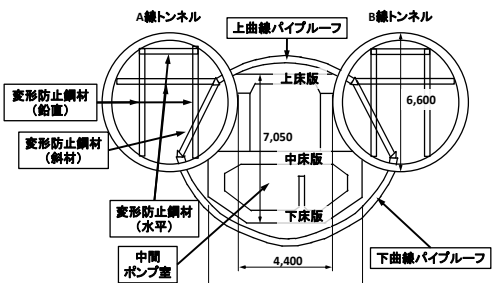


図-1 中間ポンプ室施工概要図

表-1 地盤の物性値

		粘性土 (Kac1)	粘性土 (Kac1)*	砂質土 (Kas1)	砂質土 (Kas1)*
単位体積重量 γ	(kN/m^3)	17		18	
変形係数 E	(kN/m^2)	54,400	163,200	75,300	225,900
ポアソン比 ν		0.35		0.35	
粘着力 C	(kN/m^2)	260		0	
内部摩擦角	($^\circ$)	0		42	

表-2 曲線パイプルーフの物性値

		1本あたり
ヤング係数E	(kN/m^2)	5.500×10^7
断面積A	(m^2)	6.229×10^{-2}
断面二次モーメントI	(m^4)	3.707×10^{-4}

表-3 変形防止鋼材の物性値

		1本あたり
鋼材		H-250 $\times$ 250
ヤング係数E	(kN/m^2)	2.1×10^8
ポアソン比 ν		0.3
断面積A	(m^2)	9.143×10^{-3}
断面二次モーメントI	(m^4)	1.070×10^{-4}

表-4 ばねの物性値

		Kac1	Kas1
軸圧縮方向ばね定数	(kN/m)	1.0×10^6	
せん断方向ばね定数	(kN/m)	19584	27108
粘着力 C	(kN/m^2)	260	0
内部摩擦角	($^\circ$)	0	42

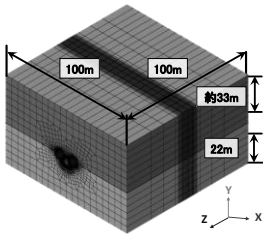


図-2 解析モデル (全体)

キーワード シールドトンネル、非開削工法、曲線パイプルーフ

連絡先 〒949-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校長岡工業高等専門学校 TEL 0258-32-6435

ポンプ室の幅の約 10 倍の 100m, 鉛直方向は, 上方領域に全土被りの約 33m, 下方領域にシールドトンネル外径の約 3 倍の 22m とした. 境界条件は, 側面では面直行軸方向, 下端では全方向を拘束した. 地盤とポンプ室躯体, および吹付けコンクリートをソリッド要素で評価し, セグメントの主桁と曲線パイプルーフ, 変形防止鋼材をはり要素でモデル化した. セグメントのスキンプレートは板要素で表現した.

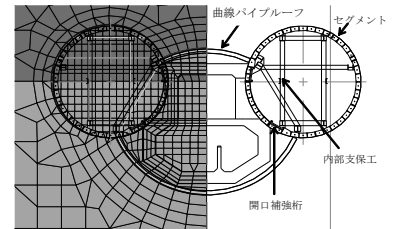


図-3 解析モデル (ポンプ室部)

(4) 解析段階

図-4は解析段階を示したものである.解析は,図-4のように実際の施工手順に合わせて行った. なお,今回は全ての施工段階で,応力解放率は100%とした.

4. 計測値と解析値の比較

計測値と4つのcaseの解析値を比較する.着目する施工段階は,図-4に示したように上半1次掘削時をstep1,上半2次掘削時をstep2,上半3次掘削時をstep3,下半掘削時をstep4とする.

図-5は曲線パイプルーフと変形防止鋼材における軸力と曲げモーメントの計測値と解析値の比較を表したものである.

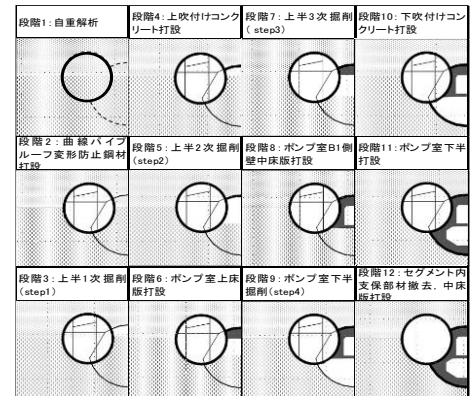


図-4 解析段階

(1) 曲線パイプルーフ

上側曲線パイプルーフの曲げモーメントは,計測値に比べ解析値がやや小さい結果となった.軸力は,step1でcase1とcase2,case4の解析値が計測値とほぼ一致したが,case3の解析値のみが計測値の約半分の大きさとなった. step2で全caseの解析値が大きく増加し,その後のstepでは計測値よりも大きい値となった.

下側曲線パイプルーフの曲げモーメントは,計測値と解析値共に値が小さく,ほぼ一致した.軸力は,計測値がほぼ0であるのに対し,解析値は大きく,特にstep2以降の増加が大きい結果となった.

(2) 変形防止鋼材

鉛直1と水平材の軸力は,計測値と解析値共に全てのstepで微小な値であったので図は掲載しない.

鉛直2では,計測値に比べ解析値が大きく,特にstep2以降の差が大きい結果となった.斜材では,全caseのstep1で計測値と解析値がほぼ一致したが,step2以降で計測値と解析値に差が生じ,特にcase1,case3,case4では差が大きい結果となった.

5. まとめ

今回の解析結果から,ポンプ室周辺の粘性土地盤の剛性を変化させることで,曲線パイプルーフと斜材2では,解析値が計測値に少し近づいたが,斜材では計測値と解析値の差が大きくなる結果となった.

今後,地盤の初期の水平方向応力について見直し,実挙動の再現を試みる予定である.

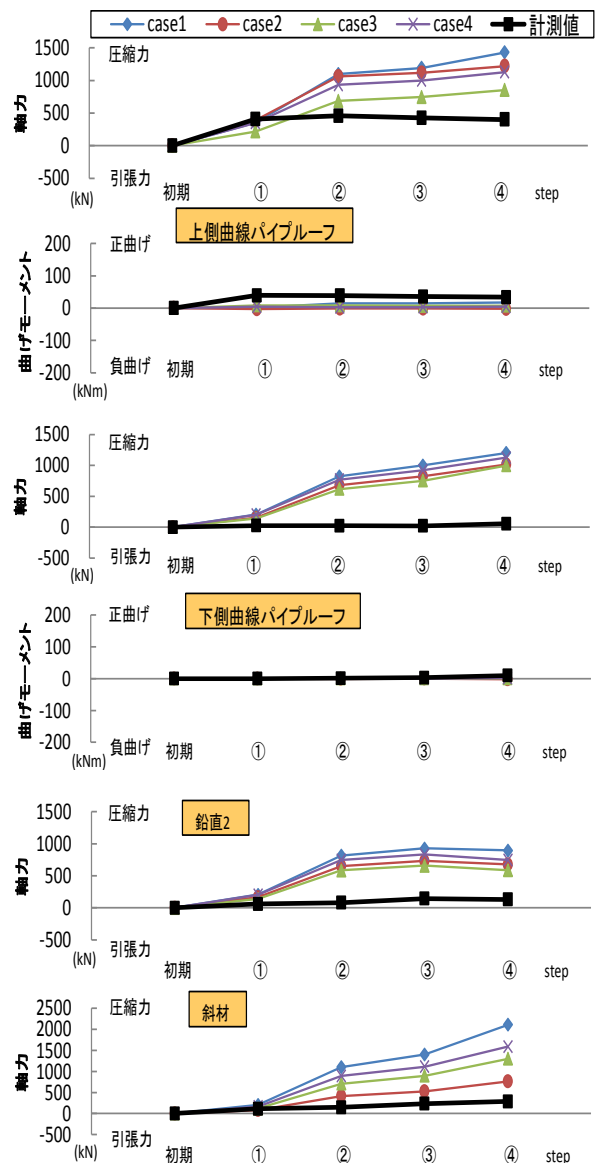


図-5 計測値と解析値との比較