

軟弱地盤開削工事における既設シールドの挙動と計測管理

帝都高速度交通営団 正会員 ○ 荻野竹敏、野焼計史、岡田龍二
フェロー 藤木育雄
西 松 建 設 正会員 山本省吾

1．はじめに

営団において、現在建設中である地下鉄11号線管内の駅部開削トンネルにおいて既設電力シールド（外径4.2m・桁高25cm、リング間ボルトB8T・M24@16本、土圧シールドRC平板セグメント6分割、二次巻き無し）が横断しており、掘削に伴い受け防護を行うこととなった。（図-1参照）

地山が非常に軟弱な有楽町層粘性土であるため、シールドの上載荷重を除去した際のリバウンドの評価が重要であると同時に、シールドを受け防護した後に施工するシールド下方の土留め・掘削を行う際のシールド挙動の把握が重要である。特に軟弱粘性土地盤におけるリバウンドの評価については、予測が困難であるのが実情であり、今回シールドの挙動の解析的評価と計測管理を実施したので、その概要について報告する。

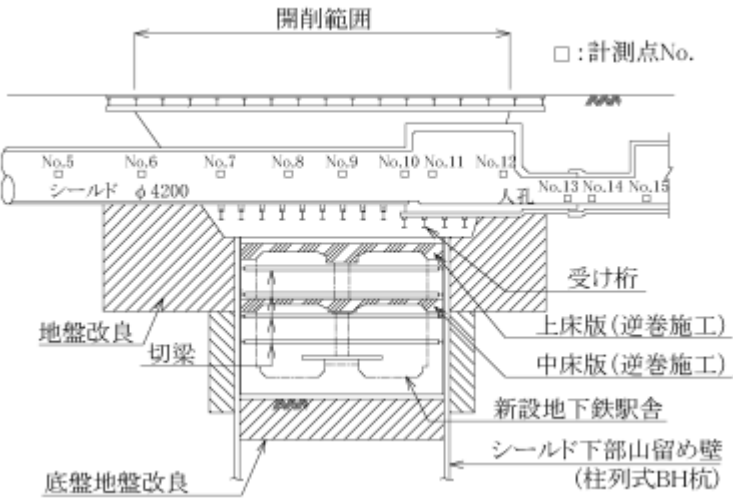


図 - 1 既設シールド開削部横断面図

2．リバウンドによるシールドの挙動予測と計測管理

シールド上部の土砂を掘削・除去することにより、地盤のリバウンド及びそれに伴うシールドの変形が生じる。既設シールド部分については、上載荷重の除去に伴い側圧が支配的となり、荷重バランスが変化する事から、横断方向及び縦断方向に分けて応力照査及び変形量についての検討を行った。（表-1参照）

表 - 1：既設電力シールド検討結果一覧

	解析方法	諸 元	解析結果		
				セグメント断面	継手断面
横断方向	慣用計算法	η =60% ζ =20% E =3.3*10 ⁵ (kN/mm ²) A =0.25 (m ²) $=7.81*10^{-4}$ (m ⁴)	σ_c (kN/mm ²)	6.02<22.5	14<22.5
			σ_s (σ_B)(kN/mm ²)	170<210	329<360(ボルト)
			τ_c (τ_B)(kN/mm ²)	0.22<0.83	250<225(ボルト)
			最大内空鉛直変位	3.94mm	
			最大内空水平変位	2.82mm	
縦断方向	弾性床上はり 解析 (シールド部)	k_v =1470 (kN/mm ²) η =30%(継手効率) A =3.10 (m ²) $=6.07$ (m ⁴)		リング間継手部	
			σ_c (kN/mm ²)	2.84<22.5	
			σ_B (kN/mm ²)	285<360(短期)	
			τ_B (kN/mm ²)	92<225(短期)	
			最大鉛直変位	15.2mm	
	FEM解析	ポアソン比 YI-c: 0.48 b l: 0.48 btg: 0.23 YI-c: 228 (常時 kN/mm ²) ~756 b l: 1380 btg: 6468		リング間継手部	
			σ_c (kN/mm ²)	3.4<22.5	
			σ_B (kN/mm ²)	344<360(短期)	
			τ_B (kN/mm ²)	75<225(短期)	
			最大鉛直変位	27mm	

キーワード：リバウンド、開削工事、シールド防護

連絡先：東京都墨田区江東橋4 - 1 - 3 (03) 3634 - 2650 FAX (03) 3634 - 2767

横断方向慣用計算においては、各掘削段階（天端、スプリング、下部）に分けて検討しているが、残留側圧が作用する天端付近までの掘削において最大断面力が生じており、その解析結果を示している。縦断方向弾性床上はり解析においては、シールド部、人孔部をモデル化した後、上載荷重を鉛直上向きに載荷することで検討を行った。なお、人孔部については掘削に伴い周囲の地山が除去され構築時の応力状態に戻ると考えられるため、検討は省略している。また、FEM解析においてリバウンド検討に用いる変形係数は、一般に載荷時の2～4倍とされているが、本検討では3倍の値を用いている。解析ステップとしては 初期応力状態、 応力開放状態（掘削部の応力開放及びシールド軸芯位置に梁材入力）の2段階で実施している。

なお、各諸元については既設シールド設計時の設定及び電力基準を踏襲している。

解析結果により行った応力照査では、全て許容応力内（短期含む）であった。シールドの鉛直変位の1次管理値を22mm（FEM計算値の80%）、2次管理値を27mm（FEM計算値の100%）と設定した。計測については水盛式沈下計をシールド内部に設置して、自動計測した結果、上載荷重を全て除去した段階での変位は21mm（No.9）であり、FEM解析値の78%となった。（図-2参照）シールドが露出した際には、施工時の裏込め注入材が全周に残っており、良好な施工がなされていた。今回の結果からみれば弾性床上はり解析とFEM解析と併用する事で概ね妥当な挙動予測ができたものと考えている。

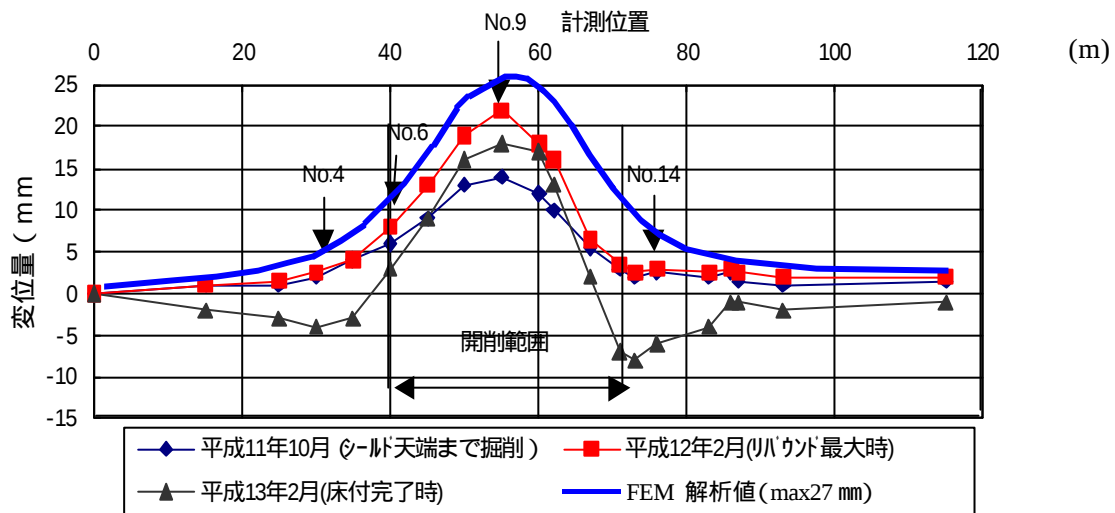


図-2 シールド縦断方向変位図

3. おわりに

リバウンドによる変形が収束し、シールドの受け防護を行った上（写真-1参照）で、シールド下方の土留め構築・掘削を行ったが、掘削が進むにつれて土留めの変形に伴い、背面側の地盤に沈下が生じ、開削範囲外のシールド部分（地盤改良体外、No.4部）に約7mm変位が生じた。しかし、計測値については許容範囲内で推移し、シールド構内についてもクラック、剥離等の変状は全く見られなかった。

施工の結果、リバウンド挙動はほぼ予測値に近かったが、土留め背面地盤の沈下に伴う応力増加は予想以上に大きかった。

今回のような軟弱粘性土地盤において大規模な構造物を防護して下部掘削を行う必要がある場合、リバウンドの予測とともに下部掘削に伴う開削範囲外の地盤沈下、軟弱粘性土のクリープ変形にも留意した上で、既設構造物への影響を評価する必要がある。



写真-1 東京電力シールド受け防護状況