シールドを用いた場所打ち支保システム施工による小土被り発進での地山変位挙動について

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 野口 守 正会員 神田 大 正会員 田中淳寛 鹿島建設㈱ 正会員 ○玉村公児 正会員 西川幸一 正会員 亀山好秀

1. はじめに

北海道新幹線津軽蓬田トンネル工事では、未固結地山においてシールドを用いた場所打ち支保システム(以下, SENS)による施工を行った。SENSによる施工が周辺地山にどのような影響を与えているのかを把握するため、発進小土被り部の地表面および地中の変位挙動を地山変位計測と SENS による施工ステップをモデル化した三次元解析により確認し考察を行った。

2. SENS の施工ステップ

SENS は、密閉式シールドにより掘削及び切羽の安定を図り、シールド掘削と並行して一次覆工となる場所打ちコンクリートライニングによりトンネルを支保し一次覆工の安定を確認後、漏水処理と力学的機能を負荷させない二次覆工を施工してトンネルを完成させる工法である。一次覆エコンクリートは地山の土水圧に抵抗するため圧力を保持して打設される。また、コンクリート打設の内型枠は1.5m幅で16基あり、コンクリート強度が必要脱型強度以上であることを確認して後方で脱型した内型枠を掘進に合わせて1リングずつ前方で組立て、順次転用する。SENS 施工の概要を図1に示す.

3. 地山変位計測

発進小土被り部では図2に示す断面で地表面変位 及び周辺地山変位計測を目的としてトンネル直上 と側部水平変位の計測を図3に示す位置で行った.

4. 三次元解析

発進小土被り部トンネル進行方向 150m 区間を模擬した三次元解析を実施した.解析は有限差分法解析コード FLAC3D を使用した.解析モデルを図 4~図 6 に示す.地山の応力ーひずみ関係は線形弾性モデルとし,解析用物性値は表1のように設定し, SENS施工時の荷重として,シールド掘削時の切羽圧(切羽前方,周方向)、場所打ちコンクリートの打設圧(周方向)を施工時の実機データをもとに設定した(図1).切羽位置からコンクリート打設位置の間でのシールド機長区間では実際はシールドのスキンプレートで変位が余堀量 20mm に抑えられることから,20mm 以下の変位では変形を許し 20mm を超える



図1 SENS 施工概念図

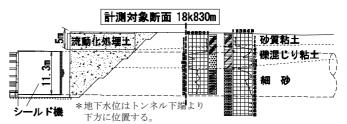


図 2 発進小土被り部縦断図

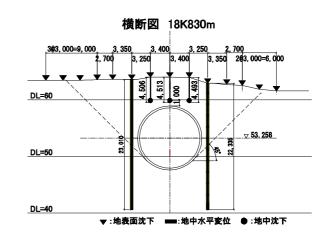


図3 計測項目及び位置

表 1 解析用物性值

	単位体積重量	N値	弾性係数	ポアソン比
	γ (kN/m3)	11/10	E(MPa)	ν
砂質粘土	14. 2	5	10.5	
礫質粘土	15.8	40	84	0.35
細砂	17. 7	25	52. 5	
流動化処理土	20	-	262.5	

*各土層の弾性係数は平均N値から 0.7・N~2.8・N(MPa)の範囲で解析上計

結果の掘削時の地表面沈下が合うような 2.1・N(MPa)を適用. 流動化処理土の弾性係数 E=105qu で設定. (一軸圧縮強度 q=2.5MPa)

変位が発生すると剛となる非線形梁を図7のようにトンネル中心から放射状にモデル化した.

キーワード SENS, 地表面沈下, 小土被り, 地上発進, 坑口, 三次元解析

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設㈱土木設計本部地下空間設計部 TEL03-6229-6633

5. 計測結果と解析結果の比較

図 2 に示す計測断面での切羽の離れと地表面での鉛直変位について、計測値と解析値を示した結果を図 8 に示す. 計測値、解析値ともに切羽が計測断面に到達するまでの間、掘削による地表面の変位はほとんどなく、切羽通過時にシールド機長区間で 15mm 程度の沈下が発生している. また、コンクリート打設後の変位については、計測値ではコンクリート打設直後から 20mm 程度の隆起が発生しているが、解析値ではコンクリート打設後 4mm程度の隆起にとどまっている. なお、内型枠脱型時後の変位については、計測値では 1 mm程度の沈下が発生し、解析値はほとんど変位しない結果となった.

計測断面でのトンネル直上の鉛直変位及びトンネル側方の水平変位の計測値と解析値を示した結果を図9に示す. 切羽到達までの変位は計測値と解析値では掘削に伴いトンネル側に変位する結果となったが,コンクリートの打設開始後の変位では計測値は天端部で鉛直方向変位が隆起しており側方の水平変位であまり変位していないのに対して,解析値では天端部の鉛直変位はあまり変位しておらず側方の水平変位では外側に変位する結果となった.

コンクリート打設開始後の変位について解析値と計 測値の結果が異なる理由としては,以下のようなことが 挙げられる.

実挙動では打設から硬化までの間,内型枠上下でコンクリートの比重分の圧力差(11mのトンネル径で約0.3MPa)が生じる。これが,上向きの荷重として内型枠に作用し、この内型枠の浮上りが一次覆工コンクリート

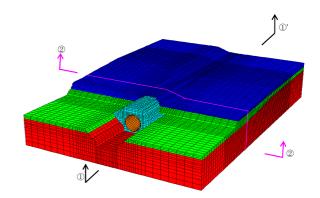


図 4 発進小土被り部三次元解析モデル

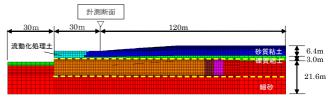


図 5 モデル縦断図 (1)-11'断面)

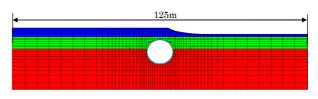


図 6 計測位置断面図(②-②'断面)

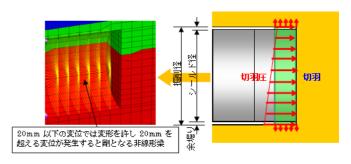


図 7 切羽とコンクリート打設位置の間のモデル化

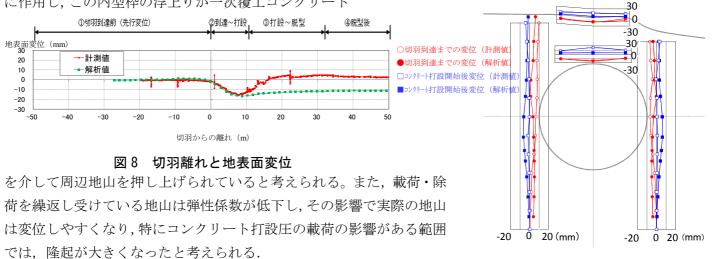


図 9 トンネル周辺地山変位

6. まとめ

SENS 施工時の小土被り発進の地山変位挙動では、計測値と解析値で特にコンクリート打設後で差異が見られた. 今後、コンクリート打設時の変位挙動をより詳細に分析し解析への適用性を検討したいと考えている.