

盛土区間の全断面早期閉合掘削

西松建設（株）関西支店 猪名川東出張所
西松建設（株）土木設計部
西日本高速道路㈱ 関西支社 新名神兵庫事務所

正会員 ○岡 竜，佐伯 好治
正会員 大谷 達彦
南上 信一

1. 目的

猪瀬トンネルは，新名神高速道路のうち，兵庫県川辺郡猪名川町内（川西 IC～神戸 JCT 間）に建設されるトンネルであり，トンネル延長は，上り線が L=193m，下り線が L=502m である．

トンネル掘削部の地質は，砂岩優勢の砂岩頁岩互層である．しかしながら，下り線の STA.72+74～STA.74+35 区間については，地表面に建設された住宅地のための造成盛土（以下，盛土部と称す）があり，かつこの区間の土被りは，6.7m と小土被りであった．盛土部の N 値は，平均 11 と小さく脆弱であることから，トンネル掘削時には，地表面の住宅地を含めた地表面沈下，切羽崩壊および地耐力不足による沈下が懸念された．このため当初設計では，切羽安定対策として，長尺鋼管先受け工，支持力対策としてフットパイルが計画されていた．本工事では，支持力対策について再検討を行い，全断面早期閉合工法が，より支持力対策として合理的かつ有効と考え，採用した．本稿は，小土被り盛土区間を全断面早期閉合工法で掘削した際の地表面沈下の状況について報告する．

2. 補助工法の変更

盛土区間の補助工法は，当初設計においては，多段式長尺鋼管先受け工，長尺鏡ボルトおよびフットパイルが採用されていた．しかしながら，当該盛土区間に対しては，フットパイル削孔に伴う地耐力の低下等のリスクが考えられた．そこで，フットパイル施工時のリスク回避として，全断面早期閉合工法を採用することとした（図-1）．

なお，早期閉合の施工手順は，上半(1m)→下半(1m)→上半(1m)→下半(1m)→一次インバート(2m)を基本とした（図-2）．

3. 計測体制

当該区間の計測は，A 計測に加えて B 計測（表-1）を追加して実施した．特に盛土地表面および住宅地の地表面は網羅的に計測を実施した．

4. 掘削途中での三次元数値解析による最終沈下予測の見直し

小土被り盛土区間の掘削を開始したところ，盛土部の地表面沈下量が，当初予想に比べて大きな沈下が生じていることが確認された．そこで，計測データをフィードバックして，最終沈下の予測値を三次元数値解析にて見直すこととした．なお解析では，全断面早期閉合の施工ステップを考慮した．最初に，計測結果を用いて逆解析を実施し，地山の弾性係数の見直しを行うこととした．

キーワード 盛土，全断面早期閉合，3 次元数値解析，トンネル

連絡先 〒540-8515 大阪府大阪市中央区釣鐘町 2-4-7 西松建設株式会社 西日本支社関西支店 TEL 06-6942-1190

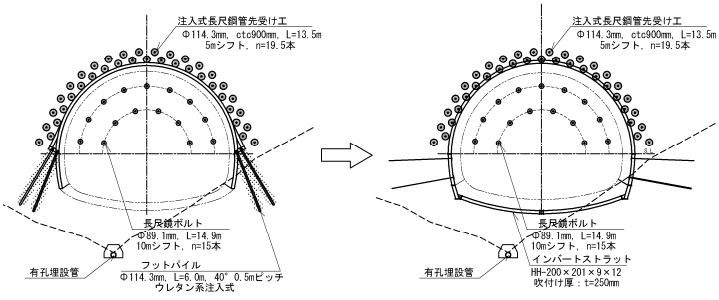


図-1 当初設計と変更後の支保パターン

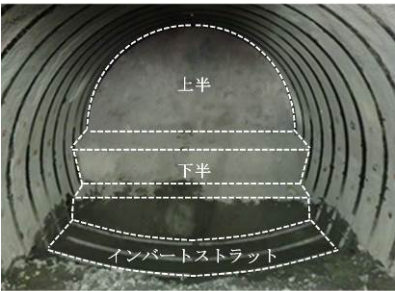


図-2 全断面早期閉合掘削完了全景

表-1 B 計測の計測内容

計測場所	計測項目	主な測点	計測頻度等
坑内	吹付けコンクリート応力測定	STA 73+19.2	1 時間毎（自動計測）
	鋼製支保工応力測定	STA 73+19.2	1 時間毎（自動計測）
地表面	地表面沈下測定 (A 測線)	STA 73+18 A-1～A-19	盛土斜面方向 1 時間毎（自動計測）
	地表面沈下測定 (B 測線)	STA 72+74 B-1～B-17	トンネル直角方向 1 時間毎（自動計測）
	地表面沈下測定 (D 測線)	D-1～D-41	住宅地の道路部 1 回／日
	孔内傾斜計	STA 73+25 32 点	1 時間毎（自動計測）

逆解析した結果、盛土部の弾性係数は 1.1MPa であり、当初想定されていた弾性係数 30.8MPa の約 1/30 であった。次に、逆解析結果で得られた弾性係数を用いて、順解析により最終地表面沈下を予測した。その結果、住宅地の最終沈下量は、許容値(絶対沈下量 20mm, 傾斜角 1/1000)以下となると予想されたため、トンネル掘削を継続した。

5. 計測結果

坑内 A 計測(天端沈下, 脚部沈下および内空変位)の結果について整理すると以下の傾向が確認された。

天端沈下量は、最大で 31.6mm の沈下となった。上半脚部沈下量は、右側は、最大で 29.4mm の沈下、左側は、31.4mm の沈下であった。右側と左側の沈下量は、どの断面においても沈下量に大きな差がないことが確認された。内空変位量は全体的に小さな値であった(図-4)。

次に盛土斜面方向(図-5)の地表面沈下量の計測結果について、切羽離れと沈下量の割合を整理した。「全変位量」に対する「切羽通過時の変位量」の割合は、A1 では 65%, A7 では 40%, A13 では 5%だった。また切羽通過後の変位の収束位置は、A1 では 2.5D(D はトンネル掘削幅を示す), A7 では 3.5D, A13 では 6.0D となった(図-6)。このことから、盛土起点側は、先行変位率は小さいが、切羽通過後の変位の収束は遅い。一方、盛土終点側は、先行変位率は大きい、切羽通過後の変位の収束は早いことが分かった。

また、A7 の地表面沈下測定位置の変位ベクトルについて整理した(図-7)。整理した結果、変位ベクトルは、トンネル通過前後でベクトル方向が逆転しており、トンネル掘削に合わせて変化していることが確認できた。

なお、住宅地の地表面沈下量は、許容値以下で抑えることができた。

6. まとめ

全断面早期閉合工法を採用したことにより、住宅地の沈下を許容値以内に抑えることができた。

盛土部の地表面沈下計測を網羅的に実施した結果、計測点の位置によって、先行変位率や変位の収束性に違いがあることが分かった。今後、類似した地山を掘削する場合は、今回のように計測結果のフィードバックや網羅的な計測を実施して、トンネル掘削時の周辺地山や地表面の挙動を詳細に把握しながら掘削することが重要と考えられる。

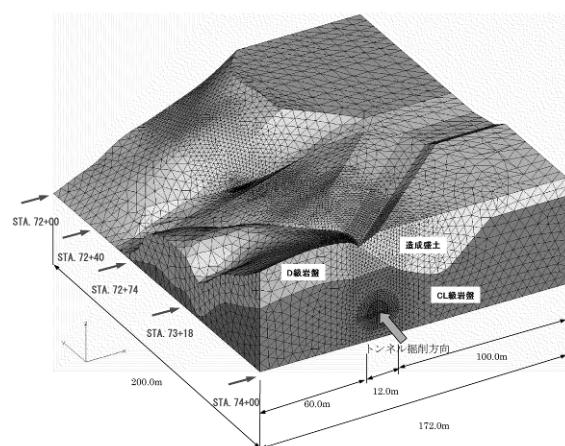


図-3 解析モデル

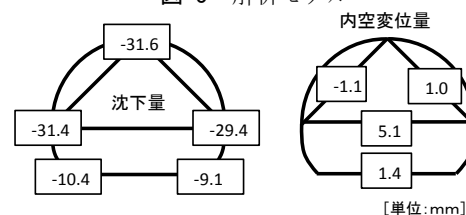


図-4 坑内 A 計測 計測結果例

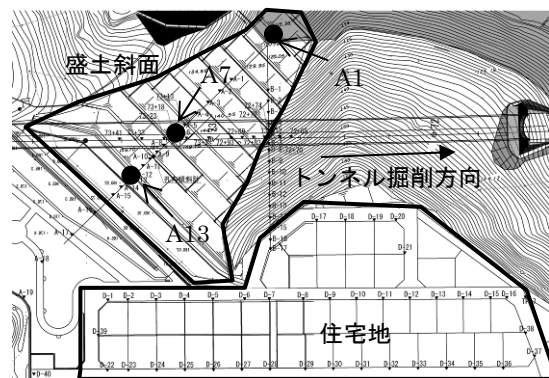


図-5 盛土斜面方向地表面沈下計測位置

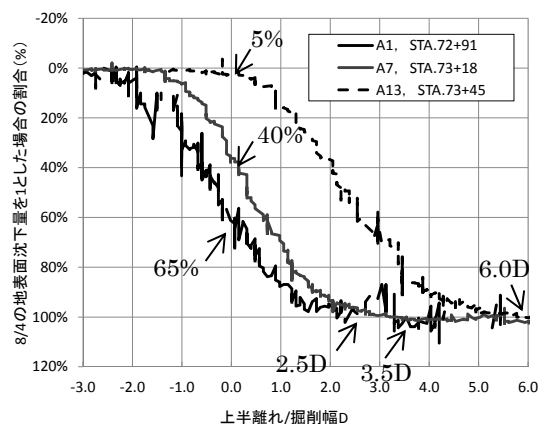


図-6 盛土斜面方向地表面沈下計測結果

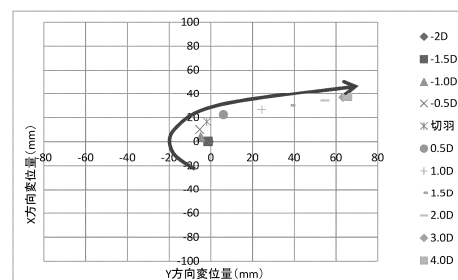


図-7 A7 地表面変位ベクトル