

埼玉県皆野寄居バイパス建設事務所 根岸明昌 強矢善一
(株) フジタ ○西園裕一 柳内俊雄

1. はじめに

埼玉県皆野町～寄居町間のバイパス事業の皆野側終点に位置する美の山トンネル ($L=1,614\text{m}$) のうち、終点側坑口部の $L=90.15\text{m}$ は内空断面積が 153.3m^2 (最大掘削断面積 $A=191\text{m}^2$) と超大断面である。また、坑口部地質は風化帯が $15\sim 20\text{m}$ と厚く、不良地山である。このため、本トンネルでは数値解析を含めた切羽安定検討を行い、注入式鋼管長尺先受工 ($L=22.0\text{m}$) + 3 段ベンチカット掘削工法を採用した。本論文はこの工法による切羽安定対策効果について、2 次元弾性 FEM 解析結果と実測値を比較検討した結果について報告したものである。

注入式鋼管長尺先受工 $\Phi 113.5 \times N=45$

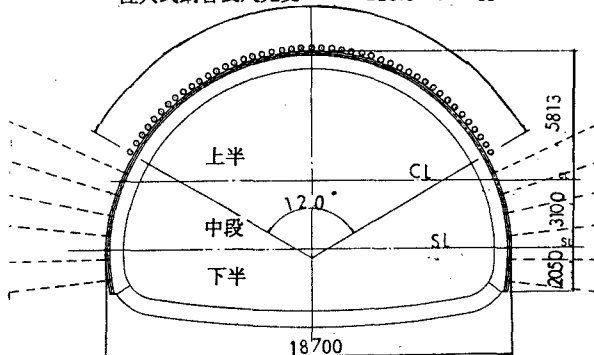


図-1 坑口部 断面図

2. 解析条件

図-2 には解析に用いた断面図を示したものであり、土被りは全土被り (1D) とした。

1) 入力物性値: 地山の物性値は強風化泥質片岩の孔内載荷試験より変形係数は $415\text{ (N/mm}^2\text{)}$ とした。ポアソン比は通常岩石の平均的なものとして使われる 0.3 とした。吹付けコンクリートは文献 1) から $200\text{ (N/mm}^2\text{)}$ とした。

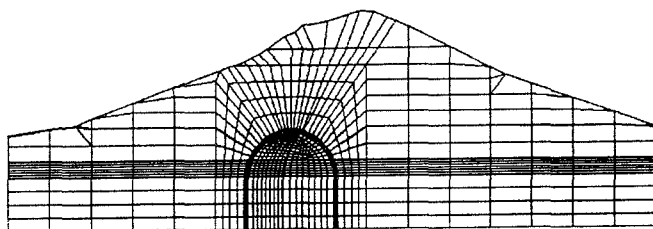


図-2 2次元要素分割

2) 支保部材のモデル化: 吹付けコンクリートは平面要素、鋼アーチ支保工は梁要素でモデル化した。ロックボルトは施工方法の比較検討を目的としたため、今回の検討では省略した。3) 解析ケース: 表-1 に解析ケースを示す。4) 逐次掘削過程: 解析手順は実際の施工に沿う形で行った。ケース①の場合は 5 分割に分かれている断面をそれぞれ掘削・支保の順序で行った。解放率はそれぞれ 50% とした。全体では 11 ステップからなる逐次掘削解析とした。ケース②の場合は上半、中段、下半をそれぞれ掘削・支保の順序で行い、全体では 7 ステップからなる逐次掘削解析とした。解放率もケース①と同様、 50% とした。ケース③の場合は導坑掘削・支保、本坑上半掘削・支保、下半掘削の順序で行い、全体では 6 ステップからなる逐次掘削解析とした。解放率はそれぞれ 50% とした。

表-1 解析ケース一覧

ケース	工法	ステップ数
①	上半 CD 工法	11
②	3 段ベンチカット工法	7
③	中央導坑先進切広げ工法	6

3. 解析結果と実測値との比較

図-3、4に解析結果の天端沈下と内空変位のグラフをそれぞれ示す。天端沈下の最終収束値は上半CD、3段ベンチ、中央導坑切広げの各工法で、47.3mm、42.2mm、40.4mmとなり、上半CD工法が最も大きい結果となった。上半CD工法は中壁撤去前は他の工法と同じ値を示していたが、撤去によりさらに沈下する結果となった。内空変位量（SL付近）は3ケースとも5mm程度と天端沈下に比べて非常に小さい値となった。これはトンネル土被りが浅く（1D）、また地山のポアソン比を0.3としたことにより、初期応力の側圧係数が0.5に近いものとなったためと推察される。鋼アーチ支保工応力については、上半CD工法の中壁の中間部に大きな曲げモーメントが生じ、曲げ応力度が許容応力度をはるかに越える結果となった。また、吹付けコンクリートも上半CD工法の中壁部の接合部で最大引張り応力が9N/mm²と許容応力度を越える結果となった。他の工法は支保の応力は全て許容応力以下であった。

これは地山に土圧を分担させるNATMの特徴を示し、支保にはほぼ均等なアーチが形成されていることが推定される。

一方、実測値は図-5に示すように、天端沈下量は最終収束値で27.3mm、内空変位量は7.27mmとなった。天端沈下量は解析結果の2/3程度となり、内空変位量はほぼ同じ結果となった。この結果から以下の事項が推察される。

① 天端沈下量が解析結果量の2/3程度となったのは長尺鋼管先受け工法の効果と推察される。長偏平な断面の掘削の場合、先行変位抑制と天端沈下の抑制には先受け長の長い先受け工が効果があると考えられる。② 2次元FEM解析の場合、先受け工をどう評価かするかが問題である。（変形係数、解放率の設定）

4. おわりに

長偏平な大断面（内空断面積=153.3m²）における切羽安定対策として、注入式鋼管長尺先受け工+3段ベンチカット工法を採用、施工を実施した結果、その効果を確認し良好な施工実績を得た。最後に本論文が今後の長大断面トンネルの施工方法に少しでも参考になれば幸いである。

参考文献 1) 「トンネル掘削時地盤変状の予測・対策マニュアル（案）」、土木研究所試料第3232号

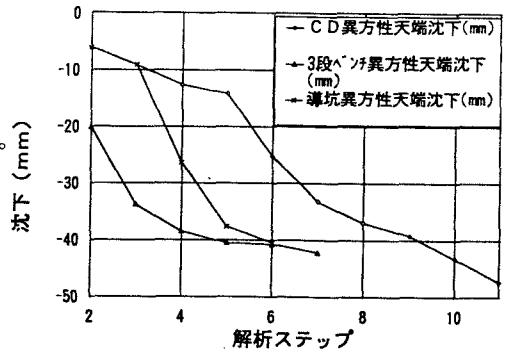


図-3 天端沈下の比較

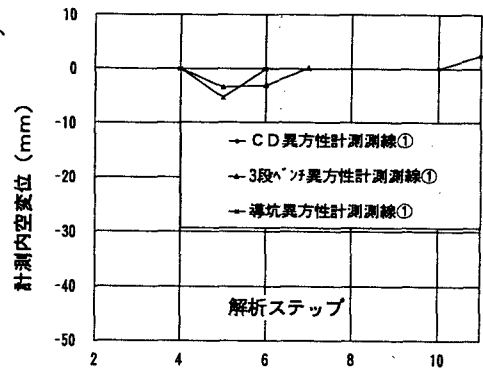


図-4 内空変位（SL）の比較

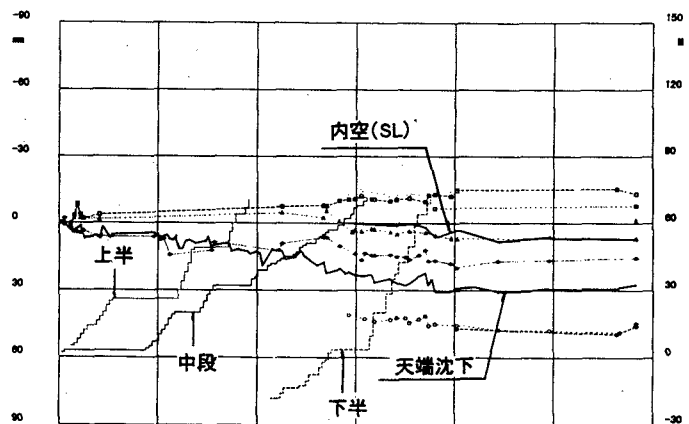


図-5 実測値の経時変化