

三次元数値解析を用いた押し出し性地山における掘削工法の検討

山口大学大学院 学生会員 田中 信次 (株)巽設計コンサルタント 正会員 村田 洋一
 住友建設(株) 正会員 高橋 浩 山口大学工学部 正会員 重田 佳幸
 山口大学工学部 正会員 進士 正人 山口大学工学部 F10-会員 中川 浩二

1. はじめに

押し出し性地山においてトンネル掘削を行う場合、一般に用いられている切羽安定化対策としての補助工法は、フォアパイリングやAGF、鏡ボルトなどが挙げられるが、補助工法自身の施工に時間を要するため、結果として早期閉合の達成を遅らせる要因ともなり、地山の緩みを助長する可能性を有している。著しい押し出し性地山トンネルである日暮山トンネル 期線では、ベンチカット工法の補助工法として導坑先進工法を採用し、導坑先進工法の切羽安定効果が確認できたと報告されている¹⁾。本論文では、押し出し性地山で採用されている代表的なトンネル掘削工法のうち、導坑先進工法およびベンチカット工法に関する切羽安定効果を三次元数値解析により検証する。

2. 三次元掘削解析による導坑先進工法およびベンチカット工法の支保効果の検証

2.1 解析条件

切羽の変位量(以下、切羽押し出し量と呼ぶ)や周辺地山の三次元的な変位挙動に着目し、三次元有限差分法による解析を行った。押し出し性地山を想定したため、大変形および非線型モデルが容易に扱える有限差分法(FLAC-3D)を用い、地山はMohr-Coulombの破壊基準に従う弾塑性体を仮定した。解析に用いた物性値は天野らの日暮山トンネル 期線工事の施工報告を参考として設定した¹⁾。土被りは、100mを想定し、それに相当する初期応力を与え、側圧係数は1とした。トンネル断面は、本坑、導坑ともに円形断面とし、本坑掘削外径10m、導坑掘削外径3mとした。図-1に解析メッシュを示す。

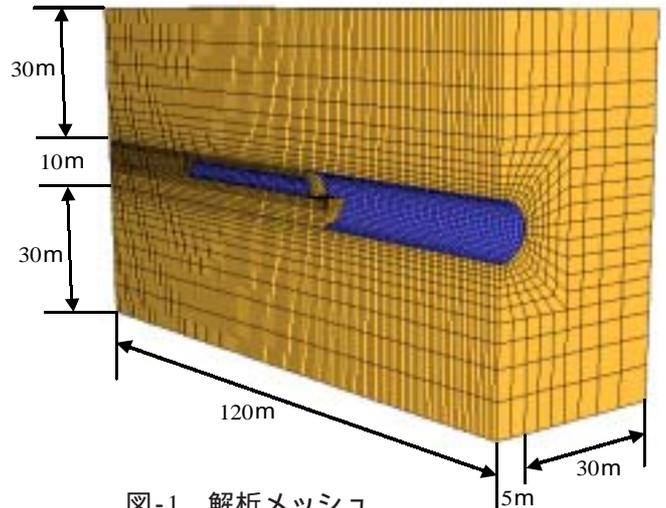


図-1 解析メッシュ

表-1 解析ケース

検討した解析ケースは導坑先進工法とベンチカット工法を併用して掘削した場合の相互効果を検討するため、表-1に示す16ケースとした。

2.2 解析結果

図-2に導坑先進工法の場合の本坑の切羽押し出し量を示す。切羽押し出し量は導坑を設置した場合、全断面工法(導坑長0m、ベンチ長0m)と比較して抑制され

	トンネル断面	ベンチ長0m	ベンチ長5m	ベンチ長10m	ベンチ長30m
導坑なし					
導坑長5m					
導坑長10m					
導坑長60m					

キーワード 押し出し性地山, 導坑先進工法, ベンチカット工法, 三次元数値解析

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 Tel. 0836-85-9332 Fax. 0836-85-9301

ていることがわかる．また，導坑長が長くなるにつれ切羽押し出しの抑制効果も大きくなることわかった．全断面工法で最大変位144mm，導坑長10mでは117mm，導坑長60mでは108mmであり，導坑長を10m以上にすると全断面工法に対し，2割以上抑制されている．

図-3に全断面掘削の変位量を1とした場合の切羽押し出し量の比率を示す．導坑を設置した場合とベンチを設置した場合のどちらも切羽押し出しの抑制効果が認められた．両工法とも掘削時の断面積が減少するため，一度に解放される掘削相当外力が低減し，押し出し量が低下し切羽の安定効果が得られたものと推測できる．また，導坑，ベンチともに10m程度で全断面工法に対し切羽押し出し量を抑制できることがわかった．

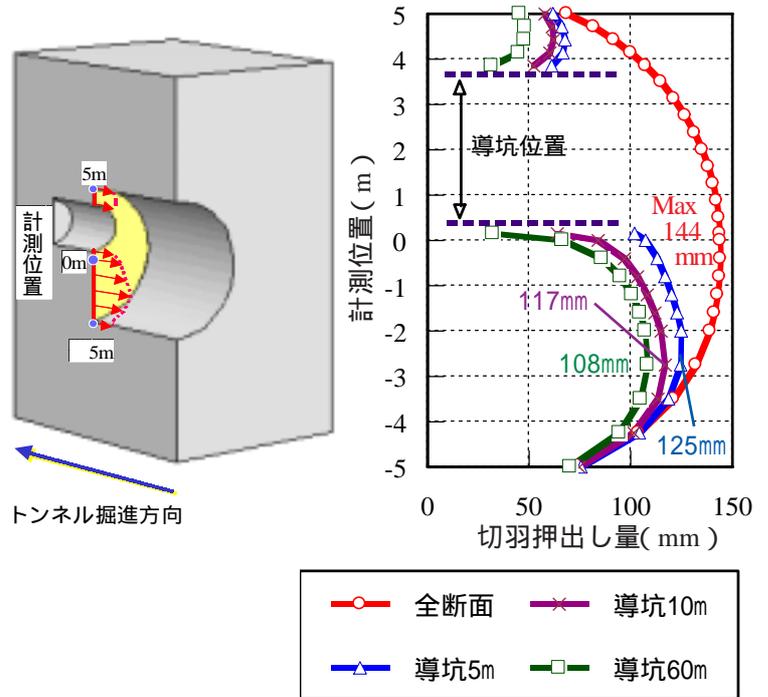


図-2 導坑長と切羽押し出し量の関係

3. ベンチカット工法と導坑先進工法の変位抑制効果

日暮山トンネル 期線工事では導坑先進工法とベンチカット工法を併用し掘削を行っている．そこで，導坑先進工法とベンチカット工法を併用した場合の抑制効果について検討を行った．ここでは，切羽押し出し量の抑制効果に着目し述べる．

図-4に導坑長，ベンチ長と切羽押し出し量の関係を示す．この図は導坑先進工法とベンチカット工法を併用した場合の切羽押し出し量に関して全断面工法を1とした等比率曲線で表した結果を示す．導坑先進工法またはベンチカット工法を単独で用いた場合では全断面工法に対して2割程度しか抑制されていないものの，導坑先進工法とベンチカット工法を併用すれば5割程度抑制できるという結果が得られた．

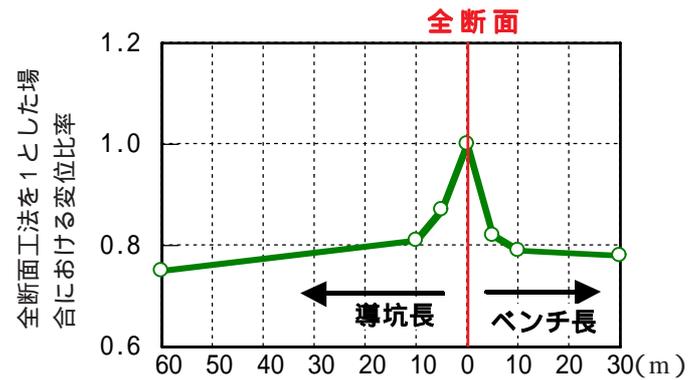


図-3 ベンチ長・導坑長と切羽押し出し量の関係

4. おわりに

本論文では導坑先進工法が切羽安定対策に対し有効な工法であること，特に導坑先進工法とベンチカット工法を併用することにより切羽安定効果が増すことを三次元数値解析によって検証できた．今後は，内空変位や支保応力，施工過程等も考慮に入れた検討を行い，最適なベンチ長，導坑長の研究を進めていきたい．

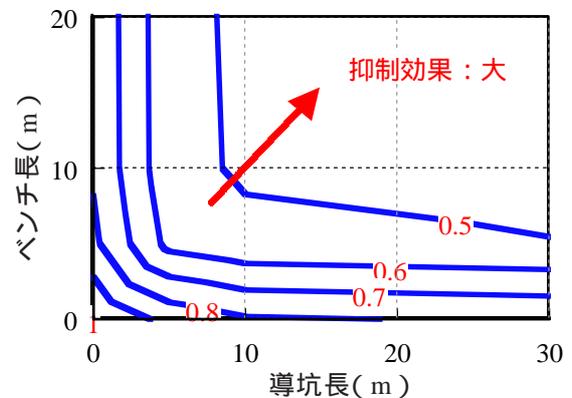


図-4 導坑長・ベンチ長に関する切羽押し出し量の等比率曲線

参考文献

1)天野角雄,下田哲史,青嶋寿夫,高橋浩:押し出し性泥岩を頂設導坑で貫く,上信越自動車道日暮山トンネル 期線工事,トンネルと地下,第30巻11号,pp.17-23,1999.11.