

核残し工法で掘削されたトンネル切羽の挙動

大阪工業大学大学院 学生会員 ○林 久資
 大阪工業大学工学部 正会員 長谷川 昌弘
 大阪工業大学工学部 正会員 吉岡 尚也

1. 研究目的

近年のトンネルの掘削技術は日々進歩を重ねている。特に NATM の補助工法が多く開発されてからは、シールドトンネルの適用範囲の軟弱地山でも NATM に補助工法を併用することで掘削・構築が可能となった。しかし、アンブレラ工法をはじめとする補助工法は資材を多用するため、環境・経済的に見ると問題点も多くある。そこで、切羽面の地山を利用して切羽近傍の地山の安定性を確保するためにこれまで用いられていた核残し工法の利点に再注目し、その効果を解明するための数値解析を行った。また、核部分の形状の違いが切羽の安定性に及ぼす影響についても検討した。

2. 解析概要

トンネルは、浅い土被りでかつ未固結な地山に掘削されるものとする。そこで、核残し工法の効果を検討するために FLAC3D を用いて弾塑性解析を行なった。解析・比較のための解析に用いるモデル形状を図-1 に示す。①核部分を半円形に残した場合(核残し工法 A と称す)、②核部分を台形に残した場合(核残し工法 B と称す)、③核部分を台形に残し縦断方向は斜面の安定角($\alpha=45^\circ + \phi/2$)より斜度 53° の斜面とした場合(核残し工法 C と称す)、④鏡面に吹付けコンクリートを吹き付けた場合(鏡吹付け工法)、⑤特に切羽の安定対策を行なわない場合(ショートベンチカット工法)である。

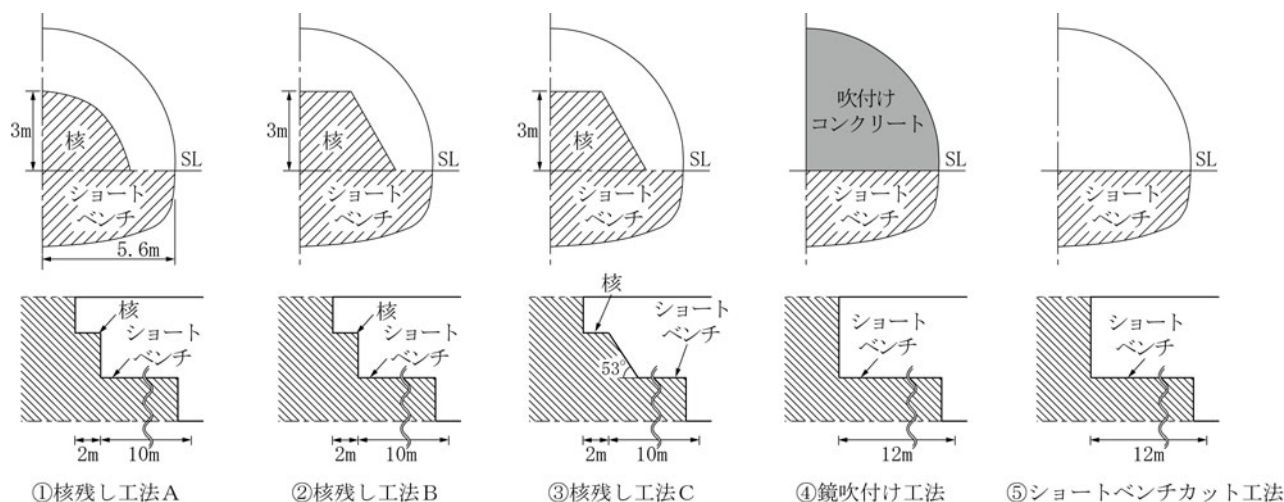


図-1 解析・比較に用いる工法

2-1. 解析領域

トンネル形状は、日本道路公団によって提案された D_{IIa} タイプを採用し各工法ともトンネル半断面を対象として解析した。ただし、土被りは 30m とする。このような解析では、トンネルインバートより下部の領域と横断方向の解析領域が適切に設定されていない場合には、地表面沈下量が過小あるいは過大に評価されたりする恐れがある。そこで土被り(H)とトンネル下部領域(D)との関係($D=\alpha H$)を、数パターン解析した結果、 α を 1.0 以上程度に設定しておくで解析結果に差異の生じないことが判明したので、 α を 1.5 として解析した¹⁾。また、横断方向の解析領域は 50m と 70m の 2 パターンについて解析した結果、両者に大きな違いは見られなかったので、横断方向の解析領域については 70m とした¹⁾。

キーワード トンネル, リングカット工法, 数値解析

連絡先 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学大学院 Tel. 06-6954-4109

2-2. 力学モデル

トンネルが掘削される地山については、弾完全塑性体的な挙動を呈するものとし、降伏の判定にはモール・クーロンの降伏基準を用いた。ロックボルトについては、ケーブル要素でモデル化し、吹付けコンクリートはシェル要素でモデル化した。

2-3. 入力定数

解析に必要な入力物性値を表-1に示す。地山物性値の弾性係数 E の決定には、都市部でのトンネル工法の適用事例より、シールドトンネルと NATM の適用範囲²⁾中の一軸圧縮強度 $q_u=400\text{kN/m}^2$ を採用し、 $E=105q_u$ より算出した。粘着力 c と内部摩擦角 ϕ は、文献³⁾⁴⁾⁵⁾を参照してプロットした図-2の下限側の値を採用した。ロックボルトは、ねじり棒鋼(TD24)を打設するものとし、吉岡ら⁶⁾が解析時に設定した値を用いた。吹付けコンクリートの弾性係数については、土屋⁷⁾の提案した式を用いた。

表-1 入力定数の値

地 山	弾性係数	$4.2 \times 10^4 \text{kN/m}^2$
	ポアソン比	0.3
	粘着力	100kN/m^2
	内部摩擦角	15°
	側圧係数	0.57

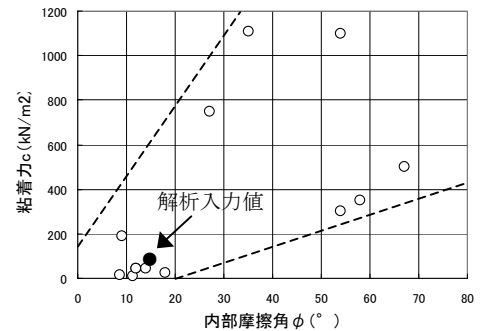


図-2 大阪・神戸層群における c と ϕ の関係

3. 解析手順

解析は2ステップで50mまで掘削を行った。ステップ1では地山の自重解析を行い、ステップ2で50mまで一括掘削し、吹付けコンクリート(厚さ200mm)とロックボルト(1断面18本、1.2m間隔で打設)で支保した。鏡吹付け工法の場合は、それに加え切羽面に吹付け厚50mmの吹付けコンクリートを施工する。ただし、これらの支保工、補助工法は掘削と同時に施工されるものとした。

4. 解析結果と考察

図-3は、核残し工法・鏡吹付け工法・ショートベンチカット工法の切羽押し出し量をコンターで示したものである。この図より、切羽の安定対策を行なわれていないショートベンチカット工法は、切羽面の大部分に100mm近くの変位が生じている。一方、切羽の安定対策を行った残りの工法では切羽の押し出し変位が押えられていることがわかる。さらに、核残し工法と鏡吹付け工法を比較すると、鏡吹付け工法は切羽の中心部に広範囲で大きな変位が生じているが、核残し工法は核があることにより切羽での押し出し変位が抑制されている。また、核残し工法A、B、Cの3工法を比較すると、核部分を台形に残し縦断方向は斜面を設けた

「核残し工法C」が最も切羽の安定性が得られていることがわかる。これは、核部分で切羽を安定させることに加え、斜面の安定角を残すことによって核部分そのものの崩壊を防いでいるためであると考えられる。

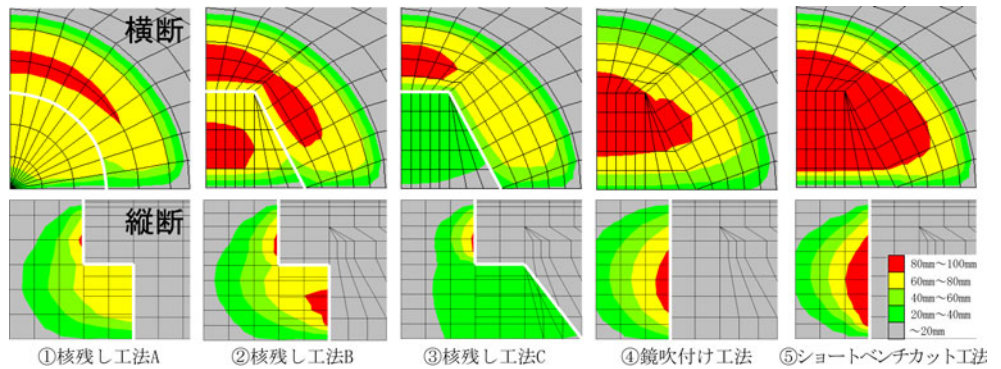


図-3 切羽面の押し出し変位量

5. まとめ

核残し工法は切羽の崩壊を防ぐ効果が十分にあることがわかった。また、核部分の縦断方向に斜部を残すことによって核そのものの崩壊を防ぐこともわかった。

参考文献

- 1)林久資他：数値解析結果に基づくトンネルリングカット工法の作用効果，地盤工学研究発表会，2007年（投稿中）
- 2)ジオフロンテ研究会：アンブレラ工法選定上の要点，1996年
- 3)谷本喜一：神戸層群地域における地すべりについて，土質力学研究発表会，1991年
- 4)谷本喜一：神戸三田線(谷上東工区)における地質調査，建設工学研究所報告第36号，1994年
- 5)池尻勝俊：神戸層群の調査と対策
- 6)吉岡尚也他：鏡止めボルトによるトンネル切羽面の補強効果，土木学会論文集 No. 638 III-49，1999年
- 7)土屋敬：トンネル設計のための支保と地山物性に関する研究，土木学会論文集，No. 364 III-4，1985年