

大阪工業大学大学院

学生員 ○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

都市部の軟弱な地山条件下でトンネルを構築するためには、切羽面とその周辺の素掘り面が不安定になることが懸念される。そのような場合には、補助工法を併用することによって軟弱な地山条件下でも NATM によるトンネル施工が可能となった。しかしながら、補助工法の併用は貴重な資源を使い、補助部材の廃棄による環境負荷も大きくなる。先人たちがトンネル切羽面の安定を確保するために採用していたトンネルリングカット施工法は資材の投入が不要な工法であり、エコトンネル施工法と言える。

本研究では、トンネル切羽部分に核を残して切羽周辺地山の安定性を確保するリングカット工法に着目し、核部分の形状の違いが切羽周辺地山や地表面沈下量に及ぼす影響について数値解析的な検討を行った。

2. 解析概要

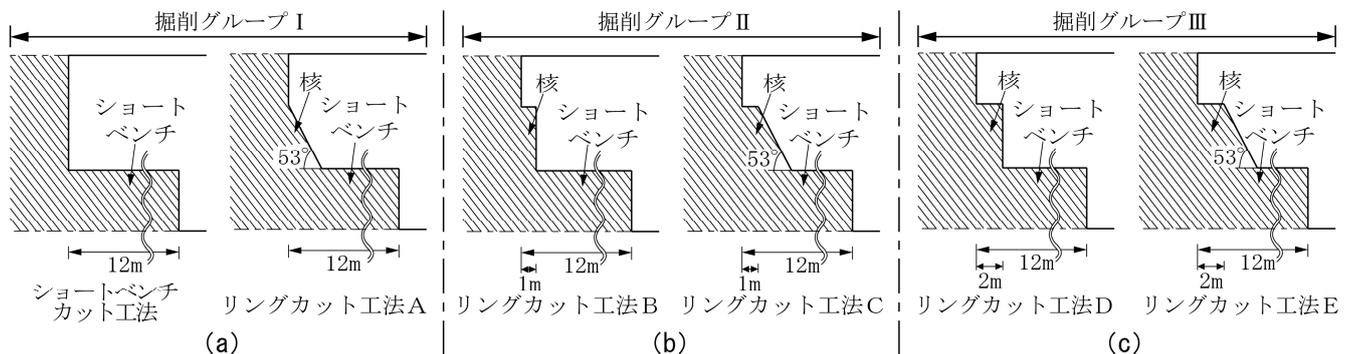


図-1 (a) (b) (c) 解析に用いた工法

上半部分に核を残さないショートベンチカット工法と、核を残したリングカット工法の比較・検討を行うための解析モデルを図-1(a)～(c)に示す。図-1(a)を掘削グループⅠとし、核を残していないベンチ長 12m のショートベンチカット工法と上半部分には横断方向に台形状、縦断方向には内部摩擦角 ϕ を考慮した斜部を設けたリングカット工法 A に分けた。図-1(b)を掘削グループⅡとし、横断方向には台形に、縦断方向には長さ 1m の核を垂直に残したリングカット工法 B とこの核部分に斜部を設けたリングカット工法 C に区分した。図-1(c)の掘削グループⅢは、縦断方向に長さ 2m の核を垂直に残したリングカット工法 D とこれに斜部を設けたリングカット工法 E に区分した。

これらの工法を都市部の軟弱な地山条件下において適用した場合、切羽周辺地山の挙動や地表面沈下にどのような影響を及ぼすのかを定性的に把握するために、FLAC3D (有限差分法) を用いて弾塑性解析を行った。

2-1. 解析領域と境界条件

トンネル形状は、道路トンネルの D_{IIa} タイプを採用し、トンネルの土かぶり高は 30m とした。解析領域は、トンネルインバートより下の領域については 45m、横断方向については 70m とした¹⁾。一方、奥行き方向の解析領域はトンネルを 50m まで掘削するものとして 100m とした。境界条件は、地山側面を横断方向に、地山前面と背面を縦断方向、地山底面を上下方向に拘束するものとし、地表面は自由とした。

2-2. 入力定数および力学モデル

解析に用いる地山の変形係数 D は 1.05×10^5 kN/m²、単位体積重量 γ_t は 18kN/m³、内部摩擦角 ϕ は 15°、粘着力 c は 100kN/m²、50kN/m² とした¹⁾。ロックボルトと吹付けコンクリートは文献 1) に示した値を用いた。

地山の力学モデルは、完全弾塑性体とし、降伏判定にはモー
ル・クーロンの降伏基準を用いた。また、支保部材については
ロックボルトをケーブル要素、吹付けコンクリートをシェル要
素でモデル化した。

3. 解析結果および考察

解析は、ステップ1で地山の初期応力を求め、ステップ2で
トンネルを奥行き50mまで掘削し、吹付けコンクリートとロッ
クボルトが同時に施工されるものとした。

図-2(a)は、地山定数 $\phi=15^\circ$, $c=100\text{kN/m}^2$ で掘削を行った時
の各工法における上半切羽の押し出し量をコンターで表したも
のである。田中ら²⁾によると、現場計測事例に基づき、切羽の押
出し量が70mmを越えると切羽の崩壊が生じる可能性が高いこ
とを指摘している。したがって、このような地山条件下ではど
の工法とも切羽の安定性は保たれるものと考えられる。

一方、地盤が風化作用などを受けて粘着力 c が 100kN/m^2 から
 50kN/m^2 に低下した場合の解析結果を図-2(b)に示す。この場
合も切羽面に斜部を有した核を残すことによって切羽押し出し
量が抑制されている。しかし、切羽周辺の地山に70mmを越える
押し出し量が生じるため切羽崩壊の危険性がある²⁾。このよう
な条件下の地山にトンネルを掘削する場合には、補助工法の併用
が必要になると考える。

ここで、リングカット工法に着目すると、核部分を垂直に残
した場合には大きな押し出し量がみられるが、核に斜部を設ける
ことによって切羽の押し出し量が顕著に抑制されることがわかる。
これは、安定角を有する斜部付きの核部分が掘削に伴う応力変
化に抵抗し、切羽の安定性が増したためであると考えられる。し
たがって、リングカット工法を採用すれば、補助工法の併用が必
要な場合でも、その規模は軽微になるものと推察される。

一方、図-3は各工法における地表面沈下量と切羽からの距離
の関係を示したものである。同図より、ショートベンチカット
工法とリングカット工法の地表面沈下量がほぼ同様であるこ
とがわかる。このことは、リングカット工法は切羽周辺地山の
変位を抑制する効果はあるが、地表面沈下の抑制にはあまり寄
与しないことを示唆している。

4. まとめ

リングカット工法の核部分の形状の違いが切羽周辺地山の挙動に及ぼす影響を検証するために数値解析を行っ
た。その結果、核部分に斜部を設けることで切羽の押し出し量が抑制されることが判明し、補助工法の規模を軽減
できるエコトンネル施工法としての価値が認められた。

なお、本研究の一部は社団法人近畿建設協会からの支援を得て行った。ここに記して謝意を表します。

5. 参考文献

- 1)林久資, 長谷川昌弘, 吉岡尚也: 地山の強度定数がリングカット工法に及ぼす影響, トンネル工学報告書, pp.1-6, 2007.
- 2)田中一雄, 川上純, 池田宏: 切羽変位計測による切羽崩壊予測の試み, トンネルと地下, pp.55-60, 1996/6.

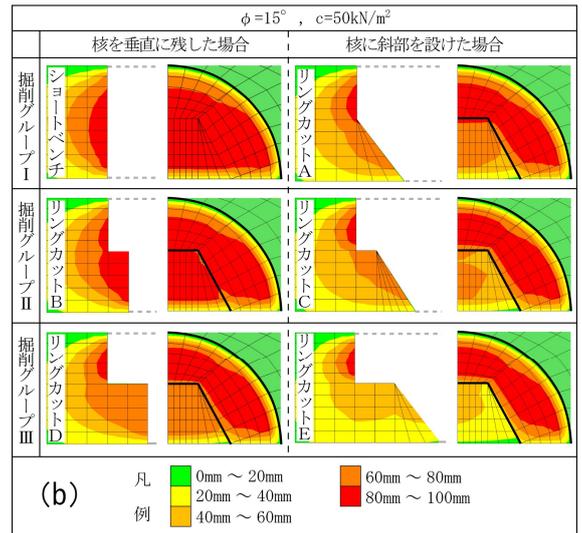
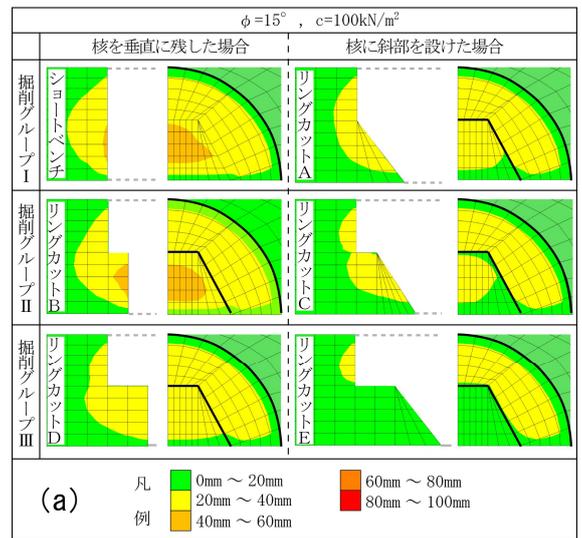


図-2(a) (b) 切羽押し出し量のコンター

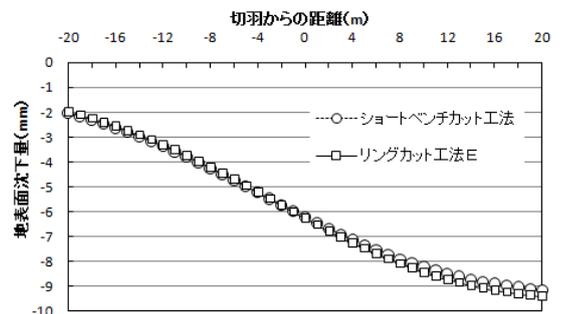


図-3 地表面沈下量