

浅い土被り下におけるトンネルアーチ部の挙動

建設サービス 正 会 員 ○山崎太志
 摂南大学工学部 正 会 員 道廣一利
 大阪工業大学短期大学部 正 会 員 吉岡尚也

1. はじめに

未固結かつ土被りが浅い地山内にトンネルを構築する場合、従来このようなトンネルは開削工法かシールド工法で施工されていた。近年は、山岳工法における切羽対策のための補助工法が著しく進歩し、山岳工法による施工実績が増大している。ところで、都市域において山岳工法でトンネルを構築する際、NATM の根本思想に基づき、加背割りを主に考えて掘削する場合と従な立場から適切な補助工を併用して掘削する場合がある。しかしながら、特殊な地山・立地条件によっては、トンネル施工時に切羽が崩壊することことが数値解析的に指摘されている¹⁾。

本報告は、未固結かつ土被りが浅い地山内でトンネル工事が行われることを想定し、トンネル掘削に伴う地表面沈下対策を講じるための加背割りや補助工について、数値解析的に検討したものである。

2. 数値解析事例

2 車線道路トンネルが未固結かつ土被りが浅い都市域の地山において施工されるものとする。そして、トンネルの直上には家屋などの建築物やガス管などの地下構造物がある場合には、トンネル掘削に伴う沈下量が許容値以内に制御する必要がある。したがって、トンネル工事に携わる技術者は、周辺の構造物に悪影響を及ぼさない施工法を検討する必要がある。

NATM における主な立場からは、地山特性に応じた切羽が自立する加背割りを考える必要がある。一方、従な立場からはどのような補助工法を併用するのかを考える必要がある。この報告では、トンネル施工時に崩壊することことが数値解析的にわかっている地山・立地条件¹⁾を対象とし、地表面沈下対策を講じるための加背割りや補助工について数値解析な解明を行った。解析モデルを図-1 に示す。図中の H は土被り厚さで、H=10mである。また、解析の対象とした未固結地山は、図中の一部に示した格子状のブロックでモデル化した。表-1 は、解析で用いた地山の強度・変形特性のための入力定数である¹⁾。表-2 は、トラス要素でモデル化した支保部材のための入力定数である。

加背割りは、上半工法と中壁分割工法である CRD 工法の 2 つについて検討した。補助工については、ロジンジェット工法を採用するものとし、解析上は厚さ 60cm でトンネルアーチ 120° の範囲の地山が改良され

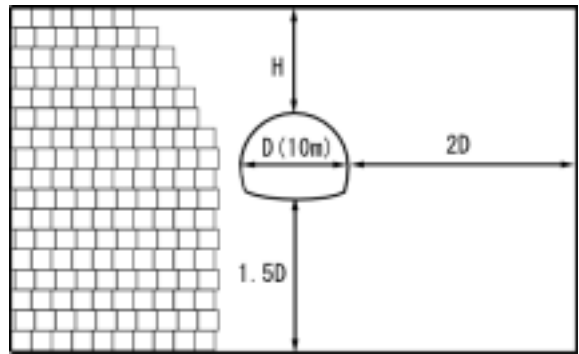


図-1 解析モデル

表-1 地山の入力定数¹⁾

弾性係数	$7.5 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$
単位体積重量	20 kN/m^3
内部摩擦角	15°
粘着力	$1.0 \times 10^2 \text{ kN/m}^2$
ポアソン比	0.35
側圧係数	0.4
垂直剛性	$3.8 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$
せん断剛性	$1.4 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$

表-2 支保部材の入力定数

吹付けコンクリートの弾性係数 ²⁾	$3.4 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$
ロックボルトの弾性係数	$2.1 \times 10^9 \text{ kN/m}^2$

キーワード：加背割り、補助工、浅い土被り

連絡先：〒572-8508 寝屋川市池田中町 17-8 摂南大学工学部土木工学科 Tel・Fax.072-839-9126

たものとして取り扱った。なお、支保部材であるロックボルトの打設長さ・打設本数と吹付けコンクリートの厚さは、地山等級 D_{II} の標準的なものとした。そして、これらの支保工は、トンネルの加背割りに合わせて施工されるものとした。トンネルは、1)上半工法、2)CRD 工法、3)地山改良を併用した全断面工法の 3 つの方法で施工されるものとして、これらを解析の対象とした。

3. 解析結果とその考察

図-2 にトンネル掘削に伴う地表面沈下量を示す。この解析結果は、地山を図-1 のように格子状ブロックでモデル化したとき、その節理群に傾きがない場合である。図中の○印は上半工法、□印は CRD 工法、△印は地山改良を併用した全断面工法で施工した場合の地表面沈下量を示している。例えば、地上に家屋のような建築物がある場合には、許容沈下量が 30mm³)となっていることから、トンネルを上半工法で施工した場合には、建築物に支障が生じることが懸念される。

図-3 は、節理群に 30° の傾きがある地山を上半工法(○印)、右側から掘削した CRD 工法(□印)、左側から掘削した CRD 工法(■印)、地山改良を併用した全断面工法(△印)で掘削した場合の地表面沈下量を示したものである。この図において、地山改良を併用した全断面工法で掘削した場合の沈下量が最も大きくなっているのは、トンネル右肩部からの変形を抑制するための改良ゾーンが不足しているためである。このような地山条件下において、トンネル掘削に伴う沈下量を抑制するためには、地山改良領域のことも考えて施工する必要がある。

4. まとめ

トンネル工事が加背割りを考慮して施工された場合と補助工を併用して施工された場合、地表面沈下にどのような影響が生じるのかを数値解析的に解明することを試みた。まとめると以下ようになる。

- 1) 節理群に傾きのない地山で加背割りを主に考えてトンネルを施工する場合には、上半工法よりも CRD 工法で掘削の方が地表面沈下の抑制には効果のあることがわかった。さらに、地山改良工法を併用して施工した場合にも、CRD 工法と同程度の沈下抑制効果のあることがわかった。したがって、このような地山条件においては、補助工を積極的に併用した全断面工法で施工することが望ましい。
- 2) 一方、節理群に傾きがあるような地山では、NATM の根本思想に基づき、加背割りを主に考えて掘削したほうが補助工法を併用して施工するよりも沈下量を抑制できることがわかった。
- 3) しかしながら、トンネル掘削に伴う地表面沈下を抑制するためには、トンネルが掘削される地山条件や立地条件について十分に調査・検討し、施工機械のことも考慮して掘削工法を決定する必要がある。

参考文献

- 1)山崎・道廣・吉岡：土被り厚の違いにおけるトンネルの変形特性、土木学会第 55 回年次学術講演会、2000
- 2)土屋：トンネル支保の地山物性値に関する研究、土木学会論文集、第 364 号/III-4、pp.31~40、1985
- 3)土木学会：トンネル・ライブラリー第 10 号 プレライニング工法、p.128、2000

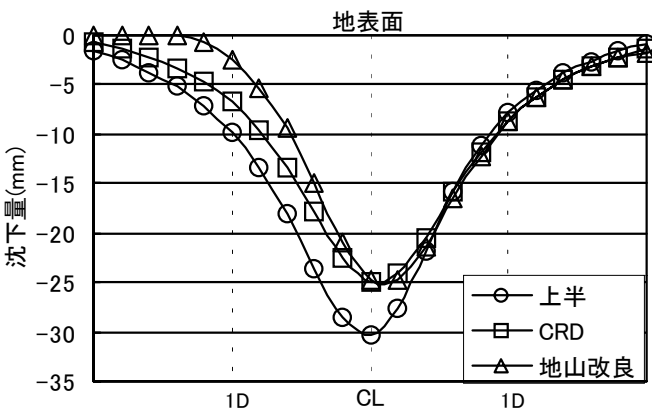


図-2 地表面沈下量(節理群の傾き 0°)

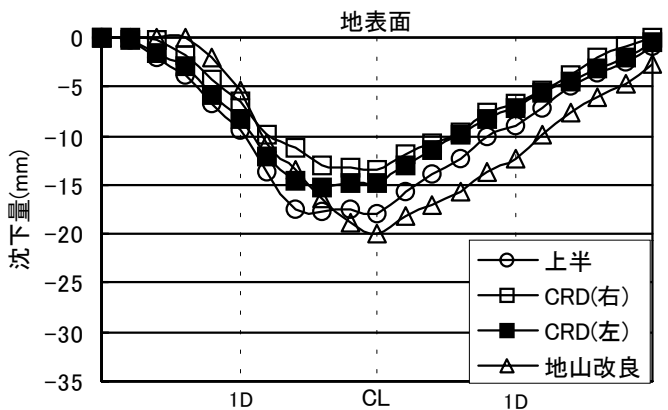


図-3 地表面沈下量(節理群の傾き 30°)